

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

BIANCA DA SILVA RIBEIRO
CAROLINA CALVANO SANTOS

**EFEITO DO ENVELHECIMENTO EM AUTOCLAVE NA RESISTÊNCIA
À FLEXÃO DA ZIRCÔNIA PARCIALMENTE ESTABILIZADA POR
ÍTRIA UTILIZADAS EM PRÓTESES ODONTOLÓGICAS**

VOLTA REDONDA

2018

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

**EFEITO DO ENVELHECIMENTO EM AUTOCLAVE NA RESISTÊNCIA
À FLEXÃO DA ZIRCÔNIA PARCIALMENTE ESTABILIZADA POR
ÍTRIA UTILIZADAS EM PRÓTESES ODONTOLÓGICAS**

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

Alunas: Bianca da Silva Ribeiro

Carolina Calvano Santos

Orientadora: Cristiane Fonseca Carvalho

Coorientador: Fabio Amaral de Araújo

VOLTA REDONDA

2018

FICHA CATALOGRÁFICA

Bibliotecária: Alice Tação Wagner - CRB 7/RJ 4316

R484e Ribeiro, Bianca da Silva.

Efeito do envelhecimento em autoclave na resistência à flexão da zircônia parcialmente estabilizada por ítria utilizadas em próteses odontológicas. / Bianca da Silva Ribeiro; Carolina Calvano Santos. – Volta Redonda: UniFOA, 2018.

33 p. II

Orientador(a): Cristiane Fonseca Carvalho

Monografia (TCC) – UniFOA / Curso de Odontologia, 2018.

1. Odontologia - TCC. 2. YTZP. 3. Zircônia – resistência à flexão . I. Carvalho, Cristiane Fonseca. II. Centro Universitário de Volta Redonda. III. Título.

CDD 617.6



FOLHA DE APROVAÇÃO



Trabalho de Conclusão do Curso intitulado: “Efeito do envelhecimento em autoclave na resistência á flexão da zircônia parcialmente estabilizada por ítria utilizadas em próteses odontológicas”

Elaborado por: Bianca da Silva Ribeiro e Carolina Calvano Santos

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

Aprovada em 25 de abril de 2018.

Banca Avaliadora:

.....
Prof.^a Doutora Cristiane Fonseca de Carvalho

.....
Prof.^a Especialista Fábio Amaral de Araújo

.....
Prof.^a Mestre Dimitri Roberto Napoli

DEDICATÓRIA

"Dedico este trabalho a Deus, por ser essencial em minha vida. Dedico aos meus pais, por todo amor e confiança depositados em mim."

Bianca da Silva Ribeiro

"Dedico este trabalho à Deus e a minha família, que sempre foi o autor da minha vida e do meu destino. O meu maior apoio nos momentos difíceis."

Carolina Calvano Santos

AGRADECIMENTOS

"Primeiramente agradeço a Deus que esteve comigo ao longo de todo este percurso e tornou possível a realização desse sonho. Agradeço aos meus pais pelo amor incondicional, por toda ajuda e incentivo. Agradeço ao meu namorado por todo incentivo e paciência. Agradeço a nossa orientadora Dra. Cristiane Fonseca de Carvalho, por toda sua dedicação, carinho e confiança depositada em nós. A todos vocês, meu muito obrigada!"

Bianca da Silva Ribeiro

"Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida e por ter me proporcionado chegar até aqui. A minha família por toda dedicação e paciência contribuindo diretamente para que eu pudesse ter um caminho mais fácil e prazeroso durante esses anos."

Carolina Calvano Santos

EPÍGRAFE

"Recria tua vida, sempre, sempre.
Remove pedras e planta roseira e faz
doces. Recomeça."

Cora Coralina

RESUMO

O presente estudo tem como objetivo avaliar o efeito da degradação da zircônia parcialmente estabilizada por ítria, por meio de envelhecimento em autoclave, sob calor, pressão e umidade, na resistência a flexão de três pontos. Foram confeccionados 20 corpos de prova a partir dos blocos pré-sinterizados de YTZP, utilizados para infraestrutura de próteses, sendo, barras retangulares medindo 18mm x 4mm x 1,2mm, de acordo com a ISO 6872 (ISO 2009). As amostras foram divididas em dois grupos experimentais, G1 – controle, YTZP sem envelhecimento e G2 – YTZP envelhecida. As amostras dos dois grupos foram submetidas ao ensaio de flexão de três pontos, em uma máquina universal de ensaios mecânicos. Para obtenção dos valores dos ensaios de flexão de três pontos foram obtidas as médias dos valores e analisadas estatisticamente. Os valores obtidos de resistência á flexão pelo grupo controle sem envelhecimento foi 747 ± 119 MPa e do grupo submetido a ciclagem em autoclave foi 819 ± 139 MPa. Sendo observado o aumento dos valores de resistência á flexão da YTZP após o envelhecimento em autoclave em relação ao grupo controle, porém não significativo. Conclui-se que o envelhecimento em autoclave não foi capaz de afetar suas propriedades mecânicas.

Palavras-chave: YTZP; Envelhecimento; Resistência á flexão.

