



UNIVERSIDADE TIRADENTES - UNIT
GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

BEATRIZ RODRIGUES BARBOSA DE ALMEIDA
JÉSSICA CRISTIANE LIMA DOS SANTOS

TRATAMENTOS SUPERFICIAIS QUE AUMENTAM A RESISTÊNCIA DE
UNIÃO À CERÂMICA DE ZIRCÔNIA

RECIFE, 2018

BEATRIZ RODRIGUES BARBOSA DE ALMEIDA
JÉSSICA CRISTIANE LIMA DOS SANTOS

**TRATAMENTOS SUPERFICIAIS QUE AUMENTAM A RESISTÊNCIA DE
UNIÃO À CERÂMICA DE ZIRCÔNIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como pré-requisito para obtenção do título de
bacharel em Odontologia pela Universidade
Tiradentes (UNIT).

Orientador: Prof. Msc. Leonardo José
Rodrigues de Oliveira.

RECIFE, 2018

TERMO DE APROVAÇÃO

**BEATRIZ RODRIGUES BARBOSA DE ALMEIDA
JÉSSICA CRISTIANE LIMA DOS SANTOS**

TRATAMENTOS SUPERFICIAIS QUE AUMENTAM A RESISTÊNCIA DE UNIÃO À CERÂMICA DE ZIRCÔNIA

Monografia apresentada como pré-requisito parcial para obtenção do título de bacharel em odontologia pela Universidade Tiradentes – UNIT, tendo como orientador o Prof. Msc. Leonardo José R de Oliveira.

Prof. Msc. Leonardo José Rodrigues de Oliveira (Orientador)

Odontologia, UNIT

RECIFE, 2018

BEATRIZ RODRIGUES BARBOSA DE ALMEIDA
JÉSSICA CRISTIANE LIMA DOS SANTOS

**TRATAMENTOS SUPERFICIAIS QUE AUMENTAM A RESISTÊNCIA DE
UNIÃO À CERÂMICA DE ZIRCÔNIA**

A Banca Examinadora, após receber a apresentação formal deste trabalho em __ / __ / 2018, e cumpridas todas as normas e regulamentos da Faculdade, resolve:

_____ este trabalho e recomenda a sua inclusão no acervo da Biblioteca da UNIT.

Recife, ____ / _____ / _____.

BANCA EXAMINADORA:

Orientador

Prof. Msc. Leonardo José Rodrigues de Oliveira

Universidade Tiradentes

Profa. Msc. Ana Cláudia Rodrigues de Oliveira

Universidade Tiradentes

Profa. Dr.^a Luciana Santos Afonso de Melo

Universidade Tiradentes

“Sorrir é definitivamente um dos melhores remédios de beleza. Se você tem um bom senso de humor e uma boa abordagem à vida, isso é lindo.”

(Rashida Jones)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me dar forças nos momentos mais difíceis e me mostrar que posso ir além. À minha filha Alice, que sempre com esse sorriso lindo me acalmou durante todos os cinco anos de caminhada. À minha, para sempre sogra, Olivia, por todo apoio e incentivo de sempre. À minha Mãe, Quitéria, uma pessoa incrível, muito compreensiva, pacata e amorosa, minha base, meu suporte para tudo. Ao pai da minha filha, Luiz Augusto, por ter caminhado comigo nesses anos, pela sua paciência e dedicação. A todos os parentes e amigos que diretamente ou indiretamente contribuíram para que eu chegasse até aqui.

(Beatriz Rodrigues Barbosa de Almeida)

Agradeço primeiramente a Deus pela vida e por guiar meus passos, em especial ao meu esposo (Cleiton), meus pais (Geová e Cristiane) e minha irmã (Sabrina), pelo suporte durante essa longa jornada. Por terem me compreendido nos momentos de anseios e dado o suporte necessário para que hoje eu realizasse meu sonho de ser bacharel em odontologia. A todos os amigos e familiares, que acreditaram e sempre estiveram na torcida pelo meu sucesso.

(Jéssica Cristiane Lima dos Santos)

Nós agradecemos ao nosso professor e orientador, Leonardo, por toda ajuda e paciência para a realização desse árduo trabalho.

RESUMO

As cerâmicas a base de zircônia vêm sendo comumente utilizadas nos procedimentos odontológicos, principalmente por apresentarem propriedades mecânicas bastante interessantes, por serem esteticamente satisfatórias e pela a sua biocompatibilidade. Porém, existe uma grande limitação na utilização desse material que está atrelada ao seu potencial de união com os cimentos resinosos e conseqüentemente à estrutura dentária. Dessa forma, vários estudos vêm sendo desenvolvidos com o intuito de estabelecer um protocolo de tratamento superficial da zircônia, que proporcione uma forte e estável união aos cimentos resinosos. Atualmente, alguns são bastante difundidos, como o microjateamento com partículas de óxido de alumínio, o qual vem sendo considerado um dos métodos preferenciais, como também a utilização de primers, silano e adesivos contendo MDP. Como a literatura ainda não estabelece um protocolo de união entre a zircônia, o cimento resinoso e estrutura dentária efetivo e estável, esta revisão de literatura tem por objetivo avaliar os diferentes tratamentos superficiais e suas associações, tentando descrever qual o método mais efetivo para que se consiga uma boa e estável união entre as cerâmicas de zircônia, cimentos resinosos e as estruturas dentárias.

Palavras-chaves: Cerâmica Y-TZP. Cimentação. Restauração dentária permanente. Adesivos dentários.

ABSTRACT

Ceramics based on zirconia have been commonly used in dental procedures, mainly because they have very interesting mechanical properties, because they are aesthetically satisfactory and because of their biocompatibility. However, there is a great limitation in the use of this material that is linked to its potential of union with the resin cements and consequently to the dental structure. Thus, several studies have been developed with the purpose of establishing a protocol of surface treatment of zirconia, that provides a strong and stable bond to the resin cements. Currently, some are quite widespread, such as the microneering with aluminum oxide particles, which has been considered one of the preferred methods, as well as the use of primers, silane and adhesives containing MDP. As the literature does not yet establish a protocol of union between zirconia, resin cement and definitive dental structure, which establishes the most effective surface treatment for an effective and stable zirconia union, this literature review aims to evaluate the different surface treatments and their associations, trying to describe the most effective method to achieve a good and stable union between zirconia ceramics, resin cements and dental structures.

Keywords: Y-TZP Ceramic. Cementation. Dental restoration permanent. Dental-bonding agents.

LISTA DE SIGLAS

Al₂O₃	Óxido de alumínio
CO₂	Dióxido de carbono
Er:YAG	Granada de Ítrio-alumínio Dopada com Érbio, do inglês
MDP	10-metacrilóiloxidecil dihidrogênio fosfato
MPTMS	3-metacriloxipropiltrimetoxisilano
Nd:YAG	Granada de Ítrio-alumínio Dopada com Neodímio, do inglês
SIE	Condicionamento por Infiltração Seletiva, do inglês
Y-TZP	Zircônia Tetragonal Policristalina Estabilizada por Ítria
Z-PRIME	Primer de zircônia
ZrO-P	Primer de zircônia conteúdo MDP

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Descrição dos artigos utilizados para construção da revisão da literatura e suas abordagens	13
Quadro 2: Tratamentos Superficiais Mecânicos realizados na Y-TZP	18
Quadro 3: Tratamentos Superficiais Químicos realizados na Y-TZP	20
Quadro 4: Tratamentos Superficiais Químico-mecânico realizados na Y-TZP	22

