

# Evolução na Ciência e Engenharia de Materiais

Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizador)



**Atena**  
Editora

Ano 2020

# Evolução na Ciência e Engenharia de Materiais

Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizador)



**Atena**  
Editora

Ano 2020

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:** Karine de Lima

**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<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
E93	<p>Evolução na ciência e engenharia de materiais [recurso eletrônico] / Organizador Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2020.</p> <p>Formato: PDF            Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader            Modo de acesso: World Wide Web            Inclui bibliografia            ISBN 978-85-7247-921-9            DOI 10.22533/at.ed.219201601</p> <p>1. Engenharia de materiais – Pesquisa – Brasil. I. Holzmann, Henrique Ajuz.</p> <p style="text-align: right;">CDD 620.11</p>
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

A engenharia de materiais, se tornou um dos grandes pilares da revolução técnica industrial, devido a necessidade de desenvolvimento de novos materiais, que apresentem melhores características e propriedades físico-químicas. Grandes empresas e centros de pesquisa investem maciçamente em setores de P&D a fim de tornarem seus produtos e suas tecnologias mais competitivas.

Destaca-se que a área de material compreende três grandes grupos, a dos metais, das cerâmicas e dos polímeros, sendo que cada um deles tem sua importância na geração de tecnologia e no desenvolvimento dos produtos. Aliar os conhecimentos pré-existentes com novas tecnologias é um dos grandes desafios da nova engenharia.

Neste livro são explorados trabalhos teóricos e práticos, relacionados as áreas de materiais, dando um panorama dos assuntos em pesquisa atualmente. Apresenta capítulos relacionados ao desenvolvimento de novos materiais, com aplicações nos mais diversos ramos da ciência, bem como assuntos relacionados a melhoria em processos e produtos já existentes, buscando uma melhoria e a redução dos custos.

De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais.

Boa leitura!

Henrique Ajuz Holzmann

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
INFLUÊNCIA DO ESPAÇAMENTO DE FIBRAS VEGETAIS NA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO E MORFOLOGIA DA FRATURA DE COMPÓSITOS COM FIBRAS CONTÍNUAS E ALINHADAS	
Fábio Santos de Sousa Edwillson Gonçalves de Oliveira Filho Luciano Monteiro Almeida Roberto Tetsuo Fujiyama	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2192016011</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>10</b>
COMPÓSITOS POLIMÉRICOS HÍBRIDOS COM FIBRAS NATURAIS E SINTÉTICAS CONTÍNUAS E ALINHADAS	
Luciano Monteiro Almeida César Tadeu Nasser Medeiros Branco Douglas Santos Silva Edwillson Gonçalves de Oliveira Filho Roberto Tetsuo Fujiyama	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2192016012</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>23</b>
CARACTERIZAÇÃO DE NANOFILTRO REDUTOR DE SULFETO DE HIDROGÊNIO E UMIDADE DO BIOGÁS	
Mateus Sousa Pinheiro Gabrielle Dias Coelho Maria del Pilar Hidalgo Falla	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2192016013</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>36</b>
DESCRIÇÃO TERMODINÂMICA DE MICRODOMÍNIOS DENTRO DE PICHE MESOFÁSICO PRECURSOR PARA FIBRAS DE CARBONO	
Caio Cesar Ferreira Florindo Adalberto Bono Maurizio Sacchi Bassi	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2192016014</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>51</b>
NANOBIOSENSOR ELETROQUÍMICO BASEADO EM APTAMERO PARA DETECÇÃO DE OCRATOXINA A EM CAFÉ TORRADO	
Maurília Palmeira da Costa Itala Gabriela Tavares Lima Idjane Silva de Oliveira Cesar Augusto Souza de Andrade Maria Danielly Lima de Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2192016015</b>	

<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>63</b>
DETECÇÃO ESPECÍFICA DE SCHISTOSOMA MANSONI EM LCR USANDO UM BIOSSENSOR ELETROQUÍMICO DE DNA BASEADO EM NANOPARTICULAS DE OURO E MERCAPTOSILANO	
Giselle Soares dos Santos	
César Augusto Sousa de Andrade	
Fábio Lopes de Melo	
Maria Danielly Lima de Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2192016016</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>73</b>
PRODUÇÃO DE NANOMATERIAIS BIOMIMÉTICOS A PARTIR DE UM NOVO SISTEMA DE <i>ELECTROSPINNING</i> PARA ENGENHARIA DE TECIDOS DOS MENISCOS DO JOELHO	
Thiago Domingues Stocco	
Anderson de Oliveira Lobo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2192016017</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>87</b>
PLATAFORMA NANOSTRUTURADA BASEADA EM APTÂMERO PARA DETECÇÃO DE OCRATOXINA A	
Maurília Palmeira da Costa	
Ítala Gabriela Tavares Lima	
Idjane Silva de Oliveira	
Cesar Augusto Souza de Andrade	
Maria Danielly Lima de Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2192016018</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>96</b>
CARACTERIZAÇÃO DE NANOCOMPÓSITOS PLA/ZNO POR REOLOGIA E NMR NO DOMÍNIO DO TEMPO	
Amanda Ramos Aragão Melo	
José Carlos Dutra Filho	
Maria Inês Bruno Tavares	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2192016019</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>108</b>
INFLUÊNCIA DA SUBSTITUIÇÃO DE CÁLCIO E BÁRIO EM COMPOSIÇÕES DE PEROVSKITAS $TR_{(1-x)}M_xO_3$ (TR= PR, GD), (M = CA, BA) (X= 0,2) NA ATIVIDADE CATALÍTICA	
Cássia Carla de Carvalho	
Anderson Costa Marques	
Symone Leandro de Castro	
Davidson Nunes de Oliveira	
Filipe Martel de Magalhães Borges	
Alexandre de Sousa Campos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.21920160110</b>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>119</b>
CERÂMICAS AVANÇADAS: PRODUÇÃO DE NANOESTRUTURAS DE ÓXIDOS TERRA RARA-NÍQUEL	
Bruna Niccoli Ramirez	
Márcia Tsuyama Escote	
<b>DOI 10.22533/at.ed.21920160111</b>	



**CAPÍTULO 12 ..... 133**

INSERÇÃO DE ESCÂNDIO E FÓSFORO NO SEMICONDUTOR DE DIÓXIDO DE TITÂNIO PARA APLICAÇÃO EM FOTOCATÁLISE

Eduardo Felipe De Carli  
Eliane Kujat Fischer  
Natali Amarante da Cruz  
Alberto Adriano Cavalheiro

**DOI 10.22533/at.ed.21920160112**

**CAPÍTULO 13 ..... 146**

INDUTORES DE RÁDIO FREQUÊNCIA EXTERNOS COM ALTOS FATORES DE QUALIDADE USANDO OURO, SU8 E ALUMINA

Lucas Martins Miranda de Almeida  
Alexandre da Silva Nascimento  
Richard Alexandrino de Macedo  
Angélica dos Anjos Ayala

