

Manuel Melo Castanho Toste

Técnicas de cimentação de Zircónia – Revisão Narrativa

Universidade Fernando Pessoa

Faculdade de Ciências da Saúde

Porto, 2022

Manuel Melo Castanho Toste

Técnicas de cimentação de Zircónia – Revisão Narrativa

Universidade Fernando Pessoa

Faculdade de Ciências da Saúde

Porto, 2022

Manuel Melo Castanho Toste

Técnicas de cimentação de Zircónia – Revisão Narrativa

Trabalho apresentado à Universidade Fernando Pessoa

como parte dos requisitos para obtenção do grau

de mestre em Medicina Dentária

(Manuel Melo Castanho Toste)

Porto, 2022

SUMÁRIO

A zircónia, ao contrário das cerâmicas à base de sílica, necessita de técnicas adesivas específicas que vão melhorar a sua capacidade de cimentação ao substrato dentário.

O objetivo desta revisão narrativa, foi perceber e sintetizar as técnicas de cimentação de zircónia mais eficazes. Para tal, foi realizada uma pesquisa bibliográfica de artigos em língua portuguesa e inglesa, no intervalo temporal de 2012 a 2022, a partir dos motores de busca: *PubMed*, *Elsevier* e *B-ON*. Procedeu-se à definição dos termos de pesquisa, critérios de inclusão e de exclusão para a seleção dos artigos. No final obtiveram-se 37 artigos para a elaboração deste trabalho.

O jateamento com óxido de alumínio e a utilização de monómero 10-MDP, constituem o tratamento mecânico e químico potenciador de maiores forças de adesão entre as estruturas dentárias, o cimento resinoso e a zircónia. Serão necessários mais estudos científicos para eleger o protocolo ideal de cimentação de zircónia.

Palavras-chave: Zirconia; Cementation; Bonding; Adhesion; Luting.

ABSTRACT

Zirconia, unlike silica-based ceramics, requires specific adhesive techniques that will improve its ability to bond to the tooth substrate.

The aim of this literature review was to understand and synthesize the most effective zirconia cementation techniques. To this end, a literature search of articles in Portuguese and English was conducted from 2012 to 2022 using the PubMed, Elsevier, and B-ON search engines. We proceeded to define the search terms, inclusion and exclusion criteria for the selection of articles. In the end, this work was provided by 37 articles.

The blasting with alumina oxide and the use of 10-MDP monomer constitute the mechanical and chemical treatment that promotes higher adhesion forces between dental structures, resin cement and zirconia. Further scientifically studies are still needed to determine the ideal cementation protocol for zirconia.

Key-words: Zirconia; Cementation; Bonding; Adhesion; Luting.

DEDICATÓRIAS

“Pelos beijos, abraços, derrotas e vitórias.

Pelas conquistas, lutas, lágrimas e alegrias.

Pelo crescimento, experiências, esperança e saúde.

Pelos apertos de mão, pelas pessoas conhecidas, pelas novas amizades e pelas amizades perdidas.

Pelo que valeu a pena, e por aquilo que vou deixar para trás.

Pelos erros e acertos, pelo que me arrependo de não ter feito, pelo destino, por aquilo que aconteceu e não foi bom, por aquilo que aconteceu sem querer (ou querendo) e foi inesquecível.

Pelos momentos indescritíveis, essenciais, especiais, únicos, e guardados para sempre no coração.

Pelo amor, pela vida vivida, por mais uma conquista.

Disto tudo que foi, guardei só o que foi bom, acabou, passou, e agora o futuro começou.”

Fernanda Gaseta

AGRADECIMENTOS

Uma caminhada longa, por vezes acidentada, mas muito gratificante. Nestes cinco anos caminhei, nunca sozinho, repleto de palavras e gestos de apoio, de amizades, de sorrisos e de muito carinho. A vós, que fizeram parte deste percurso e o tornaram ainda mais prazeroso, a minha mais sincera gratidão.

Aos meus pais, que sempre se mostraram incansáveis para sobressair o melhor de mim e replicar todos os valores basilares da minha educação, o meu mais sincero obrigado. Sem eles a concretização deste sonho não seria possível, não só pelo seu extremo apoio, bem como pela sua motivação incansável.

Ao meu irmão e melhor amigo, cujo apoio ao longo desta etapa nunca faltou, e se mostrou determinante para nunca desistir, mesmo nos momentos mais difíceis, a minha maior gratidão.

À Inês que apareceu a meio desta árdua caminhada e que a tornou ainda mais brilhante e gratificante, tanto pelo seu carinho como por todo o amor o meu obrigado. Sem ti, sem os teus valores, sem a tua constante alegria, sem a tua eterna amizade e capacidade de superação isto não seria a mesma coisa.

À minha orientadora, Professora Doutora Liliana Teixeira, que sempre me cativou pelo seu saber e entrega, e que foi fundamental para a conclusão deste ciclo, o meu sincero agradecimento.

ÍNDICE GERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	VI
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	VII
I. INTRODUÇÃO.....	1
1. Metodologia	3
II. DESENVOLVIMENTO	4
1. A Zircónia	4
1.1. Primeira Geração	4
1.2. Segunda Geração	5
1.3. Terceira Geração	5
1.4. Quarta geração	6
2. Técnicas de melhoria de adesão.....	6
2.1. Jateamento com óxido de alumínio.....	7
2.2. Monómero 10-MDP.....	8
2.3. Silicatização	9
2.4. Infiltração sílica pela técnica sol gel.....	10
2.5. Infiltração seletiva.....	10
2.6. Fusion sputtering.....	11
2.7. Laser.....	11
3. Conceito APC	12
III. DISCUSSÃO.....	12
IV. CONCLUSÃO.....	15
V. BIBLIOGRFIA	16

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Relação entre a concentração de 10-MDP e SBS. Adaptado de (Nagaoka <i>et al.</i> , 2017)	9
--	---

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

Al_2O_3 – óxido de alumínio

c – fase cúbica

CAD-CAM – *computer-aided design/computer-aided manufacturing*

CO_2 – laser de dióxido de carbono

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

HF – ácido hidrófluorídrico

m – fase monoclinica

Nd:YAG – *neodymium-doped: yttrium aluminium garnet laser*

SBS – *shear bond strenght*

SiO_2 – dióxido de silício

t – fase tetragonal

TBS – *tensile bond strength*

UPL – lasers de pulso ultra curto

Y_2O_3 – óxido de ítrio

Y-TZP – zircónia policristalina tetragonal estabilizada por ítria

ZrO_2 – óxido de zircónio

3-TZP – zircónia policristalina tetragonal estabilizada por 3 mol% de ítria

10-MDP – *10-methacryloyxydecyl dihydrogen phosphate*

I. INTRODUÇÃO

É comumente aceite que a contemporaneidade se caracteriza por um tempo marcado por novas tendências e práticas, fruto da pressão e exigência social da eterna juventude e beleza. Uma das áreas que mais se tem distinguido neste desejo de corresponder às imposições estéticas da sociedade é a medicina, sem exceção para a medicina dentária que muito tem evoluído na busca incessante de melhores soluções para um número cada vez maior de pacientes que procuram materiais capazes de mimetizar o dente natural (Jan *et al.*, 2019).

