

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 MORFOLÓGICA E LIXIVIAÇÃO DA LAMA VERMELHA APÓS TRATAMENTO TÉRMICO

Data de aceite: 11/03/2020

Bruno Marques Viegas

Universidade Federal do Pará - UFPA, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos
Belém - PA

Keize Lorena Martins dos Passos

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

Edilson Marques Magalhães

Universidade Federal do Pará - UFPA, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos
Belém - PA

Josiel Lobato Ferreira

Universidade Federal do Pará - UFPA, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos
Belém - PA

Diego Cardoso Estumano

Universidade Federal do Pará - UFPA, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos
Belém - PA

José Antônio da Silva Souza

Universidade Federal do Pará - UFPA, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia
Belém - PA

Emanuel Negrão Macêdo

Universidade Federal do Pará - UFPA, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia
Belém - PA

RESUMO: Este trabalho propõe a análise morfológica e lixiviação da lama vermelha após tratamento térmico visando a extração do óxido de ferro. A lama vermelha foi submetida a um tratamento térmico nas temperaturas de 500, 600 e 1000°C na presença de carvão vegetal, visando a redução da hematita à magnetita. O produto da calcinação foi lixiviado com ácido sulfúrico a 30% (v/v) e 90°C. As análises de microscopia eletrônica de varredura e difração de raios X mostraram que, para a temperatura de calcinação de 1000°C, parte do ferro reagiu com o titânio para formar a ilmenita. O percentual de extração de óxido de ferro foi de 31%.

PALAVRAS-CHAVE: Lama vermelha, Ferro, Tratamento térmico-hidrometalúrgico, Morfologia.

MORPHOLOGICAL ANALYSIS AND LEACHING MUD RED AFTER THERMAL TREATMENT

ABSTRACT: This work proposes the morphological analysis and leaching red mud after thermal treatment to the extraction of iron oxide. The red mud was subjected to a thermal treatment at temperatures of 500, 600 and 1000°C in the presence of charcoal, aiming at the reduction of hematite to magnetite. The calcination product was leached with 30% (v/v) sulfuric acid at 90°C. Scanning electron

microscopy and X-ray diffraction analysis showed that at the calcination temperature of 1000°C, part of the iron reacted with titanium to form the ilmenite. The percentage of iron oxide extraction was 31%.

KEYWORDS: Red mud, Iron, Thermal-hydrometallurgical treatment, Morphology.

1 | INTRODUÇÃO

A lama vermelha é a denominação genérica para o resíduo sólido insolúvel gerado durante a etapa de clarificação do processo Bayer para o beneficiamento da bauxita, sendo normalmente disposta em lagoas projetadas especialmente para este fim (Silva Filho *et al.*, 2007).

A qualidade da jazida de bauxita utilizada influencia na composição química e na quantidade de lama vermelha gerada. Não existe uma proporção exata entre a quantidade de alumina produzida e a quantidade de lama vermelha gerada (Silva Filho *et al.*, 2007). Entretanto, Tsakiridis (2011) afirma que uma típica refinaria gera entre 1,0 e 1,6 toneladas de lama vermelha por tonelada de alumina produzida. Para Komnitsas *et al.* (2004), dependendo da qualidade da bauxita, esta faixa varia entre 0,3 toneladas, para bauxitas de alta qualidade (alto teor de alumínio), e 2,5 para as de baixa qualidade.

Devido ao fato de mais de 90% do óxido de alumínio produzido em todo o mundo ser proveniente do processo Bayer, pesquisas que busquem alternativas a esse tipo de resíduo tem particular importância, pois a estocagem desse resíduo alcalino é cara (entre 1 e 2% do preço da alumina) e requer uma grande área de disposição (Ribeiro, 2011; Singh *et al.*, 1996).

Este trabalho tem como foco principal realizar a análise morfológica da lama vermelha após a calcinação, seguido de um processo hidrometalúrgico para a recuperação do ferro presente no resíduo.

2 | METODOLOGIA EXPERIMENTAL

A Figura 1 apresenta o fluxograma das etapas do procedimento experimental realizado.