ABSTRACT

The present study aims to evaluate the effect of yttrium partially stabilized zirconia degradation by autoclaving under heat, pressure and humidity in the three - point flexural strength. Twenty specimens were prepared from the pre-sintered YTZP blocks, used for prosthesis infrastructure, rectangular bars measuring 18mm x 4mm x 1.2mm, according to ISO 6872 (ISO 2009). The samples were divided into two experimental groups, G1 - control, YTZP without aging and G2 - YTZP aged. The samples of the two groups were submitted to the three-point bending test in a universal machine of mechanical tests. To obtain the values of the three-point flexural tests, the mean values were obtained and statistically analyzed. The values obtained of flexural strength by the control group without aging were 747 ± 119 MPa and of the group submitted to autoclave cycling was 819 ± 139 MPa. It was observed the increase of the YTZP flexural strength values after autoclaving in relation to the control group, but not significant. It was concluded that autoclaving was not able to affect its mechanical properties.

Key-words: YTZP; Aging; Flexural strength.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Desenho esquemático de uma amostra de YTZP em formato barra retangular e suas dimensões 18mm x 4mm x 2mm, de acordo com ISO 6872.....	15
Figura 2 Máquina de corte preciso (Isomet 1000, Buehler, Precision Saw, EUA).....	16
Figura 3 Bloco cerâmico fixado ao suporte.....	16
Figura 4 Suporte acoplado à cortadeira.....	16
Figura 5 Vista lateral do suporte acoplado.....	16
Figura 6 Simulação de corte da amostras.....	16
Figura 7 Equipamento para ensaio de resistência a flexão em três pontos.....	19

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Valores de resistência á flexao da YTZP de cada uma amostras dos grupos experimentais.....	20
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Materiais utilizados para confecção das amostras desse experimento, simulando sistemas ceramo-cerâmicos mais utilizados em próteses dentarias.....	15
Tabela 2 Quantidade de amostras do grupo controle e do grupo que foi submetido a ciclagem em autoclave.....	17
Tabela 3 Médias da resistência a flexão (MPa), desvio padrão e análise estatística (letras iguais, sem diferença estatística) da cerâmica YTZP controle (grupo 1), envelhecida (grupo 2).....	20

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

et al.	E colaboradores
ISO	Organização Internacional de Normalização
kgf/cm ²	Quilograma Força por Centímetro Quadrado
mm	Milímetros
MPa	Mega Pascal
N	Newton
Rpm	Revoluções por Minuto
YTZP	Zircônia Tetragonal Parcialmente Estabilizada com Ítria
%	Porcentagem
±	Símbolo Matemático significa Mais ou Menos

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE A	Dados das amostras.....	.44
APÊNDICE B	Teste estatístico.....	32

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	MATERIAIS.....	16
2.1	Materiais.....	16
2.2	Preparação das Amostras.....	16
2.2.1	Envelhecimento em Autoclave	18
2.2.2	Ensaio mecânico de Flexão de Três Pontos.....	19
2.2.3	Análise Estatística.....	20
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
4	CONCLUSÃO.....	27
5	REFERÊNCIAS.....	28
	APÊNDICES.....	31

1 INTRODUÇÃO

Na Odontologia restauradora apesar das próteses metalocerâmicas possuírem uma ampla indicação, sua utilização pode vir a comprometer a estética, principalmente em dentes anteriores, na região cervical devido à coloração acinzentada causada pelo metal. Com isso novos sistemas cerâmicos foram desenvolvidos afim de amenizar a desvantagem estética da subestrutura metálica (ENGLER, 2016).

Atualmente, verifica-se uma busca incessante, pelos pacientes, por restaurações que se aproximem o máximo dos aspectos dos dentes naturais. Com isso, as restaurações de cerâmicas tem se tornado a principal alternativa para a reconstrução das estruturas dentais perdidas (AMOROSO et al., 2012). Os sistemas ceramo-cerâmicos são utilizados devido sua excelente biocompatibilidade e estética, apresentando adequação marginal da gengiva quando comparadas com materiais restauradores metálicos (ZAIA, 2014).

As cerâmicas feldspáticas foram às primeiras cerâmicas utilizadas devido à estética apresentada. Entretanto, são altamente frágeis devido ao seu grande conteúdo vítreo. No intuito de prevenir estas deficiências mecânicas das cerâmicas vitreas foram desenvolvidas cerâmicas reforçadas, como a cerâmica feldspática reforçada por leucita, cerâmicas à base de dissilicato de lítio, cerâmica à base de alumina infiltrada por vidro e cerâmica policristalina de zircônia tetragonal parcialmente estabilizada com ítria, sendo que esta última é a mais utilizada como infraestrutura dos sistemas ceramo-cerâmicos (MUÑOZ, 2017).

O desenvolvimento da cerâmica YTZP constituiu uma evolução dos materiais cerâmicos devido a sua excelente biocompatibilidade, alta tenacidade à fratura, alta resistência mecânica e baixa taxa de desgaste (ARATA, 2016). O bom desempenho da zircônia ocorre por causa da transformação da fase tetragonal para a fase monoclínica (MARTINS, 2015).

Apesar de suas excelentes qualidades, o uso de YTZP mostrou algumas limitações, como a possível degradação em ambiente úmido a baixa temperatura,

caracterizada pela transformação da fase tetragonal para fase monoclínica que pode levar a degradação da YTZP, interferindo em suas propriedades mecânicas. Essa degradação pode ocorrer na presença de água e fluidos corpóreos, os cristais tetragonais da superfície do material transformam-se em monoclínicos. Essa transformação é induzida pela reação das moléculas de água com o óxido de zircônio, formando hidróxidos na superfície da trinca. Com essa transformação o tamanho do grão aumenta de volume, gerando tensões ao seu redor e resultando no surgimento de microtrincas. Essas trincas funcionariam como uma passagem, permitindo que mais umidade penetre na estrutura, levando mais grãos a se transformarem e conseqüentemente, gerando mais trincas e aumentando a rugosidade da superfície (OKADA, 2009).