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Descrição dos trabalhos consultados na revisão da literatura, quantidade e autores respectivos à cada material	15
---	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representação da silicatização	24
---	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. METODOLOGIA	13
2.1 Critérios de Inclusão e Exclusão	14
3. REVISÃO DE LITERATURA	17
3.1 Cerâmica de (Y-TZP): conceito e história na odontologia	17
3.2 Tratamentos de Superfície da (Y-TZP)	17
3.2.1 Tratamentos Superficiais Mecânicos	18
3.2.1.1 Abrasão por jateamento de partículas	18
3.2.1.2 Revestimento de porcelana de baixa fusão	19
3.2.1.3 Condicionamento por Infiltração Seletiva (SIE)	19
3.2.1.4 Lasers	19
3.2.2 Tratamentos Superficiais Químicos	20
3.2.2.1 Rocatec e Co-Jet	20
3.2.2.2 Silicoater	21
3.2.2.3 Caneta Pyrosil	21
3.2.2.4 Primer de zircônia	21
3.2.2.5 Silanos	21
3.2.3 Tratamento Superficiais Químico-mecânico	22
3.2.3.1 Jateamento com óxido de alumínio + Primers cerâmicos	22
3.2.3.2 Jateamento com óxido de alumínio + Sistemas adesivos com MDP	23
3.2.3.3 Jateamento com óxido de alumínio + Cimento resinoso com MDP	23
3.2.3.4 Silicatização + Silanização	23
4. DISCUSSÃO	25
5. CONCLUSÃO	30
REFERÊNCIAS	31

1. INTRODUÇÃO

A ampla utilização das cerâmicas na confecção de restaurações dentárias deve-se principalmente a suas boas propriedades estéticas e mecânicas e sua biocompatibilidade. Dentre as cerâmicas odontológicas a Zircônia Tetragonal Policristalina Estabilizada por Ítria (Y-TZP) é a que apresenta a maior resistência flexural e à fratura (MALHEIROS; FIALHO e TAVARES, 2013).

Segundo Mattiello et al. (2013) as cerâmicas a base de zircônia são cerâmicas cristalinas puras, sem sílica na sua composição, apesar da alta resistência mecânica, apresentam baixa resistência de união aos tecidos dentários, após procedimentos de cimentação convencional, necessitando de métodos de tratamento de superfície para obterem uma união aos cimentos resinosos e substratos dentários, maior e mais estável.

De Oliveira e Rabello (2017) afirmam que o jateamento com partículas de óxido de alumínio (Al_2O_3) é um dos métodos preferenciais, pois este proporciona o aumento da energia livre de superfície, melhorando a molhabilidade. Além disso, aumenta a rugosidade da superfície, possibilitando melhor embricamento mecânico do cimento resinoso. Essa retenção mecânica é essencial não apenas para estabelecer elevadas forças de união, mas também para evitar falhas adesivas.

Porém, diferentes tratamentos de superfície têm sido propostos para aumentar a união à (Y-TZP), além do microjateamento com partículas de óxido de alumínio ou com óxido de alumínio revestido por sílica, também são indicados o uso de primers, silano e adesivos, que contêm o monômero fosfatado, 10-metacrilóiloxidecil dihidrogênio fosfato (MDP), irradiação a laser, deposição de vapor de sílica, e condicionamento por infiltração seletiva (MATTIELO et al., 2013).

Por outro lado, Zandparsa *et al.* (2014) observaram que o jateamento seguido da aplicação de um primer (Z-PRIME Plus – Bisco, Inc., Schaumburg, IL) produziu uma maior resistência de união, diminuindo a degradação ao longo do tempo. Além disso, os autores salientaram que a zircônia tratada com o jateamento apresentou uma união comparável àquela obtida entre o cimento resinoso e o esmalte.

No entanto, Subasi e Inan (2014) observaram em seu estudo que a seleção do cimento é considerada mais importante do que o tipo de tratamento de superfície e que os cimentos contendo monômeros fosfatados (MDP) foram os mais adequados para a cimentação da zircônia.

Corroborando esses achados, Saker, Ibrahim e Ozcan (2013) afirmaram que o prévio jateamento da superfície seguido da utilização de cimentos resinosos à base de MDP aumentou a resistência de união à Y-TZP. Outros estudos demonstraram que o uso do jateamento com óxido de alumínio ou a silicatização associado a aplicação de primers e cimentos resinosos contendo o monômero MDP tem produzido uma resistência de união mais elevada em relação ao uso somente dos primers e cimentos resinosos. Ressaltando que os tratamentos mecânicos de jateamento e silicatização promovem modificações superficiais, além de gerarem mais grupos hidroxilas livres para interação com os monômeros MDP (SUBASI e INAN, 2014).

Para Kern (2015) inúmeros estudos estão sendo publicados nos últimos anos, e neles são analisados os diferentes tratamentos superficiais que melhoram a união da zircônia aos cimentos resinosos, mas ainda não existe um protocolo definido para esse tipo de união.

Assim sendo, essa revisão de literatura, tem por objetivo comparar vários tratamentos superficiais utilizados para que se tenha um aumento na resistência de união entre a (Y-TZP) e cimentos resinosos.

2. METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão de literatura científica de forma qualitativa, que consiste em um projeto com uma visão geral atual sobre um tema (GIL, 2008).

Uma pesquisa bibliográfica refere-se a um estudo feito a partir do levantamento de referências teóricas já analisadas, e publicadas por meios escritos e eletrônicos, como livros, artigos científicos, páginas de web sites. Qualquer trabalho científico inicia-se com uma pesquisa bibliográfica, que permite ao pesquisador conhecer o que já se estudou sobre o assunto. (GERHARDT e SILVEIRA, 2009)

Os exemplos mais característicos desse tipo de pesquisa são de investigações sobre ideologias ou aquelas que se propõem à análise das diversas posições acerca de um problema. (GIL, 2008)

Sendo assim, a descrição dos artigos pesquisados e suas respectivas abordagens podem ser observados abaixo a partir do quadro 1:

Quadro 1: Descrição dos artigos utilizados para construção da revisão da literatura e suas abordagens

Autores	Palavras-Chaves
Denry e Kelly (2008); Diego et al. (2007); Eichler, Eisele e Rödel, (2004); Gomes et al. (2008); Mattiello et al. (2013); Moraes et al., (2004)	Cerâmica de Y-TZP
Tzanakakis et al. (2016)	Tratamentos de Superfície da (Y-TZP)
Tzanakakis et al. (2016) e Vanderlei (2011)	Tratamentos de Superfície da (Y-TZP) Mecânico
Mosele e Borba (2014) e Sato et al., (2008)	Abrasão por jateamento de partículas
Bispo (2016); Gomes et al. (2008); Raposo et al. (2015)	Revestimento de porcelana de baixa fusão
Aboushelib e Wang (2010); Aboushelib, Kleverlaan, Feilzer (2010); Aboushelib, Kleverlaan e Feilzer (2007); Casucci et al. (2009) e Casucci et al. (2011)	Condicionamento por Infiltração Seletiva (SIE)
Heimann (2010)	Suspensão de partículas de dióxido de zircônia