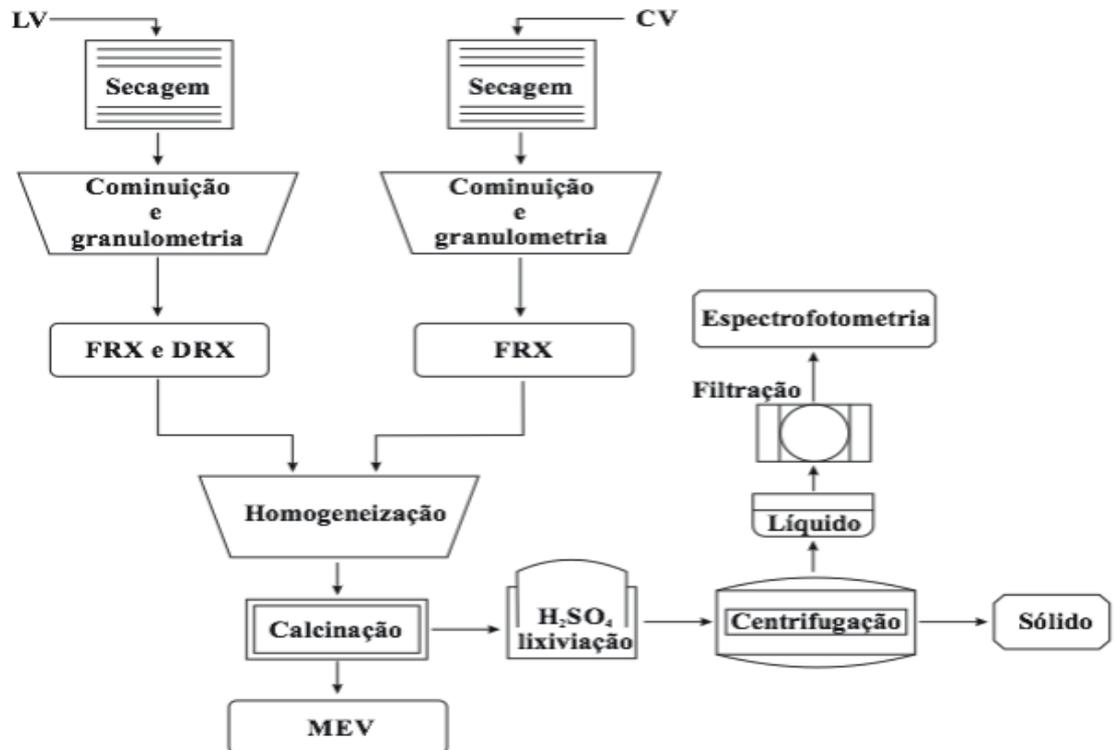


Figura 1: Fluxograma do procedimento experimental.

Conforme verifica-se na Figura 1, inicialmente houve a secagem das matérias-primas, lama vermelha (LV) e carvão vegetal (CV), seguido do processo de cominuição para o ajuste das granulometrias. As granulometrias da lama vermelha e do carvão vegetal foram ajustadas para partículas menores que $150 \mu\text{m}$ e $1,70 \text{ mm}$, respectivamente. Após o pré-tratamento das amostras, a LV foi caracterizada utilizando as técnicas de fluorescência (FRX) e difração de raios X (DRX); enquanto que o carvão vegetal foi caracterizado pelo FRX.

Com o auxílio de um moinho de bolas, preparou-se uma mistura de lama vermelha e carvão vegetal na proporção de 70% de LV e 30% de CV. A mistura foi calcinada em três temperaturas distintas: 500 , 600 e 1000°C durante 2 h. Após o processo de calcinação, as misturas foram caracterizadas utilizando a técnica de microscopia eletrônica de varredura (MEV).

As misturas, provenientes do processo de calcinação, foram lixiviadas com ácido sulfúrico a 30% (v/v) e 90°C durante 5 h. Ao final do processo de lixiviação, realizou-se a separação do lixiviado (fase líquida) e do concentrado (fase sólida). A fase líquida foi filtrada e quantificada com relação ao óxido de ferro extraído, utilizando a técnica de espectrofotometria de absorção no UV-VIS.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise por fluorescência de raios X foi realizada com o propósito de quantificar os compostos de ferro presentes na LV antes e após o tratamento térmico-hidrometalúrgico. A Tabela 1 apresenta a composição química da lama vermelha antes do tratamento térmico.

Compostos	Composição (%)
SiO ₂	18,67
TiO ₂	5,86
Al ₂ O ₃	23,82
Fe ₂ O ₃	34,56
CaO	1,83
MnO	0,14
K ₂ O	0,11
Na ₂ O	12,80
SO ₃	0,17
P ₂ O ₅	0,40
V ₂ O ₅	0,19
ZrO ₂	1,31
Outros	-

Tabela 1: Composição química da lama vermelha antes do tratamento térmico.

