

FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

AMANDA HELEN DA SILVA SOUZA

**ZIRCÔNIA PARCIALMENTE ESTABILIZADA POR ÍTRIA: VANTAGENS
E LIMITAÇÕES**

VOLTA REDONDA

2017

FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**ZIRCÔNIA PARCIALMENTE ESTABILIZADA POR ÍTRIA: VANTAGENS
E LIMITAÇÕES**

Artigo apresentado ao Curso de Odontologia do Centro Universitário de Volta Redonda, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Odontologia.

Aluna: Amanda Helen da Silva Souza.

Orientadora: Cristiane Fonseca de Carvalho

Coorientador: Rodrigo Xavier de Freitas

VOLTA REDONDA

2017

FICHA CATALOGRÁFICA

Bibliotecária: Alice Tacão Wagner - CRB 7/RJ 4316

S719z Souza, Amanda Helen da Silva.
Zirconia parcialmente estabilizada por itria: vantagens e limitações. / Amanda Helen da Silva Souza. – Volta Redonda: UniFOA, 2017.

29 p. II.

Orientador(a): Cristiane Fonseca de Carvalho

Monografia (TCC) – UniFOA / Curso de Odontologia, 2017.

1. Odontologia - TCC. 2. Y-TZP – propriedades mecânicas. 3. Aplicação clínica. I. Carvalho, Cristiane Fonseca de. II. Centro Universitário de Volta Redonda. III. Título.

CDD 617.6



FOLHA DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão do Curso intitulado: “Zircônia parcialmente estabilizada por ítria: vantagens e limitações”

Elaborado por: Amanda Helen da Silva Souza

E apresentado publicamente perante a Banca Avaliadora, como parte dos requisitos para conclusão do Curso de Odontologia.

Aprovada em 7 de Junho de 2017.

Banca Avaliadora:

Prof.^a Doutora Cristiane Fonseca de Carvalho

Prof.^o Doutor Cláudio Luis de Melo Silva

Prof.^a Doutora Rosiléa Chain Hartung Habibe

DEDICATÓRIA

Agradeço primeiramente a Deus pela conquista, pois sempre me amparou nos momentos mais difíceis aos quais eu passei, a Ele toda honra e toda glória. Dedico este trabalho aos meus pais, Renato e Meire e a toda minha família e amigos, por estarem comigo nesses anos de curso, pelo companheirismo, generosidade e apoio nos momentos mais difíceis ao qual eu precisei amadurecer para virar uma profissional, aos meus colegas de turma e professores que me passaram seus conhecimentos e nunca desistiram de mim. Essa conquista foi graças a todos vocês que por diversas vezes abdicaram de seu tempo para me dar auxílio acreditando no meu potencial como profissional me conduzindo para a conclusão deste grande sonho. Meu sincero obrigada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço Deus por ser meu Senhor, pai e amigo, por ser presença forte em minha vida, na minha família e nas minhas conquistas. Meu amor e minha fé me guiam para a felicidade eterna. Aos meus pais, familiares e amigos de turma que sempre estiveram ao meu lado me ajudando nos momentos em que mais precisei. A minha orientadora Cristiane por todo apoio, por me dar a oportunidade de concluir essa missão e por acreditar na minha capacidade e inteligência como profissional. A todos vocês que com muito amor, força, incentivo, paciência e principalmente muita oração me ajudaram na realização deste sonho, meu muito obrigada!

EPÍGRAFE

“Sem dúvida o hábito de conversar com DEUS tem um preço, mas o preço pago quando se deixa de conversar com DEUS é muito mais alto.”

Pastor Jim Cymbala

RESUMO

A zircônia parcialmente estabilizada por ítria (Y-TZP) vem sendo amplamente empregada na Odontologia como material de infraestrutura de coroas e próteses parciais fixas devido às suas características mecânicas como alta resistência e tenacidade à fratura. O objetivo desse trabalho foi, através de revisão de literatura, demonstrar as características da Y-TZP, ressaltando suas limitações e suas vantagens para aplicação clínica. A Y-TZP apresenta propriedades mecânicas superiores às demais cerâmicas odontológicas devido ao mecanismo de tenacificação através da transformação de fases quando tensões são geradas sobre a sua superfície. Baixa condutibilidade térmica, alta resistência à corrosão, biocompatibilidade, estabilidade de cor, baixo acúmulo de placa são vantagens as quais a Y-TZP oferece como material protético. Entretanto, apresenta como limitação, a delaminação da cerâmica de cobertura, explicada pelo desenvolvimento e propagação de trincas microscópicas em áreas onde tensões são concentradas, sendo a falha catastrófica o resultado final. A zircônia pode ser susceptível a degradação em várias situações ambientes, como à umidade, podendo ocorrer o efeito catastrófico degradando suas excelentes propriedades mecânicas. Concluiu-se que a Y-TZP, apesar de suas limitações, é favorável a utilização como infraestrutura nos sistemas ceramocerâmicos quando comparada a outros sistemas semelhantes, devido a sua estética e propriedades mecânicas.

Palavras-chave: Y-TZP; Propriedades mecânicas; Aplicação clínica.

ABSTRACT

The tetragonal zirconia based partially stabilized by yttria (Y-TZP) has been widely used in dentistry as an infrastructural material for crowns and fixed partial dentures due to its mechanical characteristics such as high strength and fracture toughness. The objective of this work was, through literature review, to demonstrate the characteristics of Y-TZP, highlighting its limitations and its advantages for clinical application. The Y-TZP presents superior mechanical properties to the other dental ceramics due to the mechanism of tenacification through the transformation of phases when tensions are generated on its surface. Low thermal conductivity, high corrosion resistance, biocompatibility, color stability, low plate accumulation are advantages that the Y-TZP offers as a prosthetic material, however, presents as a limitation, the delamination of the ceramic coating, explained by the development and propagation Of microscopic cracks in areas where stresses are concentrated, the catastrophic failure being the end result of the cyclic loading causing damage to the prosthesis longevity. Zirconia may be susceptible to degradation in various ambient conditions, such as humidity, and the catastrophic effect may occur, degrading its excellent mechanical properties. It was concluded that Y-TZP, despite its limitations, is favorable to use as an infrastructure in ceramoceramic systems when compared to other similar systems, due to its aesthetics and mechanical properties.

Keywords: Y-TZP; Mechacical properties; Clinic application.

LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

Al ₂ O ₃	Óxido de alumínio
CAD/CAM	Computer-aided-design/Computer-aided-manufacturing
CaO	Óxido de cálcio
CeO ₂	Óxido de cério
et al	e colaboradores
FeO ₃	Óxido de Ferro
GPa	Gigapascal
HfO ₂	Óxido de Háfnio
MDP	methacryloxydecyldihydrogenphosphate
MgO	Óxido de Magnésio
mol	moléculas
Mpa	Megapascal
PPFs	Próteses Parciais Fixas
SiO ₂	Dióxido de Silício
TiO ₂	Dióxido de Titânio
Y ₂ O ₃	Óxido de Ítrio
Y-TZP	Zircônia tetragonal parcialmente estabilizada por óxido de ítrio
ZrO ₂	Dióxido de Zircônio
°C	Graus Celsius
%	Por Cento

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 DISCUSSÃO	12
2.1 Características da Cerâmica à base de Y-TZP.....	12
2.2 Vantagens da Y-TZP.....	13
2.2.1 Propriedades mecânicas.....	13
2.2.2 Biocompatibilidade.....	15
2.2.3 Estética comparada a metalocerâmica.....	15
2.3 Limitação.....	16
2.3.1 Tratamento de superfície.....	16
2.3.2 Degradação.....	18
2.3.3 Delaminação.....	19
2.4 Opacidade.....	21
3 CONCLUSÃO.....	24
4 REFERÊNCIAS.....	25

1 INTRODUÇÃO

A evolução das cerâmicas odontológicas ocorreu nas últimas décadas, proporcionando ao cirurgião dentista uma alternativa em estética para a restauração de elementos dentários anteriores e posteriores. Relaciona-se o uso desse material ao sucesso de sistemas adesivos e da ligação de cerâmicas vítreas à resina, que mutuamente coopera para uma restauração com grande longevidade (BARROS, 2016).

As primeiras cerâmicas odontológicas possuem características intrínsecas ópticas de mimetizar a estrutura dos dentes naturais e apresentam-se como um dos materiais essenciais na ciência e arte da reconstrução dentária (KINA, 2005). Seu uso sofreu um aumento significativo com o surgimento das próteses metalocerâmicas, que vem sendo utilizadas há décadas na Odontologia, com o intuito de confeccionar próteses parciais fixas, extensas ou unitárias, apresentando excelentes resultados estéticos e mecânicos. A prótese metalocerâmica apresenta grande resistência mecânica, a vantagem de um preparo menos invasivo do que para uma coroa cerâmica e é mais estética em relação a coroa total metálica e metaloplástica (BISPO, 2015). Porém, a estrutura metálica presente na metalocerâmica apresenta desvantagens como a excessiva opacidade e alta condutibilidade térmica, não permite a passagem de luz, prejudicando a estética. Além disso, a gengiva pode sofrer retrações com o passar do tempo e expor uma linha de metal, comprometendo a estética na região cervical (PEREIRA, 2013).

Sendo assim, as cerâmicas policristalinas à base de zircônia parcialmente estabilizadas por ítria (Y-TZP) surgiram como excelente opção para suprimir as desvantagens das próteses metalocerâmicas. Este tipo de prótese apresenta baixa condutibilidade térmica, alta resistência à corrosão, biocompatibilidade, estabilidade de cor, baixo acúmulo de placa e tem a capacidade de transformação de fases aumentando a tenacidade à fratura, operando positivamente na sua microestrutura impedindo propagação de trincas (FERRARI et al., 1996; PAULILLO; SERRA; FRANCISCHONE, 1997; PEREIRA, 2013).

Apesar de suas excelentes propriedades, a zircônia estabilizada por ítria apresenta como limitação a ausência de matriz vítrea, o que impede o condicionamento da sua superfície com ácido fluorídrico, dificultando o condicionamento da superfície para melhor resistência de união do cimento resinoso à Y-TZP (AMOROSO et al.,2012; MAEDA et al.,2014). A sua opacidade pode comprometer a estética e ainda, pode haver um envelhecimento desse material promovido pela umidade favorecendo a degradação de suas propriedades mecânicas a longo prazo; gerando dúvidas quanto às suas indicações e contraindicações na clínica odontológica (BISPO, 2015).

Tendo em vista o exposto, o objetivo do presente estudo foi expor as principais características da cerâmica à base de zircônia parcialmente estabilizada por ítria, material mais indicado para infraestrutura de próteses dentárias, através de uma revisão de literatura, demonstrando suas vantagens e limitações no uso em Odontologia.

2 DISCUSSÃO

2.1 Características da Cerâmica à base de Y-TZP

A cerâmica a base de zircônia tetragonal parcialmente estabilizada por ítria é a cerâmica mais utilizada para infraestrutura de próteses odontológicas. Ela pode apresentar como estrutura cristalina três formas polimórficas (monoclínica, tetragonal e cúbica) a diferentes temperaturas. A forma pura é chamada de estrutura monoclínica, se encontra desde a temperatura ambiente até 1170°C, passando desta temperatura é transformada em forma tetragonal, entre 1170°C e 2370°C e após atingir 2370°C, é transformada em forma cúbica (HANNINK; KELLY; MUDDLE, 2000; CHEVALIER et al.,2009; PEREIRA, 2013; MAGNAGO et al.,2014).

É desejável o mecanismo de estabilização da zircônia na fase tetragonal, pois nessa fase é inibida a propagação de trincas por gerar tensões compressivas o que contribui significativamente para o aumento da tenacidade à fratura do material (MARTINS et al.,2010; ANDREIOULO; GONÇALVES; DIAS, 2011). Com o objetivo de estabilizar a zircônia pura na fase tetragonal à temperatura ambiente podem ser adicionados óxidos a sua composição, como os óxidos de magnésio (MgO), de cálcio (CaO), de ítrio (Y₂O₃) ou de cério (CeO₂) (SADAN; BLATZ; LANG, 2005; ANDREIOULO; GONÇALVES; DIAS, 2011).

A adição de óxidos na preparação do material reduzem a temperatura de transformação de fases e as estabilizam em temperatura ambiente, nas fases cúbica e tetragonal. A composição, o tamanho da partícula e o processamento do material, são fatores importantes a serem controlados para a obtenção da estabilização das fases tetragonal e cubica da zircônia a temperatura ambiente. As fases presentes, o tamanho, quantidade e distribuição de partículas tem enorme influência nas propriedades do material (SOMAVILLA, 2013).

O dióxido de zircônio (ZrO₂), comumente denominado de zircônia apresenta uma matriz cristalina pura e é livre da fase vítrea. Ela é obtida através do mineral zircão ou da badeleíta, sua composição é de 80% ZrO₂ e 20% de TiO₂, HfO₂, SiO₂ e FeO₃. A zircônia policristalina parcialmente estabilizada por ítria (Y-TZP) é produzida

quando é acrescentado a sua formulação 2 a 3 mol% de óxido de ítrio (Y_2O_3), sendo possível a obtenção de uma fase metaestável tetragonal em temperatura ambiente que, quando submetido a tensões como por exemplo: mastigação, polimento e desgaste, esse material estabilizado passa por uma transformação da fase cristalina tetragonal para monoclínica. Como a forma monoclínica ocupa um volume de 3 a 5% maior do que os grãos tetragonais, o resultado final é a geração de tensões de compressão e nucleação de microtrincas ao redor do defeito, inibindo a propagação de trincas, contribuindo consideravelmente para o aumento da tenacidade à fratura (KELLY; DENRY, 2008; MALAGUTI, 2011; BELO et al., 2013; MAGNAGO et al., 2014).

