cbecimat26
26° Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais
22 a 26 de novembro de 2026
Costão do Santinho
Florianópolis-SC

Revestimentos de Titanato de Cálcio sobre Titânio: Estudo da Influência da Temperatura e Quantidade de Cálcio

Henrique P. Francatto[1]; Júlia Bucci[1]; Maria G. J. Carra[1]; Paulo Y. Y. C. de Moura[1]; Gerson S. de Almeida[1]; Luis G. Martinez[2]; Nilson C. da Cruz[3]; Margarida J. Saeki[1]
1.Instituto de Biociências – UNESP/Botucatu; 2. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN); 3. Instituto de Ciência e Tecnologia - UNESP/Sorocaba

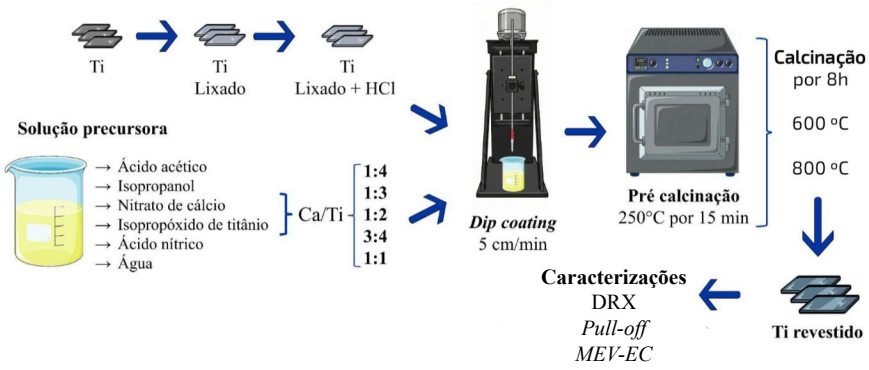
Introdução

O titânio ocupa uma posição de destaque na fabricação de implantes devido a sua elevada resistência mecânica, à corrosão e boa biocompatibilidade. Entretanto, sua relativa inércia química e biológica dificulta o estabelecimento de uma interação rápida e efetiva com o tecido ósseo. Por outro lado, biocerâmicas à base de fosfato de cálcio, como a hidroxiapatita e o fosfato tricálcico, são amplamente utilizadas para compor biomateriais destinados à correção de defeitos ósseos, ao tratamento de fraturas e à regeneração e substituição do tecido ósseo. Devido a sua bioatividade, esses materiais apresentam potencial para favorecer a interação dos implantes metálicos com o tecido ósseo se utilizados como revestimentos. Entretanto, sua baixa adesão à superfície do titânio representa uma importante limitação para a sua ampla aplicação [2]. Neste contexto, destaca-se o titanato de cálcio ($CaTiO_3$), reconhecido pela sua propriedade de favorecer a precipitação de apatita. Assim, sua utilização como camada intermediária sobre a superfície do implante pode contribuir para melhorar a adesão do revestimento bioativo e, consequentemente, promover a osseointegração [1,3].

Objetivos

Sintetizar filmes de titanato de cálcio sobre titânio, avaliando a influência da razão molar Ca e Ti e da temperatura de tratamento térmico na estrutura cristalina, espessura e adesão dos revestimentos.

Metodologia



Resultados e Discussão

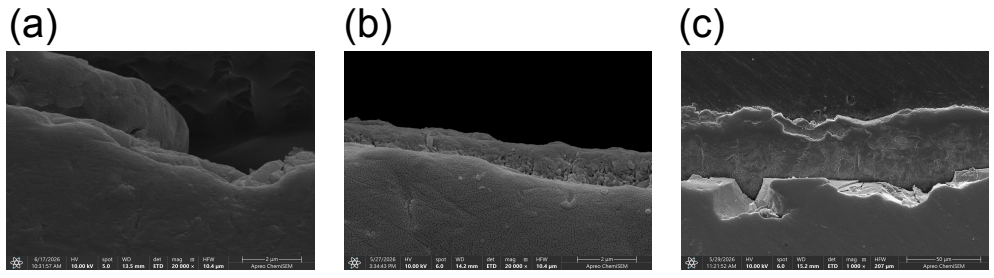


Figura 1. Micrografias obtidas em um microscópio eletrônico de varredura com emissão de campo (MEV-EC) das secções transversais das amostras de Ti revestidas com filmes de óxidos, preparados com razão molar de Ca:Ti de 1:2 e submetidos a tratamentos térmicos nas seguintes temperaturas: (a) 600 °C; (b) 700 °C; (c) 800 °C.