Diante do problema exposto, o presente estudo tem como objetivo avaliar o efeito da degradação da YTZP, por meio de envelhecimento em autoclave, sob calor, pressão e umidade, na resistência a flexão de três pontos por meio de ensaio numa máquina universal de ensaios mecânicos.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

Para este estudo, no qual foi avaliado o comportamento mecânico e estrutural de sistemas ceramo-cerâmicos mais indicados para próteses dentárias, foram utilizados blocos de YTZP, composto de policristais de zircônia tetragonal parcialmente estabilizados com ítria, usado para infraestrutura de próteses dentárias, conforme demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1: Materiais utilizados para confecção das amostras desse experimento, simulando sistemas ceramo-cerâmicos mais utilizados em próteses dentárias.

Material	Categoria	Fabricante
Ítrion Zirkon Transluzent	YTZP	Zirkonzahn GMHB

2.2 Preparação das Amostra

Foram confeccionados 20 corpos de prova de blocos pré-sinterizados de YTZP Ítrion Zirkon Transluzent (Zirkonzahn GMHB), no formato de barras retangulares medindo 18mm x 4mm x 2mm, de acordo com a ISO 6872 (ISO 2009) para materiais cerâmicos (Figura 1).

Os cortes foram executados em uma máquina de corte preciso, Isomet 1000, com disco diamantado de 0,5 mm, com velocidade de 250 rpm. As dimensões das amostras foram 20% maiores que a medida final desejada, prevendo a contração ocorrida com a sinterização do material (Figura 2 a 6).

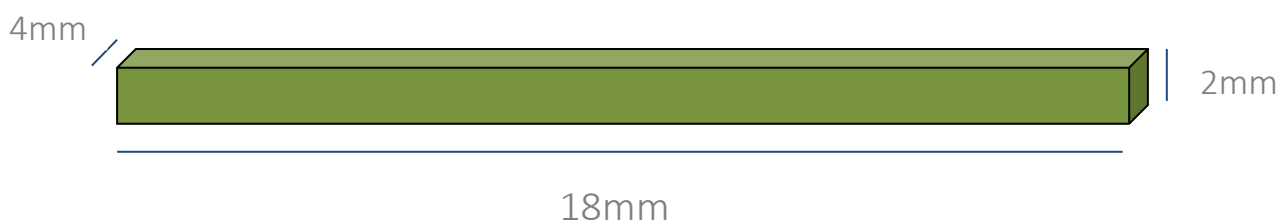


Figura 1: Desenho esquemático de uma amostra de YTZP em formato barra retangular e suas dimensões 18mm x 4mm x 2mm, de acordo com ISO 6872.



Figura 2: Máquina de corte preciso (Isomet 1000, Buehler, Precision Saw, EUA).



Figura 3: Bloco cerâmico fixado ao suporte.



Figura 4: Suporte acoplado à cortadeira.



Figura 5: Vista lateral do suporte acoplado.

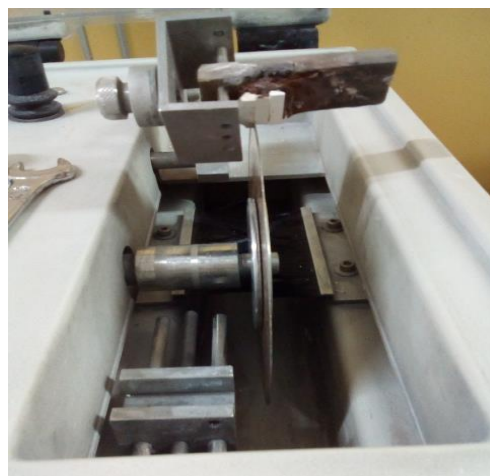


Figura 6: Simulação de corte das amostras.

Após o corte, as barras foram levadas a um forno específico, Zirkonofen 700 Ultra-Vakuum, para sinterização em patamares intermediários até atingirem a temperatura de 1530 °C por aproximadamente 6 horas, e sofreram resfriamento gradativo controlado (taxa de resfriamento 30 °C/min) por cerca de 4h, conforme o programa de sinterização indicado pelo fabricante.

2.2.1 Envelhecimento em Autoclave

Após confecção das amostras, metade delas (n=10) foi submetida à tentativa de degradação por meio de ciclagem em autoclave, um procedimento de envelhecimento acelerado com vapor úmido e calor a 134°C sob pressão de 2,2 kgf/cm² por 5 horas, em uma autoclave (Vitale 12, Cristófoli, Brasil). Devido à limitação da autoclave, foram realizados cinco ciclos de 1 h para totalizar as 5 h, simulando um envelhecimento de 21 anos (CHEVALIER, 2006).

Após o envelhecimento as amostras foram divididas em dois grupos experimentais (n= 10), conforme tabela 2: G1 – grupo controle YTZP sem envelhecimento e G2 – YTZP envelhecida. Em ambos os grupos as amostras foram submetidas ao ensaio de flexão de três pontos, em uma máquina universal de ensaios mecânicos.

