

Atena
Editora

Ano 2021



*Carlos Augusto Zilli
(Organizador)*

*A visão sistêmica e integrada
das **engenharias**
e sua **integração com a sociedade***

Atena
Editora

Ano 2021



Carlos Augusto Zilli
(Organizador)

A visão sistêmica e integrada das engenharias e sua integração com a sociedade

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes editoriais

Natalia Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Profª Drª Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa

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. Arnaldo Oliveira Souza Júnior – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. José Luis Montesillo-Cedillo – Universidad Autónoma del Estado de México
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Miguel Rodrigues Netto – Universidade do Estado de Mato Grosso
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador
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. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
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. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
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
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federac do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro – Universidade do Vale do Sapucaí
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalves de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo
Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,
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 Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miraniilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

A visão sistêmica e integrada das engenharias e sua integração com a
sociedade

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Flávia Roberta Barão
Indexação: Gabriel Motomu Teshima
Revisão: Os autores
Organizador: Carlos Augusto Zilli.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

V822 A visão sistêmica e integrada das engenharias e sua
integração com a sociedade / Organizador Carlos
Augusto Zilli. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-404-4

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.044212508>

1. Engenharia. I. Zilli, Carlos Augusto (Organizador). II.
Título.

CDD 620

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, desta forma não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

APRESENTAÇÃO

Esta obra, intitulada “A Visão Sistêmica e Integrada das Engenharias e sua Integração com a Sociedade”, em seu primeiro volume, apresenta 22 capítulos que abordam pesquisas relevantes que fazem emergir esta visão completa e abrangente típica das engenharias, revelando de que forma ela pode se integrar à sociedade para solucionar os desafios que surgem mundo afora, trazendo pesquisas relacionados à COVID, controle de segurança, saneamento básico, sismologia, interações socioespaciais, purificação de biogás, análise de vigas compósitas, pressão em estruturas, entre outros.

Desta forma, esta obra se mostra potencialmente disponível para contribuir com discussões e análises aprofundadas acerca de assuntos atuais e relevantes, servindo como base referencial para futuras investigações relacionadas às engenharias em suas mais diversas instâncias.

Deixo, aos autores dos capítulos, um agradecimento especial, e aos futuros leitores, anseio que esta obra sirva como fonte inspiradora e reflexiva.

Esta obra é indicada para os mais diversos leitores, tendo em vista que foi produzida por meio de linguagem fluída e abordagem prática, o que favorece a compreensão dos conceitos apresentados pelos mais diversos públicos, sendo indicada, em especial, aos amantes da área de engenharia.

Carlos Augusto Zilli

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

COVID-19 (SARS-COV-2): ESTUDO PROSPECTIVO SOBRE TESTES DE DETECÇÃO DO CORONAVÍRUS EM HUMANOS


Paulo Cesar dos Santos Teixeira
Fábio dos Santos Teixeira
Carlos Alberto Machado da Rocha

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0442125081>

CAPÍTULO 2..... 11

DIFERENTES SUBSTRATOS E ADUBAÇÕES NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Eucalyptus urophylla* S.T. BLAKE


Carolina Rafaela Barroco Soares
Alaide de Oliveira Carvalho
Deborah Regina Alexandre
Jairo Rafael Machado Dias
Laysa Teles Vollbrecht
Micheli Leite Zanchetta

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0442125082>

CAPÍTULO 3..... 18

ESTUDO DA PRESSÃO EFETIVA EM COBERTURAS COM PLATIBANDA CONFORME A NBR 6123 – FORÇAS DEVIDAS AO VENTO EM EDIFICAÇÕES


Gean Henrique Sabino Freitas
Luiz Henrique Moreira de Carvalho
Nélison Ferreira Corrêa
Wilson Espindola Passos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0442125083>

CAPÍTULO 4..... 31

METODOLOGIA PARA ENSINO DA CONCORRÊNCIA ENTRE PROCESSOS COM EMPREGO DE SEMÁFOROS EM SISTEMAS OPERACIONAIS PREEMPTIVOS


Marco Aurélio de Souza Birchal
Viviane Santos Birchal

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0442125084>

CAPÍTULO 5..... 41

PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO: INSTRUMENTO DE PLANEJAMENTO PARTICIPATIVO, INTEGRADO E SUSTENTÁVEL

Luiz Roberto Santos Moraes


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0442125085>

CAPÍTULO 6..... 58

APLICAÇÃO COMPUTACIONAL PARA O PLANEJAMENTO DE FLUXO DE POTÊNCIA

REATIVA


Polianna Schneider Durigon
Carlos Roberto Mendonça da Rocha

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0442125086>

CAPÍTULO 7..... 69

ANÁLISE DA ACELERAÇÃO LATERAL DE UM VEÍCULO EM UM SIMULADOR COM 9 GDL


Elyton Elias Prado Naves
Jánes Landre Júnior
José Tomich Bosco Júnior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0442125087>

CAPÍTULO 8..... 79

ADEQUAÇÃO DE TRELIÇA EM AÇO FRENTE A UMA NOVA FINALIDADE


Gustavo de Oliveira Dumas
José Geraldo de Araújo Silva
Lucas Teixeira Araújo
Antônio Maria Claret de Gouveia
Hisashi Inoue
André Luiz Candian

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0442125088>

CAPÍTULO 9..... 86

PURIFICAÇÃO DE BIOGÁS EM PEQUENAS PROPRIEDADES RURAIS NA REGIÃO DO MACIÇO DE BATURITÉ, CEARÁ, BRASIL


Juan Carlos Alvarado Alcócer
Olienaide Ribeiro de Oliveira Pinto
Ciro de Miranda Pinto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0442125089>

CAPÍTULO 10..... 100

ANÁLISE DE VIGAS COMPÓSITAS LAMINADAS DE TIMOSHENKO ATRAVÉS DO MÉTODO DE GREEN


Leonardo Fellipe Prado Leite
Fabio Carlos da Rocha

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.04421250810>

CAPÍTULO 11 114

ESTRATÉGIAS INOVADORAS PARA PESQUISAS DE EVAPORAÇÃO DE ÁGUA EM RESERVATÓRIOS SUPERFICIAIS NO NORDESTE BRASILEIRO

Bárbara Hillary de Almeida Pinto
Cecília Roberta Barbosa da Silva
Maria Eduarda Medeiros Monteiro
Heloysa Helena Nunes de Oliveira
Efrain Pantaleón Matamoros