Depois de muitos anos de restaurações feitas com metal, atualmente quer pacientes quer profissionais optam por solucionar casos clínicos socorrendo-se de restaurações livres de metal, numa aposta em materiais cerâmicos de cor semelhante ao tecido dentário, altamente resistentes. Tratam-se de cerâmicas à base de zircónia que fornecem melhor resistência à fratura e durabilidade a longo prazo, em comparação com outros materiais inorgânicos (Jan *et al.*, 2019).

A zircónia, também denominada de óxido de zircónio (ZrO_2), é um óxido metálico, cuja descoberta, em 1789, se deveu, de acordo com Thompson *et al* (2011), ao famoso químico alemão Martin Heirich Klaproth. Este material, polimórfico na natureza, possui uma estrutura cristalina que se altera consoante as variações de temperatura, sem, no entanto, sofrer mudanças na sua estrutura química (Jan *et al.*, 2019). Variando a temperatura da zircónia, este apresenta-se em três fases estruturais: monoclinica (m), até 1170°C; tetragonal (t) de 1170°C até 2370°C; e cúbica (c) de 2379°C até atingir o seu ponto de fusão, a 2680°C (Manicone, Rossi Iommetti e Raffaelli, 2007).

Os grãos tetragonais da zircónia, mantidos a temperaturas extremamente elevadas, podem ser preservados à temperatura ambiente através da adição de óxidos metálicos, nomeadamente óxido de ítrio (Y_2O_3), formando assim a zircónia policristalina tetragonal estabilizada por ítria (Y-TZP). Embora a Y-TZP tenha sido utilizada como material médico, desde os anos 60, a sua utilização em medicina dentária é relativamente recente e deveu-se principalmente aos avanços da tecnologia CAD-CAM (Piconi e Maccauro, 1999).

Revela-nos a literatura da especialidade que a crescente procura e interesse pela zircónia, no campo da medicina dentária restauradora, se deveu às suas intrínsecas propriedades mecânicas, como, por exemplo, resistência à flexão, fratura e tenacidade. É, sem dúvida, um material de elevado reconhecimento e forte implementação no mercado em

contraponto com as cerâmicas convencionais, apresentando-se como uma excelente alternativa às restaurações à base de metal (Jan *et al.*, 2019).

Na perspetiva de Zhang e Lawn (2018), acresce ao rol de propriedades da zircónia, a sua indiscutível biocompatibilidade, resistência à corrosão e elevada estabilidade dimensional e química. Stawarczyk *et al.* (2017) advogam que o mercado oferece diversos tipos de zircónia; porém, o que mais se destaca é a zircónia monolítica, a qual possui boas propriedades mecânicas, mas propriedades estéticas mais baixas do que outras cerâmicas vítreas (Zhang e Lawn, 2018).

Embora superior em termos de desempenho mecânico, existem alguns problemas inerentes à utilização de óxidos de zircónio. Para além das baixas propriedades estéticas, quando comparado com cerâmicas vítreas, como já referimos, destaque-se ainda a opinião de Thompson *et al.* (2011) que destacou a dificuldade clínica de adesão ao substrato (tecidos dentários). Esta limitação deve-se ao facto de se tratar de uma cerâmica policristalina, quimicamente inerte (Lima *et al.*, 2019) pela ausência de fase vítrea (tornando-a uma cerâmica ácido-resistente) e à ausência de sílica (SiO₂), responsável por uma redução na sua ligação química aos silanos. Por esta razão a natureza da sua composição não está liberta de problemas aquando da realização de procedimentos adesivos eficazes. A fim de contornar tais dificuldades, impõe-se a implementação de técnicas alternativas conducentes à retenção micromecânica, bem como a ligações químicas com cimentos de resina. Neste contexto, aconselha-se o estabelecimento de um protocolo que garanta um alto nível de resistência adesiva, o que proporciona uma maior amplitude ao nível de indicações e maior durabilidade dos tratamentos protéticos com zircónia (Özcan e Bernasconi, 2015).

Com o objetivo de promover uma melhor união entre cimentos e substratos cerâmicos, variadas técnicas de tratamento de superfície têm sido descritas. Na literatura encontra-se uma grande diversidade de procedimentos com vista a melhorar a adesão. Em adição, note-se que a combinação entre tratamentos mecânicos e químicos se destaca como essencial para uma melhoria da cimentação adesiva desta cerâmica (Bömicke *et al.*, 2016).

1. Metodologia

A metodologia eleita para a pesquisa focou-se numa abordagem explicativa com a finalidade de entender as técnicas de cimentação de zircónia. Realizou-se o levantamento de artigos nas bases de dados *PubMed*, *B-On*, *Elsevier*, considerando os últimos 10 anos de publicação (2012 a 2022).

A pesquisa foi efetuada mediante a combinação dos seguintes termos de indexação “zirconia”, “cementation”, “bonding”, “adhesion” e “luting”, articulados com os marcadores booleanos “AND” e “OR”.

Dos artigos disponíveis foi realizada uma primeira seleção baseada na leitura do título e análise do resumo e em seguida pela leitura completa do artigo. Após a leitura inicial foram apenas incluídos aqueles que se baseavam nas técnicas de tratamento de superfície para melhoria de adesão à zircónia e artigos referentes ao material em análise. Para a seleção dos artigos foram estipulados os seguintes critérios de inclusão: artigos em língua portuguesa e inglesa publicados nos últimos 10 anos. Relativamente aos critérios de exclusão não foram considerados artigos incompletos e artigos com informação irrelevante para o tema em desenvolvimento. Pontualmente, recorreu-se a artigos publicados fora do intervalo temporal estipulado, dada a sua importância histórica e com a finalidade de reforçar ideias específicas.