Tabela 2: Quantidade de amostras do grupo controle e do grupo que foi submetido a ciclagem em autoclave.

Grupos	Envelhecimento em autoclave	Espécimes (n)
G1	Sem envelhecimento	10
G2	Com envelhecimento	10

2.2.2 Ensaio mecânico de Flexão de Três Pontos

As amostras de todos os grupos foram submetidas ao ensaio de flexão de três pontos com velocidade de 0,5 mm/min, numa máquina universal de ensaios mecânicos (EMIC), utilizando o dispositivo de flexão, indicado pelo fabricante do equipamento. O qual é composto de uma ponta compressora da parte superior das barras e dois apoios para parte inferior das barras, distando 15 mm entre si e o ponto de carga na metade da distância entre os apoios.

Neste ensaio, os corpos de prova foram levados a sua ruptura, para que fossem obtidos os valores de força de fratura em N, informados pelo *software* do equipamento.

Após o ensaio, a resistência à flexão em Mpa, de cada amostra dos grupos 1 e 2, foi calculada pela Equação A, de acordo com ISO 6872 (ISO 2009):

$$\underline{S = \frac{3PL}{2bd^2}} \quad (A)$$

Na qual, S = resistência à flexão (MPa), P = força de fratura (N), L = comprimento do corpo de prova (mm), b = espessura do corpo de prova (mm) e d = altura do corpo de prova (mm).

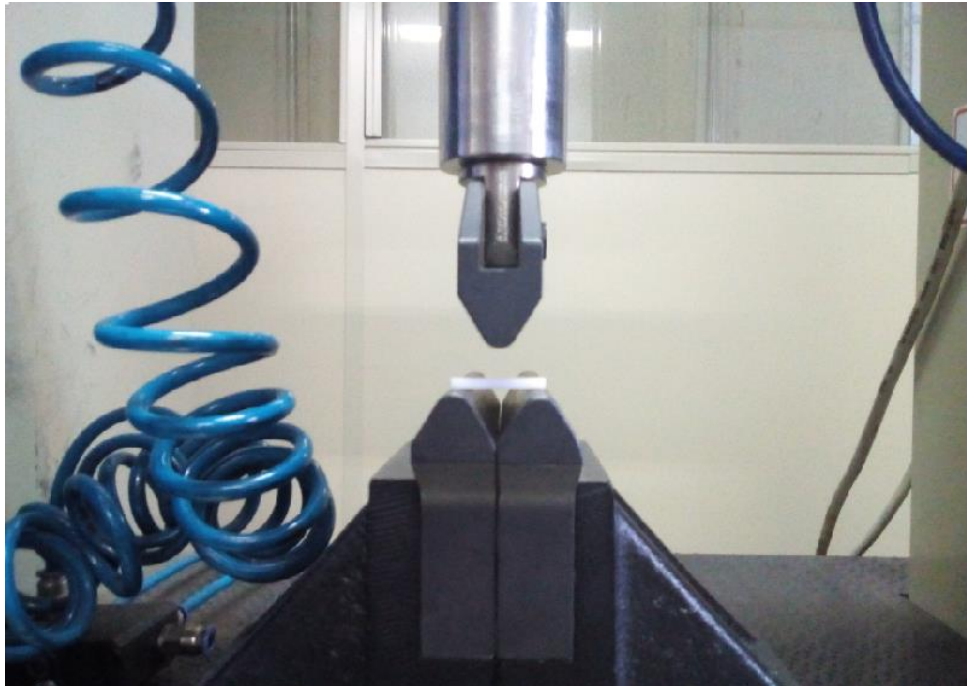


Figura 7: Equipamento para ensaio de resistência a flexão em três pontos.

2.2.3 Análise Estatística

Após obtenção dos valores obtidos nos ensaios de flexão de três pontos foram obtidas as médias dos valores e analisadas estatisticamente pelo teste de variância a um critério, ANOVA, e após esta avaliação, os dados foram submetidos ao teste de Tukey para comparação individual entre os grupos, com nível de significância de 5%.

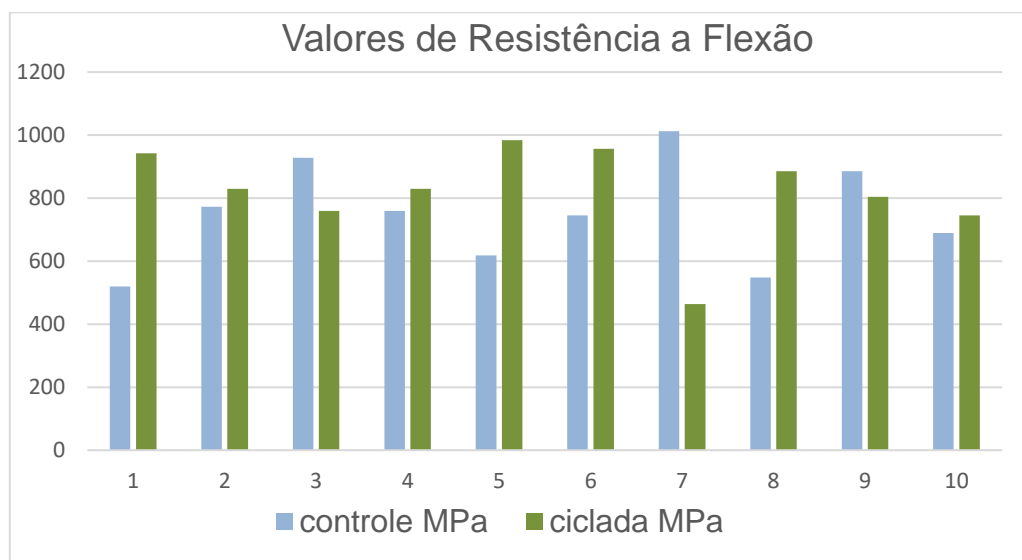
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O ensaio de flexão de três pontos demonstrou, por meio de análise estatística, que o envelhecimento das amostras por meio de ciclagem em autoclave obteve o aumento dos valores de resistência á flexão no grupo envelhecido porém, não estatisticamente significativa, conforme a Tabela 3.

