

Avanços das Pesquisas e Inovações na Engenharia Química

Jéssica Verger Nardeli
(Organizadora)

Avanços das Pesquisas e Inovações na Engenharia Química

Jéssica Verger Nardeli
(Organizadora)

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

Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

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 de 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. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
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 Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
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
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
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. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
 Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
 Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
 Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
 Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
 Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
 Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
 Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
 Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
 Prof. Me. Douglas Santos Mezacas -Universidade Estadual de Goiás
 Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
 Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
 Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
 Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
 Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
 Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
 Prof. Me. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
 Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
 Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
 Profª Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
 Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
 Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
 Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
 Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
 Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
 Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá
 Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
 Profª Ma. Renata Luciane Posaque Young Blood – UniSecal
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

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

A946 Avanços das pesquisas e inovações na engenharia química 1
[recurso eletrônico] / Organizadora Jéssica Verger Nardeli. –
Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

Formato: PDF
 Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.
 Modo de acesso: World Wide Web.
 Inclui bibliografia
 ISBN 978-65-86002-53-9
 DOI 10.22533/at.ed.539202003

1. Engenharia química – Pesquisa – Brasil. I. Nardeli, Jéssica Verger.

CDD 660.76

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

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

APRESENTAÇÃO

A coleção “Avanços das Pesquisas e Inovações na Engenharia Química volume 1” é uma obra que tem como foco principal a discussão e divulgação científica por meio de trabalhos com diferentes funcionalidades que compõe seus capítulos. O volume abordará de forma categorizada trabalhos, pesquisas que transiram nos vários caminhos da engenharia química de forma mais aplicada tanto para pesquisa como indústria.

O objetivo central foi apresentar de forma categorizada e clara estudos correlacionados a estudo cinético, termodinâmico, físico-químico, caracterização de materiais por meio de várias técnicas (Microscopia eletrônica de varredura, análise de difração de raio-X dentre outras) e abordagens (tamanho de partícula, tratamento estatístico) desenvolvidos em diversas instituições de ensino e pesquisa do país. Em todos esses trabalhos a linha condutora foi o aspecto relacionado à caracterização, aplicação, otimização de procedimentos e metodologias, dentre outras abordagens importantes na área de exatas e engenharia. O avanço das pesquisas e divulgação dos resultados tem sido um fator importante para o desenvolvimento da ciência e estímulo de inovação.

Temas diversos e interessantes são, deste modo, discutidos aqui com a proposta de fundamentar o conhecimento de acadêmicos, mestres e todos aqueles que de alguma forma se interessam pela área de exatas e engenharia química aplicada e educacional. Possuir um material que demonstre evolução de diferentes metodologias, abordagens, otimização de processos, caracterização com técnicas substanciais é muito relevante, assim como abordar temas atuais e de interesse tanto no meio acadêmico como social.

Deste modo a obra “Avanços das Pesquisas e Inovações na Engenharia Química volume 1” apresenta estudos fundamentados nos resultados práticos obtidos pelos diversos professores e acadêmicos que arduamente desenvolveram seus trabalhos que aqui serão apresentados de maneira concisa e didática. Sabemos o quão importante é a divulgação científica, por isso evidenciamos também a estrutura da Atena Editora capaz de oferecer uma plataforma consolidada e confiável para estes pesquisadores explorarem e divulgarem seus resultados.

Jéssica Verger Nardeli

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
RESINA BENZOXAZINA: OBTENÇÃO E POTENCIAL DE APLICAÇÃO NO SETOR AEROESPACIAL	
Cirlene Fourquet Bandeira	
Aline Cristina Pereira Trofino	
Sérgio Roberto Montoro	
Michelle Leali Costa	
Edson Cocchieri Botelho	
DOI 10.22533/at.ed.5392020031	
CAPÍTULO 2	13
ANÁLISE MORFOLÓGICA E LIXIVIAÇÃO DA LAMA VERMELHA APÓS TRATAMENTO TÉRMICO	
Bruno Marques Viegas	
Keize Lorena Martins dos Passos	
Edilson Marques Magalhães	
Josiel Lobato Ferreira	
Diego Cardoso Estumano	
José Antônio da Silva Souza	
Emanuel Negrão Macêdo	
DOI 10.22533/at.ed.5392020032	
CAPÍTULO 3	24
ESTUDOS CINÉTICO E TERMODINÂMICO DA UTILIZAÇÃO DE MESOCARPO DE COCO VERDE NA REMOÇÃO DE ÍONS FLUORETO EM SOLUÇÃO	
César Augusto Canciam	
Nehemias Curvelo Pereira	
DOI 10.22533/at.ed.5392020033	
CAPÍTULO 4	36
ESTUDO FÍSICO-QUÍMICO DE LICORES DE CUPUAÇU (<i>THEOBROMA GRANDIFLORUM</i> SCHUM) COMERCIALIZADOS EM BELÉM DO PARÁ	
João Pedro dos Reis Lima	
Allyson Allennon Pinheiro do Rosário	
José Marcos Nobre de Moura Junior	
Ewerton Carvalho de Souza	
Ivan Carlos da Costa Barbosa	
Ewerton Reginaldo dos Santos Neves	
Ronaldo Magno Rocha	
Charles Alberto Brito Negrão	
Regina Celi Sarkis Müller	
Antonio dos Santos Silva	
DOI 10.22533/at.ed.5392020034	
CAPÍTULO 5	45
INFLUÊNCIA DA CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS TOTAIS NA ELEVAÇÃO DO PONTO DE EBULIÇÃO DE SOLUÇÕES DE LEITE/SACAROSE	
Marcio Augusto Ribeiro Sanches	
Rodrigo Rodrigues Evangelista	
Daniele Penteadó Rosa	
Tiago Carregari Polachini	
Javier Telis Romero	
DOI 10.22533/at.ed.5392020035	