De acordo com a estratégia de pesquisa anteriormente mencionada foram selecionados 37 artigos para a elaboração desta revisão narrativa, cujo conteúdo se apresentou pertinente para o esclarecimento do propósito que fundamenta esta revisão.

II. DESENVOLVIMENTO

Definindo o conceito do objeto da nossa análise, neste trabalho, podemos adiantar que o óxido de zircónio, também denominado por zircónia, é um metal que se caracteriza por ser macio, dúctil, brilhante e prateado. Recorde-se que não obstante a zircónia, atualmente, se apresentar em 3 fases cristalinas: fase monoclínica (m), tetragonal (t) e cúbica (c) (Stawarczyk *et al.*, 2017), a variação destas fases conduz a uma elevada pluralidade de materiais com propriedades mecânicas e óticas diferenciadas entre si (Stawarczyk *et al.*, 2017).

Não restam quaisquer dúvidas de que a zircónia tem sido cada vez mais utilizada como material restaurador devido às suas propriedades mecânicas, mas também estéticas, visto que mimetiza o dente natural, o que não acontece no caso das restaurações com base em metal (Jan *et al.*, 2019, (Manicone, Rossi e Raffaelli, 2007).

1. A Zircónia

Nos dias de hoje existem 4 gerações de zircónia, que se distinguem pela sua composição. (Stawarczyk *et al.*, 2017).

1.1.Primeira Geração

Há mais de 25 anos foi introduzido no mercado a primeira geração de zircónia, a zircónia policristalina tetragonal estabilizada por 3 mol% de ítria (3Y-TZP) vulgarmente denominada por zircónia convencional (Seghi e Rio, 2019). Este material comporta uma excelente biocompatibilidade e estabilidade mecânica; todavia, em consequência das suas fracas propriedades estéticas, apresenta um alto índice de opacidade, o que justifica que, hoje em dia, seja usado como infraestrutura de coroas unitárias, próteses parciais fixas dento suportadas ou implanto suportadas. Posteriormente, o procedimento é finalizado com cobertura por cerâmicas mais vítreas (Jan *et al.*, 2019). Registe-se que não obstante os problemas apresentados pela zircónia convencional, existe um conjunto de mecanismos, apresentados por Stawarczyk *et al.* (2017) e Reis *et al.* (2019), que servem para minimizar tais dificuldades, nomeadamente: 1) variações na temperatura de sinterização em que o tamanho do grão aumenta e diminui a sua resistência, tendo como consequência natural um ganho na translucidez; 2) pintura da zircónia convencional numa

fase pré-sinterização, a qual garante melhorias estéticas consideráveis; e 3) adição de glaze numa fase já sinterizada.

1.2.Segunda Geração

A segunda geração de zircónia foi lançada no mercado entre 2012 e 2013. Enquanto a primeira geração de zircónia é constituída por 3mol ítria e 0.25wt% de alumina, a segunda geração possui a mesma percentagem de ítria, sendo alterada a percentagem de alumina, 0.05wt% (Jan *et al.*, 2019). A alteração em relação à primeira geração consiste no tamanho e número dos grãos de alumina, que foram reduzidos e recolocados à volta dos grãos de zircónia produzindo uma melhor transmissão da luz, resultando numa maior translucidez (Stawarczyk *et al.*, 2017). Apesar das melhorias na translucidez, estas manifestaram-se limitadas tendo-se também revelado algum comprometimento das propriedades mecânicas (Blatz, Vonderheide e Conejo, 2018), estando este tipo de zircónia indicada para a sua utilização na forma monolítica (restrita a setores posteriores) para fabrico de próteses parciais fixas de um a vários elementos. (Stawarczyk *et al.*, 2017).

1.3.Terceira Geração

A procura por cerâmicas com melhores propriedades óticas levou ao desenvolvimento da terceira geração de zircónia. Assim uma melhor translucidez foi obtida através do aumento do conteúdo de ítria para 5mol%. Este progresso verificou-se por volta de 2015 e ocorreu através da alteração estrutural da matriz de zircónia que passou a possuir uma estrutura cúbica de até 53% na sua composição (Stawarczyk *et al.*, 2017), sendo comumente apelidada de zircónia cúbica. Como os cristais cúbicos são maiores que os tetragonais a luz transmitida é maior, originando uma maior translucidez do material. Quanto maior a quantidade de cristais cúbicos no material maior será a sua translucidez. No entanto, notou-se um decréscimo na resistência mecânica, principalmente na resistência à flexão e tenacidade à fratura. Sendo assim está recomendada a sua utilização em onlays, inlays, facetas, coroas unitárias e múltiplas com pônticos até 3 elementos na região anterior (Jan *et al.*, 2019).

1.4. Quarta geração

Em 2017 foi introduzida uma nova geração de zircónia. Esta foi obtida através da alteração de 5mol% de ítria presente na terceira geração para 4mol% de ítria (Mao *et al.*, 2018). O objetivo foi aumentar as indicações para restaurações monolíticas de zircónia (Stawarczyk *et al.*, 2017). A quarta geração de zircónia apresenta uma melhoria das qualidades mecânicas e uma redução das propriedades óticas, e dependendo do fabricante as suas indicações recaem no fabrico de próteses parciais fixas (Jan *et al.*, 2019).

2. Técnicas de melhoria de adesão

A adesão entre uma superfície dentária e um substrato artificial é fundamental para o sucesso de uma reabilitação. Assim, uma adesão forte e duradoura depende não só de uma boa adesão mecânica como química, bem como das propriedades do agente de cimentação (Nagaoka *et al.*, 2019). Na literatura é referido que a resistência mínima de adesão para o sucesso de uma reabilitação situa-se entre os 10 e os 13 MPa (Asadzadeh *et al.*, 2019).

