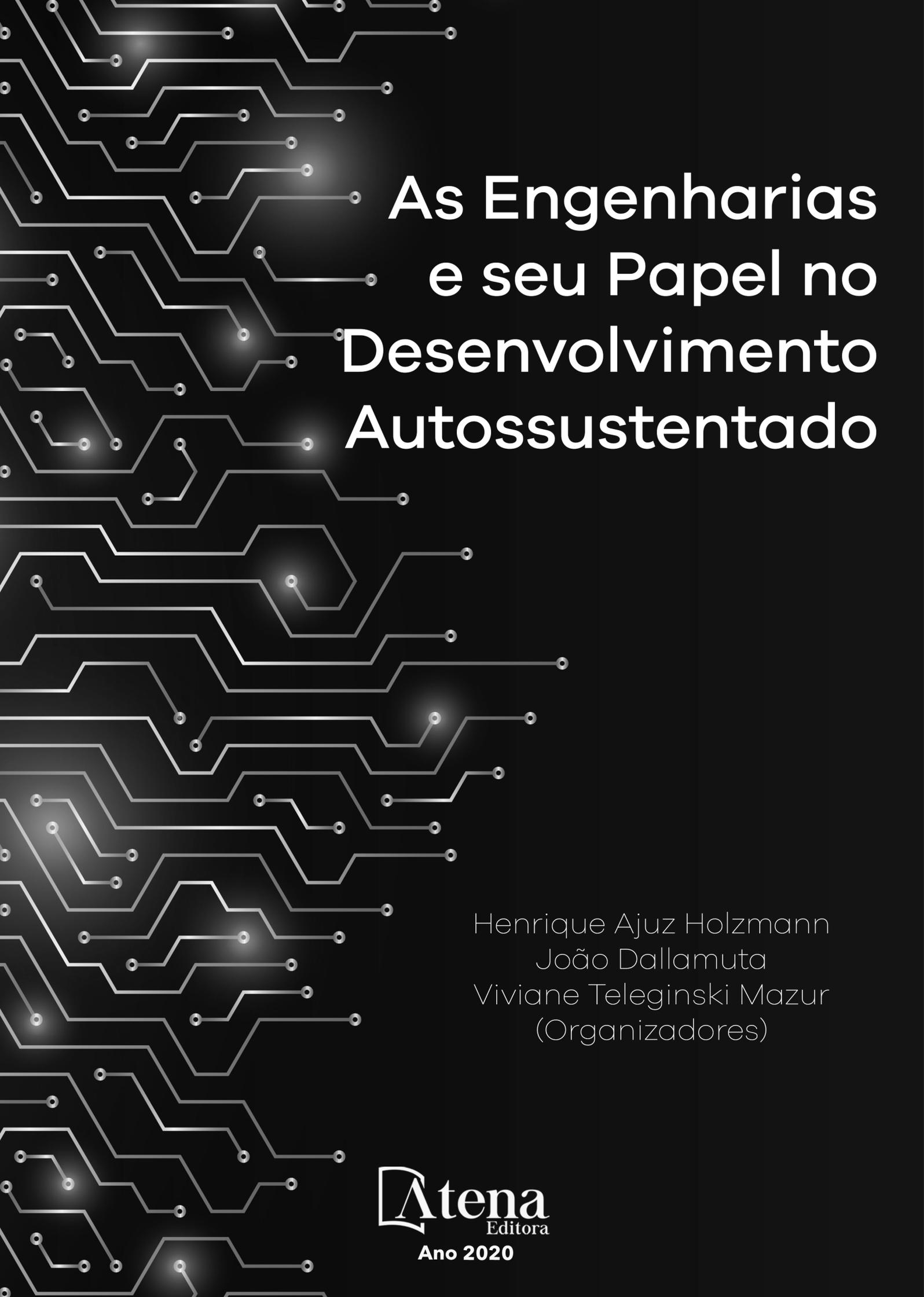


As Engenharias e seu Papel no Desenvolvimento Autossustentado

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
Viviane Teleginski Mazur
(Organizadores)

**Atena**
Editora
Ano 2020



As Engenharias e seu Papel no Desenvolvimento Autossustentado

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
Viviane Teleginski Mazur
(Organizadores)

**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: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Lorena Prestes

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

Prof^a Dr^a 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^a Dr^a 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^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Prof^a Dr^a 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

Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros

Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Prof^a Dr^a Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros

Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão

Prof^a Dr^a Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof^a Dr^a Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof^a Dr^a Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Prof^a Dr^a 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