CAPÍTULO 6 54

CINÉTICA DE SECAGEM DE *Alpinia zerumbet* E INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NAS PROPRIEDADES DO SEU ÓLEO ESSENCIAL

Paulo Sérgio Santos Júnior
Gustavo Oliveira Everton
Amanda Mara Teles
Bárbara De Souza Silva
Harvey Alexander Villa-Veléz
Adenilde Nascimento Mouchrek
Victor Elias Mouchrek Filho

DOI 10.22533/at.ed.5392020036

CAPÍTULO 7 66

OSCILAÇÕES AMORTECIDAS EM SISTEMAS DE PARTÍCULAS COM MEMÓRIA ACOPLADA

Jair Rodrigues Neyra
Rafael Santos da Costa
José Rodrigues de Souza Chaves Gonçalves
Marcos Vinicius de Souza Araújo
Paulo Gerson da Cruz Ferreira
Vinícius Frantinne Brito Alves
Waldemar Monteiro de Moura
Eliton Lima Rocha
Maria Liduína das Chagas
Thiago Rafael da Silva Moura

DOI 10.22533/at.ed.5392020037

CAPÍTULO 8 79

NANOPARTÍCULAS DE FE E PY COMO CATALISADORES DA LIQUEFAÇÃO DO CARVÃO

Rafael Santos da Costa
Jair Rodrigues Neyra
José Rodrigues de Souza Chaves Gonçalves
Marcos Vinícios de Souza Araújo
Paulo Gerson da Cruz Ferreira
Vinícius Frantinne Brito Alves
Waldemar Monteiro de Moura
Andrew Nunes de Barros Reis
Maria das Graças Dias da Silva
Marcos Lima Cardoso
Thiago Rafael da Silva Moura

DOI 10.22533/at.ed.5392020038

CAPÍTULO 9 90

ANÁLISE E DIMENSIONAMENTO ÓTIMO DE DECANTADOR HORIZONTAL CENTRÍFUGO PARA SEPARAÇÃO DE SISTEMAS CONTENDO FASE OLEOSA DISPERSA

Alex Vazzoler

DOI 10.22533/at.ed.5392020039

CAPÍTULO 10 99

LIPASE EXTRACELULAR DO FUNGO *METARHIZIUM ANISOPLIAE* PRODUZIDA A PARTIR DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAS

Fabriele de Sousa Ferraz
Laiane Martins Duarte
Isadora Souza Santos Dias
Lina María Grajales

DOI 10.22533/at.ed.53920200310

CAPÍTULO 11 107

SÍNTESE E APLICAÇÃO DE ESFERAS POROSAS DE QUITOSANA NA ADSORÇÃO DE NÍQUEL EM SOLUÇÃO AQUOSA

Flávia Cristina Cardoso Dória
Elaine Cristina Nogueira Lopes de Lima

DOI 10.22533/at.ed.53920200311

CAPÍTULO 12 123

ADSORÇÃO DO COBRE II A PARTIR DA ATIVAÇÃO TÉRMICA DA CASCA DE BURITI (MAURITIA FLEXUOSA)

Larissa Tavares Esquerdo
Brenda Thayssa Figueira Daniel
Yuri Leon dos Santos Silva
Elinaldo Silva Caldas
Alacid do Socorro Siqueira Neves
Reginaldo Sabóia de Paiva
Disterfano Lima Martins Barbosa