**DOI 10.22533/at.ed.21920160113**

**CAPÍTULO 14 ..... 153**

INCLUSÃO DE NANOPARTÍCULAS DE  $3Y-ZrO_2$  EM MATRIZ DE  $\alpha-AL_2O_3$  PARA CONFECCÃO DE INSERTO CERÂMICO

Miguel Adriano Inácio  
José Victor Candido de Souza  
Maria do Carmo de Andrade Nono  
Sergio Luiz Mineiro  
Daniel Alessander Nono

**DOI 10.22533/at.ed.21920160114**

**CAPÍTULO 15 ..... 160**

OPTICAL AND ELECTROCHEMICAL PROPERTIES IN CDSE/CDTE AND CDSE/CDTE NANOCRYSTALS PREPARED BY AQUEOUS SYNTHESIS

Raul Fernando Cuevas Rojas  
Miguel Angel González Balanta  
Silvio José Prado  
Pablo Henrique Menezes  
Lauro Antonio Pradela Filho  
Victor Ciro Solano Reynoso

**DOI 10.22533/at.ed.21920160115**

**CAPÍTULO 16 ..... 170**

PRODUCTION OF ALKALINE PHOSPHATASE BY DENTAL PULP STEM CELLS IN INTERFACE WITH PLASMA MODIFIED TITANIUM

Keylla Dayanne Coelho Marinho de Melo  
Laís Albuquerque Vasconcelos  
Clodomiro Alves Junior  
Jussier Oliveira Vitoriano  
Hugo Alexandre de Oliveira Rocha  
Moacir Fernandes de Queiroz Neto  
José Sandro Pereira da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.21920160116**

**CAPÍTULO 17 ..... 187**

SÍNTESE HIDROTÉRMICA ASSISTIDA POR MICRO-ONDAS DE ALUMINA TRI-HIDRATADA

Ricardo Ritter de Souza Barnasky  
Cristiane Wienke Raubach Ratmann  
Marciel Gaier  
Mário Lúcio Moreira  
Sergio da Silva Cava

**DOI 10.22533/at.ed.21920160117**

**CAPÍTULO 18 ..... 201**

MODIFICAÇÃO QUÍMICA DA LIGA DE ALUMÍNIO 5052 PARA OBTENÇÃO DE SUPERFÍCIES SUPER-HIDROFÓBICAS

Rafael Gleymir Casanova da Silva  
Maria Isabel Collasius Malta  
Severino Leopoldino Urtiga Filho  
Sara Horácio de Oliveira  
Magda Rosângela Santos Vieira

**DOI 10.22533/at.ed.21920160118**

**CAPÍTULO 19 ..... 207**

INFLUENCE OF THE ALUMINA ADDITION IN THE WEAR RESISTANCE OF THE SINTERED AISI 52100 STEEL

Bruna Horta Bastos Kuffner  
Gilbert Silva  
Carlos Alberto Rodrigues  
Geovani Rodrigues

**DOI 10.22533/at.ed.21920160119**

**CAPÍTULO 20 ..... 212**

IMPROVEMENT OF TITANIUM SURFACE WITH PLASMA NITRIDING TREATMENT

Laís Albuquerque Vasconcelos  
Keylla Dayanne Coelho Marinho de Melo  
Clodomiro Alves Junior  
Jussier Oliveira Vitoriano  
Hugo Alexandre de Oliveira Rocha  
Moacir Fernandes de Queiroz Neto  
José Sandro Pereira da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.21920160120**

**CAPÍTULO 21 ..... 226**

AValiação de termofosfatos de alumínio com a adição de escória siderúrgica

Maria Sílvia Camarão de Sousa  
Oscar Jesus Choque Fernandez  
Edilson Carvalho Brasil  
Marcondes Lima da Costa  
Érika Raiol Pinheiro  
Marlo Oliveira Costa

**DOI 10.22533/at.ed.21920160121**

**CAPÍTULO 22 ..... 236**

CARACTERIZAÇÃO DA LAMA DE ALTO-FORNO DE UMA SIDERÚRGICA INTEGRADA DO SUDESTE DO PARÁ

Wellington Bruno Silva de Jesus  
Alacid do Socorro Siqueira Neves  
Emanuel Negrão Macêdo  
José Antônio da Silva Souza  
Luiz Felipe Silva Pereira  
Roseane de Lima Silva  
Verônica Scarpini Cândido  
Antonio Lourenço da Costa Neto  
Raimunda Figueiredo da Silva Maia  
Daniel José Lima de Sousa

**DOI 10.22533/at.ed.21920160122**

**CAPÍTULO 23 ..... 242**

MÉTODO EQUACIONADO PARA PREVISÃO DO TEMPO DE REMOAGEM DE MINÉRIO DE FERRO

Simone Silva Neves  
Filipe Mattos Gonçalves  
Júnia Soares Alexandrino  
Telma Ellen Drumond Ferreira

**DOI 10.22533/at.ed.21920160123**

**SOBRE O ORGANIZADOR..... 254**

**ÍNDICE REMISSIVO ..... 255**

## INFLUÊNCIA DA SUBSTITUIÇÃO DE CÁLCIO E BÁRIO EM COMPOSIÇÕES DE PEROVSKITAS $TR_{(1-X)}M_XO_3$ (TR= PR, GD), (M = CA, BA) (X= 0,2) NA ATIVIDADE CATALÍTICA

Data de aceite: 08/01/2020

### Cássia Carla de Carvalho

Universidade Federal do Rio Grande do Norte,  
Natal, RN

### Anderson Costa Marques

Universidade Federal do Rio Grande do Norte,  
Natal, RN

### Symone Leandro de Castro

Universidade Federal do Rio Grande do Norte,  
Natal, RN

### Davidson Nunes de Oliveira

Universidade Federal do Rio Grande do Norte,  
Natal, RN

### Filipe Martel de Magalhães Borges

Universidade Federal do Rio Grande do Norte,  
Natal, RN

**RESUMO:** Atualmente, muito se tem dito sobre a poluição global. Voorhoeve, como uma alternativa para esse problema, propôs o uso de materiais com estrutura perovskita que têm sua catálise associada à área de superfície. Esta contaminação tem como principais meios as indústrias e os combustíveis provenientes de automóveis, o que promoveu ao longo dos anos várias medidas para tentar reduzi-la, como o Protocolo de Quioto. O objetivo deste artigo é estudar a influência da substituição de cálcio e bário em composições de perovskita  $TR(1-x)$

$MxCoO_3$  sendo TR= (Pr, Gd), M= (Ca, Ba) e (x= 0,2). As composições obtidas via método Pechini e gelatina foram caracterizados por DRX, MEV, TG e estudo de atividade catalítica. As imagens do DRX apresentaram perovskitas não substituídas para composição de gadolínio, exibindo fases de óxidos. No MEV, as amostras eram homogêneas e porosas. A TG mostrou estabilidade térmica entre 700°C - 750°C. Na atividade catalítica de composição de cálcio, as rampas de aquecimento e resfriamento, mostraram uma conversão de metano em  $CO_2$  e  $H_2O$  de aproximadamente 80% enquanto o bário apresentou aproximadamente 40% a 800°C e uma certa estabilidade em ambas as composições durante todo o tempo de reação. A maior conversão foi observada na composição do cálcio, devido à sua maior área específica.