Tabela 3: Médias da resistência a flexão (MPa), desvio padrão e análise estatística (letras iguais, sem diferença estatística) da cerâmica YTZP controle (grupo 1), envelhecida (grupo 2).

Grupos	1- Controle	2- Envelhecida
Média (MPa)	747 ^a	819 ^a
Desvio padrão	119,50	139,3
N	10	10

Gráfico 1: Valores de resistência á flexao da YTZP de cada uma das amostras dos grupos experimentais.



As primeiras cerâmicas utilizadas na odontologia foram as feldspáticas, que conseguiam reproduzir nuances de translucidez do esmalte de forma mais complexa e natural, por possuírem uma fase vítrea maior do que a fase cristalina, fato que interfere na sua resistência mecânica, sendo a resistência a flexão de apenas 100 MPa (SANTOS, 2015).

As restaurações metalocerâmicas foram inseridas por Brecker, em 1956, aspirando por melhorar a resistência das restaurações cerâmicas. A infraestrutura metálica não permitia que a cerâmica sofresse deflexão e aumentava a resistência nas áreas onde houvesse incidência direta de força mastigatória (RABELO; OLIVEIRA, 2017). Por outro lado, as próteses metalocerâmicas, apresentavam algumas limitações clínicas, tais como a borda metálica visível causando estética insatisfatória; restauração desfavorável com reflexão da luz devido a subestrutura metálica, o que levou a necessidade do uso de opacificadores na tentativa de amenizar o inconveniente. Por isso, a necessidade da evolução das cerâmicas para poder proporcionar restaurações sem a desvantagem de uma infraestrutura metálica, e devido ao aumento da exigência da estética, buscou-se alternativas para a eliminação das estruturas metálicas (MELO, 2010).

Surgindo assim, os sistemas ceramo-cerâmicos compostos por uma infra-estrutura de óxidos e com uma cobertura de cerâmica feldspática. Atualmente, os mais utilizados para prótese fixa, são compostos por uma infra-estrutura de YTZP e cobertos por cerâmicas vítreas (BISPO, 2015). Esse material utilizado para infra-estrutura, a YTZP, foi analisado neste estudo. Sendo a YTZP, composta por uma combinação de óxido de alumina com o óxido de zircônio, o que resultou no aumento da resistência á flexão. O dióxido de zircônio apresenta como característica possuir apenas a fase cristalina (FLORIO,1998; MENDONÇA et al., 2017), formando um dos maiores valores de tenacidade entre os sistemas cerâmicos até então produzidos (CRUVINEL, 2013).

A zircônia é um cristal polimórfico que pode ser encontrado em três formas cristalinas principais: monoclinica (M), cúbica (C) e tetragonal (T). Em temperatura ambiente a zircônia apresenta-se na fase monoclinica a qual é estável até 1170 ° C. Quando o material é aquecido além desta temperatura, essa forma monoclinica transforma-se em tetragonal. Ao atingir 2370°C, a fase tetragonal se transforma em

cúbica, sendo que esta forma existe até que se atinja a temperatura de fusão (2680°C). Na fase tetragonal é que a YTZP apresenta as melhores propriedades mecânicas. Para estabilizá-la na fase tetragonal em temperatura ambiente foi adicionado 3mol% ítria em sua composição (ARATA, 2016). Quando uma fratura se inicia na YTZP, os grãos de zircônia se transformam de tetragonal para monoclinicos que possuem maior volume, esse processo é conhecido como expansão volumétrica que pode variar de 3 a 5%, ela dificulta a disseminação da trinca para que ela não se alastre por compressão da trinca (MACCAURO; PICONI, 1999; ANDREIUOLO; DIAS; GONÇALVES, 2011; CAMPOS, 2012; PRADO, 2016).

Devido à característica de transformação de fases da zircônia parcialmente estabilizada por ítria (YTZP), ela chega a dispor uma resistência à flexão de 900 a 1.200 Mpa. Além de possuir uma elevada estética, baixa taxa de desgaste, resistência mecânica, biocompatibilidade, e Módulo de Young semelhante ao aço inoxidável. Porém alguns estudos relatam que pode ocorrer a degradação de suas propriedades mecânicas quando expostas a umidade (ARATA, 2012).

