

# 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 CONFEÇÃO 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**

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

Data de submissão: 05/11/2019

Data de aceite: 08/01/2020

### **Wellington Bruno Silva de Jesus**

Universidade Federal do Pará, Faculdade de  
Engenharia de Materiais

Ananindeua – Pará

<http://lattes.cnpq.br/7737719249484101>

### **Alacid do Socorro Siqueira Neves**

Universidade Federal do Pará, Faculdade de  
Engenharia de Materiais

Ananindeua – Pará

<http://lattes.cnpq.br/4480788820987458>

### **Emanuel Negrão Macêdo**

Universidade Federal do Pará, Faculdade de  
Engenharia Química

Belém – Pará

<http://lattes.cnpq.br/8718370108324505>

### **José Antônio da Silva Souza**

Universidade Federal do Pará, Faculdade de  
Engenharia Química

Belém – Pará

<http://lattes.cnpq.br/6157348947425968>

### **Luiz Felipe Silva Pereira**

Universidade Federal do Pará, Faculdade de  
Engenharia Química

Belém – Pará

<http://lattes.cnpq.br/8120966243593671>

### **Roseane de Lima Silva**

Universidade Federal do Pará, Faculdade de

Engenharia de Materiais

Ananindeua – Pará

<http://lattes.cnpq.br/2445050278649015>

### **Verônica Scarpini Cândido**

Universidade Federal do Pará, Faculdade de  
Engenharia de Materiais

Ananindeua – Pará

<http://lattes.cnpq.br/8274665115727809>

### **Antonio Lourenço da Costa Neto**

Universidade do Estado do Pará, Escola de  
Enfermagem Magalhães Barata

Belém – Pará

<http://lattes.cnpq.br/9706279507144450>

### **Raimunda Figueiredo da Silva Maia**

Universidade Federal do Pará, Proderna - ITEC

Belém – Pará

<http://lattes.cnpq.br/9111525101529901>

### **Daniel José Lima de Sousa**

Universidade Federal do Pará, Faculdade de  
Ciência e Tecnologia

Ananindeua – Pará

<http://lattes.cnpq.br/7807631055051705>

**RESUMO:** O Alto-Forno é o principal equipamento em uso para a produção do ferro gusa. Para a redução do minério de ferro em gusa, são alimentados pelo topo do alto forno a carga composta por minério de ferro, carvão vegetal ou coque e calcário. Durante o processo de redução os gases redutores ascendentes

entram em contato com a carga e geram pós no interior do alto forno. Para que esse resíduo não seja lançado diretamente na atmosfera é necessário que haja a recuperação desse material particulado e uma das etapas é a lavagem da poeira do gás de alto-forno, que permite a separação dos particulados sólidos na forma de lama, denominada lama de alto-forno. O objetivo do presente trabalho é a caracterização físico e química da lama do alto-forno a carvão vegetal de uma siderúrgica integrada localizada na região sudeste do estado do Pará, e assim fornecer subsídios para estudos que busquem o reaproveitamento desse resíduo através da sinterização para torná-lo um material mais reativo e dar uma destinação ecologicamente correta e de acordo com as normas ambientais. Para isso, foram realizadas, em laboratório, análises como a granulometria, massa específica, difratometria de raios-X e fluorescência de raios-X. Os teores dos óxidos predominantes foram 57,33 % de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 8,14 % de CaO, 5,6 % de SiO<sub>2</sub> e 1,37 % de ZnO).

**PALAVRAS-CHAVE:** Lama de alto-forno; Caracterização química ; Resíduo.

## CHARACTERIZATION OF THE HIGH-OVEN MUD OF AN INTEGRATED SOUTHERN STEEL FROM PARÁ

**ABSTRACT:** The Blast Furnace is the main equipment in use for the production of pig iron. For the reduction of iron ore in pig iron are fed charged by the top of the blast furnace the cargo charge composed of iron ore, charcoal or coke and limestone. During the reduction process the ascending gases of reduction come in contact with the charge and generate powders inside the blast furnace. In order for this residue not to be released directly into the atmosphere, it is necessary to recover this particulate material and one of the steps is to wash the dust from the blast furnace gas, which allows the separation of the solid particulates in the form of sludge, The objective of the present work is the physical and chemical characterization of a blast furnace sludge from an integrated steel mill located in the southeastern region of the state of Pará, and thus provide subsidies for studies that seek the reuse of this residue through sintering to Make it a more reactive material and give an ecologically correct destination and according to environmental standards. For this, analyzes such as granulometry, specific mass, X-ray diffractometry and X-ray fluorescence were performed in the laboratory. The predominant oxides contents were 57.33% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 8.14% CaO, 5.6% SiO<sub>2</sub> and 1.37% ZnO).