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.04421250811>

CAPÍTULO 12..... 124

AMBIÊNCIA E ENTORNO: INTERAÇÕES SOCIOESPACIAIS ENTRE IDOSOS MORADORES DE UM CONDOMÍNIO E A VIZINHANÇA


Luzia Cristina Antoniossi Monteiro

Vania Aparecida Gurian Varoto

Lucas Bueno de Campos

Ingrid Bernardinelli

Gabriely Grezele

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.04421250812>


CAPÍTULO 13..... 136

METODOLOGIA DE COMPOSIÇÃO DE CUSTO PARA ENCARGOS COMPLEMENTARES: EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL

Guilherme Martins Pereira

Regina Maria Germânio

Tiago Silveira Gontijo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.04421250813>


CAPÍTULO 14..... 155

AVALIAÇÃO DE RISCOS E CONTROLE DE SEGURANÇA EM PEDREIRA

Michael José Batista dos Santos

Suzi Cardoso de Carvalho

Irineu Antônio Schadach de Brum

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.04421250814>

CAPÍTULO 15..... 174

POTENCIAL INOVADOR DAS PESQUISAS DE SISMOLOGIA: ESTUDO DA APLICAÇÃO DA INTERFEROMETRIA SÍSMICA PARA IMAGEAMENTO 4D


Julia Alanne Silvino dos Santos

Marcelo dos Santos Vieira

Lenise Souza Cardoso de Andrade

Heloysa Helena Nunes de Oliveira

Zulmara Virgínia de Carvalho


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.04421250815>

CAPÍTULO 16..... 184

SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DO FOSFATO DE CÁLCIO MONETITA PELA ROTA ÚMIDA DE NEUTRALIZAÇÃO RATHJE – HAYEK E NEWSELY

Nataly Cristiane de Campos Amador Garcias

Carlos Pérez Bergmann


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.04421250816>

CAPÍTULO 17..... 196

ESTUDOS DAS DESCARGAS ATMOSFÉRICAS EM LINHAS DE TRANSMISSÃO MONOFÁSICAS

Emiliane Advincula Malheiros

Roberto Paulo Barbosa Ramos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.04421250817>

CAPÍTULO 18.....203

**INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA DE CALCINAÇÃO NA FASE DA HIDROXIAPATITA
OBTIDA PELO MÉTODO SOL-GEL**


Marilza Aguiar

José Brant de Campos

Bruno Cavalcante Di Lello

Nataly Cristiane de Campos Amador Garcias

Vitor Ramos


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.04421250818>

CAPÍTULO 19.....209

**REDISTRIBUIÇÃO DA VAZÃO AR EM MINA SUBTERRÂNEA PARA AUMENTO DE
HORAS DISPONÍVEIS EM OPERAÇÃO DE LAVRA**

Alisson Brasil

Renan Collantes Candia

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.04421250819>

CAPÍTULO 20.....225

**ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DOS LIMITES DA CAVA FINAL ÓTIMA COM BASE NA
VARIAÇÃO DO PREÇO DE MERCADO DA ROCHA FOSFÁTICA**

João Antônio da Silva Neto

Marcélio Prado Fontes


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.04421250820>

CAPÍTULO 21.....238

**USO DA TECNOLOGIA DE MANUFATURA ADITIVA NA INDÚSTRIA AEROESPACIAL:
UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA**

Allisson Régis dos Santos Maia

Maria Elizete Kunkel

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.04421250821>

CAPÍTULO 22.....253

A IMPORTÂNCIA DOS INDICADORES NA MANUTENÇÃO

Alexandre Fernandes Santos

Heraldo José Lopes de Souza

Marcia Cristina de Oliveira

Sariah Torno

Darlo Torno

Sandro Adriano Zandoná

Tiago Rodrigues Carvalho

Natalia Tinti Ramos

Eliandro Barbosa de Aguiar

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.04421250822>

SOBRE O ORGANIZADOR.....	260
ÍNDICE REMISSIVO.....	261

SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DO FOSFATO DE CÁLCIO MONETITA PELA ROTA ÚMIDA DE NEUTRALIZAÇÃO RATHJE – HAYEK E NEWSELY

Data de aceite: 02/08/2021

Nataly Cristiane de Campos Amador Garcias

Laboratório de Materiais Cerâmicos – LACER,
Programa de Pós-Graduação em Engenharia
de Minas, Metalúrgica e de Materiais -
PPGE3M, Universidade Federal do Rio Grande
do Sul - UFRGS
Porto Alegre, RS
ORCID 0000-0002-1131-8669

Carlos Pérez Bergmann

Laboratório de Materiais Cerâmicos – LACER,
Programa de Pós-Graduação em Engenharia
de Minas, Metalúrgica e de Materiais -
PPGE3M, Universidade Federal do Rio Grande
do Sul - UFRGS
Porto Alegre, RS

RESUMO: A monetita (CaHPO_4) é um ortofosfato de cálcio com razão $\text{Ca/P} = 1,0$ e possui aplicações biomédicas. Nesse trabalho, foi analisada a técnica de síntese. O método de síntese utilizado foi a rota úmida de neutralização Rathje adaptando de Hayek e Newsely, em uma temperatura de $80\text{ }^\circ\text{C}$, que é baixa em comparação com as outras técnicas, tendo a casca de ovo de galinha como fonte alternativa de cálcio, e o ácido fosfórico como fonte de fósforo. O produto obtido foi filtrado, lavado e seco em estufa a $100\text{ }^\circ\text{C}$ durante 12 h, e após analisado por difração de raios-X, qualitativamente e quantitativamente através do refinamento de Rietveld, espectroscopia Raman, e microscopia eletrônica de varredura. Os resultados das análises indicam a formação da monetita com

tamanho de cristalito de 148 nm.

PALAVRAS-CHAVE: Síntese; biomaterial; monetita; rota úmida; casca de ovos de galinha.