**PALAVRAS-CHAVE:** perovskita, pechini, gelatina, área específica, conversão.

### INFLUENCE OF SUBSTITUTION OF CALCIUM AND BARIUM ON PEROVSKITES COMPOSITIONS $RE_{(1-X)}M_XO_3$ (RE= PR, GD), (M = CA, BA) (X= 0,2) AT CATALYTIC ACTIVITY

**ABSTRACT:** Nowadays, much has been said about global pollution. Voorhoeve, as an alternative to this problem, proposed the use of materials with perovskita structure that have their catalysis associated with the surface

area. This contamination is mainly caused by industries and fuels from cars, which over the years has been promoting various measures to try to reduce it, such as the Kyoto Protocol. The objective of this article is to study the influence of calcium and barium substitution on  $RE(1-x) MxCoO_3$  perovskite compositions being  $RE = (Pr, Gd)$ ,  $M = (Ca, Ba)$  and  $(x = 0.2)$ . The compositions, obtained by the Pechini and gelatin method, were characterized by XRD, SEM, TG and catalytic activity study. The images of XRD showed unsubstituted perovskites for gadolinium composition, exhibiting oxide phases. In SEM, the samples were homogeneous and porous. The TG showed thermal stability between  $700^\circ\text{C} - 750^\circ\text{C}$ . In the catalytic activity of calcium composition, the heating and cooling ramps showed a conversion of methane into  $\text{CO}_2$  and  $\text{H}_2\text{O}$  of approximately 80% while the barium presented approximately 40% at  $800^\circ\text{C}$  and a certain stability in both compositions during the entire reaction time. The highest conversion was observed in the calcium composition due to its larger specific area.

**KEYWORDS:** Perovskite, pechini, gelatin, specific area, conversion.

## 1 | INTRODUÇÃO

A poluição atmosférica é uma das principais pautas em discussão atualmente, principalmente devido ao seu constante crescimento, que se deu início mais fortemente durante a revolução industrial no século XVIII e XIX, com o aumento de tecnologias que funcionam a base de carvão e posteriormente derivados de petróleo (GOULARTE, 2011). Em decorrência ao constante crescimento da poluição, em 1997 em Quioto no Japão houve a assinatura do protocolo de Quioto, onde visa metas aos países desenvolvidos para tentarem diminuir a emissão liberada de acordo com o nível de gases emitidos até 1990 (GOULARTE, 2011). Como alternativa desse problema que repercute atualmente, no século XXI, e tendo em foco uns dos principais responsáveis pela poluição atmosférica, temos os automóveis, que através da queima de combustíveis, liberam grande quantidade de gases poluentes. Logo, tendo em vista o controle da emissão dos gases poluentes exalados pelos automóveis (figura 1), estudos têm sido realizados acerca da emissão de gases poluentes. Um dos estudos de destaque que pode ser citado é o de Voorhoeve, no qual, propôs a utilização de materiais com estrutura perovskita do tipo  $\text{ABO}_3$  como catalisadores automotivos (VOORHOEVE et al, 1976).

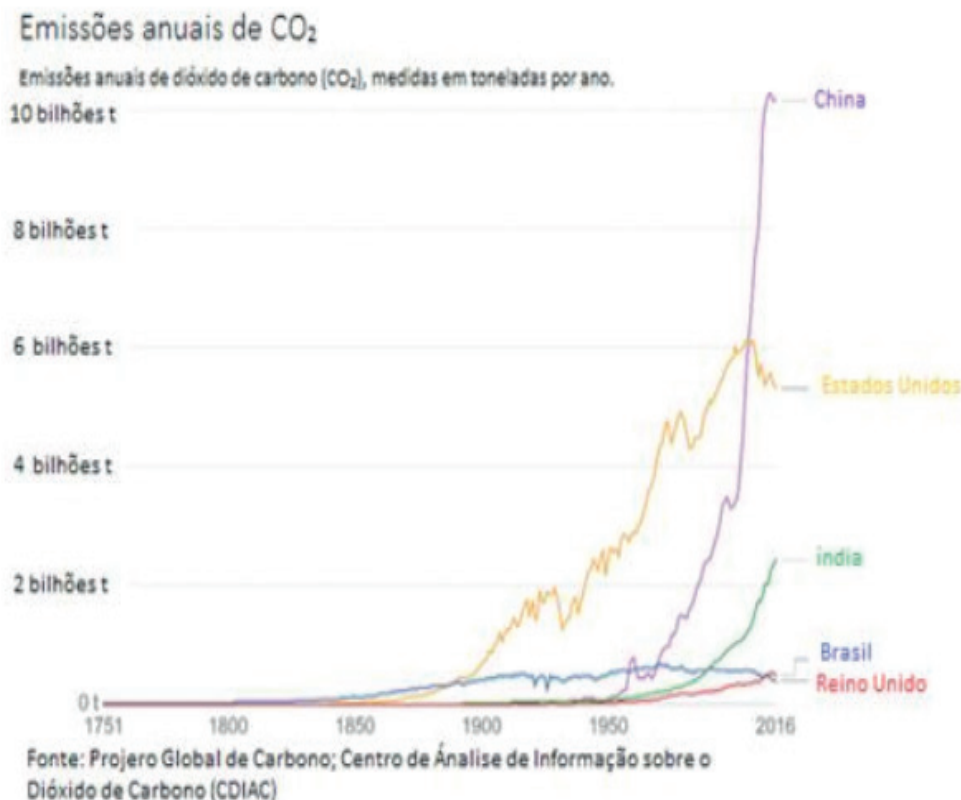


Figura 1. Emissões anuais de dióxido de carbono (Brasil, China, Estados Unidos, Índia e Reino Unido).

Fonte: Projeto global de Carbono; Centro de Análise de Informação sobre o Dióxido de Carbono (CDIAC)

Materiais com estrutura ABO<sub>3</sub> possuem boas propriedades catalíticas, as quais podem ainda ser aumentadas quando ocorre a substituição parcial no sítio A do elemento lantanóide por elemento alcalino terroso que contenha valência diferente em relação ao sítio A, gerando uma vacância de cátions, resultando na formação de defeitos na estrutura da perovskita (REIS et al, 2018). Esse defeito gera vacâncias de oxigênio aumentando assim a sua mobilidade, desta forma, facilitando as reações de oxidação catalítica sobre a superfície do catalisador aumentando a conversão das reações de combustão de metano (QIANG et al, 2019), (YANG et al, 2018).

