

Franciele Bonatto  
Jair de Oliveira  
João Dallamuta  
(Organizadores)

# Ciência, Tecnologia e Inovação

**Atena**  
Editora  
Ano 2019

Franciele Bonatto  
Jair de Oliveira  
João Dallamuta  
(Organizadores)

# Ciência, Tecnologia e Inovação

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes

Revisão: Os autores

### Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

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

C569 Ciência, tecnologia e inovação [recurso eletrônico] / Organizadores Franciele Bonatto, Jair de Oliveira, João Dallamuta. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia.

ISBN 978-85-7247-125-1

DOI 10.22533/at.ed.251191802

1. Ciência – Brasil. 2. Inovação. 3. Tecnologia. I. Bonatto, Franciele. II. Oliveira, Jair de. III. Dallamuta, João.

CDD 506

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

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.

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

Há quase quarenta anos, Alvin Toffler em seu Best Seller, *The Third Wave*, profetizou; “Pode-se criar mais valor com uma ideia em dez segundos do que com dez mil horas em uma linha de produção”. Esta talvez seja a melhor definição de inovação, não exatamente do conceito, mas do que ela efetivamente gera como efeito nas organizações e na sociedade.

Ciência, tecnologia e ambiente, considerando neste último fatores econômicos, sociais e legais, são base para a inovação. No que no que concerne a nossos pesquisadores, eles tem feito a parte deles, produzido ciência e tecnologia a despeito das dificuldades econômicas e culturais no Brasil. Há muito que melhorar sim, mas também a muito há se reconhecer.

Esse livro apresenta dois pilares de inovação, ciência e tecnologia, em uma reunião de vinte e quatro artigos, que são o resultado de pesquisas realizadas nos mais diversos setores com uma riqueza de metodologias e resultados.

Nesta obra, temos a oportunidade de leitura é fruto de trabalhos científicos de diversos pesquisadores. Aos pesquisadores, editores e aos leitores para quem em última análise todo o trabalho é realizado, agradecemos imensamente pela oportunidade de organizar tal obra.

Boa leitura!  
Franciele Bonatto  
Jair de Oliveira  
João Dallamuta

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
A FORMAÇÃO DOCENTE E AS NOVAS MÍDIAS TECNOLÓGICAS	
Walkiria de Fatima Tavares de Almeida	
Daniel González González	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2511918021</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>8</b>
LABPATI – LABORATÓRIO DE PROJETOS DE AUTOMAÇÃO E TECNOLOGIAS INOVADORAS	
Jefferson Uchôa Ponte	
Erivando de Sena Ramos	
Alan Cleber Morais Gomes	
Francisco Giovanildo Teixeira de Souza	
Ligia Maria Carvalho Sousa Cordeiro	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2511918022</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>13</b>
UMA CURADORIA DIGITAL PARA OS DADOS CIENTÍFICOS DE PESQUISA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO: A CRIAÇÃO DO PROJETO PILOTO	
Nilson Theobald Barbosa	
Linair Maria Campos	
Fabrícia Carla Ferreira Sobral	
Roberto José Rodrigues	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2511918023</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>22</b>
A UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS PARA A IDENTIFICAÇÃO DE PROBLEMAS DE ACESSIBILIDADE EM ESPAÇOS PÚBLICOS	
Francisco da Silva Passos	
José William Menezes Ribeiro	
Marlon Amaro Coelho Teixeira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2511918024</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>28</b>
CASE DE GESTÃO ADMINISTRATIVA E MODULARIZADA COM USO DO GLPI	
Ricardo Lazzari da Rosa	
Jorge Alberto Messa Menezes Júnior	
Luciano Pereira de Vargas	
Francis Diego Duarte Almeida	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2511918025</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>35</b>
EXPERIÊNCIA DE USO DE MAPEAMENTO DE PROCESSOS DE NEGÓCIO COMO FERRAMENTA DE APOIO AO LEVANTAMENTO E ELICITAÇÃO DE REQUISITOS DE SOFTWARE	
Fernanda Vieira Figueira	
Levi Cacau	
Alex Alves da Silva	
Kemis A. V. da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2511918026</b>	

**CAPÍTULO 7 ..... 41**

CONJUNTO DE PRÁTICAS INTERDISCIPLINARES PROPOSTA PELO PROGRAMA SAVE: *GREEN PARK* (Parque de diversão que gera energia limpa)

Jiam Pires Frigo  
Nandra Martins Soares  
Andreia Cristina Furtado  
Oswaldo Hideo Ando Junior

**DOI 10.22533/at.ed.2511918027**

**CAPÍTULO 8 ..... 50**

SISTEMA DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO PARA SERVIDORES DO PCCTAE

Daniel Ferreira de Oliveira  
Taiana Barbosa Pereira  
Marcio Alexandre Silva Ferreira  
Marcelo Duarte da Silva  
Tarcila Gesteira da Silva  
Julliany Sales Brandão  
Enoch Cezar Pimentel Lins da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.2511918028**

**CAPÍTULO 9 ..... 57**

GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Pisum sativum* L. SOB INFLUÊNCIA DE ARMAZENAMENTO

Alexandre Alves da Silva  
Adriano Henrique Silva  
Thaís Franco Pires de Lemos  
Beatriz Moreira Zanatta  
Caroline Luiza Benedito  
João Pedro Bufalari da Cunha  
Paulo Frezato Neto  
Vinícius Bechelli Valadão de Araujo  
Ruan Carlos da Silveira Marchi  
Maria Aparecida da Fonseca Sorace  
Conceição Aparecida Cossa

**DOI 10.22533/at.ed.2511918029**

**CAPÍTULO 10 ..... 62**

GERMINAÇÃO E VIGOR DE SEMENTES DE *Lactuca sativa* L. APÓS PRAZO DE VALIDADE

Thaís Franco Pires de Lemos  
Alexandre Alves da Silva  
Adriano Henrique Silva  
Beatriz Moreira Zanatta  
Caroline Luiza Benedito  
João Pedro Bufalari da Cunha  
Paulo Frezato Neto  
Vinícius Bechelli Valadão de Araujo  
Ruan Carlos da Silveira Marchi  
Maria Aparecida da Fonseca Sorace  
Conceição Aparecida Cossa

**DOI 10.22533/at.ed.25119180210**

**CAPÍTULO 11 ..... 68**

PARÂMETROS DE CRESCIMENTO SOB ADUBAÇÃO FOSFATADA NO GRÃO-DE-BICO

Daniela Oliveira Silva  
Mauren Sorace  
Naielen de Lara Lopes  
Débora Del Moura Soares  
Bruna Lana Campanenute Soares  
Ruan Carlos da Silveira Marchi  
Ana Beatryz Prenzier Suzuki

**DOI 10.22533/at.ed.25119180211**

**CAPÍTULO 12 ..... 80**

POTENCIAL ALELOPÁTICO DE EXTRATO AQUOSO DE TUBÉRCULOS DE *Cyperus rotundus* L.  
SOBRE GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Digitaria insularis* L.

