



**FABRÍCIO LORENI DA SILVA CERUTTI
(ORGANIZADOR)**

IMPACTOS DAS TECNOLOGIAS NA ENGENHARIA BIOMÉDICA



**FABRÍCIO LORENI DA SILVA CERUTTI
(ORGANIZADOR)**

IMPACTOS DAS TECNOLOGIAS NA ENGENHARIA BIOMÉDICA

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Lorena Prestes

Edição de Arte: Lorena Prestes

Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador

Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná

Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Msc. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Msc. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Msc. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
 Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
 Prof. Msc. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
 Prof. Msc. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
 Prof^a Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
 Prof. Msc. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
 Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Prof^a Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
 Prof^a Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
 Prof^a Dr^a Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
 Prof. Msc. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof. Msc. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá
 Prof. Msc. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof^a Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
 Prof^a Msc. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
 (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

I34 Impactos das tecnologias na engenharia biomédica [recurso eletrônico] / Organizador Fabrício Loreni da Silva Cerutti. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2020.

Formato: PDF
 Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.
 Modo de acesso: World Wide Web.
 Inclui bibliografia
 ISBN 978-85-7247-937-0
 DOI 10.22533/at.ed.370201701

1. Biomedicina. 2. Educação médica. 3. Medicina – Prática.
 I.Cerutti, Fabrício Loreni da Silva.

CDD 610.69

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Atena Editora
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

O e-book: Impactos das Tecnologias na Engenharia Biomédica, é composto por 8 artigos científicos que abordam temas como a utilização de processamento de sinal para reconhecer padrões de cardiopatias em eletrocardiograma, engenharia de tecidos utilizando gelatina para regeneração de tecido cartilaginoso, engenharia química para liberação controlada de Ibuprofeno no sistema gastrointestinal e análise da bioatividade em superfícies de titânio tratada. Também apresenta um novo dispositivo eletrônico de segurança em coletores de perfurocortantes. Por fim, descreve o desenvolvimento de baixo custo de um *phantom* antropomórfico de crânio com impressora 3D para controle de qualidade em equipamentos de raios X.

Com certeza este *e-book* irá colaborar para expandir o conhecimento dos leitos nas diferentes áreas da Engenharia Biomédica.

Desejo a todos uma excelente leitura!

Prof. MSc. Fabrício Loreni da Silva Cerutti

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ANÁLISE EM MULTIRRESOLUÇÃO DO SINAL DE ELETROCARDIOGRAMA PARA DETECÇÃO DE CARDIOPATIAS	
Elen Macedo Lobato	
Ramon Mayor Martins	
Bruno Marcos Espindola	
DOI 10.22533/at.ed.3702017011	
CAPÍTULO 2	5
BIOMATERIAL DE GELATINA PARA CULTURA DE CÉLULAS CONDRAIS	
Dara Giovana Senciani Mendes	
Felipe Nogueira Ambrosio	
Christiane Bertachini Lombello	
DOI 10.22533/at.ed.3702017012	
CAPÍTULO 3	19
BIONANOCOMPÓSITOS QUITOSANA/MONTMORILONITA COMO SISTEMA DE LIBERAÇÃO CONTROLADA DO IBUPROFENO	
Albaniza Alves Tavares	
Pedro Henrique Correia de Lima	
Maria Jucélia Lima Dantas	
Bárbara Fernanda Figueiredo dos Santos	
Cristiano José de Farias Braz	
Suédina Maria de Lima Silva	
DOI 10.22533/at.ed.3702017013	
CAPÍTULO 4	32
DIAGNÓSTICO DE ARRITMIAS CARDÍACAS APLICANDO TÉCNICAS DE APRENDIZADO DE MÁQUINA	
Amanda Lucas Pereira	
Lizandra Silva Sá	
Luiz Alberto Pinto	
DOI 10.22533/at.ed.3702017014	
CAPÍTULO 5	43
LINFOMA DE HODGKIN: A IMPORTÂNCIA DE UM DIAGNÓSTICO PRECOCE PELA EQUIPE DE ENFERMAGEM	
Joelma Alves Firmino de Araújo	
Thiago de Araújo Borges Firmino	
Fabiano André de Araujo Santana	
Kelly Cristina de Souza Claudino	
Elisângela de Andrade Aoyama	
DOI 10.22533/at.ed.3702017015	
CAPÍTULO 6	48
OBTENÇÃO DE TITÂNIO COM SUPERFÍCIE BIOATIVA A PARTIR DE MODIFICAÇÃO QUÍMICA COM ESTRÔNCIO E MAGNÉSIO	
Fernanda Vargas de Almeida	
Marcella Wayss Darold	
Alicia Christmann Mattioni	
Pedro Machado Wurzel	
Luiz Fernando Rodrigues Júnior	