As cerâmicas à base de óxido metálico de alta resistência, como a alumina e a zircónia, são consideradas cimentáveis, devido à sua elevada resistência flexural. Coroas e pontes à base de zircónia com uma retenção adequada e espessura de material cerâmico podem, portanto, ser cimentadas convencionalmente sem muitos passos de ligação, o que facilita dada a existência de uma menor sensibilidade técnica. Podem ser usados materiais como o fosfato de zinco ou o ionómero de vidro convencional. No entanto, em situações de retenção mecânica limitada e para reabilitações que dependam da ligação às resinas (por exemplo, próteses parciais fixas de resina, inlays/onlays), a cimentação deve ser baseada em cimentos auto-adesivos. Estudos *in-vitro* e revisões sistemáticas estão em forte concordância de que um pré-tratamento micromecânico e químico combinado é necessário para ligações duradouras a longo prazo à zircónia (Özcan, 2015; Inokoshi *et al* 2014). Vários estudos laboratoriais e clínicos demonstraram a superioridade da resina autoadesiva sobre os cimentos convencionais, como fosfato de zinco, para cimentação definitiva de coroas e pontes cerâmicas de alta resistência. (Blatz *et al* (2008), Ortop A, *et al* (2012). Um estudo clínico realizado por Ortop *et al* (2012), demonstrou que a incidência de descimentação/descolagem de coroas de zircónia foi duas vezes superior quando usado um cimento de fosfato de zinco, relativamente ao uso de cimentos de resina autoadesiva. (Ortop *et al* 2012). Blatz *et al* (2018), avaliaram o efeito do tipo de cimento

no sucesso a longo prazo das cerâmicas de alta resistência, e concluíram que os cimentos auto-adesivos permitem melhores e mais duráveis resultados clínicos. (Blatz *et al* 2018).

2.1. Jateamento com óxido de alumínio

A cimentação de zircónia é um tema central em todo este trabalho. Assim sendo, importa recordar que um dos tratamentos de superfície mais usados para se conseguir atingir a referida cimentação consiste no jateamento de óxido de alumínio (Al_2O_3) na parte interna da superfície do zircónia. Este procedimento retira as impurezas da superfície (Nagaoka *et al.*, 2019), desenvolve micro-porosidades, incrementando a área de superfície e a energia livre, ao mesmo tempo que garante a retenção micromecânica e aumenta a molhabilidade do agente cimentante (Martins *et al.*, 2019).

É de todo imperioso abrir um parêntese para ressaltar que este tratamento de superfície implica parâmetros passíveis de interferir com a sua abrasividade, nomeadamente o tamanho das partículas utilizadas, a pressão de jateamento, sem esquecer a distância, o ângulo e o tempo de aplicação do óxido de alumínio, como defendeu Zhao *et al.* (2020).

Findo o procedimento do jateamento com óxido de alumínio assiste-se a uma mudança que vai do estágio tetragonal à fase monolítica na zircónia. Em resultado é possível garantir mais fase monolítica quanto maior forem as partículas de óxido utilizadas, sem excluir o valor de pressão da mesma (Zhao *et al.*, 2020). No estudo levado a efeito por estes autores sobre a resistência de união, procedeu-se à comparação entre uma zircónia translúcida e uma convencional. A investigação permitiu concluir que o jateamento com óxido de alumínio foi responsável pelo aumento da força de união adesiva em qualquer uma das zircónias. (Zhao *et al.*, 2020).

Segundo Martins *et al.* (2019), a molhabilidade, a rugosidade e a força de união resinosa são influenciados pelo tamanho das partículas de óxido de alumínio utilizado (50 ou 120 μ m), bem como a fase do jateamento (zircónia pre-sinterizada ou sinterizada). Em adição, em relação à fase do jateamento, os valores de força da união adesiva revelam-se sempre superiores quando o jateamento é realizado em zircónia pre-sinterizada, sendo significativamente maior quando o mesmo é realizado com partículas de 120 μ m.

Em suma, evidenciou-se que o jateamento de óxido de alumínio potencia uma união entre o cimento resinoso e a superfície da zircónia. No entanto, esta abrasão pode provocar

micro infiltrações na cerâmica enfraquecendo o material a longo prazo. Deste modo recomenda-se o uso de partículas de alumina de $50\mu\text{m}$ a uma pressão de $0,2\text{MPa}$ para uma melhor cimentação da zircónia (Thompson e Rekow, 2004).

2.2. Monómero 10-MDP

Em consequência da necessidade de promover uma melhor adesão entre a zircónia e a superfície dentária, o mercado atualizou-se com a introdução de uma gama de primers e cimentos de resina cuja composição integra monómeros ácidos (organofosfatos e carboxilos), específicos para a zircónia (Özcan e Bernasconi, 2015). Do conjunto de primers disponíveis, ressaltamos o 10-MDP por ser, à luz dos referenciais bibliográficos, o primer que evidencia melhores resultados na força de união (Yang *et al.*, 2018).

Conceptualmente falando, o 10-MDP é tido como um monómero ácido bifuncional com a capacidade de assegurar, numa das suas extremidades, ligações químicas (ligações iónicas e pontes de hidrogénio) com os óxidos metálicos que existem na superfície da zircónia (entre o grupo fosfato do 10-MDP e os óxidos metálicos da zircónia), surgindo em consequência o fosfato de zircónia. No polo oposto, efetua copolimerização com os cimentos de resina devido ao facto de possuir na sua composição metacrilato (Nagaoka *et al.*, 2017).

Tal como ilustrado, na figura 1, quanto maior for a concentração de 10-MDP maior será a força de união adesiva, uma vez que existe uma maior efetividade na ligação entre o cimento utilizado com a superfície da zircónia (Nagaoka *et al.*, 2017).

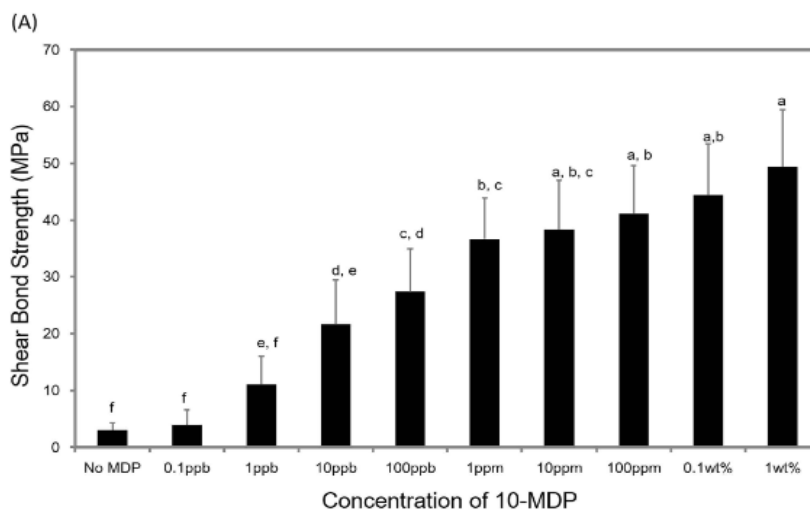


Figura 1. Relação entre a concentração de 10-MDP e SBS. Adaptado de (Nagaoka *et al.*, 2017)