Os resultados da Tabela 1 mostram que o óxido de ferro é o componente majoritário no resíduo, com 34,56% em peso. Outros compostos também estão presentes em grandes quantidades, como os óxidos de alumínio, silício e sódio nas concentrações de 23,82%, 18,67% e 12,80% em peso, respectivamente.

A Tabela 2 apresenta a composição química do carvão vegetal obtida através da análise de fluorescência de raios X.

Compostos	Composição (%)
SiO ₂	3,27
TiO ₂	0,03
Fe ₂ O ₃	0,10
CaO	3,29
MgO	0,41
K ₂ O	1,03
SO ₃	0,53
P ₂ O ₅	0,34
CO ₂	90,94
Outros	-

Tabela 2: Composição química do carvão vegetal.

Verifica-se na Tabela 2 que o carvão vegetal contém 90,94% em massa de carbono, apresentado na forma de CO_2 . A grande quantidade de carbono no carvão vegetal justifica a sua utilização no processo de calcinação, uma vez que o mesmo atuará como reagente no processo de redução da hematita à magnetita (LI *et al.*, 2009; Rao *et al.*, 1974). Nas análises de difração de raios X, foram identificadas as fases minerais presente na lama vermelha antes e após o tratamento térmico. A Figura 2 apresenta a comparação entre a lama vermelha não calcinada (LVN) e as misturas calcinadas nas temperaturas de 500, 600 e 1000°C.

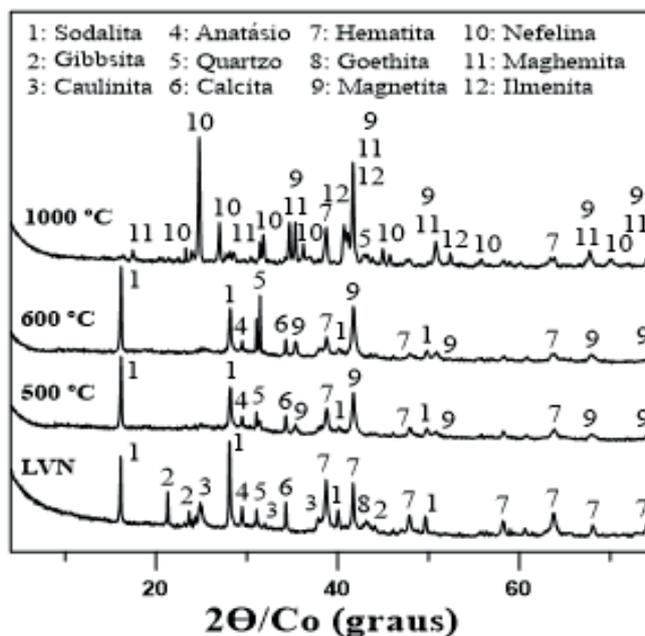


Figura 2: Efeito da temperatura de calcinação.

Verifica-se na Figura 2, para as três temperaturas analisadas, que após o tratamento térmico houve a decomposição da goethita e a formação da magnetita e maghemita. A goethita é antiferromagnética e termicamente estável, mas quando aquecida a temperaturas superiores a 200°C, sofre desidroxilação formando hematita (Magalhães, 2008). Conforme observado por Krimpalis (2008), acima de 600°C ocorre a formação da maghemita, a qual pode ser confirmada pelos difratogramas, pois para a mistura calcinada a 500 e 600°C não há a presença desse mineral, o que confirma a sua formação em temperaturas superiores a 600°C.

A análise de microscopia eletrônica de varredura, em conjunto com a técnica de difração de raios X, teve como objetivo identificar e caracterizar as transformações ocorridas na lama vermelha após o processo de calcinação. A Figura 3 apresenta o mapa de elementos obtido pelo MEV para a mistura calcinada a 500°C.