DOI 10.22533/at.ed.3702017016

CAPÍTULO 7 54

SISTEMA ELETRÔNICO PARA MONITORAMENTO DE COLETORES DE PERFUROCORTANTES

Rosângela Vaz

Mariana Fraga

DOI 10.22533/at.ed.3702017017

CAPÍTULO 8 63

DESENVOLVIMENTO DE UM *PHANTOM* ANTROPOMÓRFICO DE CRÂNIO HUMANO COM IMPRESSORA 3D PARA CONTROLE DE QUALIDADE EM RADIODIAGNÓSTICO

Thays Fornalevicz Van Beik

Kimberly Dyanna Gomes Da Cruz

Erica Rafaela Carneiro

Fabício Loreni Da Silva Cerutti

Leandro Michelis

DOI 10.22533/at.ed.3702017018

SOBRE O ORGANIZADOR..... 81

ÍNDICE REMISSIVO 82

OBTENÇÃO DE TITÂNIO COM SUPERFÍCIE BIOATIVA A PARTIR DE MODIFICAÇÃO QUÍMICA COM ESTRÔNCIO E MAGNÉSIO

Data de aceite: 03/01/2020

Data de Submissão: (24/10/2019)

Fernanda Vargas de Almeida

Universidade Franciscana
Santa Maria – RS
<http://lattes.cnpq.br/8107096533210304>

Marcella Wayss Darold

Universidade Franciscana
Santa Maria – RS
<http://lattes.cnpq.br/0354220892406256>

Alícia Christmann Mattioni

Universidade Franciscana
Santa Maria – RS
<http://lattes.cnpq.br/1006510725459676>

Pedro Machado Wurzel

Universidade Franciscana
Santa Maria – RS
<http://lattes.cnpq.br/7001618386395771>

Luiz Fernando Rodrigues Júnior

Universidade Franciscana
Santa Maria – RS
<http://lattes.cnpq.br/0511658934140715>

RESUMO: Este estudo tem por objetivo o desenvolvimento de uma superfície bioativa para o titânio a partir de tratamentos térmicos e químicos, com soluções de estrôncio (Sr) e

magnésio (Mg). Os tratamentos químicos foram feitos na superfície de titânio comercialmente puro (TiCP) com soluções de NaOH e sequencialmente separadas em uma solução de cloreto de estrôncio (SrCl₂) e outras em cloreto de magnésio (MgCl₂). Após os tratamentos químicos, as peças foram tratadas termicamente à 600 °C. Foram avaliadas em SBF por 3 e 7 dias para a análise da formação de apatita, ou seja, para ver o comportamento da sua bioatividade. A morfologia das amostras foi avaliada por microscopia eletrônica de varredura (MEV) e as fases cristalinas foram caracterizadas através de difração de raios-X (DRX). Nas análises feitas por MEV foi possível constatar diferentes resultados em relação a formação de apatita. A amostra tratada com sal de magnésio apresentou uma taxa maior na formação de apatita nos 3 primeiros dias, e a tratada com SrCl₂ mostrou inicialmente uma taxa menor na formação de apatita, porém após 3 dias houve um aumento nessa formação. Pela análise em DRX apresentou a formação de fases de dióxido de titânio (anatase e rutilo) e teve uma formação de titanato de sódio em todas as amostras. Na peça banhada com magnésio apresentou MgTi₂O₄ e na com estrôncio apresentou Sr₃Ti₂O₇.