Esse mecanismo de tenacificação por transformação de fases é o principal responsável pelo fato da Y-TZP ser a cerâmica odontológica que apresenta as melhores propriedades mecânicas como a dureza, resistência à flexão e tenacidade à fratura, permitindo que seja utilizada como infraestrutura na confecção de próteses dentárias parciais fixas posteriores e pilares protéticos para implantes (ANDREIOULO; GONÇALVES; DIAS, 2011).

Estas próteses podem ser obtidas por tecnologia CAD/CAM e por fresagem de blocos cerâmicos pré-sinterizados. Estes blocos utilizados são usinados 20-30% maiores em volume e posteriormente são sinterizados a aproximadamente $1500^{\circ}C$, sofrendo assim uma contração de 20-30% até atingirem densidade máxima. Cada bloco apresenta nele um código de barras para que o computador identifique a sua densidade, de forma que a usinagem aumentada seja compensada pela contração do bloco na etapa de sinterização. Para obtenção da estética, a infraestrutura da Y-TZP é revestida por cerâmica vítrea feldspática (GIORDANO, 2003).

2.2 VANTAGENS DA Y-TZP

2.2.1 Propriedades mecânicas

Como já citado anteriormente, a Y-TZP possui um mecanismo de aumento da tenacidade à fratura por meio da transformação de fases, o que a diferencia das outras cerâmicas que são utilizadas na Odontologia. Quando o material é submetido

à uma tensão, a fase tetragonal pode retornar à fase monoclinica, acompanhada por um aumento de volume de 3% a 5% do material, provocando forças compressivas contra a superfície da trinca formada, fechando-a e dificultando a sua propagação ou eventual crescimento. A esta propriedade damos o nome de tenacificação por transformação ou transformação martensítica (MARTINS et al.,2010; MALAGUTI, 2011; ANDREIOULO; GONÇALVES; DIAS, 2011; BELO et al.,2013).

A Y-TZP apresenta grandes valores de resistência à flexão, variando entre 900 e 1200 Mpa, ocasionando assim, um entusiasmo quanto a esta propriedade, na qual sua resistência aproxima-se a algumas ligas metálicas. A tenacidade à fratura, que é a propriedade a qual proporciona a habilidade de interromper trincas, é a mais alta entre os materiais cerâmicos, com valores entre 9 e 10 MPa m^{1/2} (OZCAN; CURA; VALANDRO, 2011). Entretanto, a tenacidade à fratura por si só não é capaz de prever o comportamento a longo prazo da peça protética. Devendo assim considerar outras propriedades mecânicas, tais como dureza e módulo de elasticidade (MARTINS et al.,2010; ANDREIOULO; GONÇALVES; DIAS, 2011). Além da alta tenacidade à fratura, módulo de elasticidade entre 220 e 240 GPa (BELO et al.,2013), valores de dureza de 12 GPa, demonstram que a Y-TZP é um material apropriado para confecção de infraestrutura de próteses dentárias unitárias ou extensas (BELO et al.,2013).

Na década de 90, estudos voltados para a investigação da resistência mecânica da zircônia começaram a ser relatados. Cales e Stefani (1994), em seu estudo sobre as propriedades mecânicas e análise de superfície das cabeças articulares do quadril de zircônia recuperadas após um tempo de implantação de dois a três anos, testaram o material extraído após 2 anos de uso como prótese de cabeça de fêmur. Foram testadas a resistência à fratura e concluiu-se que as propriedades mecânicas dispostas à carga cíclica era tolerada pelo material e a sua resistência à fratura permanecia. Características de superfície das cabeças de fêmur, tais como rugosidade e microestrutura foram comparadas com as cabeças antes da implantação e nenhuma alteração significativa nessas propriedades foram relatadas após 2 anos de uso.

2.2.2 Biocompatibilidade

A cerâmica Y-TZP é um material que apresenta elevada biocompatibilidade, por não desencadear efeitos citotóxicos sistêmico ou local, assim como, também não apresenta reações adversas (VOLPATO et al.,2011). De acordo com os estudos realizados por Vagkopoulou et al. (2009) e Ali et al. (2014), a zircônia, quando comparada a outros materiais tais como titânio e alumina apresenta menor toxicidade que o titânio e é semelhante a alumina. No estudo de Vagkopoulou et al. (2009) não foi observado nenhuma alteração em fibroblastos, células sanguíneas e nem reações carcinogênicas relacionadas à utilização de peças em zircônia.

Um aspecto muito importante apresentado, que é relacionado à biocompatibilidade da zircônia é a baixa retenção de biofilme não afetando os tecidos periodontais adjacentes (MANICONE; IOMETTI; RAFFAELLI, 2007; BARROS, 2016).

Scarano et al. (2004) compararam, em um estudo que é referência em biocompatibilidade da zircônia, a porcentagem de superfície coberta por bactérias em discos de óxido de titânio e óxido de zircônio comercialmente puros, estruturas semelhantes, porém confeccionadas em materiais diferentes. Participaram do estudo 10 pacientes, onde um dispositivo acrílico removível foi adaptado à região molar-prémolar, e discos de titânio comercialmente puro (controle) e óxido de zircônio (teste) foram colados à face vestibular de cada elemento. Após 24 horas, os discos foram removidos e levados para a microscopia, para que a porção de superfície coberta por bactérias fossem avaliadas. Nos resultados, a área coberta por bactérias nas amostras de controle foi de 19,3%, e nas amostras testes, a área foi de 12,1%. Mostrando que a superfície de disco coberta por bactérias nos espécimes de teste foi significativamente menor do que a dos espécimes controle. Concluindo-se que o óxido de zirconio é um material adequado para a fabricação de peças protéticas pois oferece um baixo potencial de colonização de bactérias.

2.2.3 Estética

A Y-TZP oferece alta opacidade quando comparada com as cerâmicas vítreas, sendo a estética prejudicada onde ela seria altamente desejável, como em planejamentos de próteses fixas anteriores (KINA, 2005; DIAS; PACHECO; SÁ, 2012). Porém, esta opacidade pode ser extremamente desejável quando se almeja mascarar substrato escurecido. E mesmo com essa limitação estética, ela é substituída das próteses metalocerâmicas, pois elas possuem estrutura metálica onde a excessiva opacidade é apresentada como desvantagem pois não permite a passagem de luz prejudicando a estética (PEREIRA, 2013). Há o risco da região cervical ficar com um halo escuro visível devido à cor metálica do pilar, impedindo a difusão e reflexão da luz o que não acontece quando próteses cerâmicas são utilizadas (YILDIRIM et al.,2000). A estética desfavorável das metalocerâmicas e o desejo de não se ter estruturas metálicas foram fatores que enfatizaram a introdução dos sistemas cerâmicos nos planejamentos protéticos (BOTTINO et al.,2005).