Olivia Pak Campos  
Conceição Aparecida Cossa  
Maria Aparecida da Fonseca Sorace  
Ruan Carlos da Silveira Marchi  
Leonardo Sgargeta Ustulin  
Paulo Frezato Neto

**DOI 10.22533/at.ed.25119180212**

**CAPÍTULO 13 ..... 86**

CARACTERIZAÇÃO DE FARINHA DE SUBPRODUTO DE LARANJA (*CITRUS SINENSIS*) QUANTO  
A COMPOSIÇÃO DE FIBRAS, COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS E POTENCIAL ANTIOXIDANTE

Isabela Julio Iwassa  
Cecília Pinzon  
Eliane Dalva Godoy Danesi  
Beatriz Cervejeira Bolanho Barros

**DOI 10.22533/at.ed.25119180213**

**CAPÍTULO 14 ..... 95**

AVALIAÇÃO SENSORIAL E INTEÇÃO DE COMPRA DE PÃES COM ADIÇÃO DE FARINHA DE  
GERGELIM *Sesamum indicum* L.

Roberta de Oliveira Sousa Wanderley  
Paulo Alves Wanderley  
Wellita Azevedo Silva  
Anna Catarina Costa Paiva  
Janine Patrícia Melo Oliveira  
Altevir Paula de Medeiros  
Oswaldo Soares da Silva  
Élida Ramalho da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.25119180214**

**CAPÍTULO 15 ..... 100**

AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES HIGIÊNICO-SANITÁRIAS E ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E  
MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA DE PANIFICADORAS SITUADAS NO MUNICÍPIO DE CAMPINA  
GRANDE-PB

Deyzi Santos Gouveia  
Fernanda Ellen Martins Oliveira Araújo  
Yasmim Maria Azevedo Santos  
Rebeca de Lima Dantas  
Mércia Melo de Almeida Mota  
Nubênia de Lima Tresena

**DOI 10.22533/at.ed.25119180215**

<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>115</b>
ÓXIDO DE ZINCO (ZNO) E A DEGRADAÇÃO FOTOCATALÍTICA DA CAFEÍNA	
Lariana Negrão Beraldo de Almeida Giane Gonçalves Lenzi Juliana Martins Teixeira de Abreu Pietrobelli Onelia Aparecida Andreo dos Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.25119180216</b>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>130</b>
INFRAESTRUTURA DE SÍTIOS INSTITUCIONAIS UTILIZANDO CONTÊINERES DOCKER	
Carlos Vinícius Braga dos Santos Felipe Evangelista dos Santos Luiz Carlos Barbosa Martins	
<b>DOI 10.22533/at.ed.25119180217</b>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>136</b>
DESENVOLVIMENTO DE SEMI-EIXO DE FIBRA DE CARBONO/EPÓXI PARA O PROTÓTIPO BAJA – SACI VII: PROJETO ESTRUTURAL E VALIDAÇÃO	
Rafael Pereira da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.25119180218</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>153</b>
ESTUDO NUMÉRICO DA TRANSFERÊNCIA DE CALOR EM DISSIPADORES	
Ulysses Lucius Salles Pereira Ana Lúcia Fernandes de Lima e Silva Amanda Aparecida Silva Angel Edecio Malaguera Mora	
<b>DOI 10.22533/at.ed.25119180219</b>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>174</b>
FATORES TERMODINÂMICOS ASSOCIADOS À CONVECÇÃO PROFUNDA SOBRE A REGIÃO DO CENTRO DE LANÇAMENTO DE ALCÂNTARA	
Gabriel Miller de Oliveira Marcos Daisuke Oyama	
<b>DOI 10.22533/at.ed.25119180220</b>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>184</b>
EVALUATION OF HETEROGENEOUS CATALYSTS DERIVED FROM WHITE AND BROWN CHICKEN EGG SHELL FOR SOYBEAN BIODIESEL SYNTHESIS	
Diego Oliveira Cordeiro Marta Maria da Conceição Luis Ferreira de Lima Janduir Egito da Silva Eduardo Lins Barros Neto	
<b>DOI 10.22533/at.ed.25119180221</b>	

<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>200</b>
SÍNTESE E ESTUDO DE HIDROXIAPATITA E BETA FOSFATO TRICÁLCICO PARA USO BIOMÉDICO	
Thatiane Cristine Silva Pereira Batista	
Gerson Avelino Fernandes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.25119180222</b>	
<b>CAPÍTULO 23</b> .....	<b>213</b>
DIMENSIONAMENTO DE BIODIGESTORES COM O APROVEITAMENTO ENERGÉTICO NA INDÚSTRIA SUÍNA. ESTUDO DE CASO NA CIDADE DE CUNHA, SÃO PAULO	
Larissa Ferraz Felipe Santos	
Christian Jeremi Rodriguez Coronado	
<b>DOI 10.22533/at.ed.25119180223</b>	
<b>CAPÍTULO 24</b> .....	<b>228</b>
PRODUÇÃO ECOLÓGICA DE SABÕES	
João Gabriel da Silva Andrade	
Valéria Aquilino Barbosa	
Tânia Mara Rizzato	
Vagner Roberto Batistela	
<b>DOI 10.22533/at.ed.25119180224</b>	
<b>CAPÍTULO 25</b> .....	<b>244</b>
PROPOSTA DE PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS NAS ETAPAS DE QUEIMA E, INSPEÇÃO E CLASSIFICAÇÃO, EM UMA INDÚSTRIA DE CERÂMICA VERMELHA NO MUNICÍPIO DE MARABÁ-PARÁ	
Magda Tayane Abraão de Brito	
Rayssa Bezerra Silva	
Antônio Pereira Júnior	
<b>DOI 10.22533/at.ed.25119180225</b>	
<b>SOBRE OS ORGANIZADORES</b> .....	<b>265</b>

## SÍNTESE E ESTUDO DE HIDROXIAPATITA E BETA FOSFATO TRICÁLCICO PARA USO BIOMÉDICO

### **Thatiane Cristine Silva Pereira Batista**

Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI,  
Instituto de Recursos Naturais  
Itajubá – MG

### **Gerson Avelino Fernandes**

Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI,  
Instituto de Engenharia Mecânica  
Itajubá – MG

**RESUMO:** A hidroxiapatita (HA) e o beta fosfato tricálcico ( $\beta$ -TCP) são duas cerâmicas largamente empregadas como biomateriais por apresentarem uma composição química semelhante à do tecido ósseo, sendo, dessa forma, capazes de promover a ósteo-integração. Vem-se realizando diversos estudos a fim de se conhecer a capacidade destes materiais na formação de biocompósitos, já que as resistências mecânicas de materiais cerâmicos são relativamente baixas, inviabilizando seu uso puro na fabricação de implantes ósseos. A hidroxiapatita e o beta fosfato tricálcico são encontrados comercialmente com facilidade, mas com um alto custo de obtenção. No entanto, estas cerâmicas podem ser facilmente sintetizadas partindo-se de matérias-primas mais baratas. As notáveis características físicas, químicas e biológicas da hidroxiapatita e do beta fosfato tricálcico, juntamente com seu baixo custo e facilidade de obtenção, fazem

destes biomateriais uns dos mais estudados e empregados na área biomédica. Considerando-se estes fatores, foram realizadas as sínteses e caracterizações das biocerâmicas em pó do tipo HA e  $\beta$ -TCP a fim de serem utilizadas como compatibilizantes em materiais bioinertes e/ou biotoleráveis. Dessa forma, foram feitos o estudo da influência da temperatura na síntese dos materiais e a determinação da pureza e da morfologia dos pós sintetizados por meio de métodos de caracterização, como espectroscopia na região do infravermelho com transformada de Fourier, difração de raios X e análise granulométrica.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biomateriais, Cerâmicas, Fosfatos de Cálcio.

