

Biomateriais Cerâmicos - Zircônia



Ciência e Tecnologia dos Materiais ZEB-1038

Docentes: Prof.^a Dr.^a Eliria Pallone e Prof. Dr. João Adriano Rosignolo

Discentes: Felipe Nigro Martinez; Lucas Basolli Borsatto; Thiago Bertoluchi Peripato



Aspectos Gerais dos Biomateriais

- O que são Biomateriais?

“Qualquer substância (outra que não droga) ou combinação de substâncias, sintética ou natural em origem, que possa ser usada por um período de tempo, completa ou parcialmente como parte de um sistema que trate, aumente ou substitua qualquer tecido, órgão ou função do corpo”. (HELMUS E TWEDEN, 1995).

- Principais propriedades → **biocompatibilidade** e a **biofuncionalidade**
- O material precisa ser não-tóxico, não-carcinogênico, não-antigênico e não-mutagênico (SILVA, 1999).

Propriedades dos Biomateriais Cerâmicos



- Cerâmicas são biomateriais sólidos formados por elementos metálicos e não-metálicos, como oxigênio, nitrogênio ou carbono, em conjunto;

ausência de
resposta
imunológica

- Semelhança estrutural ao componente inorgânico do osso;
- biocompatíveis e osteocondutivos;
- não apresentarem proteínas em sua composição;

- Composição básica feita por íons encontrados no meio fisiológico (cálcio, potássio, magnésio, sódio etc.);
- Alto tempo de degradação in vivo.

Propriedades dos Biomateriais Cerâmicos

Diversas vantagens em suas propriedades:

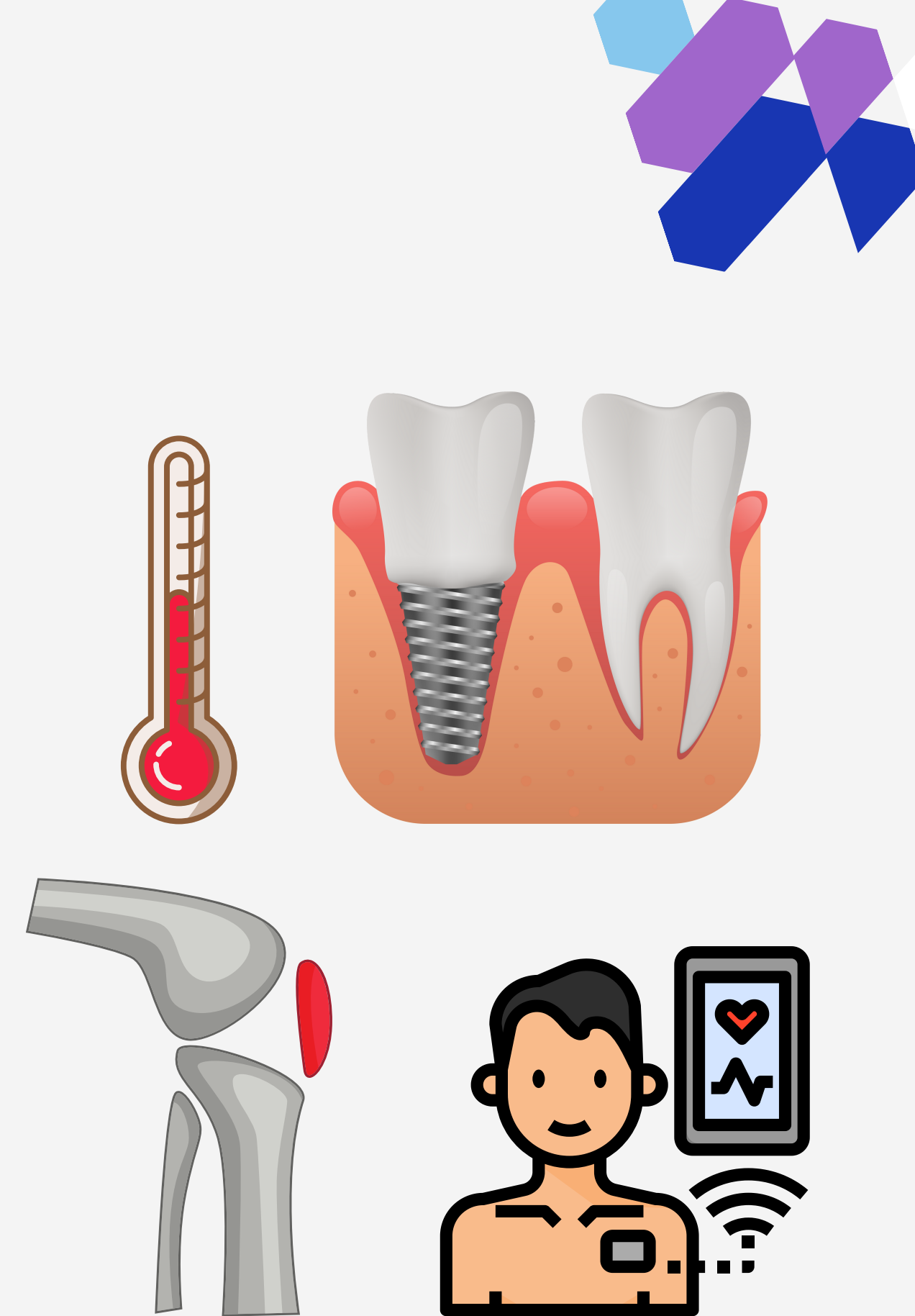
- Superior compatibilidade química com o meio fisiológico e com tecidos rígidos, como ossos e dentes;
- Boa estabilidade dimensional;
- Estabilidade em ambientes ácidos;
- Resistência ao desgaste e à compressão.