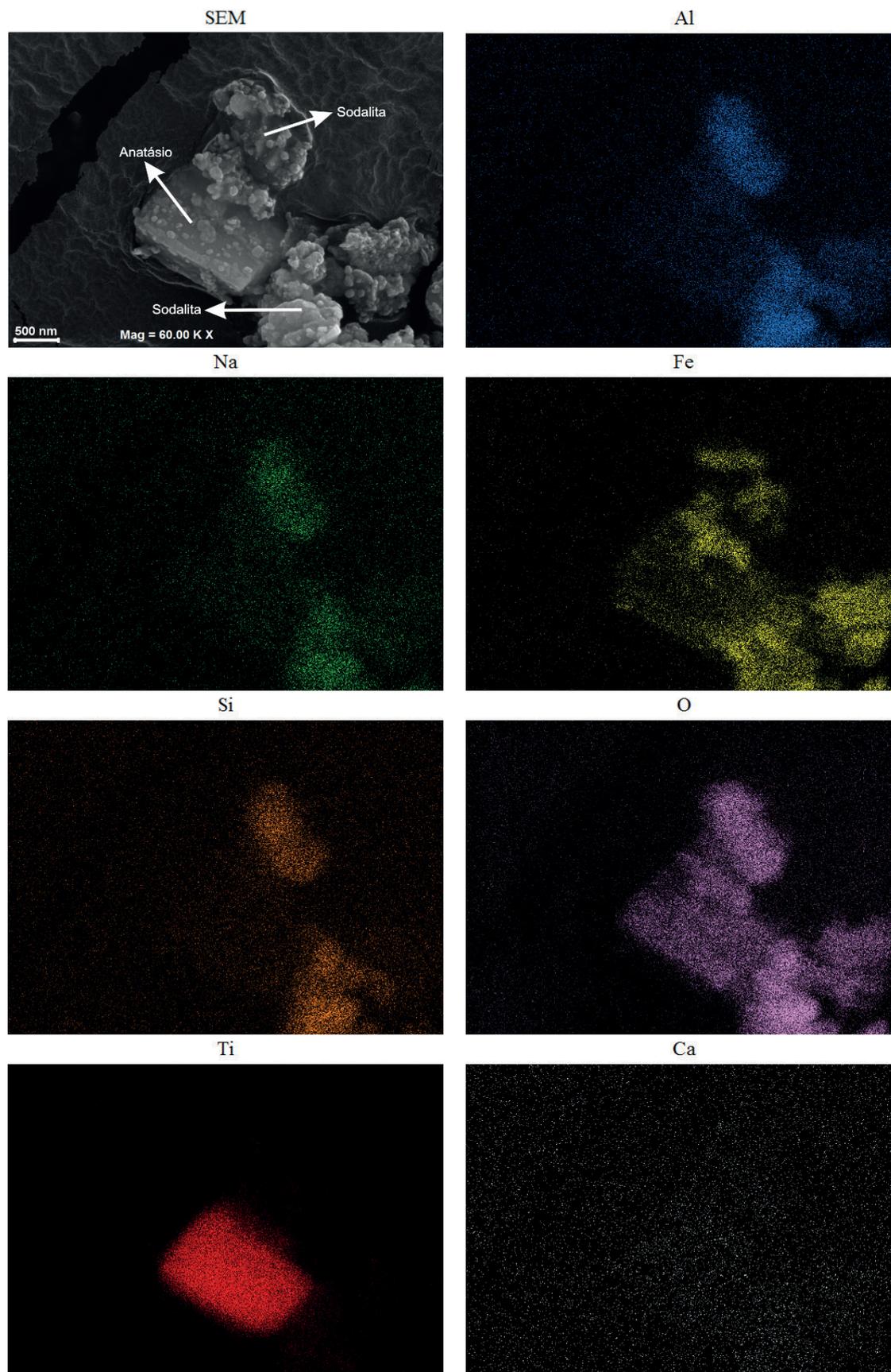


Figura 3: Mapa de elementos da micrografia para a mistura calcinada a 500°C.