**KEYWORDS:** Blast Furnace Sludge; Chemical Characterization; Residue.

## 1 | INTRODUÇÃO

Atualmente são geradas grandes quantidades de resíduos no setor siderúrgico, e esses resíduos na sua grande maioria não tem um destino e um tratamento adequado, o que vem de certa forma gerar custos a indústria com esse descarte. De acordo com Almeida e Melo (2001) um dos grandes problemas dos resíduos está na forma de

gerenciamento, sendo que uma parte significativa das indústrias independentes de gusa não dispõe de dados relativos à caracterização dos resíduos e, em geral, não existe uma preocupação quanto à destinação ambientalmente adequada.

Alguns estudos já realizados sobre o processo e a composição desses resíduos, em geral eles apresentam grandes quantidades de metais pesados, o que requer não só o aprofundamento de estudos sobre os mesmos mas também a busca por novas desse resíduo. Mas a grande questão é o que se fazer com esse material, ou seja uma forma de gerenciamento que venha a ter um retorno positivo a indústria, dando a destinação e o tratamento correto a esse material dentro da própria siderúrgica e que venha a trazer benefícios a indústria. Então ter o domínio e conhecimento da caracterização desse tipo de resíduo é de suma importância para se chegar a um método de aproveitamento de forma ambientalmente correta.

Em uma siderúrgica o equipamento mais importante é o alto forno, e claro o responsável pela geração de resíduos como; a poeira, a escória e a lama de alto forno. Essa lama é obtida através do processo de lavagem da poeira do gás de alto forno e separação de particulados sólidos. Por fim, o presente trabalho mostra a caracterização física e química da lama de alto forno de uma siderúrgica integrada no sudeste do Pará, com finalidade de fornecer embasamento para possíveis aplicações de acordo com as leis que regem a preservação do meio ambiente e claro beneficiar a indústria.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Foi utilizada uma amostra de poeira de aciaria elétrica, gentilmente, cedida pela SINOBRAS, siderúrgica integrada, em Marabá, município localizado no sudeste do Pará. Na caracterização da matéria prima (resíduo) deste estudo foi realizada a determinação de teor de umidade, a massa específica e a análise granulométrica. A caracterização química foi verificada por difração de raio-X e fluorescência de raio-X.

Para a verificação de teor de umidade foram colocados 150 g de lama de alto forno para secar por 24 horas a 105° C na estufa, depois pesou-se a massa seca e por diferença de massa, obteve-se o teor de umidade. Em seguida foi determinado a massa específica da lama de alto forno através da média de três amostras do material, utilizando o álcool como fluido por ter menor densidade que a água destilada. Já na análise granulométrica foi utilizado um jogo de peneiras da série Tyler de aberturas em mm: 0.147, 0.105, 0.074 e 0,053. O peneiramento foi realizado em agitador de peneiras por 20 minutos.

Por fim foi feita a difração de raio-X (DRX) no laboratório ig/UFGA com o aparelho difratômetro X'per Rt MPD-PRO Panalitical e a fluorescência de raio-X (FRX) em um espectrômetro X epsilon 3, marca Panalitical.

### 3 | RESULTADOS

Após as análises realizadas foram obtidos os resultados de teor de umidade, que chegou a 0,451 g de perda de umidade, ou seja aproximadamente 31% de perda de massa de água, o que podemos dizer ser um valor relativamente baixo, comparados a amostras de outros estudos. O valor médio da massa específica foi de 0,642 g para as análises realizadas em triplicata. A tabela 1 a seguir mostra os resultados obtidos na fluorescência de raio-X, que entre os vários óxidos, foi observado os maiores teores de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$  e  $\text{ZnO}$ . Os teores apresentados foram determinados por análise sem padrões (standardless) de elementos químicos de sódio a urânio, em espectrômetro por fluorescência de raio-X Epsilon 3, marca panalytical.