**ABSTRACT:** Hydroxyapatite and beta-tricalcium phosphate are two ceramics widely used as biomaterials because they have a chemical composition similar to the composition of bone tissue and are capable of promoting osteointegration. Several studies have been carried out in order to know the capacity of these materials in the formation of biocomposites, since the mechanical resistances of ceramic materials are relatively low, making their pure use impossible in the manufacture of bone implants. Hydroxyapatite and tricalcium beta phosphate are readily available commercially, but at a high cost. However, these ceramics can

be easily synthesized from cheaper raw materials. The remarkable physical, chemical and biological characteristics of hydroxyapatite and beta-tricalcium phosphate, together with its low cost and easy production, make these biomaterials some of the most studied in the biomedical area. Considering these factors, the syntheses and characterizations of the bioceramics hydroxyapatite and beta-tricalcium phosphate were performed in order to be used as compatibilizers in bio-inert and / or biotolerable materials. In this way, the influence of temperature on the synthesis of the materials and the determination of the purity and morphology of the synthesized powders were studied through characterization methods, such as Fourier Transform Infrared Spectroscopy, X-ray diffraction and particle size analysis.

**KEYWORDS:** Biomaterials, Ceramics, Calcium Phosphates.

## 1 | INTRODUÇÃO

A hidroxiapatita,  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ , dentre os fosfatos de cálcio, é a biocerâmica mais estudada e a mais utilizada para finalidades clínicas, principalmente por se tratar do componente majoritário da fase mineral de ossos e dentes, representando 30 a 70% da massa óssea e dentária (EANES, 1980). Quando no organismo, a hidroxiapatita participa de ligações químicas com o tecido ósseo que favorecem o crescimento ósseo para os locais em que ela se encontra e permitem a proliferação de células ósseas (SILVA, 2006).

Diversas técnicas vêm sendo desenvolvidas para a síntese do pó de HA devido a suas crescentes aplicações (BOSCHI, 1993). Dentre os vários métodos existentes, o mais utilizado é o de precipitação via úmida, técnica que apresenta baixo custo e simplicidade, quando comparada aos métodos tradicionais (KOUTSOPOULOS, 2002).

Os processos de precipitação consistem na adição de grupos fosfatos a suspensões que contenham íons cálcio, podendo partir de diferentes reagentes (RIGO; GEHRKE; CARBONARI, 2007). A reação de neutralização que utiliza ácido ortofosfórico e hidróxido de cálcio apresenta grande potencial para produção da hidroxiapatita, uma vez que se tem apenas água como subproduto da reação, conforme mostrado a seguir:



Variáveis como temperatura de obtenção e temperatura de calcinação são críticas para a pureza e características cristalográficas do material obtido (RIGO; GEHRKE; CARBONARI, 2007). Reações de obtenção em temperaturas mais altas (a partir de 80°C) permitem a produção de pós mais cristalinos (LOURENÇO; SOUSA; SILVA, 2009). Diferentes temperaturas de calcinação do pó obtido podem alterar a fase presente no sólido, pois cada uma das fases dos fosfatos de cálcio apresenta diferentes estabilidades térmicas e propriedades físicas (RAYNAUD et al., 2002).

O fosfato tricálcico,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ , é um biomaterial de grande importância, pois como todos os fosfatos de cálcio, apresenta grande semelhança com a fase mineral de ossos e dentes; além de sua excelente biocompatibilidade, bioatividade e ausência de toxicidade local (GOMES et al., 2012).

Sua utilização como biomaterial tem uma grande área de aplicação, pois já foi empregado com sucesso no preenchimento de defeitos e extensão de contornos do tecido ósseo (BILLOTTE, 2000), bem como em sistemas de liberação controlada de fármacos (LAKES, 2000). Sua importância também se deve, ao fato de ser um dos precursores mais bem sucedidos na síntese de hidroxiapatita, além de ser empregado, em certos casos, em misturas bioativas de estímulo ao crescimento ósseo (JUN et al., 2003).

O fosfato tricálcico pode ser encontrado sob duas formas alotrópicas,  $\beta$  e  $\alpha$ , sendo que a primeira é estável a temperaturas inferiores a  $1125^\circ\text{C}$ , enquanto que a segunda é formada acima desta temperatura (DOROZHKIN, 2009).

O  $\beta$ -TCP ( $\beta\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ) pode ser considerado uma fase de alta temperatura, que é preparada acima de  $800^\circ\text{C}$ , pela decomposição térmica da hidroxiapatita deficiente em cálcio ou por interação no estado sólido de ortofosfato de cálcio acidificado (ZAVAGLIA, 2011), segundo a reação a seguir:



O  $\beta$ -TCP não pode ser precipitado de soluções aquosas. Além das rotas de preparação químicas,  $\beta$ -TCP com íons substituídos pode ser preparado pela calcinação de ossos (ZAVAGLIA, 2011). Ao ser combinado com hidroxiapatita, o  $\beta$ -TCP forma um fosfato de cálcio bifásico, o BCP. Assim como o  $\beta$ -TCP, o BCP é uma cerâmica muito usada na substituição de tecidos ósseos (DOROZHKIN, 2009).

## 2 | METODOLOGIA

### 2.1 Hidroxiapatita

A fim de avaliar-se o grau de pureza da hidroxiapatita sintetizada a um valor de temperatura mais baixo do que o recomendado pela literatura ( $80^\circ\text{C}$ ) e estudar a influência das temperaturas de calcinação em suas propriedades estruturais, a HA foi preparada pelo método de precipitação via úmida entre ácido fosfórico ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) e hidróxido de cálcio ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ). A solução de ácido fosfórico 0,3M foi adicionada com controle de vazão (0,1mL/s) à solução de hidróxido de cálcio 0,5M previamente aquecida à temperatura de  $60^\circ\text{C}$ , sob agitação constante.

O pH foi controlado por meio da adição de uma solução de hidróxido de amônio ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ), permanecendo entre 9,0 e 9,5. O precipitado foi envelhecido por um período

de 24 h na solução mãe, na qual decantou. Após esse período a suspensão foi filtrada a vácuo e o precipitado foi seco em estufa a 80°C por 24h.