2.3 LIMITAÇÃO

2.3.1 Tratamento de superfície

A longevidade do trabalho protético também depende da etapa de cimentação na qual é importantíssimo que a resistência de união entre cerâmica e o cimento resinoso seja eficaz. Porém, não é possível o condicionamento com ácido fluorídrico da peça protética de Y-TZP, por não apresentar matriz vítrea em sua composição, tornando-se necessário um tratamento de superfície para melhorar sua adesão junto ao cimento resinoso. O protocolo de tratamento superficial da Y-TZP ainda é muito discutido na literatura. Entre os tratamentos mais utilizados estão o jateamento de superfície com partículas de alumina, a silicatização, silanização e o uso de um monômero fosfatado (methacryloxydecylidihydrogenphosphate- MDP), que pode estar presente no cimento resinoso ou ainda associado ao agente de união silano e sistema adesivo (MARTINS et al.,2010).

O jateamento da superfície da Y-TZP com partículas de alumina pode favorecer a resistência de união da Y-TZP ao cimento resinoso. O tratamento de superfície tem como propósito ampliar a área interna das restaurações,

proporcionando uma superfície rugosa e limpa, a fim de que a interface do cimento resinoso/cerâmica detenha união estável (MOSELE; BORBA, 2014).

A silicatização da Y-TZP é um método de deposição de sílica na superfície de substratos como metais, cerâmicas e compósitos. Esta união ocorre por jateamento destas partículas de alumina modificadas por sílica, que produzem uma alteração na superfície do material, além da formação de uma camada de sílica que penetra no substrato. Uma vez formada esta concentração superficial de sílica, a união química à resina, através de acoplamento de silano, é aumentada (DELLA BONA et al., 2007).

Na união às cerâmicas, os silanos formam grupos silanóis que se unem por meio de reação de condensação à sílica presente na superfície da cerâmica. A silanização do conteúdo inorgânico da cerâmica promove melhores propriedades de resistência de união à matriz orgânica do cimento resinoso (WILSON; ZHANG; ANTONUCCI, 2005; MARTINS et al., 2010).

Outra opção de tratamento de superfície é o uso de agentes que contenham um monômero fosfatado como o MDP, que possui a capacidade de se unir quimicamente com óxidos metálicos. Tal característica proporciona reação química com a superfície da zircônia, que é um óxido metálico. Entretanto, não são todos os agentes de união que possuem esta molécula na sua composição, restringindo o emprego de cimentos resinosos que não possuem essa propriedade. Este componente promove uma união adequada em condições secas, sendo instável hidrolítica e termicamente. Desta forma, para próteses adesivas em zircônia o tratamento proposto seria a silicatização e depois a silanização seguida de cimentos resinosos que disponibilizem primers específicos para zircônia ou que possuam o MDP que se liga a tais óxidos, com o objetivo de obter bons resultados de adesão em condições secas e de envelhecimento em ambiente úmido (BISPO, 2015).

O procedimento de tratamento superficial por meio de jateamento é motivo para discussão entre pesquisadores. Curtis, Wright e Fleming (2006) no estudo sobre a influência das técnicas de tratamento de superfície no desempenho de uma cerâmica Y-TZP, avaliaram a rugosidade superficial, composição de fase e dureza, e relataram neste estudo características positivas sobre o jateamento com partículas

de óxido de alumínio, afirmando que esse tratamento na peça inicia uma transformação de fase, formando tensão de compressão na superfície, o que restringe a propagação de trincas. Entretanto Zhang et al. (2006), em estudo sobre os danos acumulados por fadiga da cerâmica, investigaram e compararam as resistências iniciais e as fadigas nas cerâmicas com jateamento de partículas de alumina. Utilizaram placas de zircônia submetidas a cargas de fadiga cíclica em meio úmido e alteraram as superfícies da cerâmica Y-TZP por jateamento de partículas e as tensões necessárias para iniciar as fraturas foram avaliadas. Observaram que após ciclos equivalentes a 1 ano de contatos oclusais, as resistências dos espécimes não jateados degradaram-se para aproximadamente metade de seus valores de ciclo único. Em espécimes com jateamento por partículas de alumina, uma queda adicional de 20% a 30% ocorreu após várias centenas de ciclos de carga. Concluíram que os danos causados pelo jateamento de partículas de alumina, mesmo que não sendo imediatamente aparentes, a longo prazo comprometem a resistência à fadiga da zirconia.

2.3.2 Degradação

No ano de 2001, a viabilidade da zircônia como biomaterial fora questionada, após centenas de próteses falharem catastróficamente em curto período de tempo. Tais quebras foram relacionadas ao envelhecimento acelerado em lotes específicos de próteses (MUÑOZ, 2017). De tal forma, o fenômeno de envelhecimento que já era conhecido desde que fora citado por Kobayashi, Kuwajima e Masaki (1981), passou a ser mais estudado com o objetivo de compreender o mecanismo de envelhecimento que a zircônia pode sofrer, afim de evitar o seu possível acontecimento.

A zircônia, quando submetida a meios úmidos e em determinadas condições de temperatura, pode ser estimulada a uma transformação de fases tetragonal para monoclinicoprogressiva, generalizada e irreversível, que dá origem ao processo de envelhecimento ou degradação hidrotérmica do material (GUO, 2004).

Este fenômeno pode ocorrer na sua superfície e degradar suas excelentes propriedades mecânicas. A zircônia é susceptível a degradação em várias situações ambientes, como à umidade do ar, ao vapor d'água e a outros fluidos; contudo, em

ambiente aquoso o efeito é mais catastrófico e ocorre em curtos períodos de tempo (MARTINS et al.,2010; RAMESH et al.,2012). O envelhecimento está relacionado a vários fatores como tipo e conteúdo do estabilizador, estresse residual, tamanho do grão, defeitos de superfície, temperatura, vapor e técnicas de processamento (FERRARI; VICHI; ZARONE, 2015).