Em contato com a saliva do meio bucal a zircônia fica sujeita ao fenômeno chamado envelhecimento, que provoca a degradação superficial, aumento da rugosidade e o aparecimento de microtrincas, podendo causar a perda de suas propriedades mecânicas (CHEVALIER, 2006). Esse processo é comumente chamado de envelhecimento ou degradação a baixas temperaturas (low temperature degradation, LTD). O processo de degradação em baixas temperaturas se inicia através de uma lenta transformação de fase tetragonal para a monoclinica, os grãos da YTZP em contato com a água provocam o aumento da rugosidade superficial no material, resultando no surgimento de microtrincas, que possibilitam que a água penetre e possa gerar trincas maiores (MONTEIRO, 2016).

Porém, neste estudo, o envelhecimento em autoclave não foi capaz de degradar a propriedade mecânica de resistência à flexão, sendo observado apenas um sutil aumento, porém não significativo nos seus valores de resistência à flexão. Os valores obtidos pelo grupo controle sem envelhecimento foi de 747 ± 119 MPa e do grupo submetido a ciclagem em autoclave foi de 819 ± 139 MPa. Assim como neste estudo, foi verificado o processo de envelhecimento da YTZP por ciclagem em autoclave, por Corrêa (2012) que obteve em seu estudo sobre resistência à fratura

do policristal de zircônia tetragonal estabilizada por itria, YTZP, submetido à ciclagem mecânica, ciclagem em autoclave, ciclagem térmica e tratamento térmico, os seguintes valores no grupo controle sem envelhecimento de 721 ± 44 MPa e no grupo submetido a ciclagem em autoclave 749 ± 66 MPa. Prado (2016) realizou seu estudo sobre o efeito do envelhecimento em baixa temperatura e desgaste no comportamento mecânico de uma cerâmica YTZP com duas espessuras diferentes indicadas para restauração monolítica, e obteve como valores no grupo controle sem envelhecimento de 760 ± 111 MPa e no grupo submetido a ciclagem em autoclave 907 ± 126 MPa, também foi observado que o processo de degradação em baixa temperatura em autoclave provocou o aumento dos valores de resistência à flexão da YTZP, não alterando significativamente sua resistência à flexão.

Neste estudo foi avaliado o efeito da degradação da YTZP, por meio de envelhecimento em autoclave, sob calor, pressão e umidade, na resistência a flexão de três pontos por meio de ensaio numa máquina universal de ensaios mecânicos. Lima (2013) também avaliou o efeito da degradação da YTZP, porém, por meio de ciclagem mecânica e obteve valores diferentes entre os grupos, o grupo controle sem envelhecimento obteve 786 ± 96 MPa e no grupo submetido a ciclagem mecânica 841 ± 87 MPa. Similarmente, Mota (2014) em seu trabalho sobre degradação da YTZP em ciclagem mecânica, obteve no grupo controle sem envelhecimento o resultado de 779 ± 114 MPa, no grupo submetido a ciclagem mecânica obteve 719 ± 130 MPa. Valores semelhantes foram encontrados por Okada (2009), sendo o grupo controle sem envelhecimento obteve 869 ± 92 MPa e no grupo submetido a ciclagem mecânica 920 ± 75 MPa. Em todos os estudos acima citados, nos quais foram utilizadas metodologias semelhantes para o envelhecimento da YTZP, por meio de ciclagem mecânica, não foram encontradas diferenças estaticamente significativas dos valores de resistência à flexão antes e após envelhecimento.

Alguns autores relataram que o envelhecimento em baixa temperatura pode diminuir a resistência à flexão da YTZP através de sua degradação superficial (CHEVALIER, DEVILLE, GREMILLARD, 2007). Já Mota (2014), em seu estudo sobre influência do envelhecimento hidrotérmico e da fadiga mecânica na resistência a flexão em cerâmica de zircônia YTZP, relatou que o processo de ciclagem em autoclave não compromete a resistência à flexão da YTZP, que obteve, no grupo controle sem envelhecimento os valores de 779 ± 114 MPa e no grupo com ciclagem

em autoclave 848 ± 75 MPa, ocorrendo o aumento dos valores de resistência à flexão, ainda que não significantes.

Com metodologias e resultados semelhantes, Okada (2009) obteve os seguintes resultados no grupo controle sem envelhecimento de 869 ± 92 MPa e no grupo submetido a ciclagem em autoclave 874 ± 222 MPa. Do mesmo modo, Melo (2010) em seu estudo sobre caracterização microestrutural de zircônia micro e nanoparticulada e análise das propriedades mecânicas de próteses usinada em cad/cam, relatou que o grupo controle sem envelhecimento obteve 573 ± 141 MPa e após a ciclagem em autoclave o valor da resistência a flexão foi de 871 ± 149 MPa.

Os resultados obtidos neste estudo e em outros estudos semelhantes citados, nos quais os valores de resistência à flexão sofrem aumento após o envelhecimento podem ser justificados pela transformação de fase tetragonal para a monoclinica sob tensões, que provocam o surgimento de microtrincas subcríticas, que auxiliam no aumento da resistência mecânica. Quando a YTZP é submetida a tensões externas que formam uma trinca, e ela se encontra com estas microtrincas, ela muda de sentido e perde intensidade (ANDREIUOLO; DIAS; GONÇALVES, 2011; BENETTI, 2012; SANTOS, 2012).

Analisando os resultados obtidos neste estudo, e pertinente afirmar que não houve alteração de forma significativa no valor de resistência à flexão da YTZP. Tornando evidente suas propriedades de excelência quanto ao uso da YTZP como material restaurador para infra-estruturas de prótese fixa.