O pó de hidroxiapatita obtido foi desaglomerado em um almofariz de ágata e dividido em três frações, uma foi reservada para comparação, e as demais passaram pelo processo de calcinação, uma a 800°C e outra a 1000°C, durante duas horas.

Os pós foram submetidos à análise por espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR) e difração de raios X (DRX). As fases cristalinas foram identificadas por difração de raios-X. A análise foi conduzida a temperatura ambiente em um equipamento Shimadzu XRD-6000 a 40 kV e 30 mA e com um comprimento de onda  $\lambda$  CuK $\alpha$  = 0.154 nm. As amostras em forma de pó foram analisadas em um intervalo de varredura de  $2\theta$  entre 20 e 80 graus a uma taxa de 1,2°/min.

## 2.2 BETA FOSFATO TRICÁLCICO

Com o objetivo de analisar-se o grau de pureza e estudar a influência da calcinação em suas propriedades estruturais, o beta fosfato tricálcico foi obtido por meio da mistura a seco de carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>) e fosfato bibásico de cálcio (CaHPO<sub>4</sub>), em um moinho planetário de alta energia por 1h a 200 RPM, de modo a melhorar o contato entre os reagentes.

A mistura dos pós foi umidificada com excesso de acetona e, posteriormente, deixou-se a suspensão descansar por 24 h. O precipitado foi seco em uma estufa por três horas a 80°C.

O pó obtido de beta-TCP foi moído a seco no moinho planetário de alta energia e dividido em duas frações, uma foi reservada para comparação, e a outra passou pelo processo de calcinação, a 1000°C, durante seis horas.

Os pós foram então submetidos à análise por espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR), difração de raios X (DRX) e análise granulométrica (realizada a seco).

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.3 Hidroxiapatita

Apartir dos espectros de absorção no infravermelho das amostras de hidroxiapatita não calcinada (Figura 1), calcinada a 800°C (Figura 2) e calcinada a 1000°C (Figura 3), é possível verificar similaridade entre os resultados obtidos.