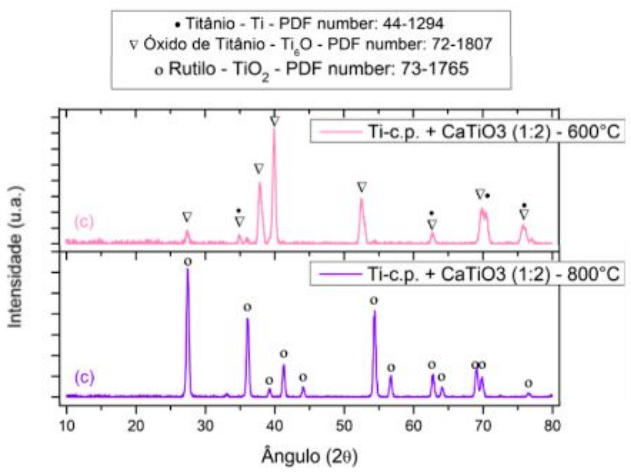


Figura 2. Padrão de difração de raios X (DRX) das amostras de Ti-c.p. revestidos com óxido de titânio contendo Ca sob razão molar Ca:Ti de 1:2, tratadas a 600 °C e 800 °C.

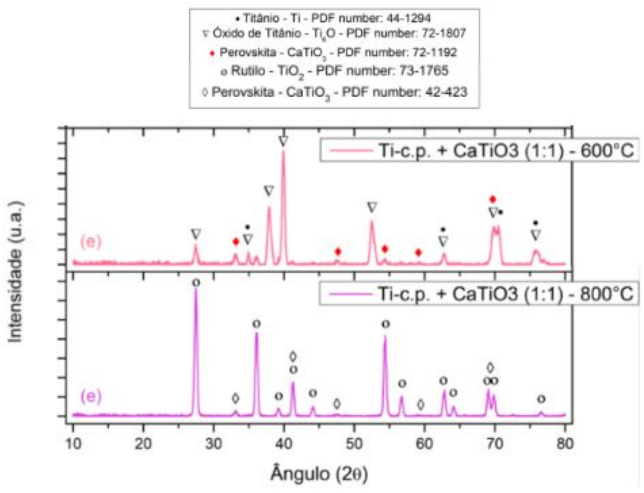


Figura 3. Padrão de difração de raios X (DRX) das amostras de Ti-c.p. revestidos com óxido de titânio contendo Ca sob razão molar Ca:Ti de 1:1, tratadas a 600 °C e 800 °C.

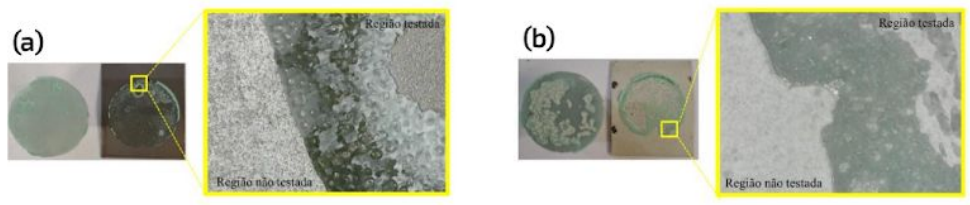


Figura 4. Fotos das amostras de Ti revestidas com filmes de óxidos, preparados com razão molar de Ca:Ti de 1:2, submetidas a tratamentos térmicos a: (a) 600 °C; (b) 800 °C, após o ensaio de *pull-off*.

Tabela 1. Força de adesão dos revestimentos, determinadas por ensaios de *pull-off.*

Temperatura	Força de adesão (MPa)				
	Ti-c.p.+$CaTiO_3$ (1:4)	Ti-c.p.+$CaTiO_3$ (1:3)	Ti-c.p.+$CaTiO_3$ (1:2)	Ti-c.p.+$CaTiO_3$ (3:4)	Ti-c.p.+$CaTiO_3$ (1:1)
600°C	1,34±0,3*	1,06±0,4*	1,35±0,2*	1,43±0,1*	1,71±0,2*
800°C	1,28±0,3**	1,88±0,2*	1,33±0,1*	1,41±0,4*	1,37±0,1*

*Remoção parcial do filme
**Remoção total do filme

Conclusões

A metodologia mostrou ser eficaz na produção de revestimentos sobre titânio, cujas fases e propriedades foram influenciadas pela razão molar Ca:Ti e temperatura. A formação de $CaTiO_3$ tipo perovskita (PDF 79-1192 e 42-423) foi mais evidente para as razões de Ca:Ti 3:4 e 1:1. O aumento da temperatura de 700 °C para 800 °C favoreceu o espessamento da camada de óxidos de titânio, podendo prejudicar a integridade e o desempenho do substrato. Nos ensaios de *pull-off*, as amostras tratadas a 600 °C apresentaram maior adesão, principalmente nas composições com maior teor de cálcio.

Referências e Agradecimentos

[1] MANSO, Miguel; LANGLET, Michel; MARTÍNEZ-DUART, J. M. Testing sol–gel $CaTiO_3$ coatings for biocompatible applications. Materials Science and Engineering: C, v. 23, n. 3, p. 447–450, 2003.
[2] STANISHEVSKY, Andrei V.; HOLLIDAY, Samuel. Mechanical properties of sol–gel calcium titanate bioceramic coatings on titanium. Surface and Coatings Technology, v. 202, n. 4, p. 1236–1241, 2007.
[3] TUYEN, Nguyen Thi Thanh et al. Influence of Calcium on the Structure and Hydrophilic of $CaTiO_3$ Coating on Titanium Implants. VNU Journal of Science: Mathematics – Physics, v. 39, n. 3, 2023.