ABSTRACT: Monetite (CaHPO_4) is a calcium orthophosphate with Ca/P ratio = 1.0 and has biomedical applications. In this work, the synthesis technique was analyzed. The synthesis method used was the wet Rathje neutralization route adapting from Hayek and Newsely, at a temperature of $80\text{ }^\circ\text{C}$, which is low compared to the other techniques, with chicken egg shell as an alternative source of calcium, and the phosphoric acid as a source of phosphorus. The product obtained was filtered, washed and dried in an oven at $100\text{ }^\circ\text{C}$ for 12 h, and after analyzed by X-ray diffraction, qualitatively and quantitatively through Rietveld refinement, Raman spectroscopy, and scanning electron microscopy. The results of the analyzes indicate the formation of the monetite with a crystallite size of 148 nm.

KEYWORDS: Synthesis; biomaterial; monetite; wet route; chicken egg shell.

1 | INTRODUÇÃO

Os fosfatos de cálcio são amplamente investigados pelas suas propriedades como biomateriais. [1] Normalmente, classificados em função da razão Ca/P , os ortofosfatos de cálcio compreendem uma série de compostos entre $0,5 \geq \text{Ca/P} \leq 2,0$ [2–4]. Todos os fosfatos de cálcio são sais formados obrigatoriamente pelos íons fósforo e cálcio. [5] Ao longo dos últimos anos foi constatado que mais de 250.000 toneladas/

ano de ovos de galinhas são produzidas ao redor do mundo, fazendo com que ela deva ser preferida como fonte de cálcio em função do seu potencial renovável [6].

Os fosfatos de cálcio mais procurados são as hidroxiapatitas, cuja razão é de 1,67. A monetita, que é o fosfato dicálcico anidro (CaHPO_4), DPCA, cujo o nome pela IUPAC é hidrogenofosfato de cálcio e possui razão $\text{Ca/P} = 1,0$ [5,7], tem aplicações como suprimento nutricional, cereais matinais, farinhas enriquecidas; auxiliar na formação de comprimidos; pasta de dente [5,7]; descontaminação de água [8]; e como biomaterial em cimento ósseo [9]; remineralização dental [10]; revestimento [11] e preenchimento ósseo [12] por causa da sua alta solubilidade, facilitando a remodelagem e regeneração óssea [1,9]. Pode ser encontrada em tecidos cicatrizantes e inflamatórios ($\text{pH} < 7,4$), mas é reabsorvido ou transformado em hidroxiapatita nas condições fisiológicas ($\text{pH} = 7,4$), e é encontrada em calo de fratura óssea [13].

A monetita cristaliza no sistema triclinico, pertencendo ao grupo espacial $P1$ [14,15], tendo como parâmetros de rede $a = 6,910 \text{ \AA}$, $b = 6,627 \text{ \AA}$, $c = 6,998 \text{ \AA}$ e $\alpha = 96,340^\circ$, $\beta = 103,820^\circ$, $\gamma = 88,330^\circ$ [15]. Cada célula unitária contém 4 moléculas, sendo que dois pares distintos de PO_4 são encontrados em cada célula primitiva [16]. As cadeias duplas de CaPO_4 , CaPO_4 , CaPO_4 , CaPO_4 se estendem ao longo do eixo a se mantendo juntas na mesma direção do eixo b através da ligação Ca-O , formando camadas distorcidas de átomos próximos ao plano (001) [17]. Cada membro de um par está relacionado ao outro membro pelo centro de simetria [16]; ao passo que o centro de simetria produz outra camada abaixo dessa na direção do eixo c , gerando então uma rede tridimensional de tetraedros de fosfatos mantidos unidos através dos íons de cálcio nos interstícios, conforme Fig. 1 [17,18].

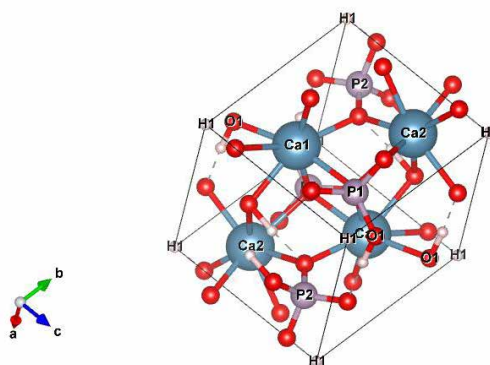


Fig. 1 Estrutura cristalina, da ficha ICSD 917 gerada pelo programa VESTA [19].

A solubilidade dos ortofosfatos de cálcio está intrinsecamente ligada ao pH durante a sua síntese, isto porque o ácido ortofosfórico (H_3PO_4) é um triácido ou ácido triprótico apresentando quatro polimorfos que possuem suas concentrações alteradas de acordo

com o pH do meio [5,7]. Os íons fosfatos existem em equilíbrio como descrito na equação (1), indicando que à medida que o pH aumenta uma forma mais ionizada predomina e a solubilidade reduz [20].

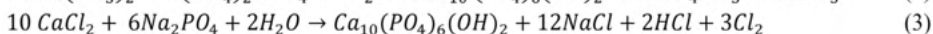
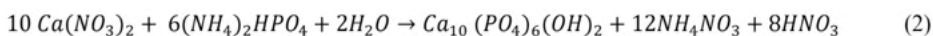


Os fosfatos de cálcio podem ser sintetizados basicamente através de dois tipos de rotas uma úmida e a outra seca, e em alta ou baixa temperatura [1]. Além disso existem os tratamentos térmicos pós síntese que também são fortes influenciadores das fases, suas quantidades e microestruturas obtidas. Assim, além dessa compreensão de como o tipo de rota de processamento atua na microestrutura das hidroxiapatitas [3], os parâmetros: temperatura de síntese e do envelhecimento; pH de síntese e de envelhecimento; tempo de síntese e de envelhecimento; e a pureza dos reagentes também são fatores preponderantes na obtenção de quanto e qual tipo de fosfato de cálcio, cristalinidade, morfologia e os seus outros aspectos microestruturais [4].

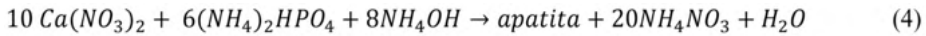
As sínteses em altas temperaturas [3,21] que normalmente ocorrem no estado sólido [4], geralmente promovem uma boa [3] e alta cristalinidade [4,21], com cristais grandes [3,21], alta pureza e áreas específicas pequenas [4]. Enquanto que o inverso tende a ser verdadeiro, sínteses em baixas temperaturas como, precipitação, co-precipitação, solução aquosa, hidrólise e envelhecimento de precursores [3,4] produzem cristais pequenos [3,21], “nanosizados” (e hidratados) [5] e de baixa cristalinidade [3,21], entretanto a desvantagem pode ser o surgimento das fases transitórias e metaestáveis [5].