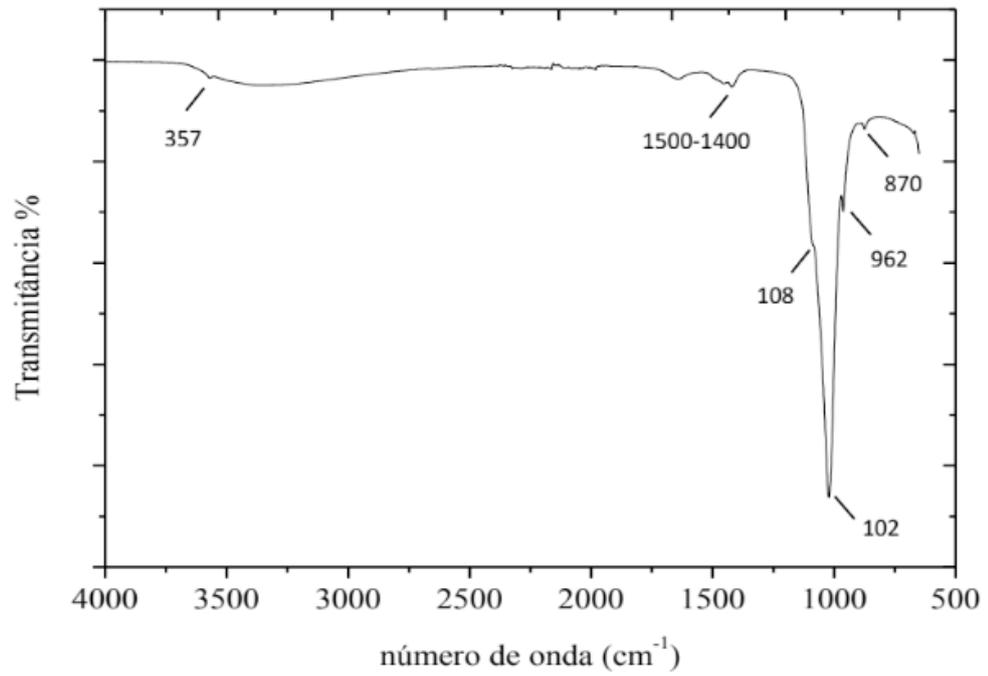


Figura 1 –Espectro da amostra de hidroxiapatita não calcinada

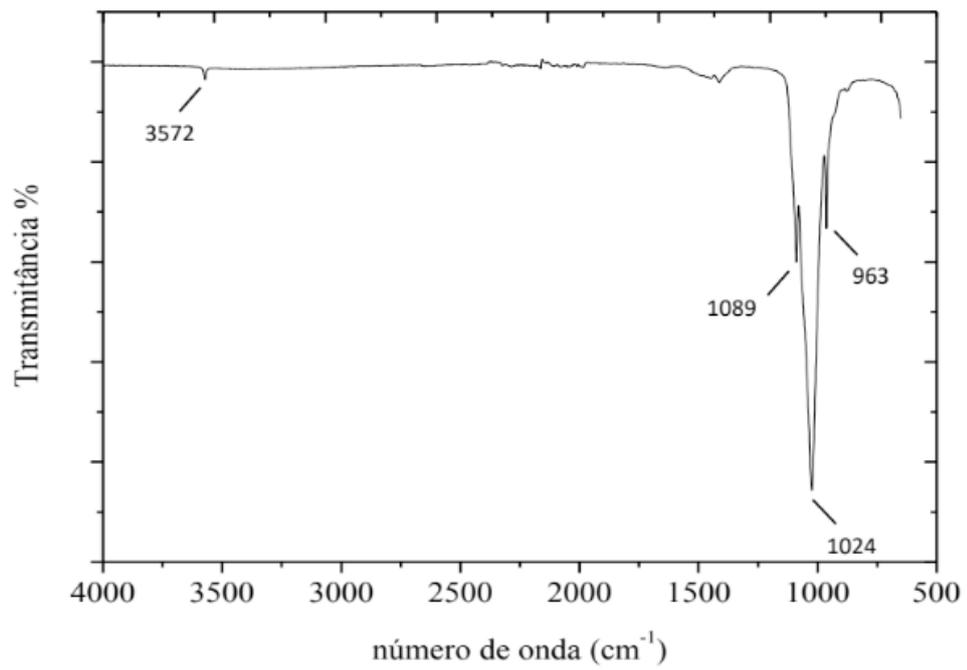


Figura 2 – Espectro da amostra de hidroxiapatita calcinada a 800°C

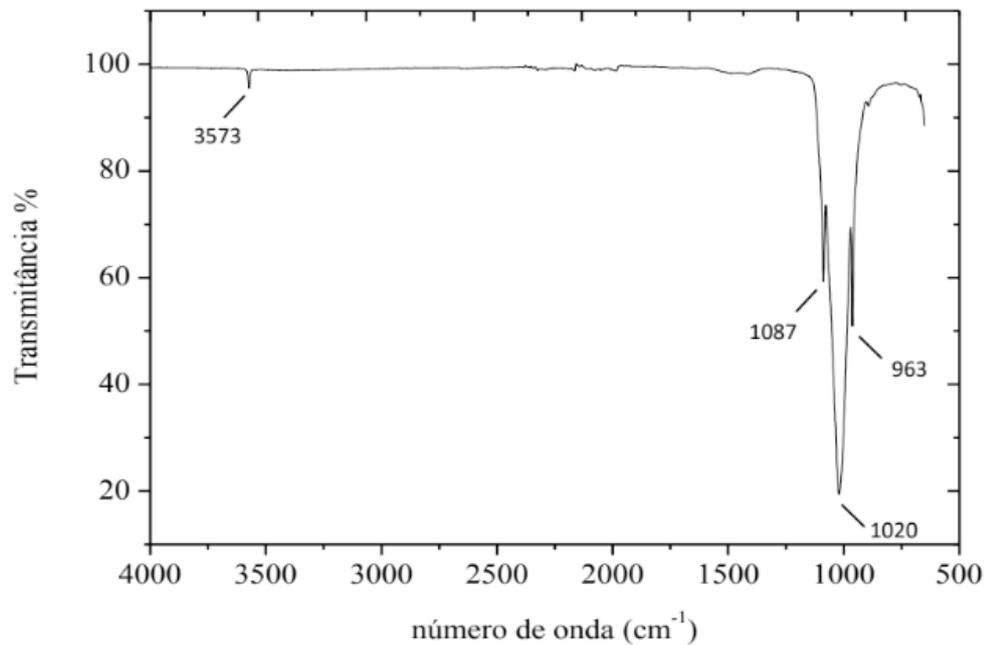


Figura 3 – Espectro da amostra de hidroxiapatita calcinada a 1000°C

As bandas presentes representam a fase de HA, confirmando a eficácia da síntese. Picos em torno de 963, 1024 e 1087  $\text{cm}^{-1}$ , representam o grupamento  $\text{PO}_4^{3-}$ , que fica mais evidente com a sinterização; a banda em 3576  $\text{cm}^{-1}$  representa o grupamento OH. Os espectros também mostram vestígios de  $\text{CO}_3^{2-}$  em torno de 870  $\text{cm}^{-1}$  e na faixa de 1400 a 1500  $\text{cm}^{-1}$ , que vão desaparecendo com o aumento da temperatura de calcinação (OLIVEIRA et al., 2010).

Os difratogramas de raios-X das amostras de hidroxiapatita sem calcinar e calcinadas a temperaturas de 800°C e 1000°C, são mostrados nas Figuras 4, 5 e 6 respectivamente.