A figura 1 mostra a análise de difração de raio-X (DRX) onde podemos observar picos de alguns óxidos como hematita  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , calcita  $\text{CaCO}_3$ , quartzo  $\text{SiO}_2$ , magnetita  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  e wustita  $\text{Fe}_{9712}\text{O}$ , com os maiores picos de hematita, havendo também outras fases cristalinas minoritárias. E a figura 2, temos o gráfico da granulometria, onde temos o percentual de material retido, onde a maior quantidade de material retido se concentra.

AMOSTRA	LAMA DE ALTO FORNO	AMOSTRA	LAMA DE ALTO FORNO
$\text{Na}_2\text{O}$	0,45	$\text{ZnO}$	1,37
$\text{MgO}$	0,61	$\text{CaO}$	8,14
$\text{Al}_2\text{O}_3$	0,35	$\text{TiO}_2$	0,38
$\text{SiO}_2$	5,60	$\text{Cr}_2\text{O}_3$	0,04
$\text{P}_2\text{O}_5$	0,20	$\text{MnO}$	0,79
$\text{SO}_3$	0,82	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	57,38
$\text{Cl}$	0,65	$\text{Br}$	0,06
$\text{K}_2\text{O}$	0,55	$\text{PbO}$	0,43

Tabela 1. Florescência de Raio X

A figura 1 mostra a análise de difração de raio-X (DRX) onde podemos observar picos de alguns óxidos como hematita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), calcita ( $\text{CaCO}_3$ ), quartzo ( $\text{SiO}_2$ ), magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) e wustita ( $\text{Fe}_{9712}\text{O}$ ), com os maiores picos de hematita, havendo também outras fases cristalinas minoritárias.

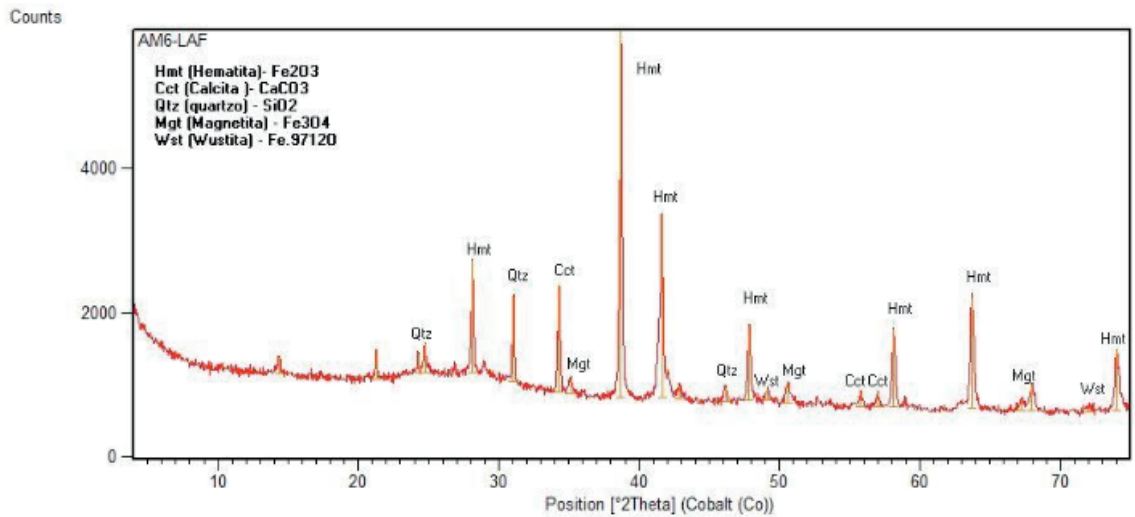


Figura 1. DRX

Na figura 2, têm-se o gráfico da granulometria, que apresenta o percentual do material retido para os diâmetros de abertura das malhas utilizadas. O percentual passante da abertura de 270 mesh é igual a 53,37% (fundo).