As rotas úmidas consistem de sínteses nas quais ocorrem reações de neutralização entre elementos com caráter ácido e básico, no caso contendo fosfato e cálcio. Os métodos mais usados são: precipitação, hidrólise, sol-gel e hidrotermal [1]. A rota de neutralização/precipitação apresenta variantes:

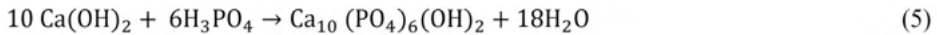
A reação conhecida como “precipitação” [22] é a reação entre sais de fosfato e de cálcio [23], proporciona partículas pequenas, mas no caso menores do que 10 µm, embora a cristalinidade continue equivalente ao tecido natural. A Equação (2) [22,23] que ocorre com o pH entre 8 e 12 [22], e a Equação (3) são exemplos dessa reação para obtendo-se hidroxiapatita, entretanto os subprodutos poderão ou não serem os pretendidos [23].



Hayek e Newsely propuseram uma alteração para a reação entre sais Equação (2) [22,23]. Nessa metodologia além do nitrato de cálcio ($Ca(NO_3)_2$) e do fosfato de amônio ($(NH_4)_2HPO_4$), é usado hidróxido de amônio (NH_4OH). A reação ocorre sob agitação, e obedece a Equação (4) [24]. Nesta equação o produto é descrito apenas como apatita significando que normalmente ele não é puro, e indicando que a metodologia requer um rigoroso controle dos reagentes e do pH [24,25].



A reação ácido-base [23], ou de neutralização [22], tende a proporcionar partículas menores do que 1 µm e baixa cristalinidade, sendo esta similar ao tecido ósseo. Requer ajuste rigoroso da quantidade disponível de Ca^{2+} e PO_4^{3-} para que a razão Ca/P requerida seja obtida [23]. O pH tende ser próximo a 8 [22]. A Equação (5) apresenta a reação na qual se obtém água como subproduto [23].



Essa rota de síntese de neutralização apresenta uma metodologia chamada de método de Rathje. Na Equação (5), a execução ocorre da seguinte maneira: o ácido fósfórico (H_3PO_4) é adicionado lentamente sobre a suspensão do hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), mantidos em agitação. [24,25].

Tanto a neutralização como a precipitação podem ser a temperatura ambiente ou próxima a ebulição [25]. Além disto o controle das concentrações dos reagentes e do pH de síntese são importantes para que durante o processo de tratamento térmico não haja transformações de fases [24].

Nesse trabalho foi utilizada a rota úmida com controle de pH, utilizando método metodologia de neutralização de Rathje com a adaptação de Hayek e Newsely para sintetizar o fosfato de cálcio.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

Para a síntese de fosfato de cálcio são necessárias as fontes de cálcio e fósforo. Existem propostas de uso de recursos naturais, por exemplo, com corais, cascas de ovos de avestruz, ossos de choco (molusco com 10 tentáculos), cinza de ossos bovinos. [26] Nesse trabalho, foram utilizadas as cascas dos ovos das galinhas *Gallus gallus* como precursor de cálcio. As cascas dos ovos apresentam como principal elemento constituinte inorgânico o CaCO_3 , também podem haver alguns elementos traços, mas isto varia de acordo com a alimentação dos galináceos.

Já o precursor de cálcio foram as cascas dos ovos. Elas foram lavadas com água corrente e detergente para remoção de resíduos externos da casca, secas, fragmentadas e queimadas no forno, com taxa de aquecimento de 10 °C/min, temperatura de patamar de aproximadamente 1000 °C durante 2 h. O processo de calcinação obedece a Equação (6). Após a queima, as cascas foram cominuídas manualmente com pestilo e gral e caracterizados por DRX no difratometro Phillips, modelo X'Pert MDP (tubo de raios X com radiação Cu Ka), e analisado qualitativamente e quantitativamente com o programa Profex 4.0. [27] De acordo com a Fig. 2, pode ser observado que o óxido de cálcio obtido, corresponde a ficha PDF 04-007-9734, e é altamente cristalino.



Os insumos industrializados foram o hidróxido de amônio (NH_4OH) fabricado pela Vetec, como fonte de hidroxilas, e o ácido ortofosfórico (H_3PO_4) fabricado pela Merck como precursor de fósforo.

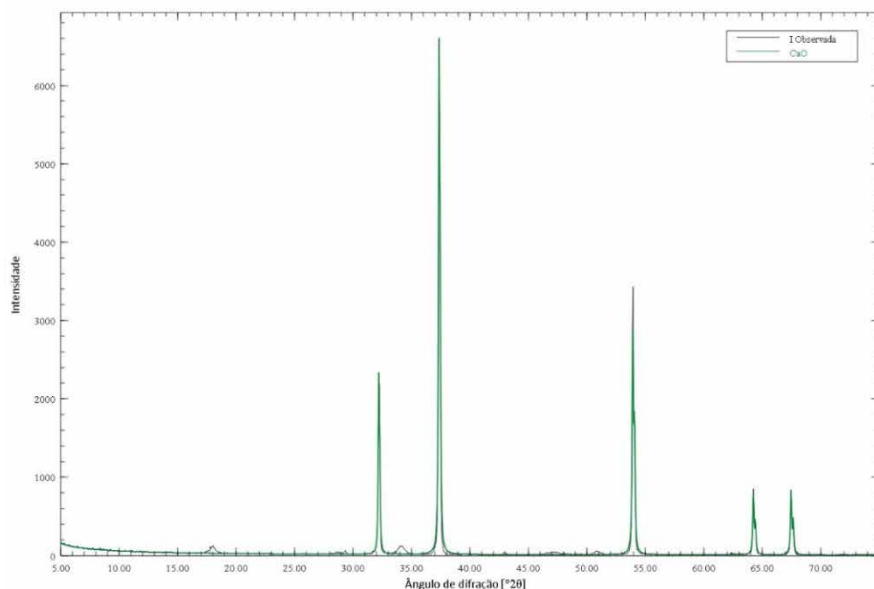


Fig. 2 Difratograma da casca do ovo, de acordo com a ficha PDF 04-007-9734.