Esse processo, quando ocorre, favorece o desenvolvimento de microfraturas adicionais ao redor dos grãos previamente transformados e finalmente origina fendas e alterações superficiais secundárias como deslocamento de grãos e aumento da rugosidade,possibilitando a água penetrar na camada superficial e gerar trincas maiores ocasionando perda de resistência mecânica (GUO, 2004; MARTINS et al.,2010).Vale salientar que sobre dentes vitais usados como pilares, próteses fixas também podem ser cimentadas, pois apesar de apresentarem umidade oriunda dos túbulos dentinários, o cimento comporta a importante a capacidade de impedir que a superfície da zircônia entre em contato com esta umidade (YOSHIMURA et al.,1987; CHEVALIER, 2006; MARTINS et al.,2010)

Chevalier, Olagnon e Fantozzi (1999) apresentaram uma análise detalhada da propagação da trinca que leva à falha da Y-TZP, sob vários ambientes controlados e a influência da fadiga cíclica. Realizaram-se ensaios de propagação de fissuras,e a resistência foi determinada por testes em diversas velocidades de fissuras em vários ambientes, incluindo ar a temperatura ambiente, água deionizada a diferentes temperaturas (3°-85°c),vácuo secundário e óleo de silicone. Os autores mostram que a propagação é dependente do ambiente, e que a corrosão de tensão por moléculas de água é o mecanismo chave para a propagação de rachaduras, e que a velocidade da propagação da fissura é mais elevada quando estimulada sob carga cíclica, do que pela corrosão sob tensão isolada.

2.3.3 Delaminação

A Y-TZP quando comparada a outros materiais cerâmicos, apresenta estabilidade da infraestrutura superior e exhibe a combinação de elevada resistência à flexão e elevada tenacidade à fratura, associada à propriedade de transformação de fases (KIM et al.,2007). Estas propriedades, não isoladamente, mas de forma combinada, podem justificar as excelentes taxas de sobrevivência da infraestrutura.

Entretanto, uma das principais causas de complicações mecânicas nas próteses à base de Y-TZP é relacionada com o lascamento ou delaminação da cerâmica de revestimento. A evidência clínica indica que a maioria das fraturas na cerâmica de revestimento que ocorrem em peças protéticas é resultado da falha por fadiga, a qual é explicada pelo desenvolvimento e propagação de trincas microscópicas em áreas onde tensões são concentradas, sendo a falha catastrófica o resultado final do carregamento cíclico que excede a capacidade mecânica do material de revestimento (WISKOTT, 1995).

Esta complicação pode ser devido à forma deficiente da infraestrutura, a qual não promove suporte adequado à cerâmica de cobertura, podendo estar associada também à concentração de tensão durante a aplicação da cerâmica de revestimento (MARTINS et al.,2010).A união infraestrutura/cerâmica fedspática indicam que vários fatores podem influenciar nessa falha mecânica de delaminação, entre eles a diferença de coeficiente de expansão térmica, o baixo ângulo de contato entre infraestrutura/cerâmica de cobertura, a superfície final da infraestrutura, aspereza superficial, porosidades e inclusão de impurezas; e de defeitos inerentes ao material, também relacionados ao tamanho da partícula, à tensão residual e a presença de microtrincas. Também influenciam a união desses materiais o tipo de cerâmica de cobertura, o método de aplicação, o uso ou não do liner, a localização da cerâmica, a formação de bolhas, a transformação de cristais de zircônia na interface, o número de queimas que foram efetuadas na porcelana de cobertura e o jateamento da superfície (KELLY; CAMPBELL; BOWEN, 1989; GUAZZATO et al.,2004; ABOUSHELIB et al.,2006; MANICONE; IOMETTI; RAFFAELLI, 2007). Em estudos onde o uso do liner foi empregado, resultados mostram que seu uso pode melhorar ou reduzir a resistência de união, partindo do princípio onde diferentes tipos de infraestrutura são usadas (ABOUSHELIB et al.,2006).

Denry e Kelly (2008), em estudo, abrangeu os tipos específicos de zircônia disponíveis na Odontologia, juntamente com suas propriedades.Os autoresrelataramsobre o processo de tenacificação e do envelhecimento à baixa temperatura do material, e se baseando nos estudos clínicos disponíveis, concluíram que uso do material como infraestrutura oferece alta porcentagem de sobrevida, entretanto destacam o problema da delaminação que ocorre na cerâmica de cobertura associado a estresse de tensão que ocorre na interface da zircônia e

porcelana. Da mesma forma, Sailer et al. (2007) em seu estudo onde o objetivo foi determinar a taxa de sucesso da Y-TZP após 5 anos de observação clínica de 57 próteses parciais fixas de 3 a 5 elementos posteriores, no período de tempo de 6 meses e 1 a 5 anos após a cimentação das próteses, demonstraram que a porcentagem de sobrevivência das próteses seria de 100%. A delaminação da cerâmica de cobertura ocorreu em sete casos, cerca de 15,2%, em apenas mais ou menos 13,8 meses na boca, Mostrando que a zircônia oferece estabilidade suficiente como material de infraestrutura devido a sua alta margem de sobrevivência. No entanto os ajustes da cerâmica de cobertura devem ser melhoradas.

Quando a delaminação da cerâmica de cobertura acometer pequena porção da estrutura, pode-se solucionar o problema com um simples procedimento clínico de polimento, devolvendo função sem comprometer a estética (TINSCHERT et al., 2008). Porém, na realidade clínica, a forma inadequada das próteses, as tensões de mastigação associada a variação de temperatura, juntamente com as falhas laboratoriais na aplicação da cerâmica de cobertura com inclusão de bolhas e impurezas, podem induzir a outros tipos de tensões que podem levar o sistema ceramocerâmico a falhas mais agravantes e conseqüentemente, a sua ruptura e descarte sendo necessária a repetição de todas as etapas clínicas e laboratoriais (BOTTINO, 2001).

2.4 OPACIDADE

A Y-TZP oferece alta opacidade quando comparada com as cerâmicas vítreas, tal característica é apresentada com uma limitação para casos de planejamento de próteses fixas anteriores, onde a estética é altamente desejável (KINA, 2005; DIAS et al., 2012). Vale ressaltar que a opacidade muitas vezes é desejável para mascarar o substrato dentinário escurecido ou núcleos metálicos fundidos ou mesmo para regiões de dentes posteriores, dificilmente visíveis na distância social de conversação, sendo então, o material mais indicado a ser utilizado em trabalhos onde o objetivo é a opacificar substrato e associar resistência (SANTOS et al., 2002; BISPO, 2009).

Manicone, Iometti e Raffaelli (2007) no estudo sobre a visão geral da cerâmica de zircônia, mostrando as propriedades básicas e suas aplicações clínicas, ressaltam que a Y-TZP é ideal para infraestruturas de próteses parciais fixas assim como coroas unitárias e pilares de implantes, devido à sua boa resistência mecânica; e que a elevada opacidade do material é muito útil em situações clínicas adversas, como em casos onde é necessário mascarar dentes pilares.