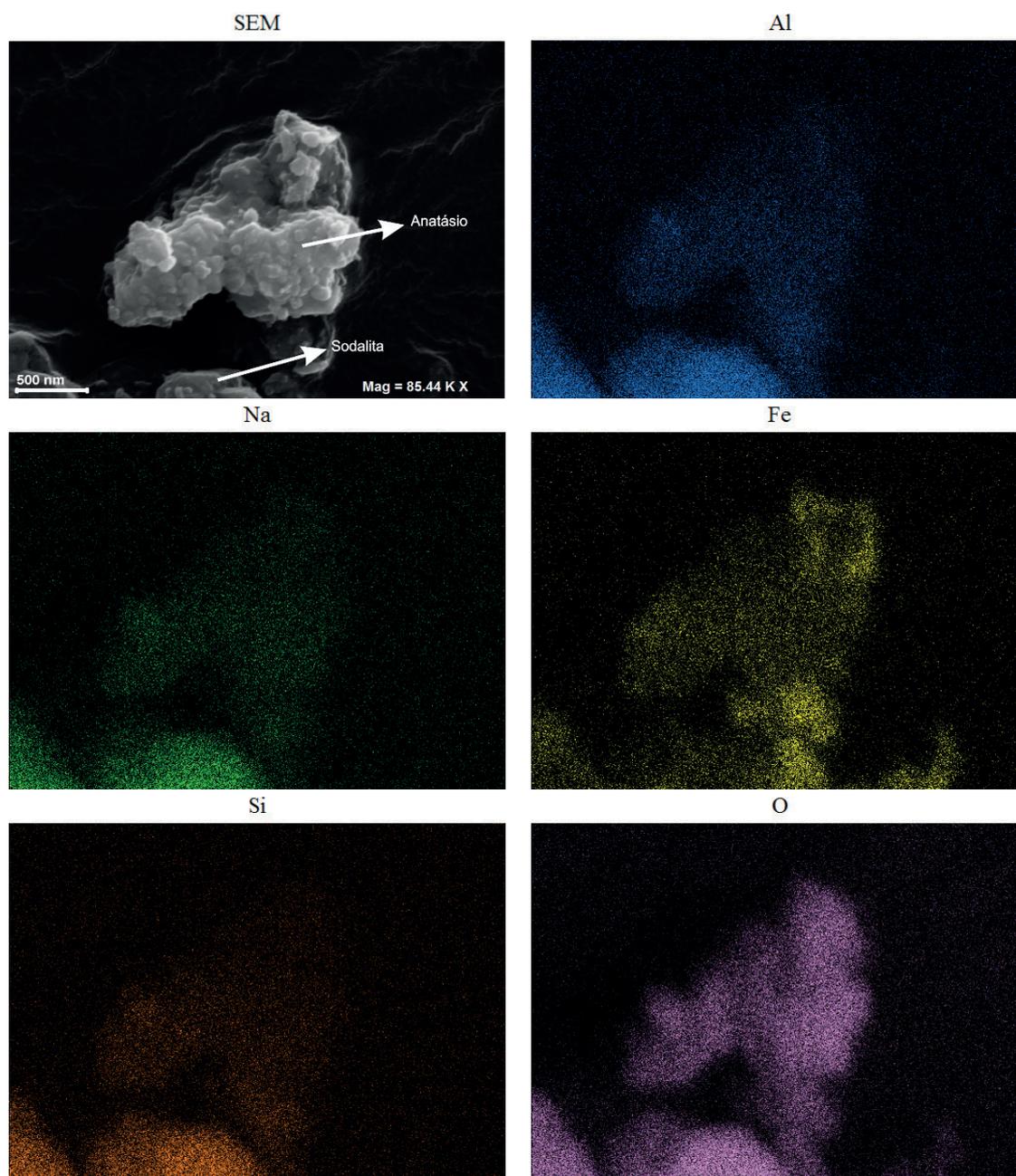
O mapa de elementos da Figura 3 apresenta, na região selecionada, a distribuição dos principais elementos constituintes da lama vermelha. Pode-se verificar que há uma grande concentração de titânio e oxigênio em uma mesma região, o que caracteriza como sendo o anatásio, pois segundo as análises de DRX, esse é o único mineral de

titânio presente na mistura nessa temperatura.

Observa-se na Figura 3 outras duas regiões em que há grandes concentrações de alumínio, sódio, silício e oxigênio, o que caracteriza o mineral de sodalita, segundo as análises de DRX. É possível observar também a presença de óxido de ferro em algumas regiões, o qual pode ser caracterizado tanto como hematita quanto magnetita.

Verifica-se na Figura 3 que as partículas de lama vermelha apresentam tamanhos nanométricos, como por exemplo o óxido de titânio, que apresenta uma morfologia próxima a de uma esfera, com partículas de diâmetros que variam de 50 a 300 nm.

A Figura 4 apresenta o mapa de elementos obtido pelo MEV para a mistura calcinada a 600°C.