Aboushelib, Kleverlaan e Feilzer (2007); Akin et al. (2011); Akyl, Uzun e Bayindir (2010); Da Silva et al. (2014); Foxton et al. (2011) e Rego e Da Silva Schanuel (2016)	Lasers
Blatz, Sadan e Kern (2003) e Tzanakakis et al. (2016)	Tratamentos Superficiais químicos
De Araújo Michida et al. (2003); Valandro et al. (2005)	Rocatec e Co-Jet
Janda, et al. (2003)	Silicoater
Janda et al. (2003)	Caneta Pyrosil
Chen et al. (2012); Magne, Paranhos e Burnett (2010) e Pilo et al. (2016)	Primer de zircônia
Luo et al. (2001); Sideridou e Karabela (2009); Wilson et al. (2007) e Wilson, Zhang e Antonucci (2005)	Silanos
Amaral (2014) e Hilgert (2009)	Tratamento Superficiais Químico-mecânico
Kern (2006); Mosele e Borba (2014); Sato et al. (2008); Shin et al. (2014)	Jateamento com óxido de alumínio + primers cerâmicos
Kitayama et al. (2010); Thompson et al. (2011) e Van Meerbeek et al. (2011)	Jateamento com óxido de alumínio + Sistemas adesivos com MDP
Blatz, Sadan e Kern (2003); Kern (2006); Saker, Ibrahim e Ozcan (2013) e Subasi e Inan (2014)	Jateamento com óxido de alumínio + Cimento resinoso com MDP
Atsu et al. (2006); Blatz, Sadan e Kern (2003); Hilgert et al. (2009); Hooshmand, Van Noort e Keshvad (2004); Kern (2006); Luo et al. (2001); Palacios et al. (2006); Soares et al. (2005); Tanaka et al. (2008) e Valandro et al. (2006)	Silicatização + Silanização

As pesquisas foram realizadas desde fevereiro de 2018 a novembro de 2018.

2.1 Critérios de Inclusão e Exclusão

Os critérios de inclusão dos trabalhos utilizados para construção da pesquisa e atendimento aos objetivos propostos foram:

1. As buscas de trabalhos disponíveis na plataforma de dados do Google Acadêmico, utilizando revistas, jornais, livros e teses de doutorado, os quais podem ser observados logo abaixo na tabela 01:

2. A prioridade foi dada para artigos de 2013 a 2018, porém foi necessário expandir a periodicidade dos artigos para conseguir toda a abordagem pretendida. Dessa forma, as referências consultadas foram de 2001 a 2018.
3. Com relação ao idioma, os trabalhos coletados foram essencialmente em inglês e português, e em menor quantidade alemão (apenas um livro).

Critérios de exclusão:

1. Artigos com a periodicidade inferior a 2001;
2. E em outros idiomas, eu não fossem inglês e português.

Tabela 1: Descrição dos trabalhos consultados na revisão da literatura, quantidade e autores respectivos à cada material

Material Consultado - Revistas, Teses e Livros	Quantidade	Autores Respectivos à Cada Material
Dental Materials	11	Casucci et al. (2011); Denry e Kelly (2008); Hooshmand, Van Noort e Keshvad (2004); Janda, et al. (2003); Kitayama et al. (2010); Magne, Paranhos e Burnett (2010); Pilo et al. (2016); Sato et al., (2008); Sideridou e Karabela (2009); Thompson et al. (2011) e Van Meerbeek et al. (2011)
The Journal of Prosthetic Dentistry	8	Aboushelib, Kleverlaan e Feilzer (2007); Aboushelib e Wang (2010); Atsu et al. (2006); Blatz, Sadan e Kern (2003); Da Silva et al. (2014); Palacios et al. (2006); Tzanakakis et al. (2016) e Valandro et al. (2005)
Cerâmica	2	Gomes et al. (2008) e Mosele e Borba (2014)
Material Research	2	Diego et al. (2007) e Moraes et al. (2004)
Tese de doutorado	2	Amaral (2014) e Vanderlei (2011)
Revista Brasileira de Odontologia	2	Bispo (2016) e Rego e Da Silva Schanuel (2016)
Journal of Prosthodontics: Implant; Esthetic and Reconstructive Dentistry	2	Aboushelib, Kleverlaan, Feilzer (2010) e Foxton et al. (2011)
Livros	2	Heinmann (2010) e Kern (2006)
Photomedicine and Laser Surgery	2	Akin et al. (2011) e Akyl, Uzun e Bayindir (2010)
Journal of Adhesive Dentistry	2	Saker, Ibrahim e Ozcan (2013) e Valandro et al. (2006)

Journal of the American Ceramic Society	1	Eichler, Eisele e Rödel, (2004)
ISRN Biomaterials	1	Mattiello et al. (2013)
Programa de Atualização em Prótese Odontológica e Dentística: Ciclo	1	Raposo et al. (2015)
Journal of Appleid Oral Science	1	De Araújo Michida et al. (2003)
American Journal of Dentistry	1	Chen et al. (2012)
Surface Science	1	Luo et al. (2001)
Biomaterials	1	Wilson, Zhang e Antonucci (2005)
Journal of Biomedical Materials Research	1	Wilson et al. (2007)
Clínica Internacional Journal of Brazilian Dentistry	1	Hilgert (2009)
The Journal of Scanning Microscopies	1	Shin et al. (2014)
Laser in Madical Science	1	Subasi e Inan (2014)
Journal of Esthetic and Restorative Dentistry	1	Soares et al. (2005)
Journal of Dental Research	1	Tanaka et al. (2008)
Journal of Dentistry	1	Casucci et al. (2009)
Total de materiais consultados	49	-

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Cerâmica de (Y-TZP): conceito e história na odontologia

A palavra cerâmica possui sua origem do grego “*keramos*” que remete ao conceito de argila. Foram introduzidas na odontologia no final do século XIX, sendo chamadas de “*coroas de jaquetas*”. Passaram por diversas modificações a fim de se moldarem às necessidades da época, isto é, desenvolvimento da técnica da folha de platina, em seguida a adição de leucita na porcelana, na Inglaterra a criação da cerâmica feldspática, posteriormente, uma camada de óxido de estanho sobre a folha de platina, sendo estes processos de evolução presente até os dias atuais (GOMES et. al, 2008).

Em 1789, a zircônia foi descoberta. Seu nome se origina do árabe “*zargun*”. É um óxido não encontrado na sua forma pura na natureza, mas encontra-se nos minerais badeleíta (ZrO_2 monoclinico) e zirconita ($ZrSiO_4$) que são as principais fontes deste material (EICHLER, EISELE e RÖDEL, 2004).

Ressalta-se que a zircônia para alcançar sua fase tetragonal que remete ao seu estado estável, precisa estar em temperaturas que variem de 1170° à $2370^\circ C$. Além disso, para a fabricação de componentes à base da zircônia, é necessária a adição de um estabilizador, o qual pode ser o Ítrio, pois proporciona características, como a resistência mecânica e resistência à flexão (DENRY e KELLY, 2008; DIEGO et al., 2007; EICHLER, EISELE e RÖDEL, 2004; MORAES et al. 2004).

A maior limitação de sua utilização refere-se à sua união à superfície do dente, devido a esse problema, muitos estudos foram realizadas sobre os tratamentos que podem melhorar a eficiência de seu uso na odontologia. Esses tratamentos podem ser químicos, mecânicos, ou associação de tratamentos mecânicos e químicos (MATTIELO et al., 2013).

3.2 Tratamentos de Superfície da (Y-TZP)

De acordo com Tzanakakis et al. (2016), diversos são os tratamentos de superfície que já foram pesquisados e mesmo assim ainda não existe um protocolo definido para identificação dos procedimentos que seriam mais eficientes. Dessa forma, os autores

supracitados, especificaram em uma revisão sistemática os tratamentos quanto ao seu método em mecânico, químico ou químico-mecânico.