DOI 10.22533/at.ed.53920200312

CAPÍTULO 13 131

ISOTERMAS DE SORÇÃO E PROPRIEDADES TERMODINAMICAS DO ABIU (*POUTERIA CAIMITO*)

Emilio Émerson Xavier Guimarães Filho
Ronaldo Maison Martins Costa
Julles Mitoura dos Santos Junior
Nathalia Cristina Ramos Lima
Audirene Amorim Santana

DOI 10.22533/at.ed.53920200313

CAPÍTULO 14 143

CARACTERIZAÇÃO DO OITI *LICANIA TOMENTOSA* (BENTH.) E COMPARAÇÃO DOS PÓS OBTIDOS POR DIFERENTES MÉTODOS DE SECAGEM

Ianê Valente Pires
Tatyane Myllena Souza da Cruz
Gisélia de Sousa Nascimento
Natasha Cunha
Antonio Manoel da Cruz Rodrigues
Heloisa Helena Berredo Reis de Medeiros

DOI 10.22533/at.ed.53920200314

CAPÍTULO 15 153

EFEITO DO TEOR E DO TIPO DE DOPANTE (MG OU MN) NAS PROPRIEDADES DOS CATALISADORES BASEADOS EM ÓXIDO DE FERRO DESTINADOS A WGRS

Larissa Soares Lima
Mariana Santos Rodrigues
Rodrigo Ribeiro de Souza
Maurício de Almeida Pereira
Maria Luiza Andrade da Silva

DOI 10.22533/at.ed.53920200315

CAPÍTULO 16 164

RESÍDUOS DE FERRO E ALUMÍNIO EM COMPÓSITOS POLIMÉRICOS

Gabriel da Cruz Oliveira
Lucas Rezende Almeida

Willian Rayol da Silva
Bruno Henrique Alves Mendes
Brenda Thayssa Figueira Daniel
Deibson Silva da Costa
Reginaldo Sabóia de Paiva

DOI 10.22533/at.ed.53920200316

CAPÍTULO 17 172

DISTRIBUIÇÃO DE TAMANHO DE PARTÍCULA DE BIOMASSA LIGNOCELULÓSICA DE BAGAÇO DE MANDIOCA (BLBM)

Rodrigo Rodrigues Evangelista
Tiago Carregari Polachini
Juan A. Cárcel
Javier Telis-Romero
Antonio Mulet

DOI 10.22533/at.ed.53920200317

CAPÍTULO 18 184

DISTRIBUIÇÃO DE TAMANHO DE PARTÍCULA DE BIOMASSA LIGNOCELULÓSICA DE CASCA DE MANDIOCA (BLCM)

Marcio Augusto Ribeiro Sanches
Tiago Carregari Polachini
Juan A. Cárcel
Antonio Mulet
Javier Telis-Romero

DOI 10.22533/at.ed.53920200318

CAPÍTULO 19 196

COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE BIOMASSA LIGNOCELULÓSICA DE BAGAÇO DE MANDIOCA E DE CASCA DE MANDIOCA: INFLUÊNCIA DA DISTRIBUIÇÃO DO TAMANHO DE PARTÍCULA

Tiago Carregari Polachini
Maria Júlia Neves Martins
Antonio Mulet
Javier Telis-Romero
Juan A. Cárcel

DOI 10.22533/at.ed.53920200319

CAPÍTULO 20 209

ANÁLISE DA VARIAÇÃO DA GRANULOMETRIA DA LAMA VERMELHA NAS PROPRIEDADES DOS COMPÓSITOS

Eryck Eduardo Simplicio dos Santos
Victor Hugo Mafra Monfredo Ferreira
Brenda Thayssa Figueira Daniel
Bruno Henrique Alves Mendes
Deibson Silva da Costa