2.2 Preparação da Amostra

Através da metodologia de Rathje e adaptando de Hayek e Newsely, a reação foi em rota úmida, de neutralização sob agitação constante do óxido de cálcio em água ultrapura, com a adição progressiva do ácido ortofosfórico e ajuste para controle rigoroso do pH com a adição do hidróxido de amônio. Os reagentes foram ajustados para uma razão Ca/P = 1.67, a reação fora feita sob a temperatura de 80 °C, com pH entre 4,5 e 6,0. Houve envelhecimento da amostra por 1 hora. A filtragem ocorreu em papel filtro e na lavagem da amostra foi utilizando água ultrapura, a amostra fora posteriormente seca em forno estufa à 100 °C por 12 h para remover o excesso de água. A cominuição ocorreu manualmente com o pistilo e gral. Não houve tratamento térmico posterior.

2.3 Caracterização

O pó obtido foi caracterizado através de difração de raios-x (DRX) utilizando um difratometro Panalytical Empyrean, com tubo de Cobre, com tensão de 45 kV e corrente 40 mA, porta amostra do tipo spinning com tempo de rotação de 1.0 s, com varredura 2θ dos ângulos entre 15 e 100,0055°. O passo foi de 0.0001°. Para executar os cálculos do

refinamento de Rietveld para quantificar as fases, foi usado o software Profex [27] versão 4.3. O tamanho do cristalito foi obtido através da equação de Debye-Scherrer [28]:

$$L = \frac{K \times \lambda}{\beta \times \cos \theta} \quad (1)$$

onde L é o tamanho do cristalito, λ é o comprimento de onda da radiação do Cu ($\lambda = 0,154060$ nm), θ é ângulo de difração de Bragg, e β é a largura a meia altura do plano de difração (1 2 0) no qual $2\theta = 30,1563$ é onde há intensidade relativa de 100% e é corrigida como [29]:

$$\beta = \sqrt{\beta_{exp}^2 - \beta_{padrão}^2} \quad (2)$$

onde β_{exp} é a largura medida e $\beta_{padrão}$ é a largura da amostra padrão, isto é, a largura instrumental.

A espectroscopia raman foi utilizada para confirmar a fase obtida. Foi realizada com um espectrômetro Renishaw Invia Raman Spectrometer System. Foi utilizado laser com comprimento de onda de 532 nm. A caracterização por microscópica eletrônica de varredura – MEV utilizando o Equipamento: EVO MA10 – Carl Zeiss, operado a 10kV.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A rota escolhida proporcionou monetitas nanométricas, com morfologia agulhada. O pH reacional ácido é o responsável pela protonação do ácido fosfórico e estabilização do íon HPO_4^{2-} , gerando assim a monetita. Assim como ocorreu na técnica hidrotermal [30] cujo pH entorno de 5 foi responsável pelo surgimento da monetita. A amostra fora caracterizada por DRX (*Fig. 3*) com ajuste perfeito de refino com a ficha ICSD 917 [15], demonstrando que todos picos observados podem ser atribuídos a fase monetita triclinica no grupo espacial $P1$, de modo a imputar que uma monetita pura fora formada. Na Tabela 31, está o refinamento estrutural da monetita obtida e na Tabela 32 está o comparativo dos parametros de rede entre a fase obtida e a ficha ICSD 917 através da qual é possível observar quão próximos são os fosfatos. O tamanho médio do cristalito calculado foi de 148 nm.

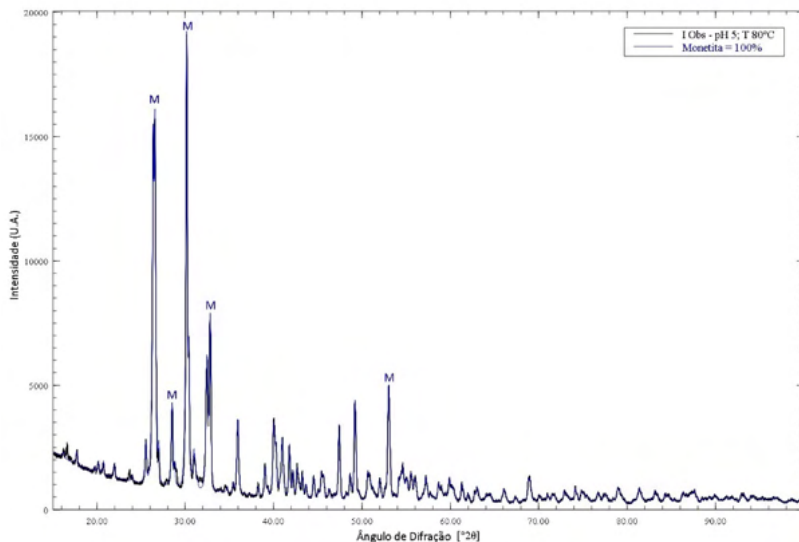


Fig. 3-1 Difratoograma do pó obtido.

	x	y	z
Ca ₁	0,29470	0,43530	0,27190
Ca ₂	0,17540	0,83730	0,66640
P ₁	0,20770	0,37900	0,72070
P ₂	0,29620	0,94360	0,20820
O ₁	0,32340	0,33220	0,93730
O ₂	0,35140	0,49190	0,63240
O ₃	0,13900	0,18060	0,59640
H ₁	0,00000	0,00000	0,00000
H ₂	0,46050	0,25880	0,95060

Tabela 3-1 Resultados do refinamento estrutural da monetita.

Parâmetros de rede	a	b	c	α	β	γ	Vol. da célula unitária (Å ³)
ICSD 917	6,91000	6,62700	6,99800	96,3400	103,8200	88,3300	309,275084
Obtida	6,90772	6,63778	6,99553	96,2882	103,8974	88,4433	309,495634

Tabela 3-2 Comparativos dos parâmetros de rede da ficha ICSD 917 com a monetita obtida.

Os resultados da espectroscopia Raman, Fig. 4, para esta amostra confirma que a fase obtida fora de fato monetita [16,31]. Estes picos estão de acordo com os picos identificados por Frost (2011) [32].