Sabe-se que as condições experimentais desse estudo não reproduzem exatamente as condições clínicas, porém pode-se afirmar que a cerâmica estudada é muito favorável para a utilização de próteses dentárias, uma vez que, o envelhecimento em autoclave não afetou sua resistência mecânica à flexão. Porém, é importante salientar que a simulação realizada neste estudo não reproduz com total fidelidade as condições bucais e, portanto a extrapolação desses resultados para a realidade clínica do profissional protésista deve ser feita com cautela. A simulação feita nesse estudo não apresenta algumas das características observadas na cavidade oral como alteração de pH, temperatura, o deslizamento (cisalhamento) dos dentes e o impacto do bolo alimentar. Ainda assim, os resultados apontam com

otimismo a aplicabilidade da zircônia estabilizada por ítria como subestrutura de próteses odontológicas. Podendo associar com o experimento de Umeri (2010) que demonstrou que a degradação das cerâmicas YTZP pode ocorrer de forma lenta à temperatura ambiente, mesmo na ausência de umidade, portanto, o tempo de degradação do material, que seria necessário para ocasionar sua perda, extrapolaria o tempo de uso clínico como prótese dentária cimentada na boca.

4 CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos nesse estudo e literatura revisada, foi possível concluir que:

- a) A ciclagem em autoclave não foi capaz de alterar os valores de resistência à flexão da YTZP.

- b) Houve um aumento dos valores de resistência á flexão devido a transformação de fase tetragonal para a monoclínica sob tensões, que provocam o surgimento de microtrincas, que aumentam a resistência á flexão.

- c) A YTZP se mostrou um adequada para utilização em infra-estrutura de prótese parcial fixa pois se mostra inerte diante do processo de envelhecimento em autoclave.

7 REFERÊNCIAS

- AMOROSO, A.P.; FERREIRA, M.B.; TORCATO, L.B.; PELLIZZER, E.P.; MAZARO, J.V.Q.; FILHO, H.G. Cerâmicas odontológicas: propriedades, indicações e considerações clínicas. **Rev odontol de araçatuba**, Araçatuba, v.33, n.2, p.19-25, jul/dez., 2012.
- ANDREIUOLO, R.; DIAS, K.R.H.C.; GONÇALVES, S.A. A zircônia na odontologia restauradora. **Rev bras odontol**, Rio de Janeiro, v. 68, n. 1, p. 49-53, jan/jun., 2011.
- ARATA, A. **Efeito do envelhecimento in vitro na transformação de fase cristalina da Y-TZP: análise topográfica, mecânica e cristalográfica**. 2012. 158 p. Dissertação (Mestrado em Prótese Dentária) – Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista, São José dos Campos, 2012.
- ARATA, A. **Degradação a baixa temperatura da Y-TZP odontológica: Análise microestrutural e avaliação das propriedades**. 2016. 175 p. Tese (Doutorado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear - Materiais) - Instituto de Pesquisa Energéticas e Nucleares, Autarquia associada à Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.
- BENETTI, P. **Fratura da porcelana em restaurações com infra-estrutura de zircônia: influência de gradientes térmicos no desenvolvimento e magnitude de tensões residuais e transitórias**. 2012. 169 p. Tese (Doutorado em Prótese Dentária) – Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista, São José dos Campos, 2012.
- BISPO, L.B. Cerâmicas odontológicas: vantagens e limitações da zircônia. **Rev bras odontol**, Rio de Janeiro, v. 72, n.1/2, p. 24-9, jan/jun., 2015.
- CAMPOS, F. **Resistência á fratura de próteses parciais fixas de zircônia: efeito da aplicação da cerâmica de cobertura e jateamento na região gengival dos conectores e pânticos**. 2012. 105 p. Dissertação (Mestrado em Prótese Dentária) – Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista, São José dos Campos, 2012.
- CHEVALIER, J. What future for zirconia as a biomaterial? **Biomaterials**, Amsterdam, v. 27, n. 4, p. 535-43, 2006.
- CHEVALIER, J.; DEVILLE, S.; GREMILLARD, Low Degradation of Zirconia and Implications for Biomedical Implants. **Annu Rev Mater Res**, Califórnia, v. 37, n. 1, p. 1-32, ago., 2007.
- CORRÊA, M.P. **Resistencia á fratura do policristal de zirconia tetragonal estabilizada por itria (YTZP), submetido a ciclagem mecânica, ciclagem em autoclave, ciclagem térmica e tratamento térmico**. 2012. 33 p. Dissertação (Mestrado em Implantodontia) – Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos, Barretos, 2012.

CRUVINEL, D.R. **Análise de tensões e resistência flexural de implantes de Zircônia após ciclagem mecânica.** 2013. 161 p. Tese (Doutorado em Prótese Dentária) – Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2013.

ENGLER, M.L.P.D. **Influência do tratamento laboratorial com líquidos de pigmentação e fluorescência e do envelhecimento acelerado na resistência á fratura de uma zircônia odontológica.** 2016. 91 p. Dissertação (Mestrado em Implantodontia) - Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

FLORIO, D.Z. **Estudos de sinterização e de envelhecimento térmico de cerâmicas de zircônia-ítria por espectroscopia de impedância.**1998. 119 p. Dissertação (Mestrado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear- Materiais) – Instituto de Pesquisa Energéticas e Nucleares, Autarquia associada à Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

LIMA, E. **Degradação da resistência de cerâmicas odontológicas após ciclagem mecânica.** 2013. 68 p. Dissertação (Mestrado em Materiais Dentários) – Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

MACCAURO, G.; PICONI, C. Zirconia as a ceramic biomaterial, **Biomaterials**, Amsterdam, v. 20, n. 1, p. 1-25, 1999.