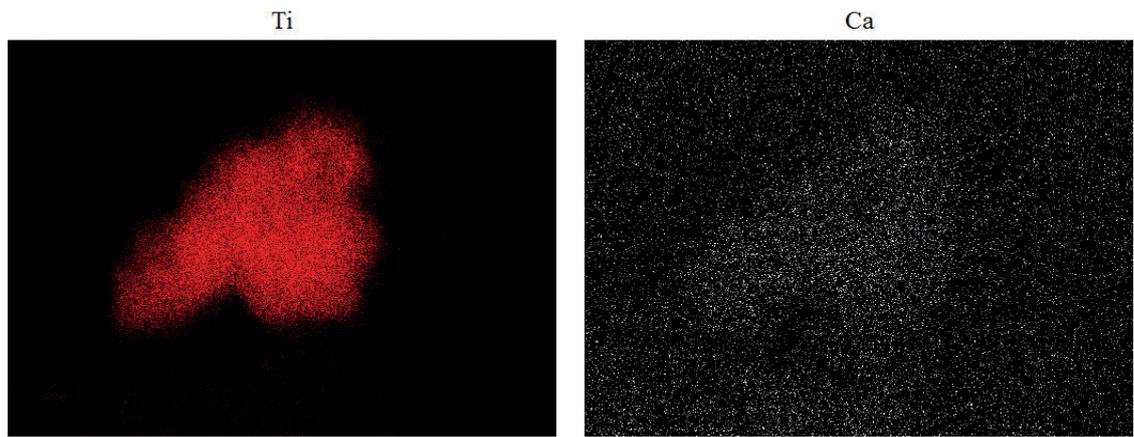
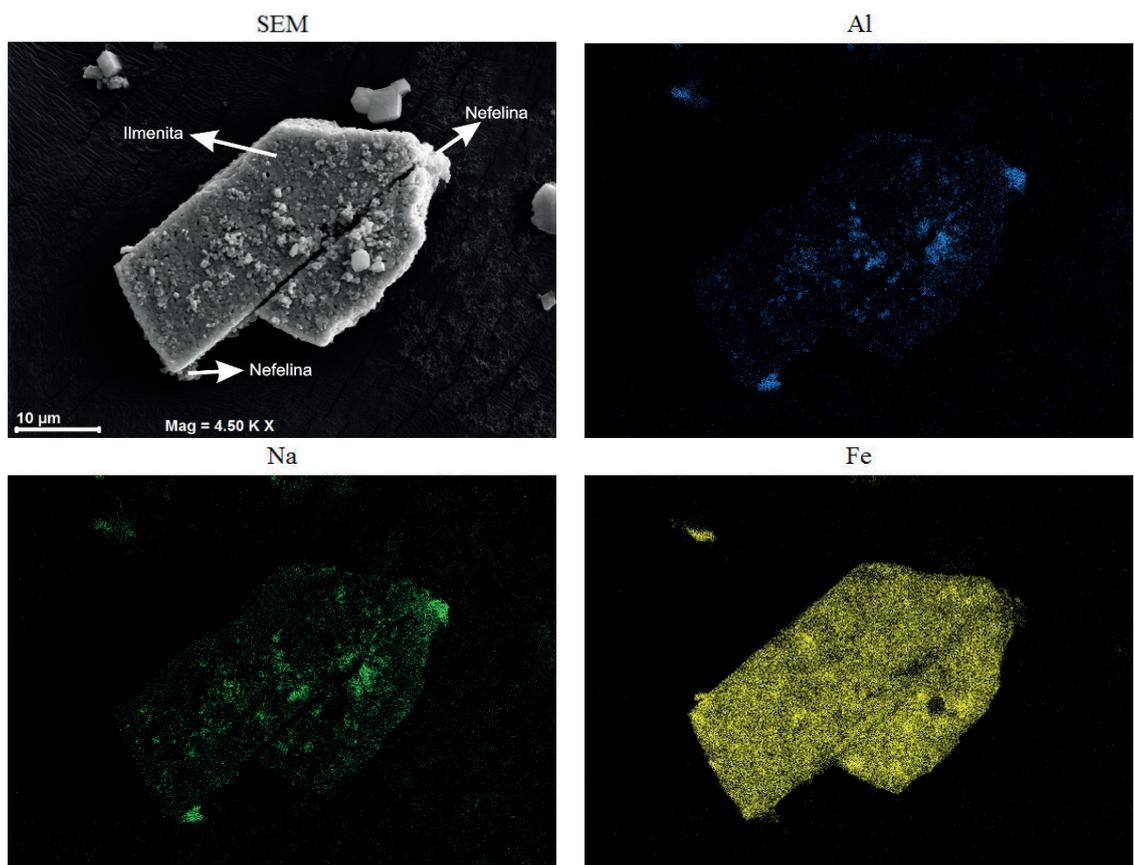


Figura 4: Mapa de elementos da micrografia para a mistura calcinada a 600°C.

Pode-se observar na Figura 4 que há predominância do óxido de titânio, com uma pequena quantidade de sodalita e óxido de ferro, assim como trações de óxido de cálcio. Pelas análises de DRX, para essa temperatura, o único óxido de titânio presente é o anatásio. Assim como é possível observar também a presença do mineral de sodalita, composta por alumínio, sódio, silício e oxigênio.

A Figura 5 apresenta o mapa de elementos obtido pelo MEV para a mistura calcinada a 1000°C.