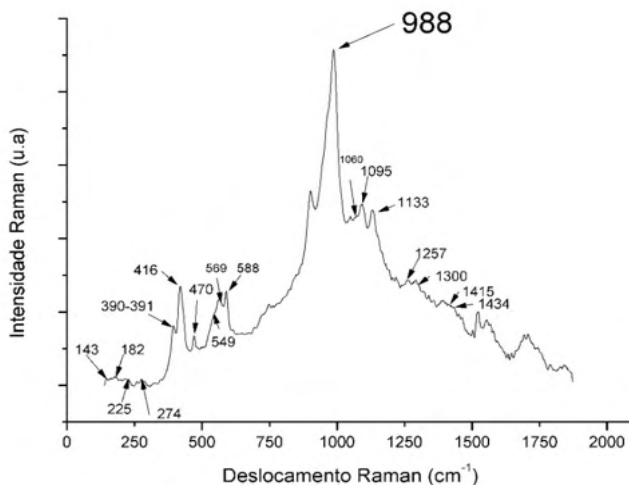


Fig. 4 Espectroscopia Raman – Monetita a 80 °C.

Nos espectros vibracionais Raman de fosfatos de cálcio normalmente ocorre a predominância do tetraedro PO_4^{3-} que dá origem a quatro frequências diferentes: pico mais intenso, modo (ν_1) oriundo do alongamento simétrico das ligações P – O do tetraedro, o modo triplamente degenerado (ν_3) oriundo do alongamento assimétrico P – O, e os modos ν_2 duplamente degenerado e ν_4 triplamente degenerado correspondendo às deformações de flexão O – P – O do tetraedro [16,33]. Os modos internos do tetraedro PO_4^{3-} são recorrentemente citadas, e estão na faixa espectral entre 400 e 1200 cm^{-1} , as bandas menos intensas estão entre 150 e 300 cm^{-1} devido aos modos de rede externa. Os As posições e atribuições das bandas foram coletadas na Tabela 3-3

Atribuições das Bandas	Raman (cm^{-1})	Obtido
	1447	1434
Combinado com POH	1434	1415
	1415	1300
	1300	1257
Vibração do alongamento antissimétrico ν_3	1133	1133
	1095	1095
Bandas ν_3 e ν_3'	1060	1060
Vibração do alongamento simétrico ν_1	988	988
Monetita sintética – flexão ν_4	588	588
	569	569
	549	549
Banda larga adicional para análogo de monetita	470	470
Banda para monetita sintética	416 391	416 391

Bandas para o modo v2	390	390
Bandas de modo de rede – análogo de monetita	225	225
	274	274
Bandas de vibração da rede	182	182
	143	143

Tabela 3-3 Frequências fundamentais para Raman de monetita.

(Fonte: Casciani, 2019; Frost, 2013) [16,31] – *Adaptado*.

A Figura 5 apresenta imagem por microscopia eletrônica de varredura do produto da reação de neutralização pela qual é possível se identificar uma morfologia similar a flocos/folhas com orientação preferencial. Essa morfologia foi anteriormente reportada por Sadat-Shojai [34] para fosfatos de cálcio.

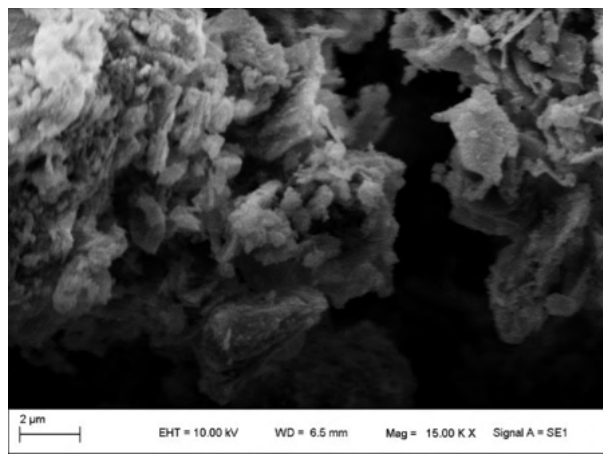


Fig. 5 Micrografia obtida por MEV com ampliação de 15.000 x.

4 | CONCLUSÃO

Diante dos resultados obtidos, conclui-se que a utilização das cascas dos ovos de galinhas, além de ecologicamente mais sustentável, é altamente viável como substituo do óxido de cálcio comercial. O método de neutralização, proposto por Rathje adaptando de Hayek e Newsely, é altamente eficiente para obter-se o fosfato dicálcico anidro, DPCA. Foi obtida monetita de alta pureza, com elevada cristalinidade, com tamanho de cristalito de 148 nm, morfologia em formas de flocos/folhas com orientação preferencial, sintetizada a uma significativamente menor temperatura em comparação com as demais técnicas. Essa metodologia também se mostrou apta a reproduzir uma monetita com células unitárias com parâmetros de rede extremamente próximos a monetita utilizada na ficha ICSD 917.