MARTINS, F.V. Fraturas do revestimento cerâmico sobre a infraestrutura de zirconia em prótese dentária. **Rev odontol de ato**, Bauru, v.15, n.12, p.821-9, dez., 2015.

MELO, A.S.M. **Caracterização microestrutural de zircônia micro e nanopartículas e análise das propriedades mecânicas de próteses usinadas em cad/cam.** 2010. 91 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Materiais) – Instituto Militar de Engenharia, Departamento de Ciência e Tecnologia, Exército Brasileiro, Rio de Janeiro, 2010.

MENDONÇA, B.C.; NEGREIROS, W.M.; SEBOLD, M.; CARVALHO, A.O.; FRANCESCANTONIO, M.; GIANNINI, M. Estudo da composição e caracterização dos cristais de zircônia Y-TZP para odontologia. **Rev bras odontol**, Rio de Janeiro, v. 74, n. 1, p. 2-6, jan/mar., 2017.

MONTEIRO, K.N. **Efeito da coloração nas propriedades mecânicas e ópticas de cerâmicas odontológicas á base de zircônia.** 2016. 83 p. Dissertação (Mestrado em Biomateriais e Biologia Oral) - Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

MOTA, Y.A. **Influência do envelhecimento hidrotérmico e da fadiga mecânica na resistência á flexão em cerâmicas de zirconia YTZP.** 2014. 85 p. Dissertação (Mestrado em Clínica Odontologia) – Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2014.

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

OKADA, C.Y. **Efeito do envelhecimento por ciclagem mecânica ou ciclagem em autoclave na resistência à flexão de cerâmicas odontológicas.** 2009. 91 p. Tese (Doutorado em Materiais Dentários) – Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

PRADO, R.D. **Efeito do envelhecimento em baixa temperatura e desgaste no comportamento mecânico de uma cerâmica Y-TZP com duas espessuras diferentes indicada para restauração monolítica.** 2016. 39 p. Dissertação (Mestrado em Prótese Dentária) – Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista, São José dos Campos, 2016.

RABELO, T.B.; OLIVEIRA, P.F.G. Tratamento de superfície para a cimentação adesiva de cerâmicas à base de zircônia: revisão de literatura. **Rev bras odontol**, Rio de Janeiro, v. 74, n. 1, p. 36-9, jan/mar., 2017.

SANTOS, H.E.S. **Propriedades mecânicas da zircônia tetragonal policristalina estabilizada por ítria submetida à degradação hidrotérmica.** 2012. 140 p. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Materiais) - Instituto Militar de Engenharia, Exército Brasileiro - Departamento de Ciência e Tecnologia, Rio de Janeiro, 2012.

SANTOS, L.A. **Efeito do envelhecimento na resistência adesiva da zircônia após diferentes tratamentos de superfície.** 2015. 174 p. Tese (Doutorado em Ciências Odontológicas) – Faculdade de Odontologia de Bauru da Universidade de São Paulo, Bauru, 2015.

UMERI, A. **Study of zirconia's ageing for applications in dentistry.** 2010. 90 p. Tese (Doutorado em Nanotecnologia) – Università Degli Studi di Trieste, Trieste, 2010.

ZAIA, W.L.S. **Resistência adesiva da zircônia submetida a diferentes tratamentos de superfície.** 2014. 70 p. Tese (Doutorado em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2014.

APÊNDICE A: Dados das amostras

Dados do ensaio de flexão de três pontos para cada corpo de prova antes e após envelhecimento, dados pelo software da emic (N).

controle N	após a ciclagem N	
370	670	
550	590	
660	540	
540	590	
440	900	
530	680	
720	330	
390	630	
630	810	
490	530	
532	627	media
84,8528137	98,99494937	DP

Após o ensaio, a resistência à flexão em Mpa, de cada amostra dos grupos, foi calculada pela Equação A, de acordo com ISO 6872 (ISO 2009):

$$\underline{S = 3PL} \quad (A)$$

$$2bd^2$$

	controle MPa	ciclada MPa
	520	942
	773	829
	928	759
	759	829
	618	984
	745	956
	1012	464
	548	885
	885	804
	689	745
media	747,7	819,7
DP	119,501	139,3

APÊNDICE B: Teste Estatístico

Teste ANOVA: um critério			
Arquivo Editar Gráfico			
FONTES DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM
Tratamentos	1	25.9 e+03	25.9 e+03
Erro	18	43.5 e+04	24.2 e+03
F =	1.0726		
(p) =	0.3150		

- 1 - - 2 -

Tamanho = 10 10

Média = 747.7000 819.7000

Variância = 25998.2333 22333.3444

Homocedasticidade ---

Variância = 24165.7889 ---

t = -1.0357---

Graus de liberdade = 18 ---

p (unilateral) = 0.1570 ---

p (bilateral) = 0.3140 ---

Poder (0.05) 0.2710 ---

Poder (0.01) 0.0944 ---

Diferença entre as médias = -72.0000 ---

IC 95% (Dif. entre médias) = -218.0634 a 74.0634

IC 99% (Dif. entre médias) = -272.0812 a 128.0812 ---