3.2.1 *Tratamentos Superficiais Mecânicos*

Os tratamentos mecânicos são realizados a partir de testes monotônicos, os quais são utilizados para caracterizar as propriedades mecânicas de metais e compósitos, tais como: tração e resistência final do material. Que avaliam as particularidades contidas nos materiais e suas respectivas alterações de propriedades quando há influência de outras variáveis (VANDERLEI, 2011). Os tratamentos superficiais mecânicos podem ser listados a partir do quadro abaixo:

Quadro 2: Tratamentos Superficiais Mecânicos realizados na Y-TZP

Tratamentos de Superfície para Zircônia
Tratamento Mecânico
Abrasão por jateamento de partículas
Revestimento de porcelana de baixa fusão
Condicionamento por Infiltração Seletiva (SIE)
Lasers
Laser Nd:YAG
Laser CO2
Laser Er:YAG

Fonte: Adaptado de Tzanakakis et al. (2016).

3.2.1.1. Abrasão por jateamento de partículas

De acordo com Mosele e Borba (2014), a Y-TZP é uma cerâmica ácido-resistente que pode melhorar significativamente sua união ao cimento resinoso pelo procedimento conhecido como Abrasão por jateamento de partículas. Tal método é bastante utilizado com partículas de óxido de alumínio, tendo em vista a simplicidade e praticidade na execução.

O jateamento com óxido de alumínio permite que haja uma maior rugosidade na superfície da Y-TZP melhorando a união ao cimento, porém a limitação desse tratamento é a possibilidade de gerar microfissuras na superfície do material, o que proporcionará uma certa fragilidade quando exposta a cargas (SATO et al., 2008).

3.2.1.2 Revestimento de porcelana de baixa fusão

De acordo com Bispo (2016), o surgimento da porcelana de baixa fusão, no final do século XIX, culminou no aparecimento das próteses parciais fixas e coroas de jaqueta em cerâmicas.

Sua classificação é oriunda da temperatura de fusão, que segundo Gomes et al. (2008) se apresenta da seguinte maneira: porcelana de alta fusão quando exposta a uma elevada temperatura, isto é, maior que 1300 °C, média fusão entre o intervalo de 1101-1300 °C, baixa fusão entre 850-1100 °C e ultrabaixa fusão de 650 a 850 °C.

A porcelana de alta fusão é utilizada geralmente para a confecção de dentes para próteses removíveis, infraestruturas cerâmicas de alumina ou zircônia totalmente sinterizadas. Além disso, é utilizada para recobrir infraestruturas metálicas e cerâmicas, prensagem ou confecção de infraestruturas cerâmicas e a ultrabaixa fusão recobrimentos de infraestruturas em titânio ou ouro (RAPOSO et. al, 2015).

3.2.1.3 Condicionamento por Infiltração Seletiva (SIE)

O procedimento chamado Infiltração Seletiva por Vidro (SIE), refere-se a um novo tratamento superficial que faz uso dos princípios de maturação pelo calor e difusão de grão de zircônia para alterar a superfície da Y-TPZ, deixando-a rugosa para maior retenção. Associada à maturação, aplica-se uma camada de um agente de condicionamento composto por 65% de vidro infiltrado por sílica, 10% de óxido de sódio, 5% de óxido de potássio e 5% de óxido de titânio diretamente na superfície da zircônia (ABOUSHELIB, KLEVERLAAN, FEILZER, 2010).

Corroborando o estudo de Aboushelib, Kleverlaan e Feilzer (2010), Aboushelib e Wang (2010) afirma que este procedimento é realizado reabrindo a superfície interna da zircônia com uma camada de vidro, a qual é exposta a uma temperatura de 750°C, seu ponto de transição vítrea, o que torna a superfície um tanto mais porosa facilitando o embricamento mecânico com adesivos e cimentos resinosos.

3.2.1.4 Lasers

Dentre os tratamentos existentes, a irradiação por lasers Er:YAG, Nd:YAG ou de CO₂ é amplamente difundida na odontologia (REGO e DA SILVA SCHANUEL, 2016).

De acordo com Foxton et. al (2011) e Akin et al. (2011), o laser Er:YAG possui destaque quando utilizado para corte de esmalte e dentina, remoção de cáries, preparação cavitária e remoção de partículas pelo processo conhecido como “ablação”. O laser

Nd:YAG também é indicado para a remoção de cáries e na redução da sensibilidade dentinária. Ressalta-se que ambos, por proporcionarem a formação de uma superfície rugosa, melhoram a resistência de união ao cimento resinoso (AKYL, UZUN, BAYINDIR, 2010).

O Laser de dióxido de carbono (CO₂) é bastante utilizado na Y-TPZ e, tendo em vista que seu comprimento de onda, é praticamente todo absorvido pela cerâmica, podendo ser aplicado juntamente com o jateamento de superfície, o que proporcionaria uma resistência de união mais efetiva (AKYL, UZUN, BAYINDIR, 2010).

3.2.2 *Tratamentos Superficiais Químicos*

Os tratamentos químicos são tão importantes quanto os mecânicos descritos acima, pois estes possuem como principal função ampliar a reatividade química da superfície de modo a melhorar a união química da Y-TZP ao cimento resinoso (BLATZ, SADAN e KERN, 2003).

Quadro 3: Tratamentos Superficiais Químicos realizados na Y-TZP

Tratamentos de Superfície para Zircônia
Tratamento Químico – Revestimentos de óxido de silício
Rocatec
Co-Jet
Silicoater
Caneta Pyrosil
Agentes de União com MDP
Primer de zircônia (Z-PRIME)
Silanos

Fonte: Adaptado de Tzanakakis et al. (2016).

3.2.2.1 Rocatec e Co-Jet

Os sistemas Rocatec e Co-Jet são utilizados para procedimentos clínicos, como por exemplo, reparo de fraturas em metalcerâmicas e restaurações metal-free com resina composta e cimentação adesiva (VALANDRO et al., 2005).

Os dois procedimentos são realizados de forma muito parecida. O Co-Jet segue três passos: 1º jateamento com AL₂O₃, 2º jateamento com óxido de sílica e o 3º

silanização – ESPE-Sil. O Rocatec, também segue três etapas, as quais são: 1º jateamento com AL_2O_3 (Rocatec-Pre powder), 2º jateamento com partículas especiais de sílica (Rocatec-Plus powder) e 3º silanização com Rocatec-Sil (DE ARAUJO MICHIDA et al., 2003).

3.2.2.2 Silicoater

Trata-se de um método de adesão química, o qual auxilia a união entre as resinas e a superfície metálica. Esse procedimento, considerado o primeiro sistema de silicatização superficial, surgiu em meados da década de 1980 e fundamenta-se na imposição de uma chama de gás butano com óxido de silício, que provoca uma queimadura na superfície dentária, sendo o óxido de silício depositado nesta (JANDA, et al., 2003).

3.2.2.3 Caneta Pyrosil

Assim como os métodos supracitados, os quais possuem como principal função proporcionar a melhor interação química adesiva entre a resina e a superfície da Y-TZP, a caneta Pyrosil foi idealizada com esse mesmo propósito (JANDA et al., 2003).

Trata-se de uma tecnologia cujo tratamento é realizado à quente sendo depositado silano na superfície dentária o que aumenta a sua rugosidade e permite o embricamento micro-mecânico e união química com os cimentos resinosos (JANDA et al., 2003).

3.2.2.4 Primer de zircônia

O Primer de zircônia (Z-Prime Plus) é baseado em monômeros fosfatados, 10-metacriloiloxidecil dihidrogênio fosfato (MDP) e ácido carboxílico, proporcionando a união química entre a cerâmica de zircônia e o primer de zircônia contendo MDP (ZrO-P) (CHEN et al., 2012).

De acordo com Pilo et al. (2016) o grupo fosfato reage com o óxido de zircônia formando assim, fosfato zircônio, o qual é termicamente e hidroliticamente estável, além disso, o monômero de ácido carboxílico também auxilia no processo de união do primer com a cerâmica à base de zircônia (MAGNE, PARANHOS e BURNETT, 2010).