REFERÊNCIAS

- [1] K. Suchanek, A. Bartkowiak, M. Perzanowski, M. Marszałek, From monetite plate to hydroxyapatite nanofibers by monoethanolamine assisted hydrothermal approach, *Scientific Reports*. 8 (2018) 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-33936-4>.
- [2] S. V Oliveira, K.M. Medeiros, E.P. Araújo, C.R.C. Braga, E.M. Araújo, Caracterização química e morfológica do pirofosfato de cálcio obtido por via úmida, *Revista Eletrônica de Materiais e Processos*. 3 (2009) 11–20.
- [3] a C.F.M. Costa, M.G. Lima, L.H.M. a Lima, V. V Cordeiro, K.M.S. Viana, Hidroxiapatita: Obtenção , caracterização e aplicações, *Revista eletrônica de Materiais e Processos*. 3 (2009) 29–38.
- [4] J. Boiko, Influência da secagem e do tempo de envelhecimento na obtenção de compósitos de hidroxiapatita - colágeno bovino, Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2009.
- [5] R. Antoniac, Iulian Vasile (University Politehnica of Bucharest, Bucharest, F. Daculsi, Guy (Nantes University, Nantes, Handbook of Bioceramics and Biocomposites, Springer Internation Publishing Switzerland, 2016. https://doi.org/10.1007/978-3-319-12460-5_2.
- [6] H. Faridi, A. Arabhosseini, Application of eggshell wastes as valuable and utilizable products: A review, *Research in Agricultural Engineering*. 64 (2018) 104–114. <https://doi.org/10.17221/6/2017-RAE>.
- [7] S. V Dorozhkin, Calcium Orthophosphate-Based Bioceramics and Biocomposites, 2016. <https://doi.org/10.1002/9783527699315>.
- [8] A.F. Tag El-Din, E.A. Elshehy, M.O. Abd El-Magied, A.A. Atia, M.E. El-Khouly, Decontamination of radioactive cesium ions using ordered mesoporous monetite, *RSC Advances*. 8 (2018) 19041–19050. <https://doi.org/10.1039/c8ra02707b>.
- [9] A. Motameni, A.Z. Alshemary, Z. Evis, A review of synthesis methods, properties and use of monetite cements as filler for bone defects, *Ceramics International*. (2021). <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2021.01.240>.
- [10] L. Medvecky, R. Stulajterova, M. Giretova, J. Mincik, M. Vojtko, J. Balko, E. Petrovova, Enamel Remineralization Potential of Novel Dentifrice with Tetracalcium Phosphate/Monetite Powder Component, *Powder Metallurgy Progress*. 18 (2018) 58–69. <https://doi.org/10.1515/pmp-2018-0007>.
- [11] M.H. Prado Da Silva, J.H.C. Lima, G.A. Soares, C.N. Elias, M.C. De Andrade, S.M. Best, I.R. Gibson, Transformation of monetite to hydroxyapatite in bioactive coatings on titanium, *Surface and Coatings Technology*. 137 (2001) 270–276. [https://doi.org/10.1016/S0257-8972\(00\)01125-7](https://doi.org/10.1016/S0257-8972(00)01125-7).
- [12] L.G. Galea, M. Bohner, J. Lemaître, T. Kohler, R. Müller, Bone substitute: Transforming β -tricalcium phosphate porous scaffolds into monetite, *Biomaterials*. 29 (2008) 3400–3407. <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2008.04.041>.
- [13] F. Tamimi, J. Torres, C. Kathan, R. Baca, C. Clemente, L. Blanco, E.L. Cabarcos, Bone regeneration in rabbit calvaria with novel monetite granules, *Journal of Biomedical Materials Research - Part A*. 87 (2008) 980–985. <https://doi.org/10.1002/jbm.a.31842>.

- [14] I. Boanini, E (Department of Chemistry “G. Ciamician”, University of Bologna, 40126 Bologna, I. Bigi, A. (Department of Chemistry “G. Ciamician”, University of Bologna, 40126 Bologna, I. Gazzano, M. (b ISOF-CNR, c/o Department of Chemistry “G. Ci, Review - Ionic substitutions in calcium phosphates synthesized at low temperature, *Acta Biomaterialia*. 6 (2010) 1882–1894.
- [15] M. Catti, G. Ferraris, A. Filhol, Hydrogen bonding in the crystalline state. CaHPO₄ (monetite), P1 or P1? A novel neutron diffraction study, *Acta Crystallographica Section B Structural Crystallography and Crystal Chemistry*. 33 (1977) 1223–1229. <https://doi.org/10.1107/S0567740877005706>.
- [16] F. Casciani, R.A. Condrate, The Raman spectrum of monetite, CaHPO₄, *Journal of Solid State Chemistry*. 34 (1980) 385–388. [https://doi.org/10.1016/0022-4596\(80\)90439-9](https://doi.org/10.1016/0022-4596(80)90439-9).
- [17] J. Hundemberg, P. Barbosa, “ Nanocompósitos de fosfato de cálcio com óxido de titânio – Síntese e caracterizações ”, Universidade Federal da Paraíba, 2012.
- [18] N.I. of S. and T. Mathew, Mathai (American Dental Association Health Foundation, Paffenbarger Research Center, N.I. of S. and T. Shozo, Takagi (American Dental Association Health Foundation, Paffenbarger Research Center, Structures of Biological Minerals in Dental Research, *Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology*. 106 (2001) 1035–1044. <http://www.nist.gov/jres>.
- [19] K. Momma, F. Izumi, VESTA 3 for three-dimensional visualization of crystal, volumetric and morphology data, *Journal of Applied Crystallography*. 44 (2011) 1272–1276. <https://doi.org/10.1107/S0021889811038970>.
- [20] T. Tsuchida, J. Kubo, T. Yoshioka, S. Sakuma, T. Takeguchi, W. Ueda, Reaction of ethanol over hydroxyapatite affected by Ca/P ratio of catalyst, *Journal of Catalysis*. 259 (2008) 183–189. <https://doi.org/10.1016/j.jcat.2008.08.005>.
- [21] E. Mavropoulos, A Hidroxiapatita como Removida de Chumbo, Fundação Oswaldo Cruz, 1999. <http://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/5315>.
- [22] M. de C. (IPEN) Valente, Síntese de hidroxiapatita e sua aplicação como biomaterial, IPEN Autarquia da Universidade de São Paulo, 1999.
- [23] T.M. (LABIOMAT-U. Volkmer, OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE HIDROXIAPATITA POROSA PELO MÉTODO GELCASTING DE ESPUMAS PARA USO COMO IMPLANTES, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006.
- [24] J.B. Mamani, Estrutura e Propriedades de Nanopartículas Preparadas via sol-gel, Universidade de São Paulo, 2009. <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/43/43134/tde-24082009-090624/>.
- [25] R.M. (LACER-U. Trommer, OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE REVESTIMENTOS DE HIDROXIAPATITA SOBRE SUBSTRATOS DE AÇO INOXIDÁVEL 316L UTILIZANDO A TÉCNICA DE DEPOSIÇÃO QUÍMICA DE VAPOR ASSISTIDA POR CHAMA, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006.
- [26] M.E. Bahrololoom, M. Javidi, S. Javadpour, J. Ma, Characterisation of natural hydroxyapatite extracted from bovine cortical bone ash, *Journal of Ceramic Processing Research*. 10 (2009) 129–138.