Os primers que possuam na sua composição o monómero 10-MDP têm sido relatados como efetivos e aparentemente capazes de produzir ligações estáveis entre o cimento de resina e a zircónia (Khan *et al.*, 2017). No entanto, há autores que defendem que a utilização de primers como tratamento único de superfície não é suficiente para criar uma ligação forte entre o cimento resinoso e a cerâmica, sendo necessária a associação a tratamentos mecânicos. Saliente-se que o jateamento com óxido de alumínio combinado com a utilização de primer com 10-MDP na sua composição, constituem o método mais confiável para alcançar uma boa resistência de união (Khan *et al.*, 2017).

2.3. Silicatização

Outro método usado para promover a adesão à zircónia é a silicatização. Este procedimento traduz-se no jateamento de partículas de alumina cobertas com sílica, que colidem na superfície da zircónia criando micro irregularidades e libertando sílica (Russo *et al.*, 2019). Outra prática que conduz a uma melhor união à superfície modificada da zircónia é o aumento da respetiva área, bem como a criação de uma superfície rica em sílica. Consequentemente a este duplo efeito, independentemente da superfície estar ou não integralmente revestida por uma camada de sílica, a retenção micromecânica favorece igualmente a união à zircónia. As evidências científicas obtidas por Okada *et al.* (2017) conduzem à conclusão de que a adesão entre o material inorgânico e o orgânico é frequentemente alcançada pela utilização de silanos. A fim de obter tal desiderato, aconselha o autor ao tratamento da superfície por silicatização. Mais, sugere que 1) a cobertura depositada poderá ligar-se quimicamente à zircónia e 2) o acoplamento do monómero funcional do silano à estrutura da superfície oferece ao cimento resinoso uma oportunidade de copolimerizar com as suas terminações metacrilato, daí resultando a união entre a superfície e o cimento de resina. (Okada *et al.* 2017).

A partir de um estudo realizado por Martins *et al.*, (2017), foi possível constatar que força de união adesiva apresentou valores significativamente maiores nos contextos de silicatização depois da sinterização, sem qualquer relação com o tamanho da partícula (Nagaoka *et al.*, 2019).

2.4. Infiltração sílica pela técnica sol gel

Por via desta técnica, a sílica sol é colocada em contacto com a zircónia num estado de pré-sinterização, levando à formação de silicato de zircónia durante a sinterização num processo de difusão de sílica na estrutura cristalina da zircónia (Reis *et al.*, 2019).

A sílica difunde-se pelo substrato e reagindo com a zircónia forma uma fase cristalina intermédia e não apenas camadas de sílica justaposta. Os espécimes infiltrados, tratados com primer com silano e com 10-MDP, apresentaram os maiores resultados de força de união adesiva antes de termociclagem (Campos *et al.*, 2016).

Num estudo realizado por Reis *et al.*, (2018), salienta-se a confirmação da infiltração por sílica até uma profundidade estimada em 6µm e a formação de silicato de zircónia na superfície, mostrando que a infiltração foi eficiente. Observaram-se também alterações na geometria dos grãos de zircónia (mais pequenos e esféricos), bem como uma não homogeneidade do infiltrado de sílica. Adicionalmente, verificou-se que o tratamento aumentou o módulo de Weibull e a dureza, no entanto diminuiu a tenacidade. (Reis *et al.*, 2018).

2.5. Infiltração seletiva

A técnica de infiltração seletiva, defendida por Khan *et al.* (2017), é capaz de transformar superfícies de zircónia não retentivas e de baixa energia, em superfícies altamente retentivas e de elevada energia. Tem como ponto de partida a propagação de um agente de infiltração, rico em sílica, alumina, óxido de sódio, entre outros (Salem *et al.*, 2017), de baixo ponto de fusão na superfície da zircónia, o qual se infiltra entre os grãos quando a temperatura ultrapassa o valor de transição vítrea (Khan *et al.*, 2017) (durante a sinterização). A infiltração seletiva conduz a que as restaurações possuam uma composição transitória, obtendo-se uma superfície rica em vidro, seguindo-se uma camada mista de vidro/zircónia com diminuição gradual em profundidade da percentagem de vidro (Ramos *et al.*, 2019). Posteriormente a fase vítrea é passível de ser dissolvida por ácido hidrófluorídrico (HF) originando uma superfície porosa, que por sua vez é infiltrada por adesivos que polimerizam e deste modo contribuem para uma melhor adesão entre zircónia e cimentos de resina (Steiner *et al.*, 2020).

2.6. *Fusion sputtering*

O processo, denominado em língua inglesa de *Fusion sputtering*, tem por objetivo a obtenção de uma superfície de zircónia rugosa através do uso de um spray de ar e água impregnado de partículas microscópicas de zircónia sobre zircónia não sinterizado. Por ação destas partículas na superfície da zircónia, após a sinterização da mesma, as referidas partículas passam a integrar a estrutura, urdindo uma rede tridimensional composta por várias irregularidades, o que favorece uma boa retenção mecânica ao cimento resinoso (Ali, Safwat e Aboushelib, 2019). No estudo dos autores retromencionados (*idem*), procedeu-se à avaliação do efeito de *fusion sputtering* na força de união adesiva entre o material alvo da nossa análise – a zircónia - e o cimento de resina com 10-MDP na sua composição, por paralelismo com amostras jateadas com óxido de alumínio e com amostras sem tratamento superficial. Do conjunto de amostras, as que foram tratadas por *fusion sputtering* alcançaram valores de força de união mais expressivos, cerca de $23,18 \pm 4,38$ MPa. Por seu turno, as amostras jateadas com alumina e as do grupo de controlo registaram, respetivamente, valores de $17,60 \pm 5,59$ MPa e de $7,23 \pm 6,26$ MPa. (Ali, Safwat e Aboushelib, 2019).