Visto a importância da substituição parcial na perovskita, este trabalho tem como objetivo realizar um estudo sobre a influência da substituição de Cálcio e Bário em composições de perovskitas TR<sub>(1-x)</sub>M<sub>x</sub>CoO<sub>3</sub> (TR= Pr, Gd), (M = Ca, Ba) (x= 0,2) na atividade catalítica. Para isso, realizamos a síntese das perovskitas via método pechini e gelatina, as quais foram calcinadas 900°C e caracterizadas por DRX, MEV, TG e estudo de atividade catalítica em reação de combustão de metano.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho foi realizado a síntese de quatro perovskitas com composição, Gd<sub>1-x</sub>Ba<sub>x</sub>CoO<sub>3</sub> (Amostra 1), Pr<sub>1-x</sub>Ba<sub>x</sub>CoO<sub>3</sub> (Amostra 2), Gd<sub>1-x</sub>Ca<sub>x</sub>CoO<sub>3</sub> (Amostra 3) e Pr<sub>1-x</sub>

$\text{Ca}_x\text{CoO}_3$  (Amostra 4) as quais as amostras 1 e 2 foram obtidas pelo método precursor polimérico (Pechini) e a amostra 3 e 4 pelo método precursor orgânico (gelatina). As sínteses foram realizadas a partir dos seguintes sais precursores metálicos:  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  (Vetec, 99%),  $\text{Gd}_2\text{O}_3$  (sigma-aldrich 99%) solubilizado com  $\text{HNO}_3$  (Proquímios, 70%), desta forma obtendo a fonte do sal precursor de gadolínio,  $\text{Pr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (Vetec, 99,9%) e  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (Vetec 98%) e  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  (dinâmica, 99%). No método Pechini foi utilizado como agente complexante etilenoglicol  $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$  - (99%, Vetec) e como agente polimerizante ácido cítrico  $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$  - (99%, Vetec). Para o método precursor orgânico, foi utilizado gelatina comercial (Farmafórmula) como agente complexante e polimerizante. As massas dos reagentes necessárias para realização das sínteses foram obtidas a partir de cálculos estequiométricos.

Para a síntese das amostras 1 e 2 via método pechini, houve a diluição do ácido cítrico em água a  $70^\circ\text{C}$  por 30 minutos sob agitação constante, em seguida foram adicionados os nitratos referentes às composições 1 e 2, na proporção molar  $\text{Ni}:\text{AC}=1:3$  (Nitratos : Ácido Cítrico), os quais permaneceram sob agitação por 1 hora e adicionou-se o etilenoglicol na proporção 40 :60 (ácido cítrico : etilenoglicol), elevando a temperatura para  $90^\circ\text{C}$  para evaporação da água e formação da resina polimérica. O método gelatina ocorre de maneira semelhante para a síntese da amostra 3 e 4. Inicialmente é realizada a dissolução da gelatina sobre agitação constante por 30 minutos a  $60^\circ\text{C}$  seguido da adição dos seus respectivos nitratos com temperatura a  $70^\circ\text{C}$  e com intervalo de 30 minutos. Para obtenção da resina polimérica a solução foi elevada a uma temperatura de  $90^\circ\text{C}$ . As quatro resinas obtidas em ambos os métodos foram levadas para o puff em um forno mufla a  $300^\circ\text{C}/4\text{h}$  com taxa de aquecimento de  $5^\circ\text{C}/\text{min}$  para obtenção de pós-precursores. Os pós obtidos foram calcinados a  $900^\circ/4\text{h}$  com taxa de aquecimento de  $10^\circ\text{C}/\text{min}$  objetivando a obtenção da fase perovskita. Após a obtenção dos pós cerâmicos, os mesmos foram caracterizados termicamente, estruturalmente e morfologicamente, por técnicas como análise termogravimétrica (ATG), difração de raios-X (DRX), microscopia eletrônica de varredura (MEV) e realizado a avaliação catalítica através de reações de combustão de metano.

## 2.1 Análise termogravimétrica (ATG)

A análise termogravimétrica, (REIS et al, 2018) tem como objetivo estudar a estabilidade térmica do material e a perda de massa. Neste trabalho, torna-se importante a utilização desta técnica, (NETO, 2014), pois o material catalítico ao funcionar em altas temperaturas, próximo a  $1000^\circ\text{C}$ , necessita de estabilidade térmica, e a ATG permite identificar a temperatura onde o material atinge essa estabilidade térmica além de identificar as temperaturas na qual ocorre a transformação do material precursor até a formação da fase perovskita (REIS et al, 2018). Os materiais foram caracterizados pela análise termogravimétrica (ATG), em equipamento da marca Shimadzu, modelo TGA50, nas condições de intervalo de temperatura entre 27 e  $1000^\circ\text{C}$  e taxa de aquecimento de  $10^\circ\text{C}/\text{min}$ , sob atmosfera de ar com fluxo de 50 ml/min.



## 2.2 Difração de raios-X (DRX)

A difração de raios-X é utilizada para determinar as fases cristalinas presentes em diversos materiais (FILHO, 2013). Portanto, será empregada esta técnica com objetivo de identificação das fases presentes no material calcinado. Para realização desta técnica foi utilizada radiação  $\text{CuK}\alpha$  ( $\lambda=1,54 \text{ \AA}$ ) com  $2\theta$  variando de  $10$  a  $80^\circ$  e velocidade de varredura de  $1^\circ/\text{min}$  em equipamento XRD-6000, do fabricante Shimadzu. Para estudo das cartas e identificação das fases presentes nas composições estudadas, foi utilizado utilizados os software X'pert-Highscore e Crystallographica Search-Match.

## 2.3 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

A técnica MEV tem como finalidade avaliar as características morfológicas como porosidade e homogeneidade das superfícies do material (DUARTE et al, 2007). O equipamento utilizado para microscopia foi o Hitachi TM3000 com aumento de imagem entre 3000 a 10000 vezes com emissão de elétrons retroespalhados.

## 2.4 Avaliação catalítica

O teste catalítico foi realizado com as amostras 2,3 e 4 do catalisador de 0,05g em um micro reator tubular de leito fixo na forma de "U". Os reagentes foram adicionados sob fluxo de 100mL/min da mistura reacional de 2,5% de metano e 10% de oxigênio, ambos diluídos em nitrogênio, com razão molar do  $\text{O}_2/\text{CH}_4 = 4$ . A avaliação catalítica foi realizada a partir da análise das curvas de estabilidade com tempo reacional de 30 minutos e rampas de aquecimento e resfriamento as quais foram realizadas na faixa de temperaturas de  $200^\circ\text{C}$  a  $800^\circ\text{C}$ . Ambos os testes foram utilizados para avaliar as reações de combustão de metano (CARVALHO et al, 2019) (MARQUES et al, 2019) na conversão em  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$ .

## 3 | RESULTADO E DISCUSSÃO

As curvas termogravimétricas apresentadas na figura 2, resultante dos pós precursores da amostra 1 e amostra 2, apresentaram perda de massa em cerca de 43,02% e 53,60% respectivamente, as quais apresentaram estabilidade a partir de  $650^\circ\text{C}$ . As amostras 3 e 4 apresentaram menores perdas de massa, em torno de 19,03% e 6,25%, respectivamente, e estabilidade térmica em torno de  $700^\circ\text{C}$ . A perda de massa para as amostras apresenta três estágios (REIS et al, 2018). Os estágios térmicos observados são: desidratação, ocorrendo devido à perda de água a temperaturas acima de  $100^\circ\text{C}$ , decomposição da matéria orgânica e o terceiro estágio está associado à liberação de oxigênio formando a fase perovskita.