3.2.2.5 Silanos

O silano refere-se a um monômero que liga o silício (que está em sua composição) a radicais orgânicos reativos e a grupamentos monovalentes hidrolisáveis que são capazes de gerar a união de componentes inorgânicos da cerâmica a elementos orgânicos do cimento resinoso (LUO et al., 2001).

Ressalta-se que a silanização do material inorgânico é capaz de promover melhores propriedades mecânicas, como: resistência à flexão e à tração, tenacidade à fratura e elasticidade (WILSON, ZHANG e ANTONUCCI, 2005; WILSON et al., 2007).

Com relação a união, o silano pode reduzir a incidência de penetração da água quando comparado a outros compósitos que não possuem em sua formação o uso do silano (SIDERIDOU e KARABELA, 2009).

3.2.3 Tratamento Superficiais Químico-mecânico

De acordo com Amaral (2014), é de extrema importância a associação dos tratamentos superficiais mecânicos e químicos, pois quando combinados permitem um resultado de união mais efetivo entre zircônia – cimento resinoso – dentina.

Quadro 4: Tratamentos Superficiais Químico-mecânico realizados na Y-TZP

Tratamentos de Superfície para Zircônia
Tratamento Químico-mecânico
Jateamento com óxido de alumínio + Primers cerâmicos
Jateamento com óxido de alumínio + Sistema adesivo com MDP
Jateamento com óxido de alumínio + Cimento resinoso com MDP
Silicatização + Silanização

Fonte: Adaptado de Hilgert, 2009.

3.2.3.1 Jateamento com óxido de alumínio + Primers cerâmicos

O jateamento com óxido de alumínio, como analisado anteriormente, promove irregularidades da superfície, além disso quando se utiliza partículas de alumínio de 50µm-110µm torna a superfície da Y-TPZ mais reativa. Aplicando-se primers com MDP que tenham afinidade para óxidos metálicos haverá a união desses primers aos óxidos metálicos da cerâmica, e dos primers aos cimentos resinosos (KERN, 2006; SATO et al. 2008).

Mosele e Borba (2014) e Shin et al. (2014) corroboram a ideia dos autores acima afirmando que o jateamento com partículas de alumina é efetivo em cerâmicas ácido-resistentes, como é o caso da Y-TZP, e que a utilização de primers à base de MDP é indicado para o tratamento químico.

3.2.3.2 Jateamento com óxido de alumínio + Sistemas adesivos com MDP

De acordo com Kitayama et al. (2010) e Thompson et al. (2011) os sistemas adesivos com MDP apresentam uma boa afinidade química à cerâmica e a estrutura dentária, possibilitando que haja uma boa união aos óxidos da cerâmica e ao cálcio do dente.

Van Meerbeek et al. (2011) corroboram o que os autores acima afirmam e reiteram que ao comparar os sistemas adesivos a base de MDP com outros monômeros funcionais como 4-MET e Phenyl-P, o MDP se mostra mais efetivo e estável. Porém, apesar de sua efetividade na união química à cerâmica e à estrutura dentária, este sistema adesivo não é efetivo na união ao esmalte. Isso se deve ao processo de desmineralização do esmalte quando submetido ao sistema adesivo, que é menor, e isso provoca um baixo potencial de embricamento micromecânico e conseqüentemente baixa resistência de união (VAN MEERBEEK et al. 2011).

3.2.3.3 Jateamento com óxido de alumínio + Cimento resinoso com MDP

Esse procedimento é muito parecido com o jateamento com óxido de alumínio + primers cerâmicos e o anterior mencionado nessa seção, tendo em vista que após o jateamento com óxido de alumínio ao invés de se aplicar primers cerâmicos ou sistemas adesivos com MDP, utiliza-se cimentos resinosos os quais contêm MDP. (BLATZ, SADAN e KERN, 2003 e KERN, 2006).

Saker, Ibrahim e Ozcan (2013) afirmaram que o jateamento com óxido de alumínio na superfície associado ao uso de cimentos resinosos à base de monômeros fosfatados apresentou bons resultados de união da Y-TZP ao cimento. Os autores também afirmam que os cimentos que contêm monômeros especiais como o MDP, são aqueles, por exemplo, da família Panavia da Kuraray.

Subasi e Inan (2014) reiteram que a escolha do cimento é de suma importância para o tratamento de superfície e concorda com os autores acima quando relatam que os cimentos contendo monômeros fosfatados são os mais indicados para cimentação da zircônia.

3.2.3.4 Silicatização + Silanização

Silicatização é a denominação dada para o processo de jateamento de óxido de alumínio acrescido do óxido de silício, no qual primeiramente realiza-se o jateamento para que seja criada rugosidade na superfície e, posteriormente é depositada uma camada de sílica (PALACIOS et al., 2006).

Figura 1: Representação da silicatização



Fonte: Hilgert, 2009.

A silanização por sua vez refere-se ao processo de união química realizado a partir do silano, o qual é responsável pela união dos componentes inorgânicos da cerâmica à porção orgânica do cimento resinoso (LUO et al., 2001). Ainda ressalta-se que o silano quando termicamente tratado torna-se ainda mais efetivo no processo de união entre resinas compostas e a sílica das cerâmicas vítreas (HOOSHMAND, VAN NOORT, KESHVAD, 2004).

Blatz, Sadan e Kern (2003); Kern (2006); Soares et al. (2005) e Valandro et al. (2006); afirmam que a silicatização, além de irregularidades na superfície, também promove o aumento da temperatura (triboplasma) que auxilia a fixação da sílica à cerâmica e, a partir deste procedimento é possível realizar a silanização e a união química aos cimentos resinosos.

Atsu et al. (2006) e Tanaka et al. (2008) ainda reiteram que após aplicação da silicatização e silanização, a utilização ou de um primer ou de um cimento especial com monômeros fosfatados, como por exemplo o MDP, apresentam os melhores resultados de união entre a cerâmica à base de zircônia e a cimentação adesiva.

4. DISCUSSÃO

Tratamentos Superficiais Mecânicos:

Abrasão por jateamento de partículas

O procedimento é simples e efetivo o que o torna bastante popular na odontologia, mas é preciso tomar cuidado para que não se tenha uma redução da resistência da Y-TZP (MOSELE E BORBA, 2017 e SATO et al., 2008).

Zhang et al. (2014) e De Oliveira e Rabello (2017) afirmaram que o jateamento de partículas de óxido de alumínio trata-se, atualmente, do método mais consagrado dentro da literatura, tendo em vista sua efetividade no que tange a melhora da resistência de união entre a cerâmica à base de zircônia e os cimentos resinosos.

Revestimento de porcelana de baixa fusão

Bispo (2016); Gomes et al. (2008) e Raposo et al. (2015) concordaram que a porcelana de baixa fusão é muito utilizada para confecção de próteses dentárias parcialmente fixas.

Porém, Raposo et al. (2015) acrescentou que quando a porcelana de baixa fusão é usada para essa finalidade tem como diferencial a obtenção de blocos de zircônia pré-sinterizados ou para prensagem.

Ressalta-se que os autores supracitados não externam sobre a efetividade do revestimento de porcelana de baixa fusão quanto à sua resistência de união, apenas comentam sua funcionalidade. Além disso, não foram encontrados registros na literatura que pudessem esclarecer essa questão.

SIE

Conforme De Oliveira e Rabello (2017) este método parece ser efetivo a partir da ligação química e embricamento nanomecânico, que promove na superfície da estrutura dentária, porém os autores reiteram a necessidade de mais estudos sobre o processo, pois ainda refere-se a um tratamento recente.