2.7. Laser

Os lasers, popularizados pela proliferação das novas tecnologias, são usados para modificar superfícies com o intuito de promover adesão às estruturas dentárias (Asadzadeh *et al.*, 2019). No contexto da adesão à zircónia, o laser é apresentado como uma técnica de condicionamento mecânico com o intuito de aumentar a rugosidade da superfície (pela absorção da energia do feixe emissor e consequente micro rutura de porções cristalinas) (Khan *et al.*, 2017), e por consequência aumenta a retenção dos materiais de cimentação adesiva (Ruja *et al.*, 2019).

Nos documentos de referência, defende-se que, comparando o jateamento com óxido de alumínio isolado com o uso combinado de jateamento de óxido de alumínio e laser Er:YAG (operado a 4 watts (W), uma intensidade de energia 400 milijoule (mJ), e uma frequência de 10 hertz (Hz), durante 15s), o último consolida uma união mais duradoura do que aquela obtida por jateamento com alumina enquanto tratamento único de superfície (Khan *et al.*, 2017). Não obstante de que os tratamentos com laser conduzem à criação de forças de união muito superiores, existe também investigação que alude que o

jateamento de alumina isoladamente é superior ao tratamento com recurso a laser Er:YAG (*Khan et al.*, 2017).

Num estudo realizado recentemente, concluiu-se que a irradiação com lasers Er:YAG, Nd:YAG e CO₂ é destrutiva para a estrutura da zircónia devido à formação de fraturas e carbonização da camada superficial com pigmentos prateados (*Martins et al.*, 2019). De entre os tipos de laser existentes até à data, o laser Er:YAG usado com menor intensidade revelou ser a única metodologia laser não danosa para a superfície da zircónia, permitindo alcançar rugosidade similar aquela obtida com jateamento com alumina. Avanços mais recentes na tecnologia laser, nomeadamente o desenvolvimento de lasers de pulso ultra curto (UPL), com a capacidade de, potencialmente não causarem dano mecânico ou térmico nas superfícies, são por vezes indicados como uma potencial alternativa aos tratamentos de superfície convencionais (*Martins et al.*, 2019).

3. Conceito APC

O conceito APC reúne as técnicas mais indicadas, segundo as evidências mais atuais, para a cimentação de cerâmicas sem sílica, como é o caso da zircónia. Assim é relatado que para um cimentação eficaz deve-se optar pela sequência APC, ou seja Abrasão, seguida de aplicação de um Primers, e depois um Compósito para cimentação. A abrasão é efetuada com o jateamento com óxido de alumínio ou silicatização. Após este passo relata-se a importância de usar um primer que possua na sua composição o monómero 10-MDP. Numa fase final deve-se recorrer a cimentos à base de resina, não só por serem mais eficazes na sua adesão bem como porque mimetizam melhor as propriedades óticas dentárias (*Blatz et al.*, 2016).

III. DISCUSSÃO

É transversalmente aceite que a eficácia da adesão à zircónia e o seu sucesso a longo prazo dependem de fatores como as características da superfície, a existência de retenção micromecânica e a adesão química, dimensões que, por sua vez, dependem de pré-tratamentos mecânicos e/ou químicos (*Blatz et al.*, 2018).

A adesão entre cerâmicas dentárias e cimentos resinosos resulta da interação físico-química entre a interface cerâmica/cimento. Os tratamentos de superfície têm como objetivo promover esta interação (Bona, Shen e Anusavice, 2004).

Relativamente ao jateamento com óxido de alumínio, num estudo realizado em 2019, é referido que a utilização combinada de primers ou cimentos de resina com 10-MDP e jateamento a 0,2MPa com partículas de alumina com 50µm, é o método com maior viabilidade e durabilidade de união à zircónia (Aung *et al.*, 2019). Adicionalmente, na perspetiva de Steiner *et al.*, (2019) o jateamento com alumina utilizado isoladamente não proporciona uma boa adesão à zircónia, acrescentando que deve ser associado à utilização de primers com 10-MDP, conduzindo assim a uma ideia de interdependência entre os dois tratamentos de superfície. Contrariamente, alguns autores defendem que o jateamento com alumina é um método que não melhora a adesão e cria defeitos estruturais que comprometem a resistência da zircónia a longo prazo (Campos *et al.*, 2016).

Os primers com 10-MDP têm sido reportados como efetivos e aparentemente capazes de produzir ligações estáveis entre o cimento de resina e a superfície da zircónia e que, o uso de primers com 10-MDP, mesmo isolado, aumenta as forças da união adesivas. Destaque-se a sua importância na utilização conjunta com outras técnicas de tratamento de superfície, nomeadamente a silicatização e o jateamento com alumina, que demonstram uma maior força de união quando utilizadas de forma síncrona (Khan *et al.*, 2017).

Na técnica de silicatização, o uso de um primer com 10-MDP e silano resultou numa força significativamente maior do que a obtida quando utilizado apenas primer com silano. Esse resultado conduziu à suposição que o 10-MDP reage quimicamente com as superfícies da zircónia não cobertas por sílica (Nagaoka *et al.*, 2019). Destaque-se ainda que o valor de força de união adesiva demonstrou-se mais elevado quando a silicatização foi efetuada após sinterização, independentemente do tamanho das partículas (Martins *et al.*, 2019).

No estudo de Campos *et al.*, (2016) relativamente à infiltração de sílica pela técnica sol-gel confirmou-se que a sílica se difunde no substrato e reage com a zircónia, formando uma fase cristalina intermédia e não apenas uma camada de sílica justaposta. Os espécimes infiltrados, tratados com um primer constituído por silano e 10-MDP, apresentaram os maiores resultados de força de união adesiva antes de termociclagem. Aquando da utilização de primer apenas com silano (sem 10-MDP) esses valores foram inferiores.

Em relação à técnica de infiltração seletiva conclui-se que a mesma, acompanhada do uso de cimento de resina com 10-MDP, garante uma cimentação robusta e estável. E ainda, mesmo após o envelhecimento os espécimes tratados pela infiltração seletiva obtiveram valores superiores, em comparação com os espécimes tratados com jateamento de alumina e infiltrados pela técnica sol-gel, em que a sua adesão foi extremamente prejudicada pelo envelhecimento (Ramos *et al.*, 2019).