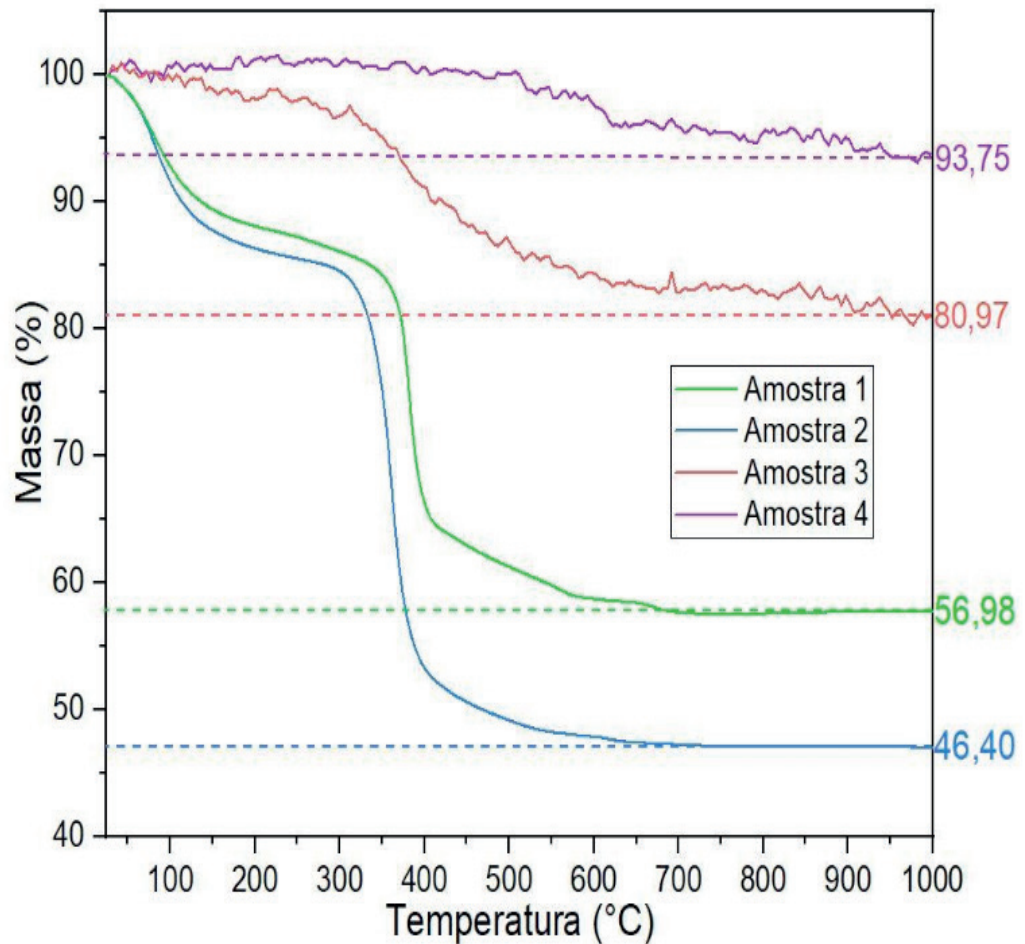


Figura 2: curvas ATG do pó precursor calcinado a 300 °C/4h das amostras 1, 2, 3 e 4.

Os difratogramas de raios-X para as composições, com substituição parcial de 20 mol% de cálcio e bário, com praseodímio, apresentaram a fase perovskita desejada. Para as amostras contendo gadolínio, ocorreu a formação da fase perovskita não substituída e fases oxidas, onde possivelmente há também traços de óxido de bário, sendo possível observar apenas por uma análise mais detalhada, utilizando Rietveld, corroborando com os índices de Miller (figura 3), ocasionando na formação dos picos cristalinos e composição de cada amostra, confirmada pelas cartas PDF's obtidas pelos softwares X'pert-Highscore e Crystallographica Search-Match, conforme tabela 1:

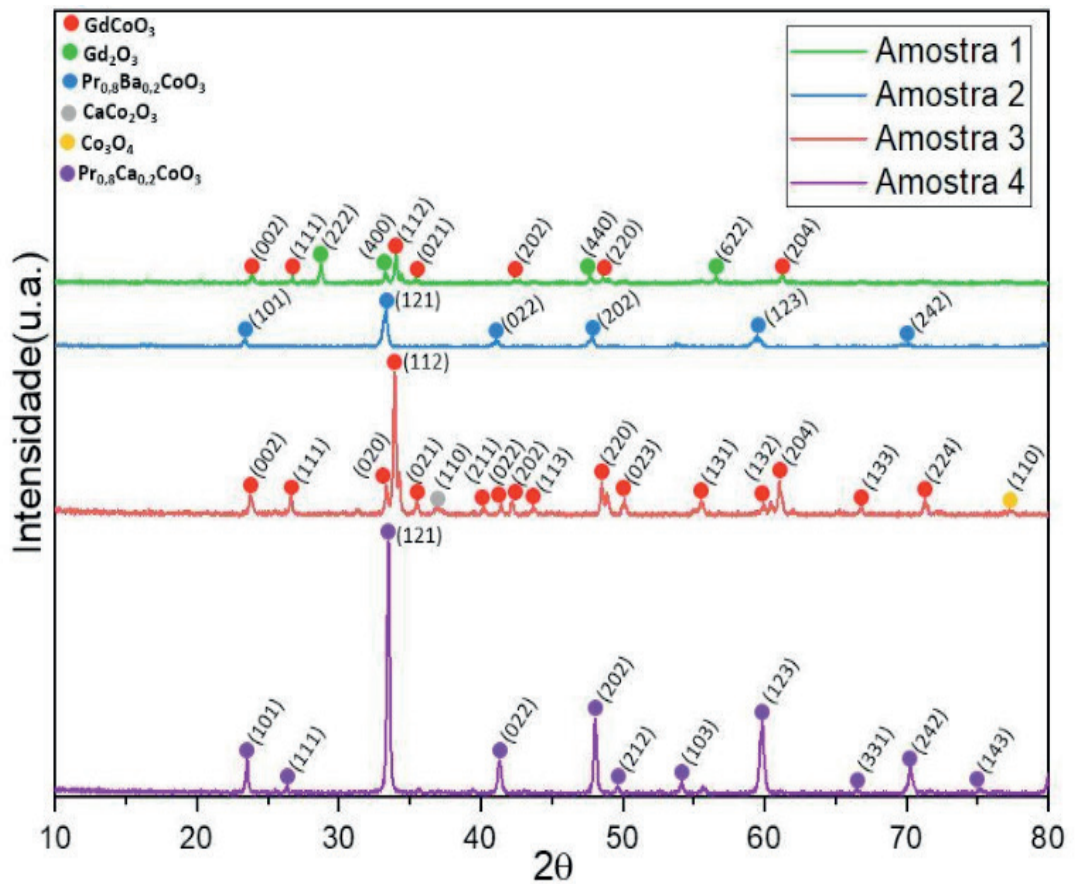


Figura 3: Difratoformas de raios-x das amostras calcinadas a 900°C.