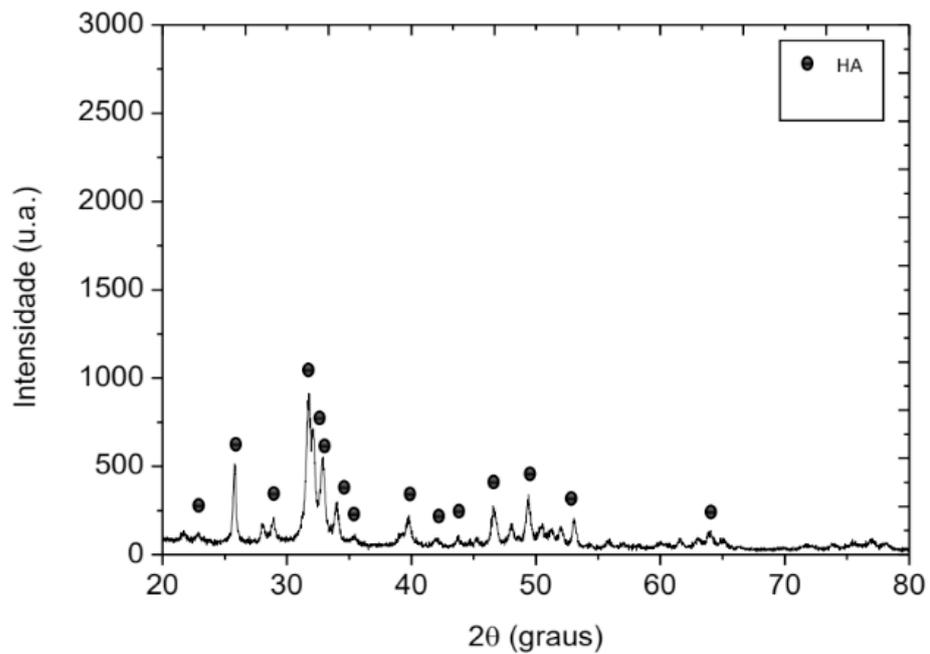


Figura 4 – Difratoograma da amostra de hidroxiapatita não calcinada

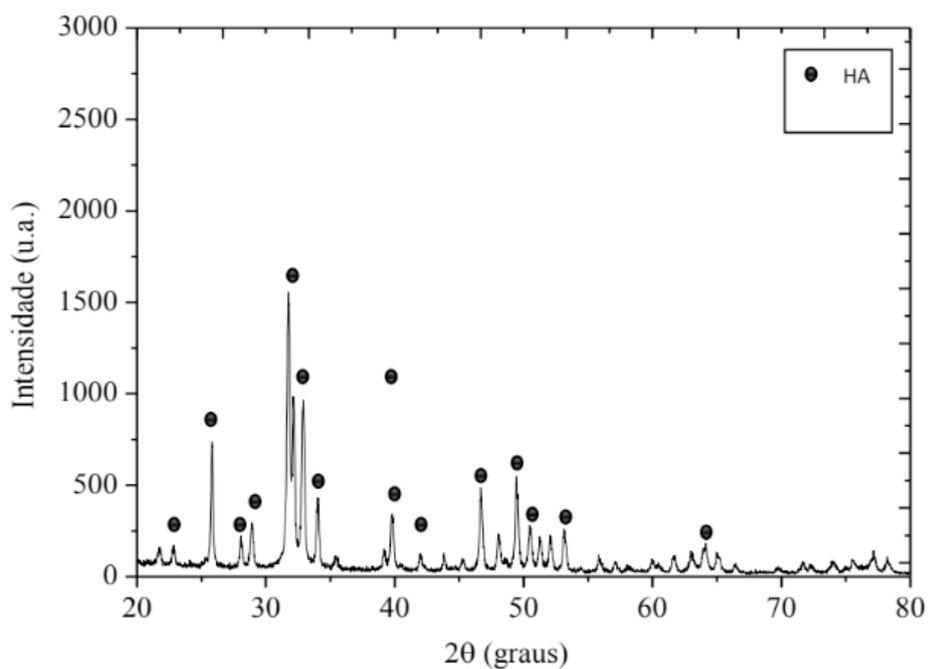


Figura 5 – Difratoograma da amostra de hidroxiapatita calcinada a 800°C

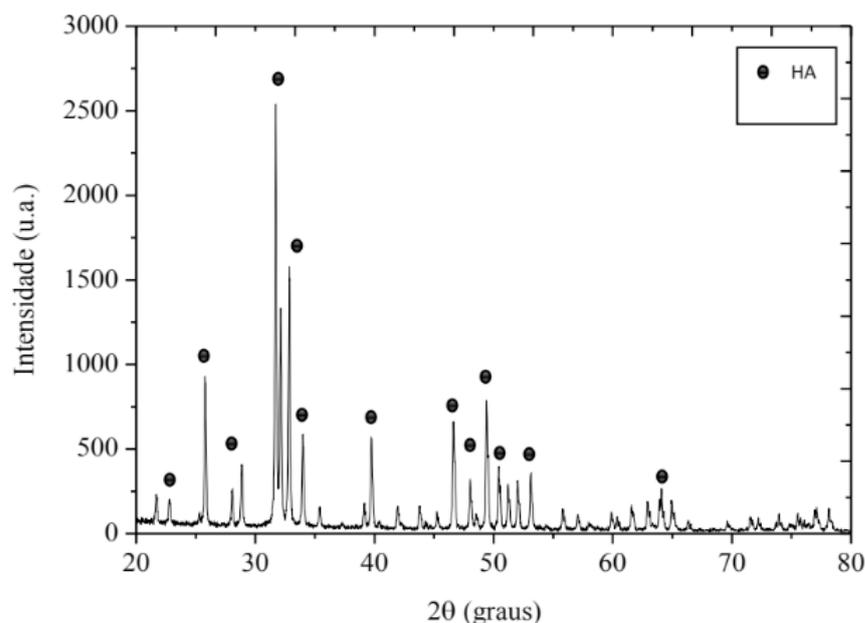


Figura 6 – Difratograma da amostra de hidroxiapatita calcinada a 1000°C

Pelos difratogramas obtidos (Figura 4 a Figura 6) é possível constatar que as amostras apresentam as fases características de uma hidroxiapatita (indicadas pelos pontos negros acima dos picos de cada difratograma), ou seja, as bandas nos difratogramas representam as fases das quais a hidroxiapatita é formada, não mostrando a formação de nenhuma fase diferente destas (SANTOS, 2002).

Os difratogramas também mostram que com o aumento na temperatura de calcinação os picos ficam mais bem definidos e com maior intensidade, o que indica o aumento na cristalinidade do pó, isto é, as amostras calcinadas apresentam estruturas mais cristalinas que a amostra não calcinada. Isso ocorre porque a temperatura de calcinação influencia na fase presente do pó, devido às diferentes propriedades físicas e estabilidades térmicas das fases presentes nos fosfatos de cálcio (RAYNAUD et al., 2002).

### 3.4 Beta Fosfato Tricálcico

Os espectros de absorção no infravermelho obtidos para a mistura precursora de  $\beta$ -TCP não calcinada (Figura 7) e calcinada a 1000°C (Figura 8) mostram diferenças entre a mistura precursora e a amostra sinterizada, indicando que a sinterização está agindo na estrutura química do biomaterial.

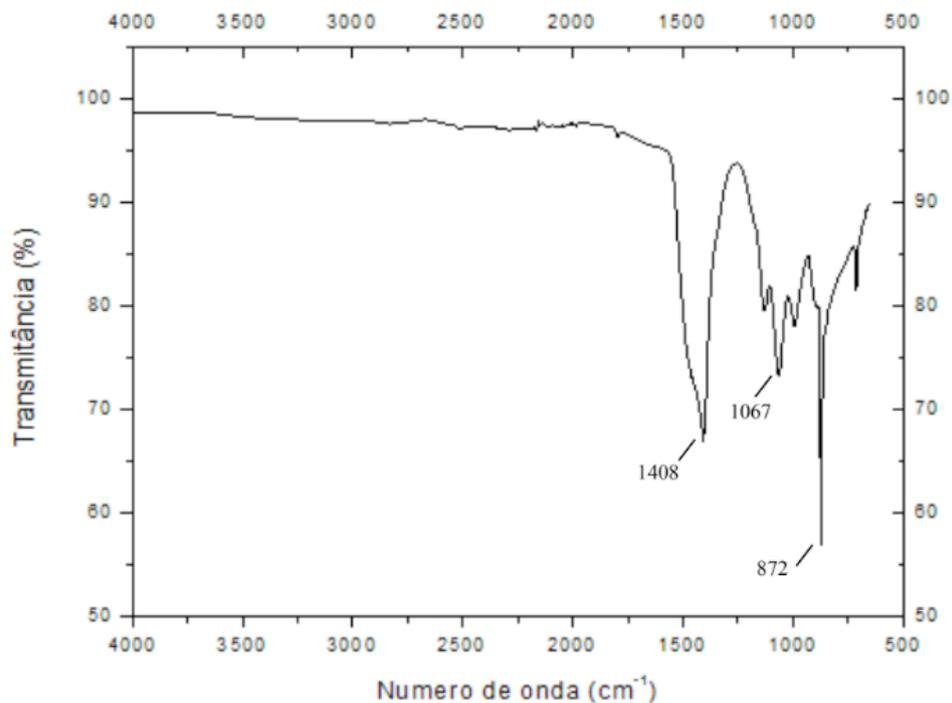


Figura 7 – Espectro da mistura precursora de  $\beta$ -TCP (sem calcinar)

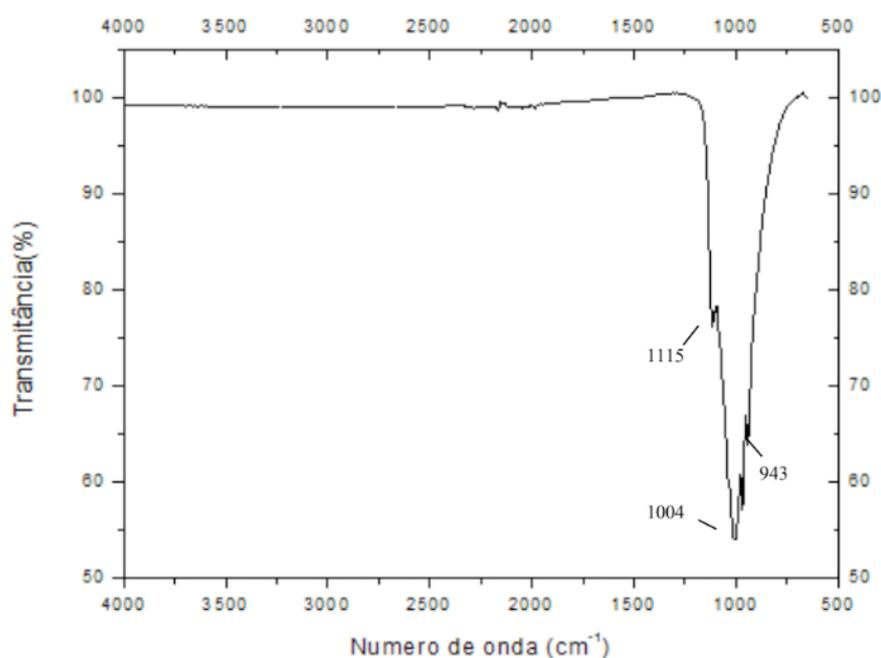


Figura 8 – Espectro da amostra de  $\beta$ -TCP calcinada a 1000°C

As bandas assinaladas na Figura 7 (1408, 1067 e 872 $\text{cm}^{-1}$ ) representam as vibrações  $\text{CO}_3^{2-}$ , provenientes da matéria-prima (OLIVEIRA et al., 2010).