Fonte: (WAN et al., 2006).

Aplicações

- As aplicações das biocerâmicas se difundem em:
 - Ligação óssea;
 - Cirurgia reconstrutivas;
 - Implantes odontológicos;
 - Implantes ortopédicos;
 - Fibras ópticas para biosensores e endoscópicos;
 - Termômetros;
 - Artigos de laboratório.



Fonte: (SCIELO, 1998)

Classificação das Biocerâmicas



Tipo de Biocerâmica	Interação com os tecidos	Exemplos
Inertes	Não há interações químicas nem biológicas	Carbono, alumina e zircônia
Porosas	Ocorre o crescimento interno dos tecidos através dos poros	Aluminatos e hidroxiapatita porosos
Bioativas	Ocorre uma forte ligação na interface osso-implante	Biovidros, hidroxiapatita e vitro-cerâmicas
Reabsorvíveis	As cerâmicas são degradadas e substituídas pelos tecidos	Gesso e fosfato tricálcico

Zircônia



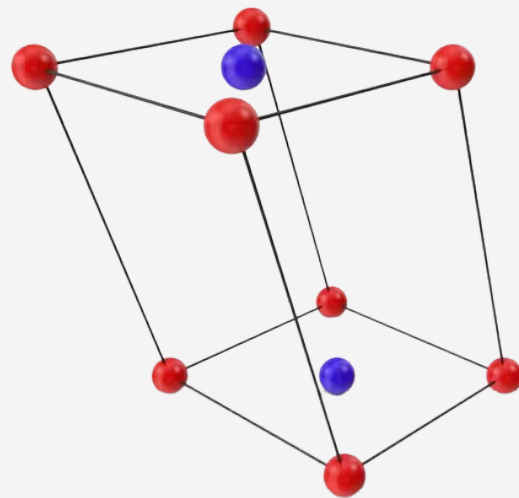
Vantagens:

- Cerâmica que apresenta excelente resistência a corrosão, compressão e fadiga;
- Boa tenacidade à fratura e resistência à flexão;
- Menor módulo elástico;
- Apresenta estrutura polimórfica com três estruturas cristalinas distintas: monoclinica, tetragonal e cúbica.

Zircônia

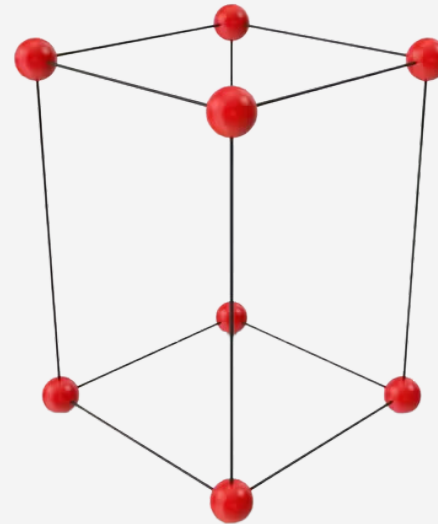
Propriedades:

- Zircônia pura



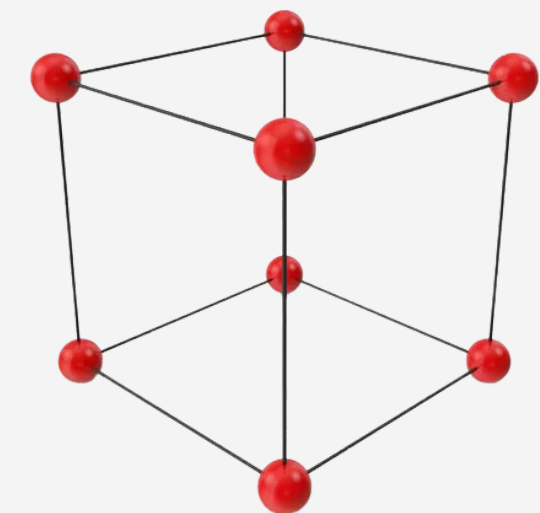
Estrutura **monoclínica** na temperatura ambiente e é estável até 1.170°C ;