A Y-TZP originalmente possui uma coloração branca e opaca, dificultando assim um resultado estético favorável, fazendo-se necessário o uso de uma cerâmica de cobertura para mimetizar as propriedades ópticas do esmalte e da dentina, formando um sistema que possua compatibilidade entre os materiais de infraestrutura e cobertura, sistema ceramocerâmico (DELLA BONA; ANUSAVICE; DEHOFF, 2003; DENRY; KELLY, 2008). A alta opacidade da Y-TZP é explicada pela própria birrefringência cristalina que o material possui, de natureza anisotrópica, a reflexão de luz ocorre em diferentes direções (KRELL; KLIMKE; HUTZLER, 2009; KLIMKE; TRUNEC; KRELL, 2011).

Klimke, Trunec e Krell (2011) abordam em seu estudo a influência da dispersão causada pela birrefringência dos cristais de zircônia tetragonal, que confere opacidade à zircônia. Neste trabalho os autores confirmaram de forma teórica e experimental que o fator que restringe a transparência na Y-TZP é a birrefringência óptica do material, devido a sua natureza anisotrópica dos cristais tetragonais, onde a continuidade do índice de refração de luz depende da orientação cristalográfica.

Ao ser indicado o recobrimento com cerâmica feldspática para que a estética seja dada, a complicação mais comum da Y-TZP é originada, o lascamento ou delaminação da porcelana de cobertura (SAILER et al., 2007) e por conta desse possível comprometimento, foram desenvolvidas peças protéticas com uso monolítico de zircônia, com composição cristalina para reduzir a alta opacidade da zircônia convencional. Surgindo assim, as zircônias de alta translucidez para seu uso sem cerâmica de cobertura, conhecida como zircônias monolíticas ou “full contour” (ZHANG et al., 2012). Porém, o problema da degradação hidrotérmica passa a ser uma preocupação, uma vez que ficam diretamente expostas à umidade (MUÑOZ, 2017).

Ao modificar a composição básica da zircônia, basicamente opaca, para que a sua translucidez seja elevada, as propriedades físicas e químicas do material também podem sofrer alterações (ANUSAVICE; SHEN; RAWLS, 2013; SRIPETCHDANOND; LEEVAILOJ, 2014). Sendo a zircônia monolítica um material recente, existem poucos estudos que descrevam o seu comportamento mecânico e óptico frente ao envelhecimento ao meio bucal (PREIS et al.,2013; SRIPETCHDANOND; LEEVAILOJ, 2014).

3 CONCLUSÃO

Baseado na revisão de literatura é licito afirmar que:

- A Y-TZP apresenta propriedades mecânicas superiores às demais cerâmicas odontológicas devido ao seu mecanismo de tenacificação associado à transformação de fases.
- Fatores como o tamanho médio do grão, a quantidade de estabilizador e as tensões residuais exercidas sob a próteses podem estar envolvidos com o mecanismo de degradação. Porém, mais estudos são necessários para comprovar que existe a degradação em ambiente úmido e em variação de temperatura, e que essa degradação esteja dentro do limite de uso clínico da prótese.
- O tratamento da superfície da Y-TZP, para uma eficiente resistência de união ao cimento resinoso, apesar de discordâncias na literatura revisada, parece ser com o jateamento com óxido de alumínio, seguido de silicatização, associada à silanização e uso de cimentos contendo MDP.
- A falha mecânica mais observada foi a delaminação ou lascamento da cerâmica de cobertura, que quando acometida em pequena porção pode ser solucionada com um simples procedimento clínico de polimento. As falhas maiores, podem ocasionar a perda e repetição do trabalho protético.
- A Y-TZP é o material de infraestrutura de sistemas ceramocerâmicos mais indicado tanto para próteses unitárias quanto para extensas, devido às suas propriedades mecânicas de excelência associadas à estética favorável e sua alta biocompatibilidade.

4 REFERÊNCIAS

ABOUSHELIB, M.N.; KLEVERLANN, C.J.; FEILZER, A.J. Microtensile bond strenght of different components of core veneered all-ceramic restorations.Part II: Zirconia veneering ceramics. **Dental Materials**, Amsterdã, v. 22, n. 9, p. 857-63, 2006.

ALI, S.A.; KARTHIGEYAN, S.; DEIVANAI, M.; MANO, R. Zirconia: Properties and Application – A review. **Pak. Oral Dent. J.**, Islamabad, v. 34, n. 1, p. 178-83, 2014.

AMOROSO, A. P.; FERREIRA, M. B.; TORCATO, L. B.; PELLIZZER, E. P.; MAZARO, J. V. Q.; GENNARI, H.F. Cerâmicas odontológicas: propriedades, indicações e considerações clínicas. **Revista Odontológica de Araçatuba**, Araçatuba, v. 33, n. 2, p. 19-25, 2012.

ANUSAVICE, K.J.; SHEN, C.; RAWLS, J.R. **Phillips' science of dental materials**. 12 ed. Flórida: Elsevier Health Sciences, 2012.

ANDREIUOLO, R.F.; COSTA, J.B.F.; PINHO, M.G.V.D.; DIAS, K.R.H.C.; SABROSA, C.E. Próteses parciais fixas totalmente cerâmicas: fatores que determinam sucesso e fracasso. **Revista Brasileira de Odontologia**, Rio de Janeiro, v. 69, n. 1, p. 97-101, 2012.

ANDREIUOLO, R.F.; GONÇALVES, S.A.; DIAS, K.R.H.C. A zircônia na Odontologia Restauradora. **Rev. Bras. Odontol.**, Rio de Janeiro, v. 68, n. 1, p. 49, 2011.

BARROS, S.H.M. **O uso da zircônia na prática odontológica reabilitadora**. 2016. 32p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Odontologia) – Faculdade de Odontologia do Rio Grande do Sul, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

BELO, Y. D.; SONZA, Q. N.; BORBA, M.; DELLA BONA, A. Yttria-stabilized tetragonal zirconia: mechanical behavior, adhesion and clinical longevity **Journal of the American Ceramic Society**, Chicago, v. 59, n. 352, p. 633-39, 2013.

BISPO, L.B. Cerâmicas odontológicas: vantagens e limitações da zircônia. **Rev. Bras. Odontol.**, Rio de Janeiro, v. 72, n. 1\2, p. 24-9 2015.

BISPO, L.B. Facetas estéticas: status da arte. **Revista dentística on line-ano**, São Paulo, v. 8, n. 18, p. 11-4, 2009.

BOTTINO, M.A. **Estética em reabilitação oral metal free**. Michigan: Artes Medicas, Divisão Odontológica, 2001.

BOTTINO, M.A.; FAARIA, R.; BUSO, L.; SILGTZ, F. Implantodontia estética–O desenvolvimento de um novo pilar cerâmico. **ImplantNews, São Paulo**, v. 2, n. 6, p. 592-600, 2005.