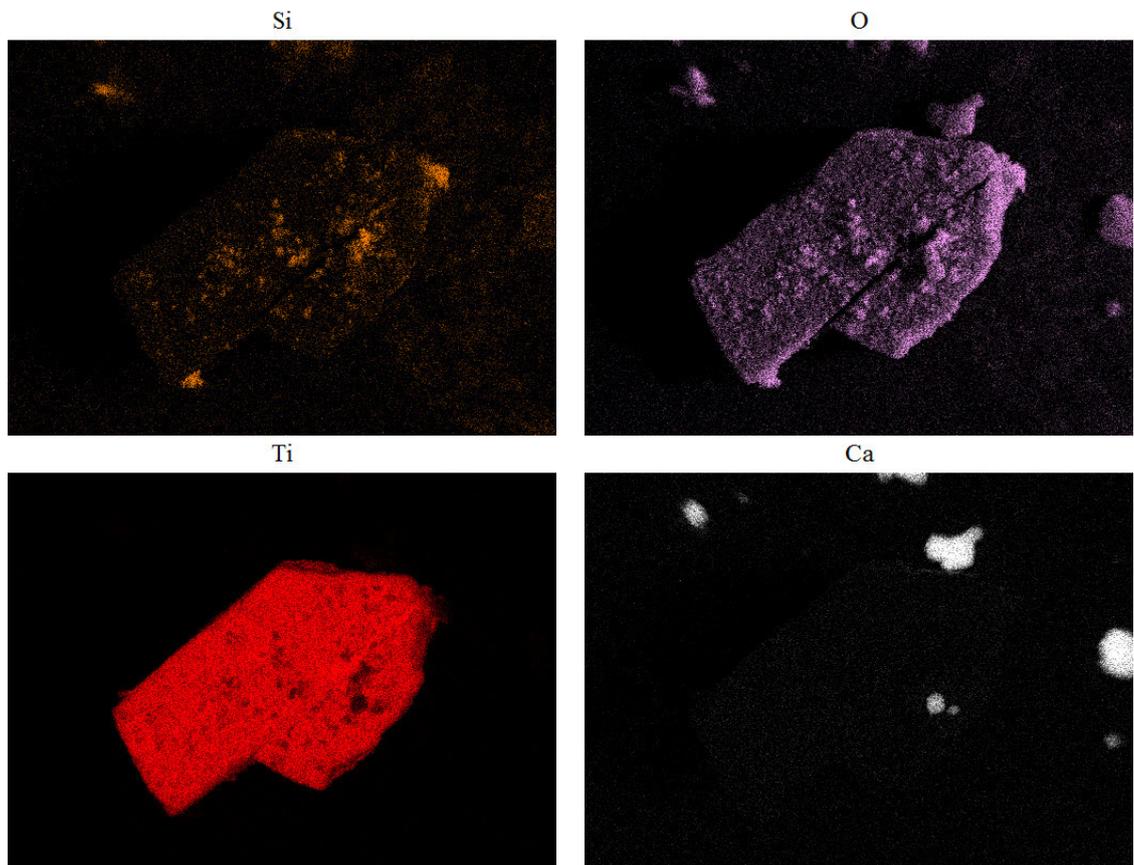


Figura 5: Mapa de elementos da micrografia para a mistura calcinada a 1000°C.

A Figura 5 apresenta uma região com elevada concentração em titânio, ferro e oxigênio. Segundo as análises de DRX, para essa temperatura de calcinação, o único mineral presente com essa constituição é a ilmenita. Portanto, para o tratamento térmico realizado a 1000 °C, verifica-se que parte do ferro reagiu com o titânio para formar a ilmenita.

O mapa da Figura 5 apresenta também algumas regiões com elevada concentração em alumínio, sódio, silício e oxigênio, o que caracteriza a nefelina, segundo a análise de DRX. Verifica-se também a presença de cristais de óxido de cálcio, os quais são provenientes da decomposição da calcita.

A Figura 6 apresenta a análise da influência da temperatura de calcinação na extração do óxido de ferro.