Prof^a Dr^a 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
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
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
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
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
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª 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
Prof^a Dr^a 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^a Dr^a Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof^a Dr^a Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof^a Dr^a 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. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^a Dr^a Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^a Dr^a Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof^a Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof^a 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^a Dr^a Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof^a Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Prof^a 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. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof^a Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof^a Dr^a Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Prof^a Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof^a Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
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
 Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
 Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
 Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
 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. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
 Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
 Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
 Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
 Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
 Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
 Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
 Profª Ma. Renata Luciane Polsaque 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)	
E57	<p>As engenharias e seu papel no desenvolvimento autossustentado [recurso eletrônico] / Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, João Dallamuta, Viviane Teleginski Mazur. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-5706-146-6 DOI 10.22533/at.ed.466203006</p> <p>1. Engenharia – Aspectos sociais. 2. Desenvolvimento sustentável. I. Holzmann, Henrique Ajuz. II. Dallamuta, João. III. Mazur, Viviane Teleginski.</p> <p style="text-align: right;">CDD 658.5</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

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

APRESENTAÇÃO

As obras As Engenharias e seu Papel no Desenvolvimento Autossustentado Vol. 1 e 2 abordam os mais diversos assuntos sobre métodos e ferramentas nas diversas áreas das engenharias a fim de melhorar a relação do homem com o meio ambiente e seus recursos.

O Volume 1 está disposto em 24 capítulos, com assuntos voltados a engenharia elétrica, materiais e mecânica e sua interação com o meio ambiente, apresentando processos de recuperação e reaproveitamento de resíduos e uma melhor aplicação dos recursos disponíveis, além do panorama sobre novos métodos de obtenção limpa da energia.

Já o Volume 2, está organizado em 27 capítulos e apresenta uma vertente ligada ao estudo dos solos e águas, da construção civil com estudos de sua melhor utilização, visando uma menor degradação do ambiente; com aplicações voltadas a construção de baixo com baixo impacto ambiental.

Desta forma um compendio de temas e abordagens que facilitam as relações entre ensino-aprendizado são apresentados, a fim de se levantar dados e propostas para novas discussões sobre temas atuais nas engenharias, de maneira aplicada as novas tecnologias hoje disponíveis.

Boa leitura!

Henrique Ajuz Holzmann

João Dallamuta

Viviane Teleginski Mazur

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ANÁLISE DE INFRAESTRUTURA E DEMANDA ENERGÉTICA PARA INSERÇÃO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS NO BRASIL	
Mailson Gonçalves Morais Gian Lucas Martins Vagner Silva Guilherme DOI 10.22533/at.ed.4662030061	
CAPÍTULO 2	14
ELETRODEPOSIÇÃO DE SEMICONDUTORES PARA APLICAÇÃO EM ENERGIA RENOVÁVEL	
Victor Rocha Grecco DOI 10.22533/at.ed.4662030062	
CAPÍTULO 3	28
INVESTIGAÇÃO DAS GRANDEZAS QUE IMPACTAM NA VIDA ÚTIL DE UM TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA	
Giancarlo de França Aguiar Bárbara de Cássia Xavier Cassins Aguiar DOI 10.22533/at.ed.4662030063	
CAPÍTULO 4	40
NOVA ABORDAGEM METODOLÓGICA PARA AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE DATACENTERS - O ÍNDICE EUED (ENERGY USAGE EFFECTIVENESS DESIGN)	
Alexandre Fernandes Santos Pedro Dinis Gaspar Heraldo José Lopes de Souza DOI 10.22533/at.ed.4662030064	
CAPÍTULO 5	58
MÓDULO DE SENSORIAMENTO INERCIAL APLICADO À CAPTURA DE MOVIMENTO DA MARCHA NA PARALISIA CEREBRAL	
Lucas Novaki Ribeiro Rafael Traldi Moura DOI 10.22533/at.ed.4662030065	
CAPÍTULO 6	67
CALCULANDO SENSORES LAMBDA, TPS E MAP COM EXATIDÃO MÁXIMA	
Robson Eduardo dos Anjos Schneider Aline Brum Loreto Eduardo Rorato Guarienti Matheus Brondani de Vargas DOI 10.22533/at.ed.4662030066	
CAPÍTULO 7	78
CÁLCULO VIA DISCRETIZAÇÃO DE PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS DE FIGURAS PLANAS	
Arthur Coutinho de Araújo Pereira Pedro Henrique Tomaz Fernandes Carlos Antônio Taurino de Lucena Ângelo Vieira Mendonça DOI 10.22533/at.ed.4662030067	