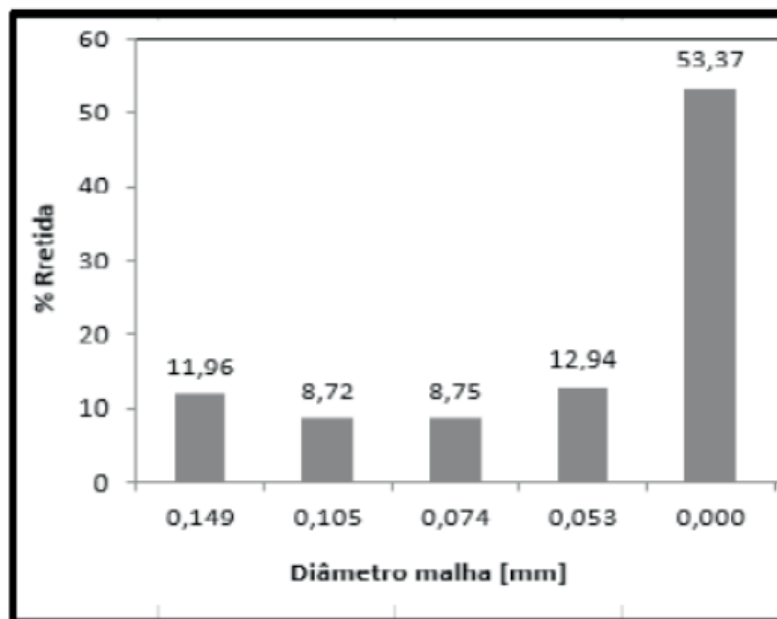


Figura 2. Granulometria

#### 4 | CONCLUSÃO

O teor de umidade encontrado no material não é considerado elevado para o aproveitamento desse resíduo.

Nos resultados da análise granulométrica é possível observar que o material apresenta granulometria fina, abaixo de 0,053 mm.

As análises de DRX e FRX mostraram a quantidade e variedade de metais pesados que contém na matéria prima, predominando dióxidos de ferro, hematita,



calcita, magnetita, quartzo e wustita. As altas taxas de ferro indicam a possibilidade de reaproveitamento do subproduto no próprio alto-forno, na forma de briquetes e em indústrias cerâmicas.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, L. A. **Manual de siderurgia** – 2 ed. São Paulo: Arte e Ciência editora, 2005. 270p.

DALVAN, P. I. G.; REINERT, J.; REICHERT, J. M. **Método alternativo para a determinação da densidade de partículas do solo – exatidão, precisão e tempo de processamento**, Rev. Cie. Rur, Santa Maria, v. 36, n. 2, p. 664-668, abr. 2006.

NEVES, A. S. S.; DANIEL, B. T. F.; SOUZA, J. A.S.; QUARESMA, D. S.; PEREIRA, L. F. S.; MACEDO, E. N.; SILVA, M. V. R.; DIAS, L. M. M. **Caracterização física e química da carepa de laminação para estudo em sinterização**. In: 56° CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 6., 2016, Belém. Conferências. Belém: UFPA/PA, 2016, p. 158-165.

OLIVEIRA, F. R.; SILVEIRA, C. S.; ASSIS, P. S. **Caracterização química e estudo de possíveis aplicações para a lama gerada em alto-forno**. In: 5° ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA QUÍMICA - ENTEQUI, 4., 2012, Maceió. Conferências. Rio de Janeiro: UFF/RJ, 2010, p 56-61.

SILVA, G. V.; NASCIMENTO, R. C. **Reciclagem de resíduos sólidos siderúrgicos via processo de sinterização**. In: XI CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS. 9., 2014, Poços de Caldas. Conferências. Poços de Caldas: IFES/ES, 2014, p. 135-144.

VIEIRA, C. M. F.; DIAS, C.A.C. M.; MONTHE, A. V.; SANCHEZ, R.; MONTEIRO, S. N. **Incorporação de lama de alto forno em cerâmica vermelha Cerâmica**. Rev. Cer. São Paulo, v. 53, n. 5, p. 381-387, jan. 2007.

## **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 dos 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