CALES, B.; STEFANI, Y. Mechanical properties and surface analysis of retrieved zirconia femoral hip joint heads after an implantation time of two three years. **J. Mater. Sci. Mater. Med.**, Norwell, v. 5, n. 6, p. 376-80, 1994.

CHEVALIER, J. What future for zirconia as a biomaterial?. **Biomaterials**, Michigan, v. 27, n. 4, p. 535-43, 2006.

CHEVALIER, J.; GREMILLARD, L.; VIRKAR, A.V.; CLARKE, D.V. The tetragonal _ monoclinic transformation in zirconia: lessons learned and future trends. **Journal of the American Ceramic Society**, Chicago, v. 92, n. 9, p. 1901-20, 2009.

CHEVALIER, J.; OLAGNON, C.; FANTOZZI, G. Subcritical Crack Propagation in 3Y-TZP Ceramics: Static and Cyclic Fatigue. **Journal of the American Ceramic Society**, Michigan, v. 82, n. 11, p. 3129-38, 1999.

CURTIS, A.R.; WRIGHT, A.J.; FLEMING, G.J.P. The influence of surface modification techniques on the performance of a Y-TZP dental ceramic. **Journal of dentistry**, St. Louis, v. 34, n. 3, p. 195-206, 2006.

DELLA BONA, A.; ANUSAVICE, K.J.; DEHOFF, P.H. Weibull analysis and flexural strength of hot-pressed core and veneered ceramic structures. **Dental Materials**, Connecticut, v. 19, n. 7, p. 662-9, 2003.

DELLA BONA, A.; DONASSOLLO, T.A.; DEMARCO, F.F.; BARRETT, A.A.; MECHOLSKY, J.J. Characterization and surface treatment effects on topography of a glass-infiltrated alumina/zirconia-reinforced ceramic. **Dental Materials**, Cardiff, v. 23, p. 769-75, 2007.

DENRY, I.; KELLY, J.R. State of the art of zirconia for dental applications. **Dental materials**, Ohio, v. 24, n. 3, p. 299-307, 2008.

DIAS, T.M.; PACHECO, R.R.; SÁ, R.B.C. Avaliação do efeito da aplicação de primers para metal e do tipo de cimento resinoso na resistência de união à zircônia. **Rev. bras. Odontol**, Rio de Janeiro, v. 69, n. 1, p.15-20, 2012.

FERRARI, M.; CAGIDIACO, M. C.; KUGEL, G.; DAVIDSON, C. L. Dentin infiltration by three adhesive systems in clinical and laboratory conditions. **American Journal of Dentistry**, Chicago, v. 9, n. 6, p. 240-4, 1996.

FERRARI, M.; VICHI, A.; ZARONE, F. Zirconia abutments and restorations: from laboratory to clinical investigations. **Dental materials**, Siena, v. 31, n. 3, p. 63-76, 2015.

GIORDANO, R. CAD/CAM: an overview of machines and materials. **Journal of Dental Technology**, Colorado, v. 20, n. 1, p. 20-30, 2003.

GUAZZATO, M.; ALBACRY, M.; RINGER, S.P.; SWAIN, M.V. Strength, fracture toughness and microstructure of a selection of all-ceramic materials. Part II. Zirconia-based dental ceramics, **Dent. Mater.**, Chicago, v. 20, p. 449-56, 2004.

GUO, X. Property degradation of tetragonal zirconia induced by low-temperature defect reaction with water molecules. **Chemistry of materials**, Germany, v. 16, n. 21, p. 3988-94, 2004.

HANNINK, R.; KELLY, P.M.; MUDDLE, B.C. Transformation toughening in zirconia - containing ceramics. **Journal of the American Ceramic Society**, Chicago, v. 83, n. 3, p. 461-87, 2000.

KIM, B.; ZHANG, Y.; PINES, M.; THOMPSON, V.P. Fracture of porcelain-veneered structures in fatigue. **Journal of dental research**, Alexandria, v. 86, n. 2, p. 142-6, 2007.

KELLY, J.R.; CAMPBELL, S.D.; BOWEN, H.K. Fracture-surface analysis of dental ceramics. **The Journal of prosthetic dentistry**, Boston, v. 62, n. 5, p. 536-41, 1989.

KELLY, J.R.; DENRY, I. Stabilized zirconia as a structural ceramic: an overview. **Dental materials**, Cardiff, v. 24, n. 3, p. 289-98, 2008.

KINA, S. Cerâmicas dentárias. **Rev. Dental Press Estét.**, Chicago, v.2, n. 2, p.111-28, 2005.

KRELL, A.; KLIMKE, J.; HUTZLER, T. Transparent compact ceramics: inherent physical issues. **Optical Materials**. Dresden, v. 31, n. 8, p. 1144-150, 2009.

KLIMKE, J.; TRUNEC, M.; KRELL, A. Transparent Tetragonal Yttria-Stabilized Zirconia Ceramics: Influence of Scattering Caused by Birefringence. **Journal of the American Ceramic Society**, Dresden, v. 94, n. 6, p. 1850-8, 2011.

KOBAYASHI, K.; KUWAJIMA, H.; MASAKI, T. Phase change and mechanical properties of ZrO₂-Y₂O₃ solid electrolyte after ageing. **Solid State Ionics**, Otsu, v. 3, p. 489-93, 1981.

MAEDA, F.A.; BELLO-SILVA, M.S.; PAULA, E. C.; GOMES, W.M.J.; FRANCISCO, C.P. Association of different primers ana resin cements for adhesive bonding to zirconia ceramics. **Journal of adhesive dentistry**, Michigan, v. 16, n. 3, 2014.

MAGNAGO, R.O.; SCHETINNO, R.M.; MARCZUK, V.C.; JÚNIOR SILVA, R.B.; MOREIRA, C.C.; SANTOS. C. Avaliação das propriedades de uma zircônia estabilizada com ítria (ZrO 2-Y 2 O 3) de uso odontológico. **Full dent. Sci**, Chicago, p. 117-22, 2014.

MALAGUTI, G.; DENTI, L.; BASSOLI, E.; FRANCHI, I.; BOTOLINI, S.; GATTO, A. Dimensional Tolerances and Assembly Accuracy of Dental Implants and Machined Versus Cast-On Abutments. **Clinical implant dentistry and related research**, Arizona, v. 13, n. 2, p. 134-40, 2011.

MANICONE, P.F.; IOMMETTI, P.R.; RAFFAELLI, L. An overview of zirconia ceramics: basic properties and clinical applications. **J. Dent.**, Cardiff, v. 35, n. 11, p. 819-26, 2007.

MARTINS, L.M.; LORENZONI, F.C.; FARIAS, B.C.; LOPES, L.D.S.; BONFANTE, G.; RUBO, J.H. Comportamento biomecânico das cerâmicas odontológicas: revisão.