Material	Composição	Carta PDF
Amostra 1	GdCoO <sub>3</sub>	25-1057
	Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11-604
Amostra 2	Pr <sub>0,8</sub> Ba <sub>0,2</sub> CoO <sub>3</sub>	96-153-2084
Amostra 3	GdCoO <sub>3</sub>	25-1057
	CaCo <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	51-1760
	Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	78-1969
Amostra 4	Pr <sub>0,8</sub> Ca <sub>0,2</sub> CoO <sub>3</sub>	96-153-2092

Tabela 1: identificação das fases obtidas das amostras.

A partir das análises da intensidade dos picos de difração de raios-X, podemos fazer a comparação entre as intensidades e seus respectivos ângulos de difração (2 teta), correspondente ao pico mais intenso, referente a fase característica da perovskita, no qual, as amostras 3 e 4 comportaram-se como as mais cristalinas, sendo um fator importante para a atividade catalítica, conforme tabela 2:

Material	Intensidade	Ângulo de difração (2 teta)
Amostra 1	148	34,02
Amostra 2	194	33,34
Amostra 3	740	33,90
Amostra 4	1292	33,50

Tabela 2: comparação entre as intensidades e ângulos de difração das amostras 1,2,3 e 4.

Desse modo, podemos observar que as amostras com o modificador de rede, sendo o elemento cálcio (3 e 4), ocasionou em uma resposta de intensidade melhor, quando comparado às amostras utilizando o formador bário, uma vez que o raio desse elemento é maior, o que dificulta a substituição parcial e entrada na rede.

Nas imagens das micrografias, figura 4, com aumento de 3.000x - 10.000x, foram observadas, superfícies porosas e homogêneas, para todas as amostras. Sendo essas características importantes, uma vez que se trata na conversão catalítica, na qual a presença de poros na superfície corrobora com o aumento do desempenho desse processo de conversão, facilitando na adsorção e dessorção dos gases na superfície do material (WANG et al, 2018).

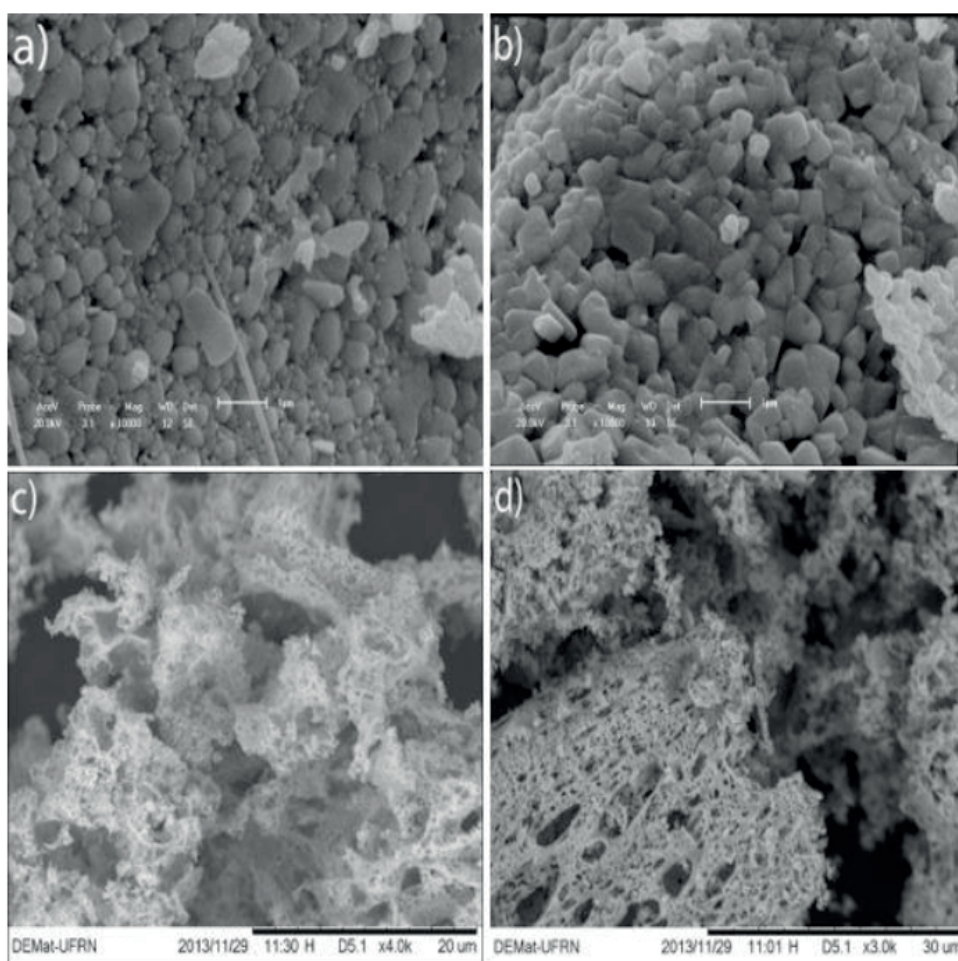


Figura 4: micrografias à 900°C: a) amostra 1; b) amostra 2; c) amostra 3; d) amostra 4.

A atividade catalítica da amostra 3, com alta cristalinidade e formação do óxido de espinélio ( $\text{Co}_3\text{O}_4$ ) de alta área específica (LU et al, 2014), 120,9  $\text{m}^2/\text{g}$ , apresentou nas rampas de aquecimento e resfriamento do catalisador (figura 5), uma maior sobreposição em relação às outras duas amostras (2 e 4) a partir da temperatura de 700°C, relacionada com sua estabilidade praticamente constante, ao ser realizada na temperatura de 800°C. As rampas das amostras 2 e 4 durante quase toda a análise, tiveram uma significativa sobreposição de suas rampas de aquecimento e

resfriamento, corroborando com a fases encontradas da perovskita substituída em cada amostra. Em relação à amostra 4, com substituição parcial de 20 mol% de cálcio, e uma alta cristalinidade, pode-se observar um melhor desempenho na atividade quando comparado a substituição por bário, na qual possui uma baixa cristalinidade. Essa conversão baixa da amostra 2, é ocasionada devido ao bário possuir um raio atômico maior que o do cálcio, desse modo, dificulta sua substituição na rede cristalina, lhe conferindo baixa cristalinidade e como consequência um desempenho baixo nas reações de conversão de combustão de metano.