Por seu turno, no estudo de Ali *et al.* (2019), foi avaliado o efeito de *fusion sputtering* na força de união adesiva entre a zircónia e um cimento de resina com 10-MDP, comparando os valores obtidos com amostras jateadas com alumina e com amostras sem tratamento algum. De entre estas três, as amostras tratadas por *fusion sputtering* obtiveram os maiores valores de força de união adesiva, nomeadamente de $23,18 \pm 4,38$ MPa. Já as amostras jateadas com alumina e as do grupo controlo obtiveram valores de $17,60 \pm 5,59$ MPa e de $7,23 \pm 6,26$ MPa, respetivamente.

Relativamente à utilização de lasers, as opiniões nem sempre são coincidentes. Há autores que defendem que: comparando o jateamento com óxido de alumínio usado isoladamente, com a utilização conjunta de jateamento com óxido de alumínio e laser (Er:YAG operado a 4 watts (W), uma intensidade de energia 400 milijoule (mJ), e uma frequência de 10 hertz (Hz), durante 15s), a utilização conjunta das duas técnicas proporciona uma união mais eficaz do que aquela obtida por jateamento com óxido de alumínio enquanto tratamento único de superfície. No entanto, existem estudos que defendem que o jateamento com óxido de alumínio utilizado isoladamente é superior ao tratamento com laser Er:YAG (Khan *et al.*, 2017). Destaque-se ainda que, segundo Martins *et al.* (2018), a irradiação com lasers é destrutiva para a estrutura da zircónia uma vez que leva ao surgimento de fraturas e carbonização da camada superficial. Até à data, o laser Er:YAG usado com menor intensidade revelou ser a única metodologia laser não danosa para a superfície da zircónia, permitindo alcançar uma rugosidade similar aquela obtida com jateamento com alumina. (Martins *et al.* 2018).

Destaque-se que, apesar do amplo interesse e investigações realizadas no sentido de melhorar a adesão da zircónia ao substrato, ainda não é consensual a escolha de um único protocolo de cimentação adesiva que providencie resultados previsíveis e confiáveis (Özcan e Bernasconi, 2015).

IV. CONCLUSÃO

Das referências bibliográficas aqui plasmadas ao longo deste trabalho, somos levados a concluir que a zircónia é um material metálico que se destaca dos restantes pelas suas propriedades estéticas e mecânicas. Ressalve-se a importância de uma boa adesão deste material ao substrato, com vista a garantir a longevidade do mesmo no ambiente oral. Nesta revisão narrativa foram estudadas técnicas de melhoria de adesão de cerâmicas à base de zircónia. De facto, estudos recentes demonstram que determinadas técnicas de tratamento de superfície aumentam consideravelmente o valor de adesão entre a zircónia e cimentos resinosos, sendo que quando associado ao uso de primers ou cimentos contendo 10-MDP os valores de resistência de união são ainda superiores.

Atualmente as evidências demonstram que se deve recorrer ao jateamento com óxido de alumínio em detrimento da silicatização porquanto, segundo estudos realizados recentemente, a silicatização, por vezes, manifesta-se ineficiente na cobertura da superfície da zircónia com sílica. Face aos valores dos parâmetros a utilizar, parece existir um intervalo de pressão entre 0,1 e 0,3MPa e de tamanho de partícula entre 25 e 50µm, que levam a uma utilização não danosa e a uma adesão eficaz. Face à relevância da associação de primer com 10-MDP aos protocolos de jateamento com alumina não existem divergências: a adesão química mostra-se determinante na obtenção de estabilidade adesiva.

Além do jateamento de óxido de alumínio e da utilização de monómero 10-MDP e das suas vantagens na conquista de uma boa cimentação existem outros tratamentos que se revelaram eficientes.

Deve haver um simbiose entre tratamentos químicos e mecânicos com o propósito de se obter uma cimentação eficaz. Porém, é de salientar que mais estudos devem ser realizados de forma a se alcançar um protocolo ideal e com unanimidade na comunidade científica.

V. BIBLIOGRAFIA

Abu Ruja, M., Souza G.M., Finer Y. (2019). Ultrashort-pulse laser as a surface treatment for bonding between zirconia and resin cement. *Dental Materials*, 35:11 1545–1556. doi: 10.1016/j.dental.2019.07.009. ISSN 01095641

Asadzadeh, N., *et al.* (2019). Bond Strength of Resin Cement and Glass Ionomer to Nd:YAG Laser-Treated Zirconia Ceramics. *Journal of Prosthodontics*, 28:4 881-885. doi: 10.1111/jopr.12651. ISSN 1532849

Aung, S., *et al.* (2019). Effects of alumina-blasting pressure on the bonding to super/ultra-translucent zirconia. *Dental Materials*, 35:5 730–739. doi: 10.1016/j.dental.2019.02.025. ISSN 01095641

Blatz, M. Vonderheide, M., Conejo, J. (2018). The Effect of Resin Bonding on Long-Term Success of High-Strength Ceramics. *Journal of Dental Research*, 97:2 132–139. doi: 10.1177/0022034517729134. ISSN 15440591

Blatz, M., *et al.*, (2008). Influence of cementation technique on fracture strength and leakage of alumina all-ceramic crowns after cyclic loading. *Quintessence international*, 39:1 23-32. PMID 18551213

Blatz, M., *et al.* (2016). How to bond Zirconia: the APC concept. *Compend Contin Educ Dent*, 37:9 611–618. PMID: 27700128

Blatz, M., Conejo, J. (2018). Cementation and Bonding of Zirconia Restorations. *Compendium of Continuing Education in Dentistry*, 39:4. PMID: 30299107

Bomicke, W., *et al.* (2016). Durability of Resin-Zirconia Bonds Produced Using Methods Available in Dental Practice Consulted on and performed statistical evaluation. *J Adhes Dent*, 18:1 17–27. doi: 10.3290/j.jad.a35517.

Bona, A., Shen, C., Anusavice, K. (2004). Work of adhesion of resin on treated lithia disilicate-based ceramic. *Dental Materials*, 20:4 338-344. doi: 10.1016/S0109-5641(03)00126-X. ISSN 01095641

Campos, B., *et al.* (2016). A new silica-infiltrated Y-TZP obtained by the sol-gel method. *Journal of Dentistry*, 48 55-61. doi: 10.1016/j.jdent.2016.03.004. ISSN 03005712

Guth, J., *et al.* (2019). Zirconia and its novel compositions: What do clinicians need to know?. *Quintessence International*, 50:7 512-520. doi: 10.3290/j.qi.a42653.