- Até 2.370°C



Transformação para a fase **tetragonal**;

- Acima de 2.370°C

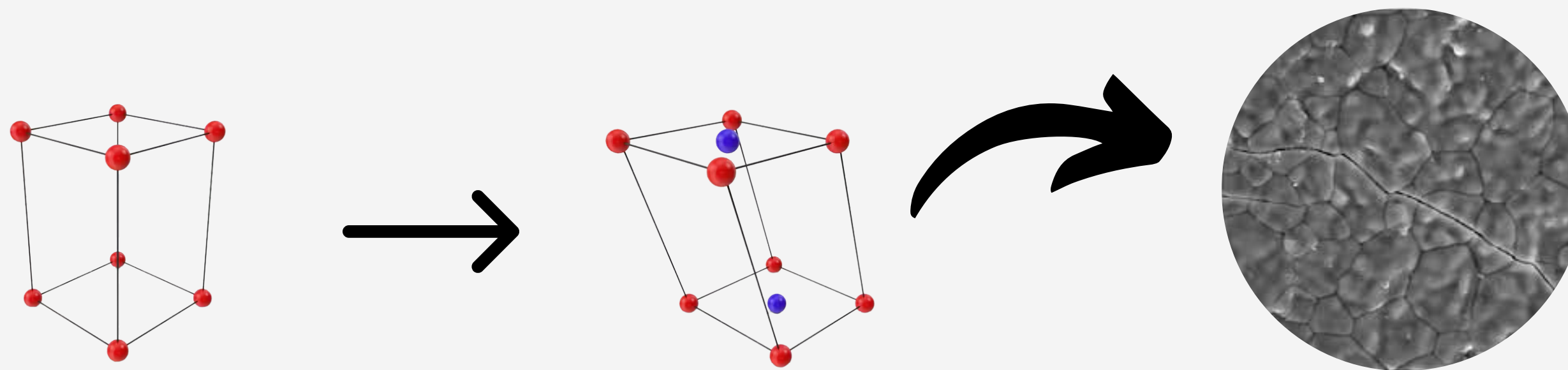


Adota a fase **cúbica**;

Zircônia

Propriedades:

- Durante o resfriamento
 - A tetragonal se transforma em monoclinica a uma temperatura de 970°C;
 - Expansão de volume de 3 a 4%;
 - Tensões internas na microestrutura do material geram **trincas**, prejudicando suas propriedades e limitando suas aplicações.



Zircônia

Propriedades:

- Zircônia pura monoclínica não pode ser utilizada para formar **cerâmicas odontológicas** devido ao fraco desempenho mecânico;
- Mistura-la com outros óxidos, como o Y_2O_3 (óxido de ítrio) → garante que no processo de resfriamento não seja transformada novamente em estrutura monoclínica;
- Porém, a zircônia tetragonal estabilizada com ítria deve apresentar certas porcentagens molares que não permitam se decompor em fluidos biológicos humanos. Ex: zircônia estabilizada com 3% de ítria se dissolve em fluidos biológicos humanos.

Fonte: (Mosele, J. C., 2014; Simone Kreve et al, 2021)

Zircônia

Soluções:

- Utilização de zircônia estabilizada com 4% ou 8% de teor de ítria:
 - Faz com que no processo de resfriamento, apresente estruturas tetragonal (4YSZ) e cúbica (8YSZ);
 - Isso garante que não sejam perdidas as excelentes propriedades mecânicas apresentadas nessas estruturas (Resistência à fratura, resistência à flexão, tenacidade, resistência ao desgaste e estabilidade química).