CAPÍTULO 8	95
UTILIZANDO A TRANSFORMADA RÁPIDA DE FOURIER NA IDENTIFICAÇÃO DO FENÔMENO NÃO LINEAR EM SISTEMAS DINÂMICOS	
Marcelo Henrique Belonsi Maria Francisca da Cunha Manoel Moraes Junqueira DOI 10.22533/at.ed.4662030068	
CAPÍTULO 9	103
DIMENSIONAMENTO DE PISTÃO MAGNETO REOLÓGICO UTILIZANDO ANÁLISE NUMÉRICA	
Lays Cristina Gama Lopes Luiz Fernando Cótica Ivair Aparecido dos Santos DOI 10.22533/at.ed.4662030069	
CAPÍTULO 10	119
SINTONIA DE UM CONTROLADOR PID PARA UM SISTEMA MASSA-MOLA-AMORTECEDOR DE UM GRAU DE LIBERDADE	
Isabela Kimie Ota Daniel Almeida Colombo DOI 10.22533/at.ed.46620300610	
CAPÍTULO 11	124
AVALIAÇÃO DO USO DE MÓDULOS TERMOELÉTRICOS COMO DISPOSITIVO DE RECUPERAÇÃO DE ENERGIA TÉRMICA EM MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA	
Marco Antonio Rodrigues de Brito Marcus Costa de Araújo DOI 10.22533/at.ed.46620300611	
CAPÍTULO 12	141
VARIAÇÃO DA ALCALINIDADE DOS FLUIDOS DE PERFURAÇÃO COM BIODIESEL	
Elba Gomes dos Santos Leal Rui Carlos de Sousa Mota Ricardo Guilherme Kuentzer Bento Pereira da Costa Neto Danilo Matos Moura DOI 10.22533/at.ed.46620300612	
CAPÍTULO 13	154
COMPARAÇÃO DE ÍNDICES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E EMISSÕES DO SEGMENTO DE REVESTIMENTOS CERÂMICOS	
Mauro Donizeti Berni Paulo Cesar Manduca DOI 10.22533/at.ed.46620300613	
CAPÍTULO 14	162
DESENVOLVIMENTO DE UM DISPOSITIVO PARA ENSAIO DE IMPACTO POR QUEDA DE PESO EM BORDA DE COMPÓSITOS	
João Pedro Inácio Varela Joseph Bruno Rodrigues Almeida Wanderley Ferreira de Amorim Júnior DOI 10.22533/at.ed.46620300614	

CAPÍTULO 15	176
PRODUÇÃO DE FOTOCATALISADORES UTILIZANDO CINZAS RESIDUAIS	
Mara Heloisa Neves Olsen Scaliante	
Aline Domingues Gomes	
Lucas de Souza Borban	
Jean César Marinozi Vicentini	
DOI 10.22533/at.ed.46620300615	
CAPÍTULO 16	191
EFEITO DA GRANULOMETRIA DA FIBRA DE COCO VERDE NA ADSORÇÃO DE COMPOSTOS PROVENIENTES DO PETRÓLEO	
Isadora Barreto Coutinho	
Inês Aparecida Santana	
Antonia Miwa Iguti	
DOI 10.22533/at.ed.46620300616	
CAPÍTULO 17	203
APLICABILIDADE DE NANOCOMPÓSITOS A BASE DE NANOPARTÍCULAS DE CARBONO EM EMBALAGENS ALIMENTÍCIAS	
Anne Caroline da Silva Rocha	
Livia Rodrigues de Menezes	
Emerson Oliveira da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.46620300617	
CAPÍTULO 18	212
DEGRADAÇÃO DO CORANTE AZUL DE METILENO POR NB ₂ O ₅ SUPORTADO EM SiO ₂	
Thais Delazare	
Rodrigo da Silva Neu	
Emerson Schwingel Ribeiro	
DOI 10.22533/at.ed.46620300618	
CAPÍTULO 19	221
OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE BA _x SR _{1-x} CO _y FE _{1-y} O _{3±Δ} PARA PREPARAÇÃO DE CAMADA FUNCIONAL DO ELETRODO CATÓDICO DAS CÉLULAS A COMBUSTÍVEL DO TIPO IT-SOFC	
Mariana Lima	
Everton Bonturim	
Marco Andreoli	
Nelson Batista de Lima	
Emília Satoshi Miyamaru Seo	
DOI 10.22533/at.ed.46620300619	
CAPÍTULO 20	231
ESTUDO DA FIBRA DA URTIGA E DO ALGODÃO COLORIDO ORGÂNICO: DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS PARA O VESTUÁRIO POR MEIO DO CRUZAMENTO DE FIBRAS	
Giulia Mendonça Tenorio de Alburquerque	
Ronaldo Salvador Vasques	
Fabrício de Souza Fortunato	
Camila Pereira	
DOI 10.22533/at.ed.46620300620	