Aboushelib, Kleverlaan, Feilzer (2007) afirmaram que trata-se de um método confiável que apresenta boa resistência de união entre a estrutura dentária e a cerâmica Y-TZP. Posteriormente, Aboushelib, Kleverlaan, Feilzer (2010) e Aboushelib e Wang

(2010) realizaram novos estudos e reiteraram que o procedimento estabelece uma união efetiva nos substratos de zircônia, os autores afirmam que a SIE promove uma união forte, estável e durável.

Casucci et al. (2009) e Casucci et al. (2011) também reafirmaram que o tratamento SIE proporciona uma boa resistência de união. Os autores ainda complementam que a resistência de união do cimento resinoso ainda se torna maior quando a cerâmica a base de zircônia passa por tratamentos como abrasão de partículas a ar do que quando é deixada sem tratamento.

Porém, Aboushelib, Kleverlaan e Feilzer (2007); Aboushelib, Kleverlaan, Feilzer, (2010); Casucci et.al. (2009) e Casucci et.al. (2011) concordam que a literatura existente sobre esse método ainda é insuficiente para a confirmação da efetividade da técnica, porém todos admitem que se mostrou promissor, até mais que outros tratamentos, tais como o jateamento por óxido de alumínio e MDP primer.

Suspensão de partículas de dióxido de zircônia

Segundo Heinmann (2010), trata-se de um procedimento ainda pouco difundido na literatura. Hashmi (2014) e Kumar (2014) também concordam sobre esta afirmação. Os autores indicam que por falta de desenvolvimento da técnica ainda é muito cedo para tirar conclusões sobre sua efetividade com relação a resistência de união.

Lasers

Foxton et al. (2011) ao realizar testes com laser Er:YAG em uma irradiação de 200mJ verificou que a união entre a zircônia e o cimento resinoso não teve durabilidade. Essa afirmação também é confirmada por Rego e Da Silva Schanuel (2016).

Outros testes foram realizados por Subasi e Inan (2014) com o Laser Er:YAG 400mJ e também verificaram baixa resistência de união independente do cimento resinoso utilizado.

Akyl, Uzun e Bayindir (2010) também realizaram testes e concluíram que em comparação com a silicatização ou o jateamento de óxido de alumina, a irradiação com os lasers Nd:YAG (100mJ) e Er:YAG (200mJ) tiveram um desempenho inferior relacionado a resistência de união entre a zircônia e os cimentos resinosos.

Tratamentos Superficiais Químicos:

Rocatec e Co-Jet

Valandro et al. (2005) ao comparar três tipos de testes para analisar a efetividade destes com relação a resistência de união verificou que o revestimento de sílica utilizando o sistema Rocatec e o revestimento de sílica utilizando o sistema Co-Jet apresentaram uma força de resistência de união mais elevada quando comparada ao método de abrasão de partículas aéreas.

De Araújo Michida et al. (2003) também realizaram testes comparativos entre os dois sistemas (Rocatec e Co-jet) e o jateamento de óxido de alumínio e também afirmaram que os grupos representados pelos dois sistemas apresentaram maior resistência de união mostrando que não houve diferenças estatísticas entre o sistema Rocatec e o Co-jet.

Silicoater

Bandeira et al. (2008) afirma que o sistema silicoater deposita uma quantidade menor de sílica ao ser comparado com o Rocatec e isso causa diferentes resultados de resistência de união, sendo então o sistema Rocatec mais efetivo que o sistema Silicoater.

Caneta Pyrosil

Janda et al. (2003) afirma que a PyrosilPen é uma tecnologia que se mostra eficiente para o tratamento de superfície de cerâmicas a base de óxido de zircônia.

Primer de zircônia

Chen et al. (2012) testou três primers de zircônia (ZPrime Plus, Bisco) e afirmou que todos eles melhoraram significativamente a força de resistência de união.

Magne, Paranhos e Burnett (2010) testaram um novo primer experimental de zircônia mostrando uma melhora na resistência de união. Ressalta-se que este primer baseava-se em monômeros organofosforados / ácidos carboxílicos.

Silanos

Sideridou e Karabela (2009) afirmaram que o silano quando usado para o procedimento da silanização impactou a orientação das moléculas de silano em relação à superfície da sílica, o que parece então afetar as propriedades mecânicas dos compósitos.

Wilson et al. (2007) também realizou a silanização com diferentes proporções de massa de 3-metacriloxipropiltrimetoxissilano (MPTMS) o qual interage com a matriz através da ligação covalente de hidrogênio, e n-octiltrimetoxissilano (OTMS), os autores verificaram que contendo massas iguais de MPTMS E OTMS as interfaces podem produzir compostos com ótimas propriedades.

Wilson, Zhang e Antonucci (2005) realizando estudo semelhante obtiveram os mesmos resultados e mostrando que os benefícios das nanopartículas silanizadas duplas possuem maiores cargas de enchimento e, portanto, menor contração de cura.

Tratamentos Superficiais Químico-Mecânico

Jateamento com óxido de alumínio + Primers Cerâmicos

Mosele e Borba (2014) afirmaram que após a superfície passar pelo jateamento de partículas de óxido de alumínio modificadas ou não por sílica é indicado, para as cerâmicas ácido-resistentes, como é o caso da cerâmica à base de zircônia, realizar o tratamento químico, sendo os primers cerâmicos interessantes para esse procedimento. Os autores ressaltaram que os primers contendo monômeros bifuncionais, por exemplo MDP, são os mais efetivos para melhorar a resistência de união.

Sato et al. (2008) e Kern (2006) também relataram sobre a efetividade do jateamento com óxido de alumínio associado ao uso de primers cerâmicos à base de MDP nas cerâmicas Y-TPZ. Os autores concordaram que estes procedimentos melhoram a resistência de união da Y-TZP ao cimento resinoso.

Shin et al. (2014) analisaram a resistência de união entre a cerâmica Y-TPZ após jateamento com óxido de alumínio e dois cimentos resinosos contendo MDP e verificaram que o resultado melhora após aplicação de um primer para zircônia.

Jateamento com óxido de alumínio + Sistemas adesivos com MDP

Thompson et al. (2011) afirmaram que os sistemas adesivos a base de MDP são efetivos quanto à resistência de união entre a cerâmica e o dente. No entanto, Van Meerbeek et al. (2009) reitera que quando não se faz condicionamento ácido no esmalte, os adesivos que contém MDP demonstram pouca resistência de união ao esmalte dentário.

Corroborando os estudos de Thompson et al. (2011), Kitayama et al. (2010) verificou que primers à base de monômeros de fosfato ou monômeros de éster de fosfato melhoraram a resistência de união entre o cimento resinoso e a Y-TZP.

Jateamento com óxido de alumínio + Cimentos resinosos com MDP

Saker, Ibrahim e Ozcan (2013) afirmaram que após o jateamento da superfície ao aplicar cimentos resinosos à base de MDP o resultado é efetivo quanto à resistência de união da cerâmica de zircônia e o cimento resinoso.

No entanto, Subasi e Inan (2014) afirmaram que a seleção do cimento resinoso adequado para a cerâmica de zircônia são aqueles contendo monômeros de MDP.

Silicatização + silanização

Soares et al. (2005) afirmaram que a associação da silicatização, silanização e os cimentos resinosos contendo MDP geram resultados efetivos no que diz respeito à resistência de união à cerâmica Y-TZP.

Valandro et al. (2006) ao compararem (1º) abrasão de partículas à ar com 110 µm (Al_2O_3) + silanização e (2º) revestimento de sílica com partículas de SiO_x de 30 µm (Co-Jet, 3M ESPE) + silanização, sendo o segundo procedimento a silicatização + silanização, verificou que o segundo tratamento apresentou uma maior resistência de união.