PALAVRAS-CHAVE: Titânio; Bioatividade; Apatita; Magnésio; Estrôncio.

ABSTRACT: This study aims to develop a bioactive surface for titanium from thermal and chemical treatments with strontium (Sr) and magnesium (Mg) solutions. Chemical treatments were performed on commercially pure titanium with NaOH solution first and sequentially treated with strontium chloride (SrCl₂) and magnesium chloride (MgCl₂) solutions. After chemical treatments, the samples were heat treated at 600 ° C. They were evaluated in SBF for 3 and 7 days for the analysis of apatite formation, that is, to see the behavior of their bioactivity. The morphology of the samples was evaluated by scanning electron microscopy (SEM) and the crystalline phases were characterized by X-ray diffraction (XRD). SEM images demonstrated different results in relation to the formation of apatite. The sample treated with magnesium showed a higher rate of apatite formation in the first 3 days, and the SrCl₂-treated sample initially showed a lower rate of apatite formation, but after 3 days there was an increase in this formation. The XRD analysis showed the formation of titanium dioxide (anatase and rutile) and sodium titanate. The MgTi₂O₄ and Sr₃Ti₂O₇ phases were observed on the pieces treated with magnesium chloride and strontium chloride, respectively.

KEYWORDS: Titanium; Bioactivity; Apatite; Magnesium; Strontium

1 | INTRODUÇÃO

O titânio é amplamente utilizado na área da saúde para confecção de próteses. Ele é fundamental nesse âmbito pois, além de ser um material de boa resistência mecânica e baixa densidade, é biocompatível. Contudo, não apresenta características de bioatividade na formação do tecido ósseo. Para que apresente bioatividade e auxilie a formação da apatita junto ao osso, alguns processos químicos podem ser efetuados em sua superfície. Estudos indicam que alguns elementos presentes no corpo humano possuem efeitos anabolizantes no metabolismo ósseo, o estrôncio (Sr) e o magnésio (Mg) são alguns dos elementos apontados (OKUZU et al., 2017). O Sr é capaz de controlar a atividade biológica de células ósseas atuando na reabsorção óssea e na diferenciação dos osteoblastos (PARK et al., 2013) e o Mg envolve-se no metabolismo ósseo desempenhando um papel fisiológico na angiogênese, crescimento e mineralização do tecido ósseo (HOPPE; GÜLDAL; BOCCACCINI, 2011). Tendo em vista as características do Sr e do Mg, a intenção do trabalho é avaliar o comportamento da superfície de titânio tratada com cloreto de estrôncio (SrCl₂) e cloreto de magnésio (MgCl₂). Também visa analisar a bioatividade pela precipitação de apatita em solução de SBF.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Foram usadas peças de titânio comercialmente puro (TiCP) com 15 x 10 x 3 mm. As peças foram lixadas com lixas de granulometria 120, 220, 320, 400 e 600, polidas com suspensão de alumina 1 μ m e limpas, por 15 min., em ultrassom com acetona e água destilada. Após, as mesmas foram colocadas em uma solução de NaOH 5 M por 24h a 60 °C e, posteriormente aquecidas a 600 °C (NaOH-600) à taxa de 5 °C/min, sendo mantidas por 1h e resfriadas naturalmente. Algumas amostras foram separadas para um novo banho térmico de 60 °C por 24h divididas em uma solução de SrCl₂ 5 M (NaOH-SrCl₂) e outras em uma solução de MgCl₂ 5 M (NaOH-MgCl₂). Depois de retiradas das soluções e lavadas com água destilada, foram novamente sujeitas a aquecimento de 600 °C, nos mesmos parâmetros citados anteriormente. As amostras tratadas química e termicamente foram postas em SBF (10 mL por amostra) durante 3 e 7 dias a temperatura de 37°C e a solução foi trocada a cada 48h. A morfologia e a composição química da superfície das amostras foi avaliada por microscopia eletrônica de varredura (MEV), fazendo uso de um microscópio Zeiss Auriga com coluna de elétrons do tipo Field Emission Gun (FEG) e com um detector de raios-x característico (EDS). A difração de raios-X (DRX) foi usada para caracterizar as fases cristalinas e foi usado um difratômetro Bruker, modelo DR2 PHASER.