Fundação Bauruense de Estudos Odontológicos Al. Octávio Pinheiro Brisola 975, Bauru, v. 56, n. 338, p. 148-55, 2010.

MUÑOZ, M.E. **Efeito do envelhecimento mecânico e degradação hidrotérmica sobre a microestrutura, propriedades ópticas e mecânicas da zircônia monolítica indicada para próteses sem cobertura de porcelana**. 2017. 79p. Tese (Doutorado em Reabilitação Oral)- Faculdade de Odontologia de Araraquara, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2017.

MOSELE, J. C.; BORBA, M. Effect of particle sandblasting on the bond strength and mechanical behavior of zirconia-based ceramics-review. **Cerâmica**, Bauru v. 60, n. 354, p. 179-86, 2014.

ÖZCAN, M.; CURA, C.; VALANDRO, L.F. Early bond strength of two resin cements to Y-TZP ceramic using MPS or MPS/4-META silanes. **Odontology**, New York, v. 99, n. 1, p. 62-7, 2011.

PAULILLO, L.A.M.S.; SERRA, M.C.; FRNCISCHONE, C.E. Cerâmica em dentes posteriores. **Robrac-Rev. Odontol.**, Santana do Ipanema, v. 6, n. 22, p. 37-9, 1997.

PEREIRA, J.M. **Revisão de literatura do sistema cerâmico a base de zircônia comparando com a clássica restauração metalocerâmica e seu uso sobre implantes dentários**. 2013. 41p. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Implantodontia)- Faculdades Unidas do Norte de Minas, São Carlos, 2013.

PREIS, V.; WEISER, F.; HANDEL, G.; ROSENTRITT, M. Wear performance of monolithic dental ceramics with different surface treatments. **Quintessence International**, Chicago v.44, n. 5, p. 393-405, 2013.

RAMESH T.R.; GANGAIAH, M.; HARISH, P.V.; KRISHNAKUMAR, U.; NANDAKISHORE, B. Zirconia ceramics as a dental biomaterial – An over view. **Trends Biomater. Artif. Organs.**,Thiruvananthapuram, v. 26, n. 3, p. 154-60, 2012.

SADAN, A.; BLATZ, M.B.; LANG, B. Clinical considerations for densely sintered alumina and zirconia restorations: part 1. **International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry**, Chicago, v. 25, n. 3, p.213-9, 2005.

SAILER, I.; PJETURSSON, B.E.; ZWAHLEN, M.; HAMMER, C.H.F. Systematic review of the survival and complication rates of all-ceramic and metal–ceramic reconstructions after an observation period of at least 3 years. Part II: fixed dental prostheses. **Clinical oral implants research**, Zurich, v. 18, n. 3, p. 86-96, 2007.

SANTOS, C.; ELIAS, C.N. Comparação das propriedades e compatibilidade de blocos de zircônia nacionais e importados para uso em próteses dentárias. **Rev. Bras. Implant**, Lorena, v.6, n. 45 p. 13-6, 2007.

SANTOS, C.R.D.; FONTANA, T.L.B.; AMBROSINI, F.M.; BERNARDIN, A.M. Utilização de zircônio para opacificação de esmaltes cerâmicos. **Salão de iniciação Científica**. Livro de resumos. Porto Alegre, 2002.

SCARANO, A.; PIATTELLI, M.; CAPUTI, S.; FAVERO, G.A.; PIATTELLI, A. Bacterial adhesion on commercially pure titanium and zirconium oxide disks: an in vivo human study. **J. Periodontol.**, Chicago, v. 75 n. 2, p. 292-6, 2004.

SOMAVILLA, L.M. **Zircônia hidratada nanocristalina obtida a partir do tungstato de zircônio**. 2013. 90p. Tese (Doutorado em Ciência dos Materiais)– Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

SRIPETCHDANOND, J.; LEEVAILOJ, C. Wear of human enamel opposing monolithic zirconia, glass ceramic, and composite resin: an in vitro study. **The Journal of prosthetic dentistry**, Coeur D'Alene, v. 112, n. 5, p. 1141-50, 2014.

TINSCHERT, J.; SCHULZE, K. A.; NATT, G.; LATZKE, P.; HEUSSEN, N.; SPIEKERMANN, H. Clinical behavior of zirconia-based fixed partial dentures made of DC-Zirkon: 3-year results. **International Journal of Prosthodontics**, v. 21, n. 3, p. 217-22, 2008.

VAGKOPOULOU, T.; KOUTAYAS, S.O.; KOIDS, P.; STRUB, J.R. Zirconia in dentistry: Part 1. Discovering the nature of an upcoming bioceramic. **Eur. J. Esthet. Dent.**, Porto, v. 4, n. 2, p. 130-51, 2009.

VOLPATO, C. A.M.; GARBELOTTO, L.G.D.; FREDEL, M.C.; BONDIOLI, F. Application of zirconia in dentistry: biological, mechanical and optical considerations. In: Sikalidis, C. (Ed). **Advances in Ceramics - electric and magnetic ceramics, bioceramics, ceramics and environment.**, 2011.

WILSON, K.S.; ZHANG, K.; ANTONUCCI, J.M. Systematic variation of interfacial phase reactivity in dental nanocomposites. **Biomaterials**, Michigan, v. 26, p. 5095-103, 2005.

WISKOTT, H.W.; NICHOLLS, J.I.; BELSER, U.C. Stress fatigue: Basic principles and prosthodontic implications. **International Journal of Prosthodontics**, Chicago, v. 8, n. 2, p. 105-16, 1995.

YILDIRIM M.; EDELHOFF, D.; HANISCH, O.; SPIEKERMANN, H. Ceramic abutments: a new era in achieving optimal esthetics in implant dentistry. **International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry**, Hanover Park, v. 20, n. 1, p. 81-91, 2000.

YOSHIMURA, M.; NOMA, T.; KAWABATA, K.; SOMIYA, S. Role of H₂O on the degradation process of Y-TZP. **Journal of Materials Science Letters**, Michigan, v. 6 n. 4, p. 465-7, 1987.

ZHANG, Y.; LAWN, B.R.; MALAMENT, K.A.; THOMPSON, V.P.; REKOW, E.D. Damage accumulation and fatigue life of particle-abraded ceramics. **International Journal of Prosthodontics**, Washington, v. 19, p. 442-8, 2006.

ZHANG, H.; ZHIPENG, L.; BYUNG-NAM, K.; KOJI, M.; HIDEHIRO, Y.; KEIJIRO, H. et al. Effect of alumina dopant on transparency of tetragonal zirconia. **Journal of Nanomaterials**, Washington, v. 2012, n. 3, p. 1, 2012.