Atsu et al. (2006), ao realizarem vários testes, isto é, utilizando tratamentos apenas mecânicos, ou apenas químicos, ou os dois associados, verificou que o revestimento de sílica associado à um agente de união com MDP ou agente de união de silano são os mais efetivos na resistência de união entre a cerâmica Y-TZP e o cimento resinoso (Panavia F).

Tanaka et al. (2008) afirmaram que a interação entre os monômeros de fosfato e o acoplamento de silano conseguem promover uma boa e estável resistência de união ente a cerâmica à base de zircônia e o cimento resinoso, sendo esse tratamento considerado efetivo, concordando com os autores supracitados.

5. CONCLUSÃO

Quanto aos tratamentos de superfície mecânicos realizados na Y-TZP foi possível concluir que o procedimento de abrasão por jateamento de partícula de Al_2O_3 se mostrou eficiente e mais ainda, trata-se de um tratamento de superfície consagrado, mas com ressalva tendo em vista seu potencial de causar fissuras na cerâmica.

O revestimento de porcelana de baixa fusão é interessante para confecção de próteses parcialmente fixas, mas não foi encontrado material na literatura que confirmasse a sua efetividade quanto à resistência de união entre cerâmica e o cimento.

SIE apresentou uma resistência de união efetiva.

Suspensão de partículas de dióxido de zircônia é um tratamento pouco conhecido e seus resultados ainda não foram comprovados.

E os lasers não se mostraram efetivos na adesão entre a estrutura dentária e a Y-TPZ.

No que se refere aos tratamentos de superfície químicos, os sistemas Rocatec e Co-Jet se mostraram efetivos e são, na verdade, um procedimento mais sofisticado e evoluído que o Silicoater.

A caneta Pyrosil, primer de zircônia e silanos também apresentaram bons resultados de resistência de união entre a cerâmica Y-TPZ e os cimentos resinosos.

A silicatização mais a silanização, também chamado de tratamento triboquímico mostrou-se efetivo.

Por fim, dos tratamentos mecânicos associados ao químico, verificou-se que o jateamento com óxido de alumínio adicionando primers cerâmicos, ou cimentos resinosos ou sistemas adesivos, todos estes à base de MDP, se mostraram efetivos quanto à resistência de união a Y-TZP.

REFERÊNCIAS

1. ABOUSHELIB, M. N.; KLEVERLAAN, C. J.; FEILZER, A. J. Selective infiltration-etching technique for a strong and durable bond of resin cements to zirconia-based materials. **The Journal of prosthetic dentistry**, v. 98, n. 5, p. 379-388, 2007.
2. ABOUSHELIB, M. N.; FEILZER, A. J.; KLEVERLAAN, C. J. Bonding to zirconia using a new surface treatment. **Journal of Prosthodontics: Implant, Esthetic and Reconstructive Dentistry**, v. 19, n. 5, p. 340-346, 2010.
3. ABOUSHELIB, M. N.; WANG, H.. Effect of surface treatment on flexural strength of zirconia bars. **The Journal of prosthetic dentistry**, v. 104, n. 2, p. 98-104, 2010.
4. AKIN, H. et al. Shear bond strength of resin cement to zirconia ceramic after aluminum oxide sandblasting and various laser treatments. **Photomedicine and laser surgery**, v. 29, n. 12, p. 797-802, 2011.
5. AKYL, M. S.; UZUN, I. H.; BAYINDIR, F. Bond strength of resin cement to yttriumstabilized tetragonal zirconia ceramic treated with air abrasion, silica coating and laser irradiation. **Photomedicine and Laser Surgery**, v. 28, n. 6, p. 01-8, 2010.
6. AMARAL, M. Influência de três tratamentos de superfície para cerâmicas a base de zircônia na resistência adesiva e no comportamento à fadiga do material. 2014.
7. ATSU, S. S. et al. Effect of zirconium-oxide ceramic surface treatments on the bond strength to adhesive resin. **The Journal of prosthetic dentistry**, v. 95, n. 6, p. 430-436, 2006.

8. BANDEIRA, A. et al. Tratamento superficial de cerâmicas reforçadas in-ceram previamente aos procedimentos de cimentação adesiva-revisão de literatura. **Revista da Faculdade de Odontologia-UPF**, v. 13, n. 1, 2008.
9. BARAN, G.; BOBERICK, K.; MCCOOL, J. Fatigue of restorative materials. **Critical Reviews in Oral Biology & Medicine**, v. 12, n. 4, p. 350-360, 2001.
10. BISPO, L. B.. Cerâmicas odontológicas: vantagens e limitações da zircônia. **Revista Brasileira de Odontologia**, v. 72, n. 1/2, p. 24, 2016.
11. BLATZ, M. B.; SADAN, A.; KERN, M.. Resin-ceramic bonding: a review of the literature. **The Journal of prosthetic dentistry**, v. 89, n. 3, p. 268-274, 2003.
12. CASUCCI, A. et al. Influence of different surface treatments on surface zirconia frameworks. **Journal of dentistry**, v. 37, n. 11, p. 891-897, 2009.
13. CASUCCI, A. et al. Effect of surface pre-treatments on the zirconia ceramic–resin cement microtensile bond strength. **Dental materials**, v. 27, n. 10, p. 1024-1030, 2011.
14. CHEN, L. et al. Bonding of primed zirconia ceramics: evidence of chemical bonding and improved bond strengths. **American journal of dentistry**, v. 25, n. 2, p. 103-108, 2012.
15. DA SILVA, E. M. et al. Stability of the bond between two resin cements and an yttria-stabilized zirconia ceramic after six months of aging in water. **The Journal of prosthetic dentistry**, v. 112, n. 3, p. 568-575, 2014.
16. DE ARAUJO MICHIDA, S. M. et al. Efeito do tratamento de superfície de uma cerâmica aluminizada infiltrada de vidro sobre a resistência à microtração Effect of surface treatment of a glass-infiltrated alumina ceramic on the microtensile bond strength. **Journal of Applied Oral Science**, v. 11, n. 4, p. 361-366, 2003.

17. DE OLIVEIRA, P. F. G.; RABELLO, T. B.. Tratamento de superfície para a cimentação adesiva de cerâmicas à base de zircônia: revisão de literatura. **Revista Brasileira de Odontologia**, v. 74, n. 1, p. 36, 2017.
18. DENRY, I.; KELLY, J. R. State of the art of zirconia for dental applications. **Dental materials**, v. 24, n. 3, p. 299-307, 2008.
19. DIEGO, A. A. et al. Characterization of ceramic powders used in the inCeram systems to fixed dental Prosthesis. **Materials Research**, v. 10, n. 1, p. 47-51, 2007.
20. EICHLER, J.; EISELE, U.; RÖDEL, J. Mechanical properties of monoclinic zirconia. **Journal of the American Ceramic Society**, v. 87, n. 7, p. 1401-1403, 2004.
21. FOXTON, R. M. et al. Durability of resin cement bond to aluminium oxide and zirconia ceramics after air abrasion and laser treatment. **Journal of Prosthodontics: Implant, Esthetic and Reconstructive Dentistry**, v. 20, n. 2, p. 84-92, 2011.
22. GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. Editora Atlas SA, 2008.
23. GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de pesquisa**. Plageder, 2009.
24. GOMES, E. A. et al. Cerâmicas odontológicas: o estado atual (Ceramic in dentistry: current situation). **Cerâmica**, v. 54, p. 319-325, 2008.
25. HASHMI, S. **Comprehensive materials processing**. Newnes, 2014.
26. HEIMANN, R. B. **Classic and advanced ceramics: from fundamentals to applications**. John Wiley & Sons, 2010.