3 | RESULTADOS

O DRX da amostra somente banhada com NaOH apresentou a formação de fases de anatase (ICDD:00-021-1272), rutilo (ICDD:01-070-7347), Na₂(TiO₂) (ICDD:01-080-6124) e uma região amorfa na faixa de 2 θ = 15-30°. No difratograma da amostra NaOH-600 foram observadas as mesmas fases, porém houve uma redução da região amorfa. A amostra NaOH-MgCl₂ apresentou TiO₂ e MgTi₂O₄ (ICDD:00-016-0215) e a amostra NaOH-SrCl₂ mostrou TiO₂ e Sr₃Ti₂O₇ (ICDD:00-011-0663) (figura 1). As micrografias de MEV de todas as amostras tratadas quimicamente e termicamente, antes da imersão em SBF, apresentaram uma morfologia superficial semelhante a uma rede (figura 2). No caso da amostra tratada com NaOH-SrCl₂ o filme formado apresentou uma estrutura mais fechada que as demais (figura 2C). Após 3 dias de imersão no SBF, a superfície da amostra com NaOH apresentou grande precipitação de cálcio, porém conforme análise de EDS, não possui vestígios de fosfatos, característicos da formação de apatita (figura 3). No caso da amostra NaOH-SrCl₂, houve a dissolução do filme observado antes da imersão em SBF e alguns pontos de aglomerados que podem ser o início da formação de apatita (figura 4C). Para a amostra de NaOH-MgCl₂ foi observado a formação de apatita, porém foi observado pontos de delaminação do filme da superfície (figura 4B). As análises de MEV após 7 dias de imersão em SBF mostram que a formação de apatita em NaOH-600 e NaOH-MgCl₂ foi semelhante (figuras 4D e 4E). Para a amostra NaOH-SrCl₂ houve o aumento dos núcleos de

precipitação de apatita após ter decorrido 7 dias de imersão em SBF (figura 4F), contudo foi observado a delaminação do filme, semelhante à NaOH-MgCl₂, após 3 dias no SBF.