- [27] N. Doebelin, R. Kleeberg, Profex : a graphical user interface for the Rietveld refinement program BGMN, *Journal of Applied Crystallography*. 48 (2015) 1573–1580. <https://doi.org/10.1107/S1600576715014685>.
- [28] H.P. (Carnegie-M.U. Klug, L.E. (Carnegie-M.U. Alexander, *X-Ray Diffraction Procedures, Second*, JOHN WILEY & SONS, New-York, New York, 1974.
- [29] B.D. (Department of M.E. and M.S./ U. of N.D. Cullity, *Elements of X-Ray Diffraction*, 1978.
- [30] B. Jokić, M. Mitrić, V. Radmilović, S. Drmanić, R. Petrović, D. Janačković, Synthesis and characterization of monetite and hydroxyapatite whiskers obtained by a hydrothermal method, *Ceramics International*. 37 (2011) 167–173. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2010.08.032>.
- [31] R.L. Frost, Y. Xi, G. Millar, K. Tan, S.J. Palmer, Vibrational Spectroscopy of Natural Cave Mineral Monetite CaHPO_4 and the Synthetic Analog, *Spectroscopy Letters*. 46 (2013) 54–59. <https://doi.org/10.1080/00387010.2012.663852>.
- [32] R.L. Frost, Y. Xi, S.J. Palmer, Are the 'cave' minerals archerite $(\text{K}, \text{NH}_4)\text{H}_2\text{PO}_4$ and biphosphammite $(\text{K}, \text{NH}_4)\text{H}_2\text{PO}_4$ identical? A molecular structural study, *Journal of Molecular Structure*. 1001 (2011) 49–55. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2011.06.015>.
- [33] U. of P. Koutsopoulos, S. (Department of Chemistry, Synthesis and characterization of hydroxyapatite crystals: A review study on the analytical methods, *Journal of Biomedical Materials Research*. 62 (2002) 600–612. <https://doi.org/10.1002/jbm.10280>.
- [34] M. Sadat-Shojai, M.T. Khorasani, E. Dinpanah-Khoshdargi, A. Jamshidi, Synthesis methods for nanosized hydroxyapatite with diverse structures, *Acta Biomaterialia*. 9 (2013) 7591–7621. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2013.04.012>.

ÍNDICE REMISSIVO

9GDL 70

A

Algoritmos 31, 35, 36, 58, 226, 237

Ambiência 124, 126, 127, 129, 132, 133, 134, 135

Análise de sensibilidade 153, 225, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 236

B

Biocombustível 86

Biodigestor 86, 88, 90, 93, 94, 95, 96, 97, 98

Biomaterial 184, 185, 194

Bowtie 155, 162, 166, 168, 169, 172

C

Casca de ovos de galinha 184

Cava final 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 236

Confiabilidade 147, 240, 247, 249, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259

Coronavírus 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10

Covid-19 1, 2, 4, 9, 10, 256

D

Data centers 253

Descarga atmosférica e ATPDraw 196

Dinâmica 20, 22, 24, 25, 26, 35, 69, 70, 71, 72, 74, 120, 133

Disponibilidade 39, 88, 115, 116, 120, 212, 222, 223, 239, 246, 249, 253, 255, 256, 258

E

Encargos complementares 136, 137, 151

Engenharia de custo 136, 140

Equipamentos de proteção individual-(EPI) 136, 141, 146, 151, 152

Escalonamento 31, 32, 33, 39

Essências florestais 11, 12

Evaporação 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123

F

FCA 69, 70, 71, 72

Filtração 86

Física do solo 11

G

Gestão de processos 209

I

Idoso 132, 134

Índice de qualidade de Dickson 11, 13, 14

Indústria aeroespacial 238, 239, 240, 241, 242, 243, 245, 246, 247, 248, 249

Integrado e sustentável 41, 47, 55

L

Laminados 100, 102

Linhas de transmissão 196, 197, 199, 201

M

Manufatura aditiva 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 251

Melhoria continua 209

Metano 86, 89, 90, 91, 95

Método das funções de Green 100

Monetita 184, 185, 189, 190, 191, 192

Moradia adequada 124, 126, 127, 133, 135

Motion cueing 70, 72, 73, 75, 77

N

Nordeste 23, 114, 115, 116, 121, 123, 172, 214, 215, 217, 218

O

Orçamento de obra 136

Otimização 58, 59, 183, 209, 226, 230, 235

P

Pandemia 1, 4, 9, 10, 256, 259

Pedreira 155, 156, 157, 159, 161, 162, 168, 169, 172

Planejamento de lavra 225, 228

Planejamento participativo 41, 46, 47, 55

Plano municipal de saneamento básico 41, 47, 49, 50, 52, 54, 55, 56

Platibandas 18, 20, 25, 26

Políticas públicas 41, 42, 43, 45, 46, 54, 57, 132

Potência reativa 58, 59, 63, 64, 67

Preço da rocha fosfática 225, 228, 229, 233

Pressão efetiva 18, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 27

Processos 8, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 39, 79, 87, 89, 92, 93, 121, 128, 141, 151, 163, 164, 175, 193, 204, 209, 211, 223, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 245, 246, 247, 248, 249

Projeto de cobertura 18

Prospecção 1, 3, 8, 116, 117, 174, 177, 178, 179, 182

Q

Qualidade de mudas 11, 12, 15, 16

R

Regiões críticas 31

Relações socioespaciais 124, 132, 133

Reservatórios superficiais 114, 116, 117, 119, 121, 122

Revisão sistemática da literatura 238, 240

Rota úmida 184, 187, 188

S

Segurança de mina 155, 172

Semáforos 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 39

Simulador 31, 36, 37, 38, 39, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 77

Síntese 134, 140, 184, 185, 186, 187, 194, 203, 204, 205, 206, 208

Sísmica 174, 175, 176, 177, 180, 181, 182, 183

Sistemas de potência 58

Substrato 11, 13, 14, 15, 88, 89

T

Timoshenko 100, 101, 102, 103, 106, 107, 112, 113

V

Ventilação de mina 209, 210, 213, 215, 222

Vigas 100, 101, 102, 103, 104, 106, 112



W

WRAC 155, 156, 162, 164, 165, 166, 167, 168, 170, 172

Atena
Editora

Ano 2021




-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br

***A visão sistêmica e integrada
das engenharias
e sua integração com a sociedade***


Atena
Editora


Ano 2021



 www.atenaeditora.com.br

 contato@atenaeditora.com.br

 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)

 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

*A visão sistêmica e integrada
das **engenharias**
e sua **integração com a sociedade***