Inokoshi, M., *et al.* (2014). Meta-analysis of bonding effectiveness to zirconia ceramics. *J Dent Res*, 93:4 329-334. doi: 10.1177/0022034514524228.

Khan, A., *et al.* (2017). Recent Trends in Surface Treatment Methods for Bonding Composite Cement to Zirconia: A Review. *The journal of adhesive dentistry*, 19:1 7-19. doi: 10.3290/j.jad.a37720. ISSN 1461-5185

Lima, R., *et al.* (2019). Effect of silane and MDP-based primers on physico-chemical properties of zirconia and its bond strength to resin cement. *Dental Materials*, 35:11 1557-1567. doi: 10.1016/j.dental.2019.07.008. ISSN 01095641

- Manicone, P., Iommetti, P., Raffaelli, L. (2007). An overview of zirconia ceramics: Basic properties and clinical applications. *Journal of Dentistry*, 35:11 819–826. doi: 10.1016/j.jdent.2007.07.008. ISSN 03005712
- Mao, L., *et al.* (2018). Graded Ultra-Translucent Zirconia (5Y-PSZ) for Strength and Functionalities. *Journal of Dental Research*, 97:11 1222-1228. doi: 10.1177/0022034518771287. ISSN 15440591
- Martins, F., *et al.* (2019). Evaluation of zirconia surface roughness after aluminum oxide airborne-particle abrasion and the erbium-YAG, neodymium-doped YAG, or CO2 lasers: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 121:6 895-903. doi: 10.1016/j.prosdent.2018.07.001. ISSN 00223913
- Martins, S., *et al.* (2019). Influence of Particle and Air-Abrasion Moment on Y-TZP Surface Characterization and Bond Strength. *Journal of Prosthodontics*, 28:1 271-278. doi: 10.1111/jopr.12718. ISSN 1532849X
- Nagaoka, N., *et al.* (2017). Chemical interaction mechanism of 10-MDP with zirconia. *Scientific Reports*, 7 1-7. doi: 10.1038/srep45563. ISSN 20452322
- Nagaoka, N., *et al.* (2019). Ultrastructure and bonding properties of tribochemical silica-coated zirconia. *Dental Materials Journal*, 38:1 107-113. doi: 10.4012/dmj.2017-397. ISSN 18811361
- Nesma, A., Safwat, A., Aboushelib, M. (2019). The effect of fusion sputtering surface treatment on microshear bond strength of zirconia and MDP-containing resin cement. *Dental Materials*, 35:6 107-112. doi: 10.1016/j.dental.2019.02.013. ISSN 01095641
- Okada, M., *et al.* (2017). Resin adhesion strengths to zirconia ceramics after primer treatment with silane coupling monomer or oligomer. *Dental Materials Journal*, 36:5 600-605. doi: 10.4012/dmj.2016-334. ISSN 18811361
- Ortorp, A., Kihl, M., Carsson, G. (2012). A 5-year retrospective study of survival of zirconia single crowns fitted in a private clinical setting. *J Dent*, 40:6 527-530. doi: 10.1016/j.jdent.2012.02.011
- Özcan, M., Bernasconi, M. (2015). Adhesion to zirconia used for dental restorations: a systematic review and meta-analysis. *The journal of adhesive dentistry*, 17:1 7-26. doi: 10.3290/j.jad.a33525. ISSN 1461-5185
- Piconi, C., Maccauro, G. (1999). Zirconia as a ceramic biomaterial. *Biomaterials*, 20 1-25. doi: 10.1016/s0142-9612(98)00010-6
- Ramos, N., *et al.* (2019). Silica-Based Infiltrations for Enhanced Zirconia-Resin Interface Toughness. *Journal of Dental Research*, 98:4 423–429. doi: 10.1177/0022034518819477. ISSN 15440591
- Reis, A., *et al.* (2019). The performance of sol-gel silica coated Y-TZP for veneered and monolithic dental restorations. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 90 515-522. doi: 10.1016/j.jmbbm.2018.09.023. ISSN 18780180

- Russi, D., *et al.* (2019). Adhesion to zirconia: A systematic review of current conditioning methods and bonding materials. *Dentistry Journal*, 7:3 1-19. doi: 10.3390/dj7030074. ISSN 23046767
- Salem, R., *et al.* (2015). Microtensile Bond Strength of Resin-bonded Hightranslucency Zirconia Using Different Surface Treatments. *The journal of adhesive dentistry*, 18:3 1-6. doi: 10.3290/j.jad.a36034. ISSN 1461-5185
- Seghi, R., Rio, D. (2019). Biomaterials: Ceramic and Adhesive Technologies. *Dental Clinics of North America*, 63:2 233–248. doi: 10.1016/j.cden.2018.11.005. ISSN 15580512
- Stawarczyk, B., *et al.* (2017). Three generations of zirconia: From veneered to monolithic. *Quintessence international*, 48:5 369-380. doi: 10.3290/j.qi.a38057. ISSN 1936-7163
- Steiner, R., *et al.* (2020). Zirconia Primers Improve the Shear Bond Strength of Dental Zirconia. *Journal of Prosthodontics*, 29:1 62–68. doi: 10.1111/jopr.13013. ISSN 1532849X
- Thompson, J., *et al.* (2011). Adhesion/cementation to zirconia and other non-silicate ceramics: Where are we now?. *Dental Materials*, 27:1 71–82. doi: 10.1016/j.dental.2010.10.022. ISSN 01095641
- Thompson, V., Rekow, D. (2004). DENTAL CERAMICS AND THE MOLAR CROWN TESTING GROUND. *J Appl Oral Sci*, 12 26-36. doi: 10.1590/s1678-77572004000500004.
- Yang, L., *et al.* (2018). Effects of Luting Cements and Surface Conditioning on Composite Bonding Performance to Zirconia. *The journal of adhesive dentistry*, 20:6 549-558. doi: 10.3290/j.jad.a41634. ISSN 1461-5185
- Zhang, Y., Lawn, B. (2018). Novel Zirconia Materials in Dentistry. *Journal of Dental Research*, 97:2 140-147. doi: 10.1177/0022034517737483. ISSN 15440591
- Zhao, P., *et al.* (2020). Does the bond strength of highly translucent zirconia show a different dependence on the airborne-particle abrasion parameters in comparison to conventional zirconia?. *Journal of Prosthodontic Research*, 64:1 60-70. doi: 10.1016/j.jpor.2019.04.008. ISSN 18831958