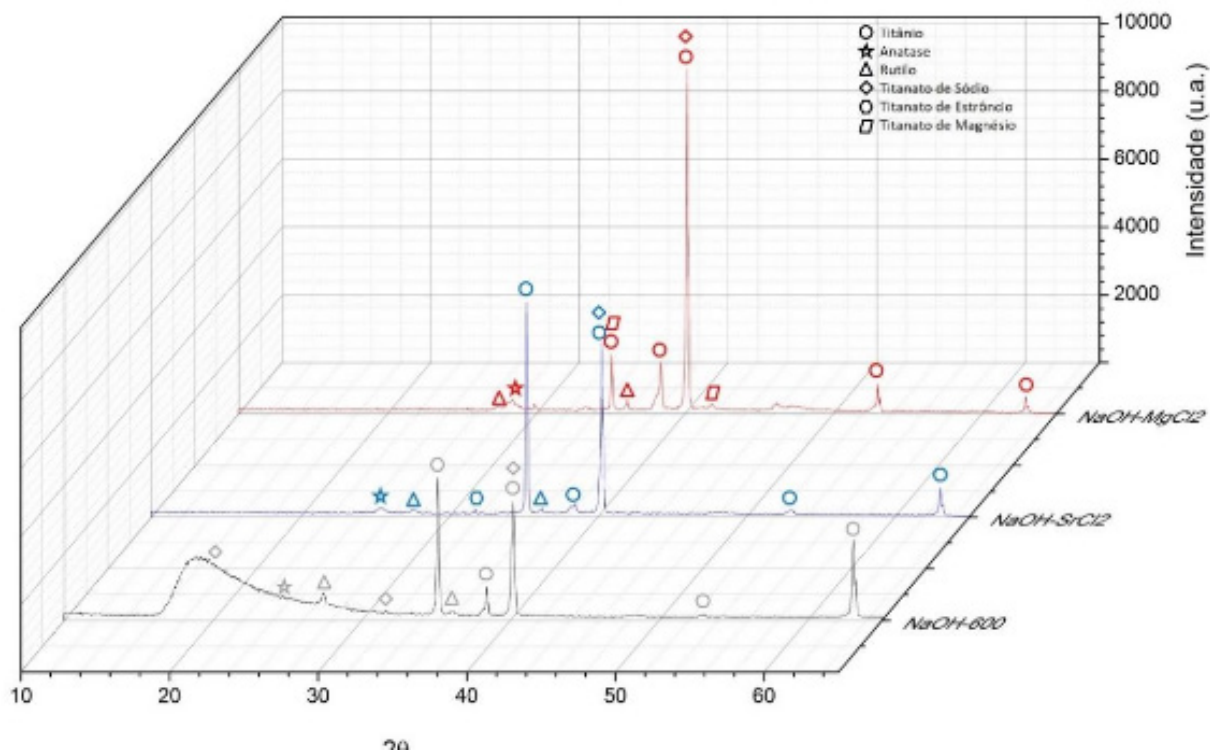


Figura 1 – Caracterização das fases cristalinas das amostras via DRX

Fonte: Realizado pelos autores

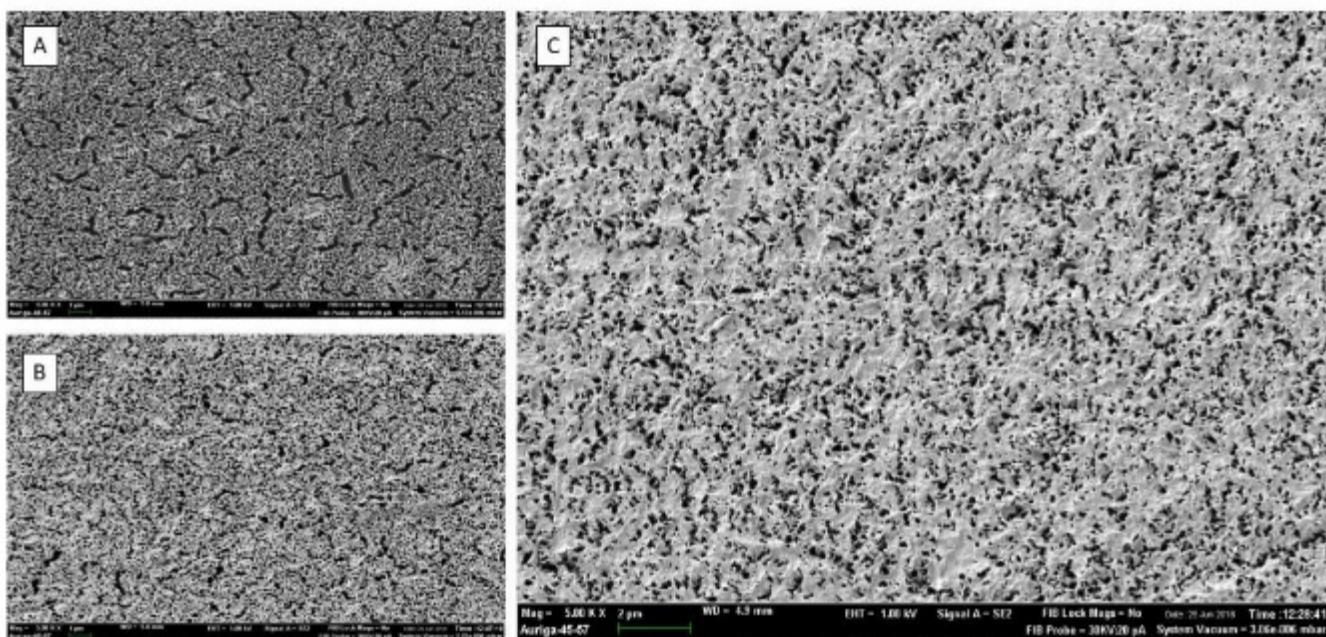


Figura 2 – MEV das amostras após tratamento químico e térmico. A) Amostra NaOH-600; B) Amostra NaOH-MgCl₂; C) Amostra NaOH-SrCl₂