Fonte: (Mosele, J. C., 2014; Simone Kreve et al, 2021)

Zircônia



Propriedade	Alumina	YSZ
Resist. Flexão (MPa)	595	1000
Resist. Compressão (MPa)	4250	2000
Módulo de elasticidade (MPa)	400	150
Tenacidade à fratura (MPa ·m ^{1/2})	5	7

Fonte: (GRUPO DE PESQUISA EM BIOMATERIAIS – UDESC/Joinville)

Zircônia

Propriedades:

- A zircônia estabilizada com ítria (Y-TZP) se tornou uma alternativa popular a alumina, como cerâmica estrutural, uma vez que apresenta **maior resistência à flexão, maior tenacidade à fratura e menor módulo de elasticidade**;
- Embora a alumina apresente uma maior resistência à compressão, essa propriedade pode ser aumentada na zircônia tetragonal estabilizada através do aumento de teor de ítria como citado anteriormente;

Fonte: (Teixeira et al, 2007)



Aplicações e inovações da zircônia na Engenharia Biomédica

- As propriedades mecânicas da zircônia estabilizada e reforçada permitem o desenvolvimento de próteses fixas unitárias e parciais na região posterior da boca, proporcionando resistência à quebras e lascas, além de proporcionar uma estética agradável e discreta;



Fonte: (Simone Kreve et al, 2021)

Aplicações e inovações da zircônia na Engenharia Biomédica



- Blocos de usinagem com multicamadas ou sombreado com gradiente imitando a cor dos dentes naturais;



Fonte: (Simone Kreve et al, 2021)

Aplicações e inovações da zircônia na Engenharia Biomédica

- Tendência → novos materiais e técnicas em substituição aos metais que eram tão utilizados em próteses odontológicas.



Fonte: (Simone Kreve et al, 2021)



Aplicações e inovações da zircônia na Engenharia Biomédica

- O sistema utilizado para a construção das próteses é o CAD-CAM (Desenho e manufatura assistidos pelo computador).



Link de acesso do vídeo: https://www.youtube.com/watch?v=w3z9Ys_IJWs&t=21s

Custos na engenharia

- Os custos dependem de vários fatores, como a localização geográfica, a disponibilidade e fabricação material;
- Um sistema CAD-CAM completo para produzir infraestruturas de coroas, pontes e próteses para implantes, pode chegar a custar de \$90,000 até \$112,000 dependendo das necessidades da clínica odontológica;
- Um Bloco de Zircônia para Sistema CAD/CAM custa em média acima de R\$1000.

Fonte: (All3dp, Talmax, Zirkonzahn, Marketplace)

Referências Bibliográficas

MN Helmus & K Tweden, "Materials Selection", In: Encyclopedic Handbook of Biomaterials and Bioengineering, Part A, Vol.1, pp.27-59, 1995.

ABUKAWA, H. The engineering of craniofacial tissues in the laboratory: A review of scaffolds and implant coatings. Dental Clinics of North American, Philadelphia, v.50, n.2, p.205-216, 2006.

De Aza AH, Chevalier J, Fantozzi G, Schehl M, Torrecillas R. Crack growth resistance of alumina, zirconia and zirconia toughened alumina ceramics for joint prostheses. Biomaterials. 2002;23(3):937-45.

Referências Bibliográficas

WAN, D. C.; NACAMULI, R. P.; LONGAKER, M. T. Craniofacial bone tissue engineering. Dental Clinics of North American, Philadelphia, v.50, n.2, p.175-190, 2006.

Mosele, J. C., e M. Borba. “Efeito do jateamento de partículas na resistência de união e comportamento mecânico de cerâmicas à base de zircônia - revisão”. Cerâmica, vol. 60, no 354, junho de 2014, p. 179–86. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1590/S0366-69132014000200003>.

AZEVEDO, V. V. et al. Materiais cerâmicos utilizados para implantes. Revista Eletrônica de Materiais e Processos, 31-39, 2008.

Referências Bibliográficas

PIRES, Ana Luiza R.; BIERHALZ, Andréa C. K.; MORAES, Ângela M. BIOMATERIAIS: TIPOS, APLICAÇÕES E MERCADO. Quím. Nova, São Paulo, v. 38, n. 7, p. 957-971, Aug 2015.

Kreve, Simone, e Andréa Cândido Dos Reis. “Zircônia na odontologia: mini-revisão”. Revista da Faculdade de Odontologia de Porto Alegre, vol. 62, no 1, agosto de 2021, p. 82–89. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.22456/2177-0018.101733>.

KAWACHI, Elizabete Y. et al. Biocerâmicas: tendências e perspectivas de uma área interdisciplinar. Quím. Nova, São Paulo, v. 23, n. 4, p. 518-522, 1998.

Referências Bibliográficas

ALL3DP: REVISTA DE IMPRESSÃO 3D. Dental CAD/CAM – All You Need to Know. Disponível em: <https://all3dp.com/2/dental-cad-cam-all-you-need-to-know/>.

Teixeira, L. H. P., et al. “Sinterização e propriedades mecânicas do compósito Y-TZP/Al₂O₃”. *Cerâmica*, vol. 53, no 327, setembro de 2007, p. 227–33. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1590/S0366-69132007000300003>.