DOI 10.22533/at.ed.53920200320

SOBRE A ORGANIZADORA..... 217

ÍNDICE REMISSIVO 218

ANÁLISE DA VARIAÇÃO DA GRANULOMETRIA DA LAMA VERMELHA NAS PROPRIEDADES DOS COMPÓSITOS

Data de submissão: 02/11/2019

Data de aceite: 11/03/2020

Eryck Eduardo Simplicio dos Santos

Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia de Materiais
Belém – PA

<http://lattes.cnpq.br/9177107215895675>

Victor Hugo Mafra Monfredo Ferreira

Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia de Materiais
Belém – PA

<http://lattes.cnpq.br/6523666198326490>

Brenda Thayssa Figueira Daniel

Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica
Belém – PA

<http://lattes.cnpq.br/1993134397856983>

Bruno Henrique Alves Mendes

Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química
Belém – PA

<http://lattes.cnpq.br/5787125242125490>

Deibson Silva da Costa

Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia de Materiais
Belém – PA

<http://lattes.cnpq.br/1521124351431087>

RESUMO: Foram produzidos compósitos

de resina polimérica utilizando o resíduo industrial de Lama Vermelha (LV), proveniente da mineradora Hydro Alunorte (Pará), para avaliar suas particularidades por meio de ensaios físicos, mecânicos e de flamabilidade. Foi utilizada a resina poliéster insaturada isoftálica, atrelada ao iniciador e ao acelerador de Cobalto nas proporções de 1 % e 1,5 %, em v/v, respectivamente. As granulometrias empregadas foram de 325 e 400 mesh, com as proporções de 10 % e 20 %. Para a fabricação dos compósitos laminados, seguiu-se o método de fabricação manual “hand lay up” em moldes metálicos. Realizaram-se ensaios físicos (NBR 12766), de tração (ASTM 3039) e de flamabilidade (ASTM D 635). Os compósitos fabricados apresentaram resultados satisfatórios na resistência à tração e à chama em relação à matriz plena, e os resultados dos ensaios físicos (PA, AA, MEA) variaram de acordo com as proporções e granulometrias.

PALAVRAS-CHAVE: Lama Vermelha, Granulometria, Resistência à Chama, Tração.

ANALYSIS OF GRANULOMETRY VARIATION OF RED MUD IN COMPOSITE MATERIALS

ABSTRACT: Polymer resin composites were produced using the industrial residue of Red Mud (LV), from the mining company Hydro Alunorte (Pará), to evaluate their particularities through

physical, mechanical and flammability tests. Isophthalic unsaturated polyester resin was used, linked to the initiator and cobalt accelerator in proportions of 1% and 1.5%, in v/v, respectively. The granulometry used was 325 and 400 mesh, with proportions of 10 % and 20 %. For the manufacture of laminated composites, the manual hand lay up manufacturing method was followed in metallic molds. Physical (NBR 12766), traction (ASTM 3039) and flammability (ASTM D 635) were performed. The composites manufactured presented satisfactory results in tensile and flame resistance in relation to the full matrix, and the results of physical tests (PA, AA, MEA) varied according to the proportions and granulometry.

KEYWORDS: Red Mud; Granulometry; Flame Resistance; Traction.

1 | INTRODUÇÃO

Além de gerar um alto custo para a sua disposição e gerenciamento ambiental devido a sua grande quantidade gerada, os resíduos industriais são fatores alarmantes para um equilíbrio ambiental.

Nesse sentido, a disposição inadequada do resíduo de Lama Vermelha (LV) pode originar problemas como: contaminação da água de superfície e subterrânea por hidróxido de sódio, ferro, alumínio ou outro agente químico; o vento pode carrear pó dos depósitos de lama vermelha seca, formando nuvens de poeira alcalina (Silva Filho et al., 2007).

Uma alternativa para a utilização da lama vermelha em compósitos é como carga, pois é um resíduo de baixo custo e facilmente disponível, tendo como objetivo melhorar as propriedades mecânicas, térmicas e reduzir os custos dos componentes. Assim, como carga em compósitos poliméricos, a lama vermelha tem grande potencial de uso.

Ademais, é importante a determinação e/ou conhecimento das propriedades de um material para analisar suas possíveis formas de utilização.

Nesse contexto, as propriedades físicas, mecânicas e térmicas são de considerável importância para os compósitos, pois por meio dessas e de outras propriedades é possível avaliar a possibilidade de algumas aplicações.

O artigo mostra a influência da variação da granulometria da lama vermelha nas propriedades de resistência à tração e de flammabilidade nos compósitos poliméricos com resíduos de lama vermelha.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Para a elaboração dos compósitos utilizou-se o método denominado “hand lay up”, e a fabricação ocorreu na Usina de Materiais do Laboratório de Engenharia Química da Universidade Federal do Pará. Fez-se a cominuição de todo material em

um moinho de bolas e o particulado foi separado em peneiras de 325 e 400 mesh (#) da série Tyler.

Posteriormente, fazendo uso de uma tabela com as medidas das massas pré-definidas, realizou-se a determinação da massa e em seguida a retirada da umidade em uma estufa durante vinte minutos em temperatura de 100° C. Conjuntamente, aplicou-se desmoldante no molde metálico retangular, com o objetivo de evitar o contato direto da mistura com o molde e facilitar a sua remoção após a etapa de prensagem.