27. HILGERT, L. A. et al. A escolha do agente cimentante para restaurações cerâmicas. **Clínica international journal of brazilian dentistry**, v. 5, n. 2, p. 194-205, 2009.
28. HOOSHMAND, T.; VAN NOORT, R.; KESHVAD, A. Storage effect of a pre-activated silane on the resin to ceramic bond. **Dental Materials**, v. 20, n. 7, p. 635-642, 2004.
29. JANDA, R. et al. A new adhesive technology for all-ceramics. **Dental Materials**, v. 19, n. 6, p. 567-573, 2003.
30. KERN, M. Bonding to oxide ceramics—laboratory testing versus clinical outcome. **Dental Materials**, v. 31, n. 1, p. 8-14, 2015.
31. KERN, M. Befestigung von Oxidkeramiken. In: Tinschert J, Natt G. Oxidkeramiken und CAD/CAM Technologien. Köln: DZV; 2006:59-64.
32. KITAYAMA, S. et al. Effect of primer treatment on bonding of resin cements to zirconia ceramic. **Dental Materials**, v. 26, n. 5, p. 426-432, 2010.
33. KUMAR, S. Selective laser sintering/melting. 2014.
34. LI, R. W. K.; CHOW, T. W.; MATINLINNA, J. P. Ceramic dental biomaterials and CAD/CAM technology: state of the art. **Journal of prosthodontic research**, v. 58, n. 4, p. 208-216, 2014.
35. LUO, X.-P. et al. AFM and SEM study of the effects of etching on IPS-Empress 2TM dental ceramic. **Surface Science**, v. 491, n. 3, p. 388-394, 2001.
36. MAGNE, P.; PARANHOS, M. P. G; BURNETT JR, L. H. New zirconia primer improves bond strength of resin-based cements. **Dental Materials**, v. 26, n. 4, p. 345-352, 2010.

37. MALHEIROS, A. S.; FIALHO, F. P.; TAVAREZ, R. R. J. Cerâmicas ácido resistentes: a busca por cimentação resinosa adesiva (Acid resistant ceramics: The search for resinous adhesive cementation). **Cerâmica**, v. 59, p. 124-128, 2013.
38. MATTIELLO, R. D. L. et al. A review of surface treatment methods to improve the adhesive cementation of zirconia-based ceramics. **ISRN Biomaterials**, v. 2013, 2013.
39. MORAES, M. C. C. de S. et al. Mechanical properties of alumina-zirconia composites for ceramic abutments. **Materials research**, v. 7, n. 4, p. 643-649, 2004.
40. MOSELE, J. C.; BORBA, M. Efeito do jateamento de partículas na resistência de união e comportamento mecânico de cerâmicas à base de zircônia-revisão. **Cerâmica**, v. 60, n. 354, p. 179-186, 2014.
41. PALACIOS, R. P. et al. Retention of zirconium oxide ceramic crowns with three types of cement. **The Journal of prosthetic dentistry**, v. 96, n. 2, p. 104-114, 2006.
42. PILO, R. et al. Interaction of zirconia primers with yttria-stabilized zirconia surfaces. **Dental Materials**, v. 32, n. 3, p. 353-362, 2016.
43. RAPOSO, L. H. et al. Restaurações totalmente cerâmicas: características, aplicações clínicas e longevidade. **Associação Brasileira de Odontologia; PINTO T., VERRI FR, CARVALHO OB, JR, organizadores. PRO-ODONTO PRÓTESE E DENTÍSTICA Programa de Atualização em Prótese Odontológica e Dentística: Ciclo**, v. 6, 2015.
44. REGO, M. E. S.; DA SILVA SCHANUEL, F. R. Influência de diferentes tratamentos de superfície na força de adesão entre zircônia estabilizada por ítrio e cimentos resinosos. **Revista Brasileira de Odontologia**, v. 72, n. 1/2, p. 37, 2016.

45. SAKER, S.; IBRAHIM, F.; OZCAN, M. Effect of different surface treatments on adhesion of In-Ceram Zirconia to enamel and dentin substrates. **Journal of Adhesive Dentistry**, v. 15, n. 4, p. 369-76, 2013.
46. SATO, H. et al. Mechanical properties of dental zirconia ceramics changed with sandblasting and heat treatment. **Dental Materials Journal**, v. 27, n. 3, p. 408-414, 2008.
47. SIDERIDOU, I. D.; KARABELA, M. M. Effect of the amount of 3-methacyloxypropyltrimethoxysilane coupling agent on physical properties of dental resin nanocomposites. **Dental materials**, v. 25, n. 11, p. 1315-1324, 2009.
48. SHIN, Y. et al. Evaluation of the shear bond strength of resin cement to Y-TZP ceramic after different surface treatments. **Scanning: The Journal of Scanning Microscopies**, v. 36, n. 5, p. 479-486, 2014.
49. SOARES, C. J. et al. Surface treatment protocols in the cementation process of ceramic and laboratory-processed composite restorations: a literature review. **Journal of Esthetic and Restorative Dentistry**, v. 17, n. 4, p. 224-235, 2005.
50. SUBAŞI, M. G.; İNAN, Ö. Influence of surface treatments and resin cement selection on bonding to zirconia. **Lasers in medical science**, v. 29, n. 1, p. 19-27, 2014.
51. TANAKA, R. et al. Cooperation of phosphate monomer and silica modification on zirconia. **Journal of dental research**, v. 87, n. 7, p. 666-670, 2008.
52. THOMPSON, J. Y. et al. Adhesion/cementation to zirconia and other non-silicate ceramics: where are we now?. **Dental Materials**, v. 27, n. 1, p. 71-82, 2011.

53. TZANAKAKIS, E. G. C.; TZOUTZAS, I. G.; KOIDIS, P. T. Is there a potential for durable adhesion to zirconia restorations? A systematic review. **The Journal of prosthetic dentistry**, v. 115, n. 1, p. 9-19, 2016.
54. VALANDRO, L. F. et al. The effect of ceramic surface treatment on bonding to densely sintered alumina ceramic. **The Journal of prosthetic dentistry**, v. 93, n. 3, p. 253-259, 2005.
55. VALANDRO, L. F. et al. Bond strength of a resin cement to high-alumina and zirconia-reinforced ceramics: the effect of surface conditioning. **Journal of Adhesive Dentistry**, v. 8, n. 3, 2006.
56. VAN MEERBEEK, B. et al. State of the art of self-etch adhesives. **Dental materials**, v. 27, n. 1, p. 17-28, 2011.
57. VANDERLEI, A. D. Resistência de união e discrepância marginal absoluta de infraestruturas feitas em cerâmica Y-TZP: influência de novos métodos de tratamento de superfície. 2011.
58. ZANDPARSA, R. et al. An in vitro comparison of shear bond strength of zirconia to enamel using different surface treatments. **Journal of Prosthodontics**, v. 23, n. 2, p. 117-123, 2014.
59. ZHANG, Y. et al. An in vitro evaluation of the zirconia surface treatment by mesoporous zirconia coating on its bonding to resin cement. **Bio-medical materials and engineering**, v. 24, n. 6, p. 2109-2116, 2014.
60. WILSON, K. S.; ZHANG, K.; ANTONUCCI, J. M. Systematic variation of interfacial phase reactivity in dental nanocomposites. **Biomaterials**, v. 26, n. 25, p. 5095-5103, 2005.
61. WILSON, K. S. et al. Interphase effects in dental nanocomposites investigated by small-angle neutron scattering. **Journal of Biomedical Materials Research Part A**, v. 81, n. 1, p. 113-123, 2007.