Após a sinterização (Figura 8) o carbonato é eliminado na forma de gases e suas bandas desaparecem dando origem as bandas que representam a formação de fosfatos. Os picos em torno de 943, 1004 e 1115  $\text{cm}^{-1}$ , na Figura 8, representam o

grupamento  $\text{PO}_4^{-3}$ , que se intensifica com a sinterização (OLIVEIRA et al., 2010).

As figuras 9 e 10 representam os difratogramas de raios-X da mistura precursora e do  $\beta$ -TCP calcinado a  $1000^\circ\text{C}$ , respectivamente.

A simples mistura a seco dos reagentes seguida da mistura a úmido já é suficiente para o surgimento de pequena quantidade de  $\beta$ -TCP, como pode ser observado pela Figura 9.

No entanto, a sinterização é necessária para aumentar a quantidade do biomaterial, o que é verificado, na Figura 10, pelo surgimento de maior quantidade de planos e cristalinos e aumento da intensidade de seus picos (RAYNAUD et al., 2002).

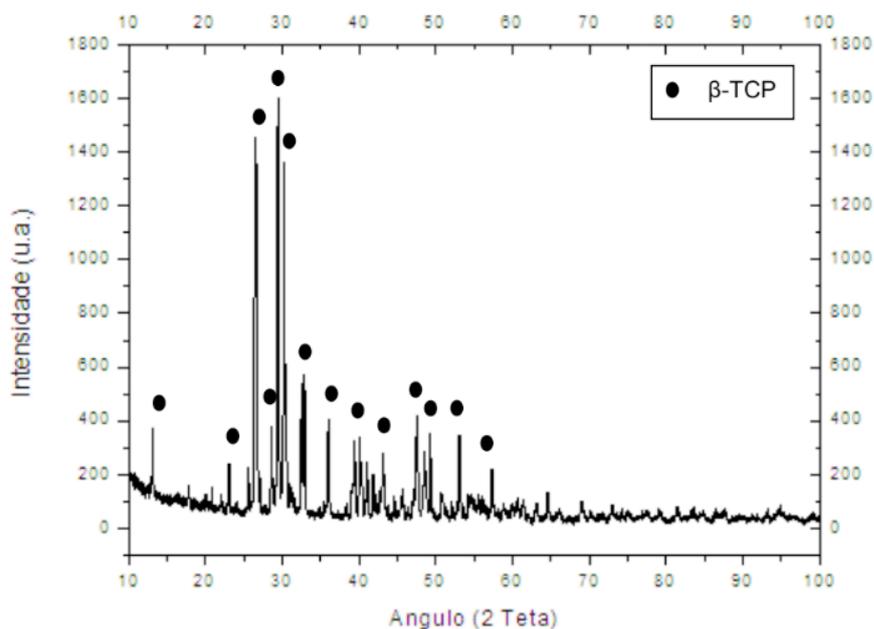


Figura 9 - Difratograma da mistura precursora do  $\beta$ -TCP (sem calcinar)

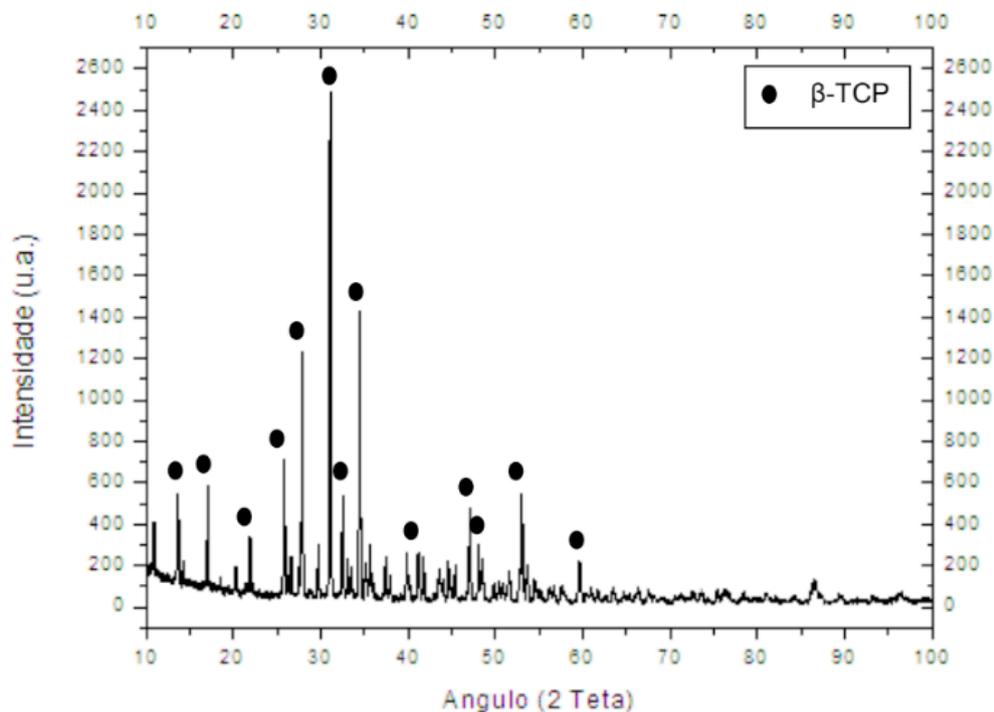


Figura 10 - Difratoograma da amostra de  $\beta$ -TCP calcinada a 1000°C

A partir da análise granulométrica apresentada na Figura 11, obtiveram-se os seguintes valores de diâmetro médio de partículas: 0,921  $\mu\text{m}$  para a mistura precursora do  $\beta$ -TCP e 1,659  $\mu\text{m}$  para o  $\beta$ -TCP calcinado. A liberação do carbonato na forma de gases e a formação do arranjo cristalino do  $\beta$ -TCP fazem com que as partículas se aglomerem, formando assim partículas de maior tamanho.