Em seguida, determinou-se a massa da resina, com as proporções de 10 e 20 % para cada granulometria empregada. Após a retirada do resíduo da estufa, preparou-se a mistura.

A mistura foi feita com a seguinte ordem: resina, acelerador de Cobalto, resíduo e iniciador MEK-P (Butanox M-50). Ao adicionar o catalisador à resina, fez-se a mistura com o auxílio de um bastão de vidro até haver apenas uma fase homogênea no recipiente. Sucessivamente, incorporou-se o resíduo e, para iniciar o processo de cura, foi adicionado o Butanox.

Por conseguinte, a mistura foi despejada de maneira homogênea no molde metálico, devidamente nivelado, e esperaram-se aproximadamente oito minutos para atingir o ponto de gel. Após este processo, o molde foi levado à prensa hidráulica. Na prensa, o molde foi fechado e submetido a uma carga de aproximadamente 25 kN, por vinte minutos.

Finalmente, retirou-se do compósito do molde metálico, o identificando. A Figura 1 apresenta um fluxograma da fabricação.

Após o processo de fabricação dos compósitos, realizaram-se os ensaios físicos, de tração e de retardância à chama segundo as normas NBR 12766, ASTM 3039 e ASTM D 635, respectivamente.

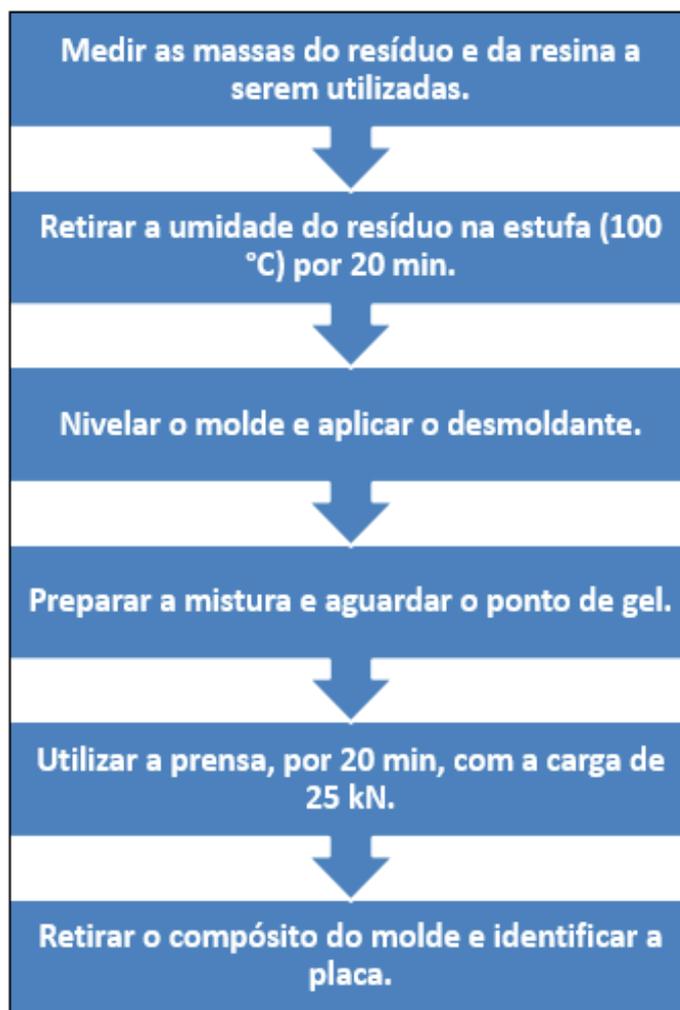


Figura 1: Fluxograma de fabricação.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização física

Na Tabela 1 estão presentes os resultados de Absorção de Água (AA), Porosidade Aparente (PA) e Massa Específica Aparente (MEA), com diferentes composições e granulometrias dos compósitos com lama vermelha e a matriz polimérica plena.

Resíduo (%)	AA (%)	PA (%)	MEA (g/cm ³)
Resina	0,28 ± 0,05	0,34 ± 0,06	1,22 ± 0,0006
10 % / 325#	0,36 ± 0,04	0,46 ± 0,06	1,26 ± 0,0011
20 % / 325#	0,46 ± 0,04	0,63 ± 0,05	1,36 ± 0,0025
10 % / 400#	0,60 ± 0,15	0,76 ± 0,19	1,25 ± 0,0099
20 % / 400#	0,56 ± 0,04	0,73 ± 0,07	1,30 ± 0,0463

Tabela 1: Resultados para as propriedades físicas dos compósitos de lama vermelha.