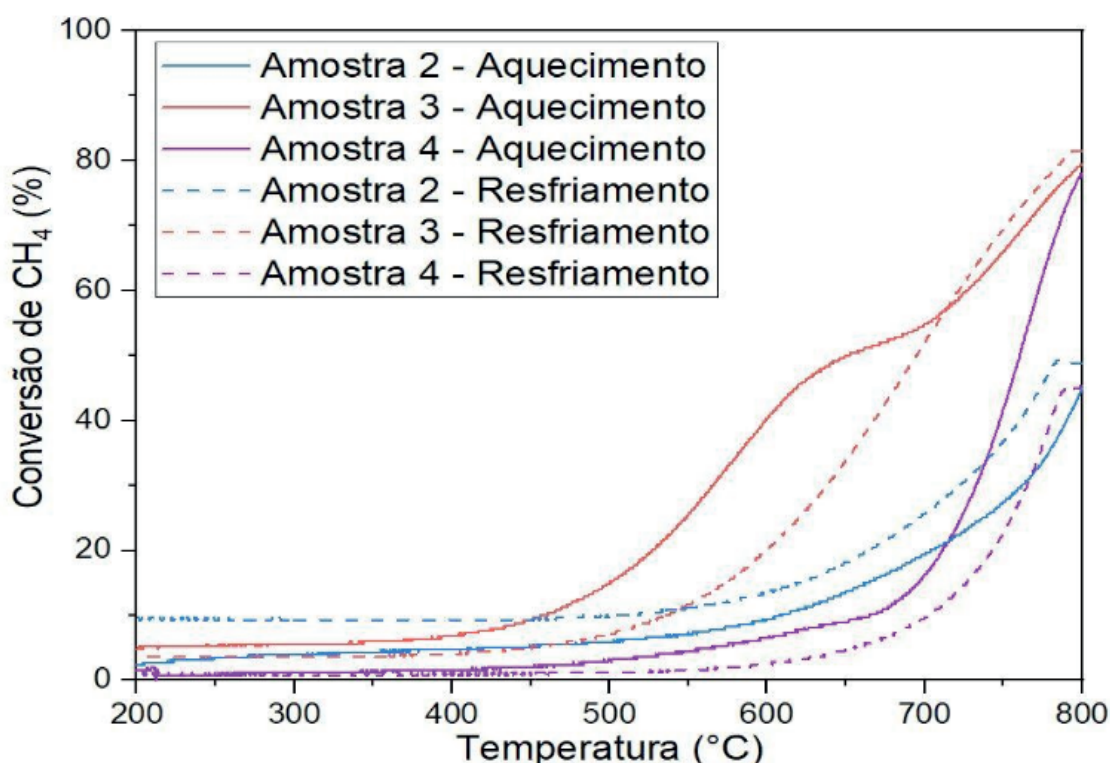


Figura 5: rampas de aquecimentos e resfriamentos das amostras 2,3 e 4 calcinadas a 900 °C.

As amostras de composição de cálcio, possuindo maior cristalinidade e óxidos com alta área específica (amostras 3 e 4), obtiveram uma maior conversão quando comparado a substituição por bário (amostra 2), na temperatura de 800°C, de acordo com a tabela 3:

Temperatura (°C)	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4
500	5,91%	15,32%	3,27%
600	9,45%	40,32%	6,53%
700	19,29%	54,84%	16,33%
800	44,88%	79,44%	77,96%

Tabela 3: porcentagens de conversão de CH<sub>4</sub> em CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O em diferentes temperaturas

As curvas de estabilidade das amostras 2,3 e 4 (figura 6) confirmam os comportamentos das rampas de aquecimento e resfriamento, no qual se observa uma sobreposição aproximada entre as amostras, obtendo uma maior estabilidade durante



todo o tempo reacional para a amostra 3, uma vez que possui alta cristalinidade e área específica elevada, diferente do comportamento observado para as amostras 2 e 4, que ocorreu uma queda na curva de estabilidade destas amostras com a passar do tempo reacional, devido à baixa cristalinidade e não formação de óxidos de alta área específica respectivamente. A amostra 3 apresentou um menor distanciamento na temperatura próxima de 800°C, que foi a temperatura fixada durante todo o tempo reacional, confirmando a não desativação do catalisador e sua estabilidade.

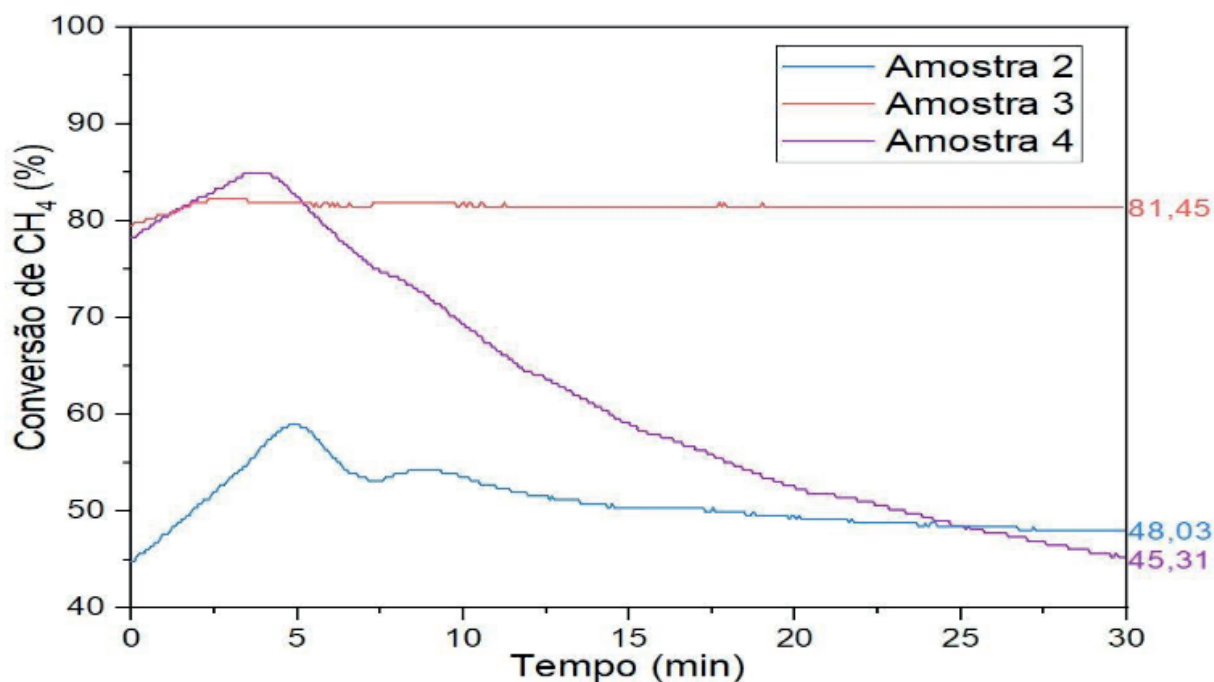


Figura 6: curvas de estabilidade das amostras 2,3 e 4 calcinadas a 900° C.

#### 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

As amostras 3 e 4 com composição de cálcio, foram as mais eficientes como catalisadores, pois tiveram conversões superiores de combustão de metano em gases menos nocivos para o meio ambiente, convertendo em cerca de 77% (amostra 4) e 79% (amostra 3), em CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O, quando comparadas às observadas para as composições de bário, mesmo com a fase perovskita substituída encontrada, porém de baixa cristalinidade. As características tanto estruturais, quanto morfológicas, mostraram propriedades importantes para uma melhor atividade do catalisador.