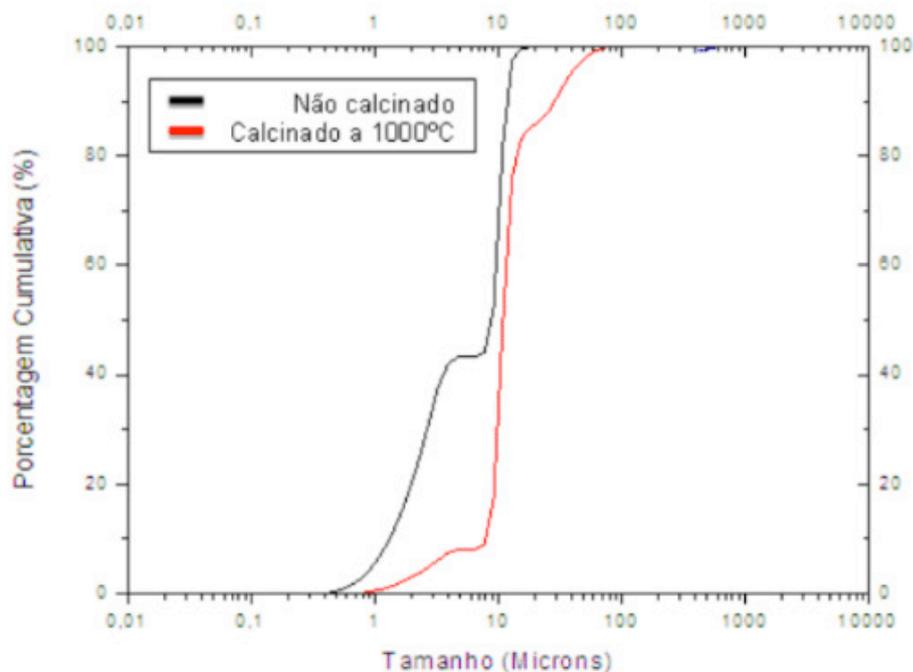


Figura 11 - Distribuição granulométrica para as amostras de  $\beta$ -TCP

#### 4 | CONCLUSÕES

A caracterização da hidroxiapatita mostrou que o pó produzido pelo método da precipitação apresentou apenas fases cristalinas de HA. Assim, pode-se afirmar que a temperatura de 60°C é suficiente para síntese de HA com alto grau de pureza, uma vez que todos os reagentes foram consumidos durante a reação e não houve a formação de outros tipos de fosfatos de cálcio como subprodutos, ao menos não em quantidade suficiente para ser detectada pela análise de DRX. Observou-se ainda que a temperatura de calcinação influencia diretamente na fase obtida, sendo aconselhável a calcinação após a síntese da hidroxiapatita para se obter um produto com maior cristalinidade.

O método estudado de síntese do  $\beta$ -TCP, utilizando uma mistura preliminar a seco em um moinho de alta energia se mostrou bastante eficiente por gerar um biomaterial com um grau de pureza bastante elevado. Os ensaios de FTIR e DRX mostraram a necessidade da sinterização para a formação do fosfato de cálcio e aumento da cristalinidade do material. A análise granulométrica indicou a necessidade de moer o biomaterial formado devido à aglutinação que ocorre após a sinterização.

#### REFERÊNCIAS

BILLOTTE, W. G. **Ceramic Biomaterials**. In: BRONZINO, J. D. (Ed.). *The Biomedical Engineering Handbook*. 2. ed. Boca Raton: CRC Press LLC, 2000, cap. 38.

BOSCHI, A. O. **O que é necessário para que um material possa ser considerado um biomaterial?** In: *Encontro Nacional de Biomateriais*, 3., 1993, São Paulo. Anais do Evento. São Paulo, 1993. p. 63-75.

DOROZHKIN, S. V. **Calcium orthophosphates in nature, biology and medicine**; Materials, v. 2, p. 399-498, 2009.

EANES, E. D. **Crystal Growth of Mineral Phases in Skeletal Tissues**. Prog. Crystal Growth Charact., v. 3, n. 1, p. 3-15, 1980.

GOMES, L. C. et al. **Síntese e caracterização de fosfatos de cálcio a partir da casca de ovo de galinha**. Cerâmica, v. 58, p. 448-452, 2012.

JUN, Y. et al. **Synthesis and dissolution behavior of  $\beta$ -TCP and HA/ $\beta$ -TCP composites powders**. J. Eur. Ceram. Soc., v. 23, n. 7, p.1039-1045, 2003.

KOUTSOPOULOS, S. **Synthesis and characterization of hydroxyapatite crystals: a review study on the analytical methods**. J. Biomed. Mater. Res., Hoboken, v. 62, n. 4, p. 600-612, 2002.

LAKES, R. **Composite Biomaterials**. In: BRONZINO, J. D. (Ed.). The Biomedical Engineering Handbook. 2. ed. Boca Raton: CRC Press LLC, 2000, cap. 40.

LOURENÇO, B. H. G.; SOUSA, E.; SILVA, G. **Avaliação da influência das temperaturas de obtenção e calcinação na síntese de hidroxiapatita**. In: Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e Pós-Graduação, 9., 2009, São José dos Campos. Anais do Evento. São José dos Campos: UNIVAP, 2009.

OLIVEIRA, S. V. et al. **Análise no Infravermelho da Hidroxiapatita**. In: Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, 6., 2010, Campina Grande. Anais do Evento. Campina Grande, 2010.

RAYNAUD, S. et al. **Calcium phosphates apatites with variable Ca/P atomic ratio I. Synthesis, characterization and thermal stability of powders**. Biomaterials, Oxford, v. 23, n. 4, p. 1065-1072, 2002.

RIGO, E. C. S.; GEHRKE, S. A.; CARBONARI, M. **Síntese e Caracterização de Hidroxiapatita Obtida pelo Método da Precipitação**. Rev. Dental Press Periodontia Implantol, Maringá, v. 1, n. 3, p. 39-50, 2007.

SANTOS, L. A. **Desenvolvimento de Cimento de Fosfato de Cálcio Reforçado por Fibras para Uso na Área Médico Odontológica**. 2002. Tese de Doutorado – Departamento de Engenharia de Materiais, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

SILVA, O. G. **Síntese e Caracterização de Híbridos Inorgânicos-Orgânicos Formados a partir de Reações de Silanização da Hidroxiapatita e Monetita**. 2006. Dissertação de Mestrado – Laboratório de Compostos de Coordenação e Química de Superfície, Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, 2006.

ZAVAGLIA, F. C. **Síntese, Caracterização e Processamento de Beta Fosfato Tricálcico para Manufatura de Implantes Personalizados**. 2011. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia de Materiais, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

## **SOBRE OS ORGANIZADORES**

**FRANCIELE BONATTO.** Professora assistente da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)- Campus Guarapuava. Graduação e Mestrado em Engenharia de Produção pela UTFPR. Doutorado em andamento em Engenharia de Produção pela UTFPR. Trabalha com os temas: *Supply Chain*, gestão da qualidade e gestão da produção.

**JAIR DE OLIVEIRA** Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Administrador de empresas pela UENP. Mestre em administração pela UFPR e doutor em engenharia de produção pela EESC-USP. Trabalha com os temas: Pequena empresa e Ensino para o empreendedorismo.

**JOÃO DALLAMUTA.** Professora assistente da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Engenharia de Telecomunicações pela UFPR. MBA em Gestão pela FAE Business School, Mestre pela UEL. Trabalha com os temas: Inteligência de Mercado, gestão Engenharia da Qualidade, Planejamento Estratégico, Estratégia de Marketing

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-125-1