Pode-se observar que as composições com a granulometria de 400#, tanto com 10 % e 20 % de resíduos, apresentaram maiores valores de PA e AA. Esses resultados podem estar relacionados à heterogeneidade de particulados, o que pode indicar

melhoria na incorporação entre partículas e o polímero.

Dentre os dados de AA, temos que as composições com 10 % / 325# e 20 % / 325# foram as que tiveram o índice de absorção mais aproximado em relação à matriz polimérica. As demais composições tiveram índices variados de acordo com a granulometria.

Com relação aos resultados de PA obtidos, as composições que apresentaram o menor índice foram com 10 % / 325# e 20 % / 325#, também.

À medida que se diminuiu a granulometria e se aumentou a proporção de resíduos a MEA apresentou uma tendência de aumento. Logo, isso pode estar relacionado com a massa específica estar diretamente proporcional a quantidade de lama vermelha presente na mistura.

Os resultados estão de acordo com o exposto pela regra da mistura, a qual diz que as propriedades do novo material são resultado das características de seus constituintes separados e das frações volumétricas das fases (Ghesquiere, 1976).

Caracterização mecânica

A Tabela 2 apresenta os resultados de resistência à tração obtidos para os compósitos de lama vermelha com suas respectivas composições em massa.

Resíduo / Proporção	Tensão de Resistência (MPa)
Resina	21,34 ± 7,06
10 % / 325#	41,57 ± 4,82
20 % / 325#	34,59 ± 3,82
10 % / 400#	40,82 ± 4,28
20 % / 400#	22,60 ± 2,11

Tabela 2: Resultados do ensaio de resistência à tração para os compósitos com lama vermelha.

Pode-se observar que a melhor tensão de resistência foi referente à composição de 10 % / 325#, que teve um aumento de aproximadamente 95 % em relação à matriz plena. Essa elevada resistência à tração pode estar relacionada à questões como uma boa dispersão da mistura, homogeneização e compactação dos resíduos e resina durante o processo de fabricação, mínima quantidade de defeitos e imperfeições.

Além disso, torna-se notável que, predominantemente, com a variação das proporções e granulometrias de lama vermelha utilizadas há um aumento das tensões de resistência a tração, quando comparada com a matriz plena.

Contudo, houve um decréscimo das tensões de resistência quando foram empregadas as proporções e granulometrias de 20 % / 325# e 20 % / 400#, o que pode ser explicado pela maior quantidade de resíduos empregada na mistura. Estes resultados estão de acordo com trabalhos de outros autores como o de Mendes 2019, onde este cita que quanto maior a quantidade de resíduos empregada na matriz polimérica, menor será a resistência a tração.

Ademais, a composição 10 % / 400# também teve um aumento considerável na resistência à tração em relação à matriz plena, o que pode evidenciar a influência da granulometria nas propriedades mecânicas dos compósitos de lama vermelha.

Flamabilidade

A Tabela 3 mostra os resultados, obtidos do ensaio de retardância à chama.

Resíduo / Proporção	Taxa (mm/min)
Resina	22,60 ± 1,52
10 % / 325#	18,80 ± 0,77
20 % / 325#	15,10 ± 0,68
10 % / 400#	17,58 ± 1,14
20 % / 400#	13,67 ± 0,84

Tabela 3: Taxas de flamabilidade para os compósitos com lama vermelha.

A resina plena utilizada nos ensaios apresentou resultados adequados quando comparados aos exigidos pela norma ASTM D 635. Ficou evidente, portanto, que houve uma diminuição da taxa de queima ao acrescentar o resíduo como carga de enchimento e à medida que se diminuiu a granulometria utilizada.

Pode-se analisar, conforme se acrescentou resíduo (20 %), nas duas granulometrias utilizadas (325# e 400#), na matriz polimérica observou-se uma diminuição da taxa de queima, ratificando que à medida que se aumenta a porcentagem de resíduo na matriz, há uma diminuição considerável na taxa de queima da mesma e que o resíduo pode atuar como retardante de chamas.

Desse modo, pode-se perceber uma correlação entre a melhoria das propriedades anti-chamas com a diminuição da granulometria da lama vermelha e quantidade de resíduos aplicados em matrizes poliméricas (Ribeiro, 2013).

Estes resultados são satisfatórios, pois quanto maior for o tempo de queima do material, menor será a velocidade de propagação da chama, viabilizando a execução de medidas de reação e segurança em situações com a presença de chamas.

Em território nacional, a resolução CONTRAN nº 675, exige que os revestimentos internos da indústria automobilística tenham uma velocidade de propagação de chama de 250 mm/min. Já na norma ASTM D 635, o valor estabelecido é inferior. Os compósitos estudados apresentaram valores bem menores do que os exigidos.