#### 5 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), à Escola de Ciências e Tecnologia da UFRN (ECT/UFRN), ao Instituto de química da UFRN (IQ-UFRN), ao Núcleo de Processamento Primário e Reuso de Água Produzida e Resíduo (NUPPRAR), ao Departamento de Engenharia de Materiais da UFRN (DEMat-UFRN), à Pró-reitoria de Pesquisa da UFRN (PROPESQ) e ao Centro de

## REFERÊNCIAS

- CARVALHO. C. C; et al. “**Estudo comparativo de perovskitas catalíticas obtidas por métodos químicos molhados para conversão dos COV’s.**” Meio Ambiente, sustentabilidade e agroecologia [recurso eletrônico] / Tayronne de Almeida Rodrigues, João Leandro Neto, Dennyura Oliveira Galvão. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, Vol. 4, 239-248, 2019.
- DUARTE. L. C; JUCHEN. P. J; et al. “**Aplicações de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Sistema de Energia Dispersiva (EDS) no Estudo de Gemas: exemplos brasileiros**”. Pesquisa em geociência. 3-15, 2007.
- ERIC. C; GENUINO. H. C; et al. “**Catalytic oxidation of ethylene at low temperatures using porous copper manganese oxides**”. Applied Catalysis A. 154-160, 2012.
- FILHO. H; LOPES. G. “**Avanços em caracterização de amostras sólidas cristalinas através de Difractometria de Raios-X**” Estação Científica (UNIFAP). 3, 31-45, 2013.
- LU, Y.; HE, Y.; WANG, Y.; KONG, X.; KUANG, Q.; XIE, Z.; ZHENG, L. “**MOF-Templated Synthesis of Porous Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Concave Nanocubes with High Specific Surface Area and Their Gas Sensing Properties**”. ACS Appl. Mater. Interfaces, 6, 4186-4195, 2014.
- MARQUES, A.C. et al. “**Efeito da contração lantanídica na atividade catalítica das perovskitas A(1-x)CaxMnO<sub>3</sub>(a = La, Pr, Gd)**”. Meio Ambiente, sustentabilidade e agroecologia [recurso eletrônico] / Tayronne de Almeida Rodrigues, João Leandro Neto, Dennyura Oliveira Galvão. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, Vol. 5, 261-271, 2019.
- NETO. C. B. M; “**Análise computacional da influência da temperatura de operação de um catalisador automotivo na partida a frio em escapamentos de motores ciclo Otto**”. Tese de doutorado. Universidade Federal De São João. 1-67, 2014.
- QIANG. Y; CHAO. W; et al. “**Engineering an effective MnO<sub>2</sub> catalyst from LaMnO<sub>3</sub> for catalytic methane combustion**” Full Length Article. 239, 1240-1245, 2019.
- REIS. J. V.; PEREIRA, T. C. et al. “**Synthesis of CeNb<sub>3</sub>O<sub>9</sub> perovskite by Pechini method**”. Materials Letters, 227, 261–263, 2018.
- GOULARTE, B.S.; ALVIM, A.M. “**A comercialização de créditos de carbono e seu impacto econômico e social**”. ANÁLISE”. Porto Alegre, 22, 72-88, 2011.
- VOORHOEVE, R. J. H.; PATEL, C. K. N.; TRIMBLE, L. E.; KERL, R. J; GALLAGHER, P. K. “**HCN from the reduction of NO over platinum, palladium, ruthenium, monel and perovskite catalysts**”. Journal of Catalysis vol. 45, 297-304, 1976.
- WANG, Y.; WANG, J, et al. “**Synthesis of hierarchically porous perovskite-carbon aerogel composite catalysts for the rapid degradation of fuchsin basic under microwave irradiation and an insight into probable catalytic mechanism**”. Applied Surface Science, Shanghai, v. 439, p. 475-487, 2018.
- YANG, J; GUO. Y; et al. “**Catalytic oxidation of ethylene at low temperatures using porous copper manganese oxides**”. Chinese Chemical Letters. 29, 252-269, 2018.

## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**Henrique Ajuz Holzmann:** Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Tecnologia em Fabricação Mecânica e Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Doutorando em Engenharia e Ciência do Materiais pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Trabalha com os temas: Revestimentos resistentes a corrosão, Soldagem e Caracterização de revestimentos soldados.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Alumina-zircônia 154, 156

Aptasensor 51, 52, 54, 55, 56, 57, 58, 60, 87, 88, 91, 92, 93

Área específica 108, 115, 116, 117, 142, 143

### B

Biogás 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 35

Biomateriais 74, 75, 209

### C

CdTe/CdSe 161, 162, 163, 164, 165, 168, 169, 170

Compósito 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21

Conversão 108, 110, 112, 115, 116, 118

### E

Eletrofiação 73, 74, 75, 77, 79, 80, 81, 83, 119, 122, 123, 124, 125, 126, 131

Eletroquímica 52, 53, 55, 57, 60, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 87, 88, 89, 91, 92, 189

Engenharia tecidual 74

Espaçamento de fibra 1

### F

Fase Anatase 133, 135, 136, 140, 141, 142, 143

Fator de Qualidade 146, 147, 151, 152

Fibra de Juta 10, 12, 22

Fibra de vidro 10, 12, 13, 20, 21

Fibras de carbono 36, 37, 38, 40, 49

Fibras de sisal 1, 2, 3, 7, 14

Fibras naturais 1, 2, 10, 11, 12, 13, 21

Filtro 23, 28, 33, 97

Fosfato metálico 133

Fotocatálise 133, 134, 135, 142, 144

### G

Gelatina 108, 110, 111

Genossensores 64, 65, 66

### H

H<sub>2</sub>S 23, 24, 25, 28, 29, 32, 33, 34

Híbrido 10, 13, 21



## I

Indutores Internos 146, 151

## L

Laminados 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21

LaNiO<sub>3</sub> 119, 120, 121, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 131

## M

Meniscos 73, 74, 75, 80, 81, 83

Microdomínios 36, 38, 40, 44, 45, 46, 47, 48, 49

## N

Nanocompósito 96, 99, 101, 104, 105

Nanocristais 162

Nanopartículas de Ouro 63, 66, 68

Nanotubo de carbono 51, 87

Neuroesquistossomose 63, 64, 65, 70, 71, 72

Núcleo/casca 162

## O

Ocratoxina A 51, 52, 87, 88

Óxido de zinco 51, 52, 54, 87, 89, 90, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 103, 104, 106, 205, 206

## P

Pechini 23, 24, 27, 34, 108, 109, 110, 111, 118

Perovskita 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 116, 117, 120

Piche mesofásico 36, 38, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 48, 49

Poli(ácido láctico) 96, 97

Propriedades mecânicas 1, 2, 5, 10, 12, 13, 21, 36, 37, 38, 49, 75, 83, 97, 98, 104, 106, 154, 155, 156, 158, 159, 209

## R

Rádio Frequência 146, 147

## S

Síntese coloidal 162

Sol-Gel 122, 132, 133, 134, 136, 144

## T

Teoria mesoscópica do contínuo 36, 39

## U

Umidade 12, 14, 23, 24, 25, 27, 28, 31, 32, 33, 52, 77, 97, 123, 137, 230, 239, 240, 241