Fonte: Realizado pelos auto

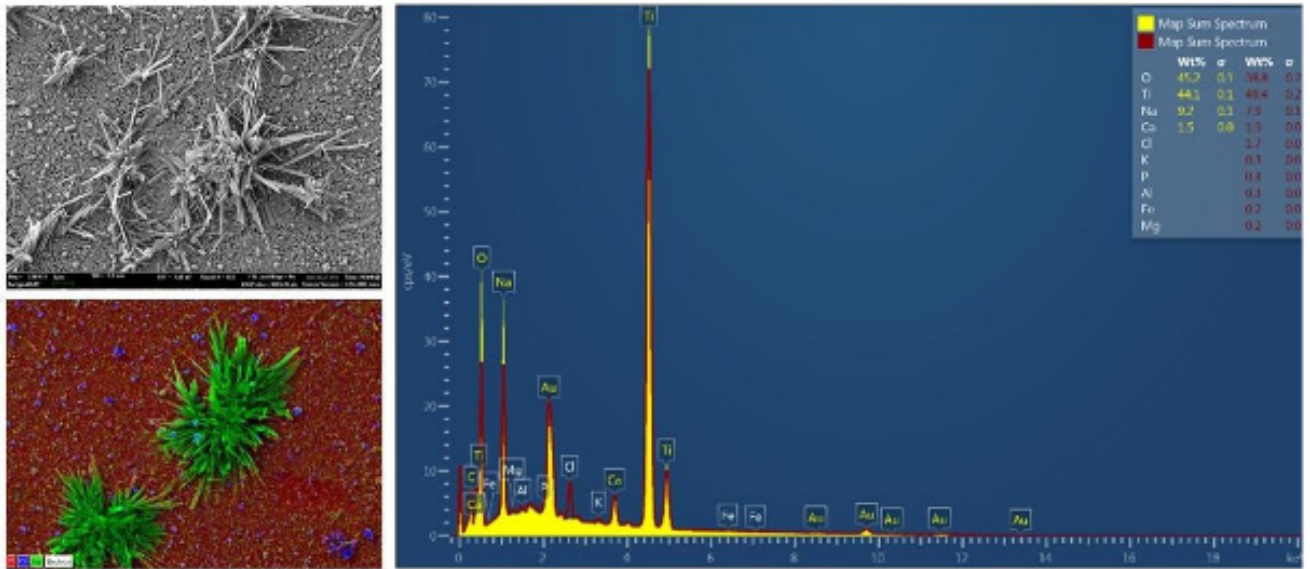


Figura 3: Análise de EDS da amostra NaOH-600

Fonte: Realizado pelos autores

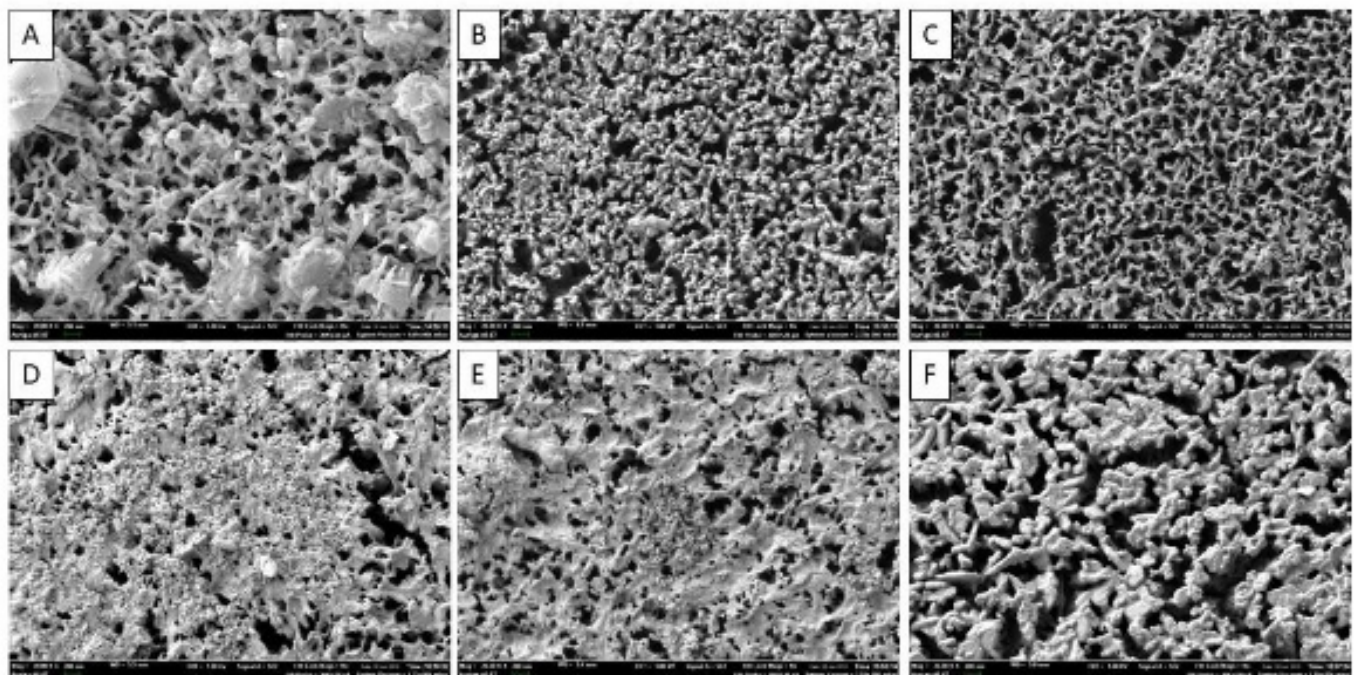


Figura 4: MEV das amostras após 3 e 7 dias imersas em solução de SBF. A) NaOH-600 após 3 dias; B) NaOH-MgCl₂ após 3 dias; C) NaOH-SrCl₂ após 3 dias; D) NaOH-600 após 7 dias; E) NaOH-MgCl₂ após 7 dias; F) NaOH-SrCl₂ após 7 dias

Fonte: Realizado pelos autores

4 | DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

A partir dos resultados de EDS é possível observar que a maior precipitação de Ca na amostra tratada em solução de NaOH, após três dias de imersão no SBF, em

função da presença de titanato de sódio na amostra e maior percentual de lixiviação dos íons Na e troca com o íon Ca da solução. A estrutura porosa identificada pela microscopia eletrônica é justificada por Kim et al. (1996) que, quando o titânio é imerso em solução de NaOH há dissolução de camada de óxido permitindo a corrosão e formação de grandes poros na superfície do material, seguida de incorporação dos íons sódio aos íons HTiO_3 , a se formar titanato de sódio (Na_2TiO_3). Conforme o observado por Yamaguchi et al. (2013), as amostras NaOH- MgCl_2 apresentaram maior nucleação de apatita comparados com os outros tratamentos. Porém, houve uma delaminação do filme. Já as peças mergulhadas em NaOH- SrCl_2 apresentam formação de pequenos núcleos de apatita e um filme poroso após três dias no SBF, esse resultado é diferente do observado por Yamaguchi (YAMAGUCHI et al. 2012). Conforme o que foi apresentado nos resultados as fases anatase e rutilo estão presentes em função da baixa temperatura do tratamento térmico, pois a fase anatase é estável até a temperatura de 800°C (Allen et al. 2018). Para trabalhos futuros, planeja-se fazer a análise da superfície das amostras após imersão em SBF por difração de raios-x, o estudo celular para a verificar a citotoxicidade e novos testes mudando a rampa de aquecimento e resfriamento do tratamento térmico com novas amostras.