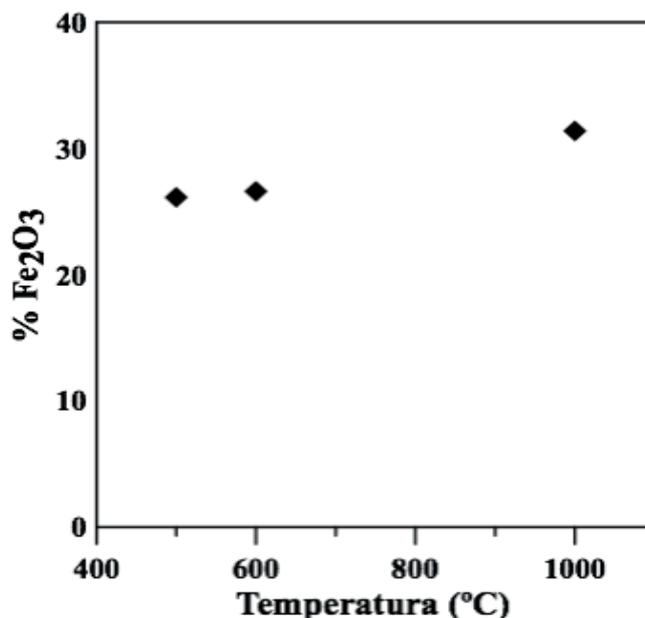


Figura 6: Influência da temperatura de calcinação na recuperação de Fe₂O₃.

Os resultados apresentados na Figura 6 mostraram que a extração do óxido de ferro foi favorecida com o aumento da temperatura de calcinação. Esse aumento está relacionado com as reações envolvidas no processo de redução da hematita à magnetita, as quais são endotérmicas e fortemente dependentes da temperatura.

O maior percentual de extração alcançado foi de 31% para a mistura calcinada a 1000°C. Por outro lado, as menores eficiências de extração foram obtidas para as amostras calcinadas a 500°C. Isso está relacionado ao fato de que nessa temperatura não são observadas mudanças significativas na magnetização da lama vermelha (Krimpalis, 2008).

4 | CONCLUSÕES

As análises de difração de raios X mostraram que através de tratamento térmico, nas temperaturas de 500, 600 e 1000°C, foi possível reduzir a hematita à magnetita. A temperatura de calcinação é um parâmetro importante no processo, pois para a mistura calcinada a 1000°C, uma maior quantidade de óxido de ferro foi extraída.

As análises de microscopia eletrônica de varredura, em conjunto com a técnica de difração de raios X, mostraram que para a temperatura de 1000°C o óxido de ferro reagiu com o óxido de titânio dando origem a ilmenita.

Os estudos apresentados nesse trabalho mostraram que o resíduo do processo Bayer (lama vermelha), através da utilização de um tratamento térmico-hidrometalúrgico, pode ser utilizado como uma fonte alternativa para a obtenção de óxido de ferro.

REFERÊNCIAS

- KOMNITSAS, K.; BARTZAS, G.; PASPALIARIS, I. **Efficiency of limestone and red mud barriers: laboratory column studies.** *Minerals engineering*, Vol. 17, p. 183-194, 2004.
- KRIMPALIS, S.; PAPADOPOULOS, N.; EFTHIMIADIS, K. G.; KARAGIANNI, C. S.; HRISTOFOROU, E. **Magnetic properties in red mud after thermal treatment,** *Journal of optoelectronics and advanced material*, Vol 10, p. 1085-1088, 2008.
- LI, X-B.; XIAO, W.; LIU, W.; LIU, G-H.; PENG, Z-H.; ZHOU, Q-S.; QI, T-G. **Recovery of alumina and ferric oxide from Bayer red mud rich in iron by reduction sintering,** *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, Vol 19, p. 1342-1347, 2009.
- MAGALHÃES, F. **Síntese e caracterização de óxidos de ferro e compósitos para aplicações no tratamento redox de efluentes aquosos.** 2008. 190p. Tese (Doutorado em Ciências – Química) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.
- RAO, Y. K. **A physico-chemical model for reactions between particulate solids occurring through gaseous intermediates. I- Reduction of hematite by carbon,** *Chemical Engineering Science*, Vol 29, p. 1435-1445, 1974.
- RIBEIRO, D. V. **Influência da temperatura de calcinação nas propriedades cimentícias do resíduo de bauxita.** 2011, 72p. (Pós-doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011.
- SILVA FILHO, E. B.; ALVES, M. C. M.; MOTTA, M. **Lama vermelha da indústria de beneficiamento de alumina: produção, características, disposição e aplicações alternativas.** *Revista Matéria*, Vol. 12, p. 985-989, 2008.
- SINGH, M.; UPADHAYAY, S. N.; PRASAD, P. M. **Preparation of special cements from red mud,** *Waste Management*, Vol 16, p. 665-670, 1996.
- TSAKIRIDIS, P. E.; OUSTADAKIS, P.; KATSIAPI, A.; PERRAKI, M.; AGATZINI-LEONARDOU, S. **Synthesis of TiO₂ nano-powders prepared from purified sulphate leach liquor of red mud.** *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 194, pp. 42-47, 2011.

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