A Tabela 4 evidencia uma comparação entre os compósitos fabricados que apresentaram menores taxas de queima (20 % / 400#) e os padrões exigidos.

Resíduo / Proporção	Taxa (mm/min)
CONTRAN 675	250,00
ASTM D 635	40,00
20 % / 400#	13,67 ± 0,84

Tabela 4: Comparativo entre as taxas de queima com as normas e resolução.

Comparando-se os resultados obtidos dos compósitos de lama vermelha fabricados com os valores exigidos pelas normas, torna-se notável que os materiais compósitos produzidos apresentaram resultados consideravelmente satisfatórios e valores menores do que são exigidos.

Com relação ao valor estipulado pela norma do CONTRAN 675, conseguiu-se uma redução de 93,53 % com 20 % / 400# na taxa de propagação de chamas, para a lama vermelha. Para o valor estabelecido pela ASTM 635, a redução foi de aproximadamente 65,82 %, para a lama vermelha.

Logo, a diminuição da granulometria e a adição de porcentagens maiores de resíduos de lama vermelha podem ser fatores que influenciam na característica de retardante à chamas dos compósitos.

4 | CONCLUSÃO

A produção de compósitos com resíduos de lama foi satisfatória, que o método de fabricação empregado foi eficiente e que os compósitos apresentaram poucos defeitos e boa uniformidade. Além disso, observou-se uma compatibilidade dos resíduos de lama vermelha com a matriz polimérica.

Em relação à caracterização física, apresentaram-se os resultados esperados visto que à medida que a matriz é saturada de resíduos de LV, com diferentes faixas granulométricas (325# e 400#), sua massa específica, porosidade aparente e taxa de absorção de água aumentaram, o que implica na variação das propriedades dos compósitos em questão.

Com relação à caracterização de resistência mecânica, a variação da granulometria (325# e 400#) influenciou de maneira diferente, de acordo com os tamanhos das partículas empregadas, nos resultados dos ensaios. Contudo, todos os compósitos apresentaram um aumento considerável na resistência a tração.

A lama vermelha apresentou uma capacidade de retardo à chama quando incorporada em compósitos com matriz polimérica, possui a capacidade de retardo à chama (característica atraente para aplicação em revestimentos internos da indústria automobilística, a qual necessita da velocidade de propagação de chama até 250 mm/min).

Nesse sentido, houve um decréscimo na taxa de degradação conforme se aumentou a quantidade e se diminuiu a granulometria do resíduo na matriz polimérica.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) - NBR 12766, **Determinação da massa específica aparente, porosidade aparente, absorção de água aparente**. 1992. 2p.

ASTM D 3039 “**Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite**”

Materials”, Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials, 2000.

ASTM D 635 “**Rate of Burning and/or Extent and Time of Burning of Plastics in a Horizontal Position**” Annual Book of ASTM Standards. American Society for Testing and Materials, 2010.

Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN). Resolução nº. 675 - “**Requisitos aplicáveis aos materiais de revestimento interno do habitáculo de veículos e dá outras providências.**” Diário Oficial da União, Seção 1, página 13534, 09 de setembro de 1986.

GHEQUIERE, A; BAUWENS, J C. - J Appl. Polym. Sci., 20, 891-901 (1976).

MENDES, B. H. A. (2019), **Estudo da Influência da Incorporação de Resíduo de Beneficiamento de Caulim nas Propriedades de Compósitos de Matriz Polimérica Reforçada com Fibra de Bambu**, Belém - PA, 80p. (dissertação de mestrado).

RIBEIRO, L. M., **Flamabilidade e retardância de chama do compósito: poliéster insaturado reforçado com fibra de abacaxi (palf)**. Holos, ano 29, vol 1, 2013.

SILVA FILHO, E.B; ALVES, M.C.M; DA MOTTA, M., **Lama vermelha da indústria de beneficiamento de alumina: produção, características, disposição e aplicações alternativas**. Revista Matéria, v. 12, n. 2, pp. 322-338, 2007.