REFERÊNCIAS

ALLEN, Norman et al. **The effect of crystalline phase (anatase, brookite and rutile) and size on the photocatalytic activity of calcined polymorphic titanium dioxide (TiO_2)**. Polymer Degradation and Stability, v. 150, 2018.

HOPPE, Alexander; GÜLDAL, Nusret S.; BOCCACCINI, Aldo R. **A review of the biological response to ionic dissolution products from bioactive glasses and glass-ceramics**. Biomaterials, v. 32, n. 11, p. 2757–2774, 1 abr. 2011. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0142961211000056?via%3Dihub>>. Acesso em: 21 out. 2019.

KIM, Hyun-Min et al. **Preparation of Bioactive Ti and Its Alloy Via Simple Chemical Surface Treatment**. Journal of Biomedical Materials Research, v. 32, p. 409–417, 1996.

OKUZU, Yaichiro et al. **Strontium and magnesium ions released from bioactive titanium metal promote early bone bonding in a rabbit implant model**. Acta Biomaterialia, v. 63, p. 383–392, 1 nov. 2017. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1742706117305810?via%3Dihub>>. Acesso em: 21 out. 2019.

PARK, Ki-Deog et al. **Effect of magnesium and calcium phosphate coatings on osteoblastic responses to the titanium surface**. The journal of advanced prosthodontics, v. 5, p. 402–408, 2013.

YAMAGUCHI, Seiji et al. **Bioactive Ti Metal with Ca-Enriched Surface Layer Able to Release Sr Ions**. Key Engineering Materials, v. 529–530, p. 547–552, 2012.

YAMAGUCHI, Seiji; MATSUSHITA, Tomiharu; KOKUBO, Tadashi. **A bioactive Ti metal with a Ca-enriched surface layer releases Mg ions**. RSC Adv., v. 3, 2013.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acidentes biológicos 54
Apatita 48, 49, 50, 51, 53
Aprendizado de máquina 32
Arritmia cardíaca 32
Avanço Tecnológico 63

B

Bioatividade 48, 49
Biomaterial 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15
Bionanocompósitos 19, 20, 21, 22, 23, 26, 28, 29
Biossegurança 54

C

Cartilagem 5, 7

D

Diagnóstico 2, 32, 43, 44, 45, 46, 47, 64, 81

E

Eletrocardiograma 1, 2, 42
Enfermagem 43, 47, 56, 57, 58, 59, 60, 61
Estrôncio 48, 49

I

Ibuprofeno 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 30
Inovação em produtos tecnológicos em saúde 54

L

Liberação controlada 6, 19, 20, 21, 26, 29
Linfoma de Hodgkin 43, 44, 45, 46, 47
Linfonodos 43, 44, 45, 46

M

Magnésio 48, 49
Máquinas de vetor de suporte 32
Montmorilonita 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 29, 30
Morfologia Celular 5, 8, 9, 10, 15

N

Neoplasias 43

P

Processamento de sinais 1

Profissionais de saúde 54, 57, 60, 61

Q

Quitosana 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 29, 30

R

Radiodiagnóstico 63, 64, 65

S

Simulador 63, 65, 78, 80

Sistemas eletrônicos 54

T

Tecido Ósseo 5, 6, 8, 9, 49

Titânio 48, 49, 50, 53

V

Vizinho mais próximo 32

W

Wavelet 1, 2, 3, 4, 34, 35, 41