SOBRE A ORGANIZADORA

Jéssica Verger Nardeli: Possui graduação em Química Bacharel com Atribuições Tecnológicas pela Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD (2012), com Mestrado em Química pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Instituto de Química de Araraquara, SP (2014). Desenvolveu estágio de pesquisa no exterior durante o Mestrado e Doutorado na Universidade de Lisboa - Instituto Superior Técnico de Lisboa - IST, Lisboa, Portugal. Atualmente desenvolve Doutorado pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Instituto de Química de Araraquara, SP. Revisora dos periódicos indexados: *Corrosion e Advanced Engineering Forum*. Tem experiência na área de Química, Engenharia Química, Engenharia de Materiais com ênfase em Química de Materiais e Eletroquímica. Atualmente a autora tem se dedicado nos seguintes temas: revestimentos contra corrosão, revestimento orgânico, síntese, tratamento de superfície, polímeros, poliuretano, química verde, estudo eletroquímico, caracterização de superfície, caracterização eletroquímica convencional e localizada, revestimento *self-healing, smart coating*. Possui experiência nas técnicas: *Attenuated Total Reflectance Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR-ATR), Optical Microscope - OM, Scanning Electron Microscopy - SEM, Adhesion tests, Raman, Nuclear Magnetic Resonance - NMR, Atomic Force Microscopy - AFM, Thermogravimetric Analysis - TGA, Electrochemical Impedance Spectroscopy - EIS, Localized Electrochemical Impedance Spectroscopy - LEIS and Scanning Vibrating Electrode Technique - SVET coupled with the Scanning Ion-selective Electrode Technique - SIET*.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acidez 36, 39, 40, 41, 128
Adsorção de níquel 107, 117
Análises de difração de raios X 17, 22
Ativação térmica da casca 123

B

Biomassa 10, 33, 34, 100, 129, 172, 173, 174, 175, 176, 178, 180, 181, 182, 184, 185, 186, 187, 189, 190, 192, 194, 196, 198, 199, 200, 201, 205, 206

C

Calor isostérico de sorção 131, 132, 139, 140, 141
Calor latente de vaporização 132, 136
Caracterização físico-química 38, 43, 141
Casca de Buriti 123, 124, 129
Catalisadores baseados em óxido de ferro 153, 156, 159, 160, 161
Cinética de secagem 54, 56, 60, 61, 64, 65, 150
Composição química 14, 16, 29, 33, 47, 49, 50, 196, 200, 205, 206
Compósitos 2, 3, 8, 10, 11, 23, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 205, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216
Compósitos poliméricos 164, 170, 210

D

Decantador horizontal 90, 91, 95
Densidade 6, 10, 36, 37, 39, 40, 59, 62, 82, 90, 95, 97, 145, 172, 175, 196, 198
Determinação dos carboidratos 202

E

Energia livre de Gibbs 27, 31, 33, 132, 135
Entropia diferencial 133, 139, 140
Equação de Gibbs- Helmholtz 135
Esferas porosas 107, 110, 111, 119
Espectrofotômetro 112, 127, 156, 202
Estudo físico-químico 36

F

Forças de atração intermolecular 136

G

Granulometria 164, 179, 190, 200, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215

I

Indústria aeroespacial 1, 2, 3, 5, 6, 9

Isotermas de sorção 131, 133, 134, 137, 138, 139

L

Lama vermelha 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 22, 23, 209, 210, 212, 213, 214, 215, 216

Licores 36, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 44

Licores de cupuaçu 36, 37, 38, 43

Lignocelulósica 172, 173, 174, 175, 176, 178, 180, 181, 182, 184, 185, 187, 189, 190, 192, 194, 196, 198, 199, 200, 206

Liofilizador 143, 144, 146

Lipase extracelular 99

M

Microscopia eletrônica de varredura 13, 15, 17, 22

N

Nanopartículas de ferro 81

O

Óleo essencial 54, 55, 56, 59, 62

P

Partículas com memória acoplada 66

pH 25, 26, 28, 30, 33, 36, 37, 38, 40, 41, 102, 109, 112, 113, 119, 120, 123, 124, 126, 127, 128, 129, 156, 162, 202, 203

Polpa de Oiti 148

Propriedades dos catalisadores 153, 156

Propriedades dos compósitos 209, 215

Propriedades termodinâmicas 131, 133, 135, 136, 139

Q

Quimiometria 37

Quitosana na adsorção de níquel 107

R

Refractance Window 143, 144, 145, 149, 151

Resíduos de ferro 164

Resina benzoxazina 1, 4, 5, 6, 9, 10, 11

Resinas fenólicas 1, 2, 3, 5, 9

T

Tamanho de partículas 175, 198, 200

Teor de lignina insolúvel 201

Tipo de dopante 153, 160

Tratamento térmico 13, 16, 17, 21, 22

Tratamento térmico-hidrometalúrgico 13, 16, 22

U

Utilização de mesocarpo de coco verde 24

V

Viscosidade 36, 37, 39, 40, 41, 95, 97, 205

 **Atena**
Editora

2 0 2 0