CAPÍTULO 21 239

ESTUDO E DESENVOLVIMENTO DE ACESSÓRIOS VOLTADOS PARA O VESTUÁRIO UTILIZANDO COMO MATÉRIA-PRIMA O COURO DE KOMBUCHA

Caroline Schuch Klein
Ana Beatriz Pires da Silva
Ronaldo Salvador Vasques
Luciane do Prado Carneiro
Fabrício de Souza Fortunato

DOI 10.22533/at.ed.46620300621

CAPÍTULO 22 247

PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL APLICADO AO PRÉ-TRATAMENTO DA BATATA DOCE COM ÁCIDO CÍTRICO E À SECAGEM PARA AVALIAÇÃO DA COR

Tamires Barlati Vieira da Silva
Ana Paula da Silva Sbrunhera
Priscila Dayane de Freitas Santos
Thaysa Fernandes Moya Moreira
Anielle de Oliveira
Fernanda Vitória Leimann Bogdan
Demczuk Junior

DOI 10.22533/at.ed.46620300622

CAPÍTULO 23 259

CARACTERIZAÇÃO DE MEL E HIDROMEL ATRAVÉS DE CROMATOGRAFIA LÍQUIDA DE ALTA EFICIÊNCIA

Marcello Lima Bertuci
Lígia Boarin Alcalde
Silvia Maria Martelli
Évelin Marinho de Oliveira
Angela Dulce Cavenaghi Altemio

DOI 10.22533/at.ed.46620300623

CAPÍTULO 24 265

ESTUDO DA PRODUÇÃO DE PRODUTOS DE EXTRATOS ALCOÓLICOS CONCENTRADOS E DE ÁLCOOL GEL A PARTIR DE DESCARTES DE BEBIDAS ALCOÓLICAS

Pierre Correa Martins
Gabriel Alexandre Clemente
Pedro Passador Bittencourt de Sá
João Alves de Medeiros Neto
Heloísa Barbosa de Oliveira
Lara Patrício Ferreira
Daniel Felipe Lima Soares
Nilmara Beatriz Sousa de Oliveira
Raquel de Medeiros Neto
Thayze Rodrigues Bezerra Pessoa
Joselma Araújo de Amorim
Vital de Souza Queiróz

DOI 10.22533/at.ed.46620300624

SOBRE OS ORGANIZADORES..... 279

ÍNDICE REMISSIVO 280

PRODUÇÃO DE FOTOCATALISADORES UTILIZANDO CINZAS RESIDUAIS

Data de aceite: 19/06/2020

Mara Heloisa Neves Olsen Scaliante

Universidade Estadual de Maringá,
Departamento de Engenharia Química
Maringá – Paraná

Aline Domingues Gomes

Universidade Estadual de Maringá,
Departamento de Engenharia Química
Maringá – Paraná

Lucas de Souza Borban

Universidade Estadual de Maringá,
Departamento de Engenharia Química
Maringá – Paraná

Jean César Marinozi Vicentini

Universidade Estadual de Maringá,
Departamento de Engenharia Química
Maringá – Paraná

RESUMO: A destinação de resíduos agrícolas é uma preocupação econômica e ambiental a qual o Brasil, um dos maiores produtores agrícolas do mundo, deve dar atenção especial. Semelhantemente, a indústria têxtil é um importante segmento de evidente poluição devido seus efluentes líquidos. Dentre as diferentes oportunidades em bioenergia, acreditando ser capaz de contribuir para minimização de ambos

os problemas, o presente artigo explorou a utilização de cinzas provenientes da queima do bagaço da cana-de-açúcar como matéria-prima para síntese de zeólitas e conseqüentemente produção de fotocatalisadores ativos na degradação de corante da indústria têxtil. A síntese da zeólita seguiu método da fusão alcalina e os fotocatalisadores foram produzidos com 2,5 e 5% (m/m) e ZnO e 5 e 10% (m/m) de TiO_2 e caracterizados por análise textural, difração de raios-X, ponto de carga nulo e espectroscopia de fotoacústica comprovando a necessidade de radiação UV para melhor eficiência fotocatalítica. O melhor catalisador a ser impregnado e utilizado na degradação do corante RB-250 é o 5% em peso, em reação sem bulbo protetor. Desta forma, a utilização de cinzas provenientes da queima do bagaço da cana-de-açúcar é uma alternativa sustentável.

PALAVRAS-CHAVE: síntese zeólita A; semicondutores; fotocatalise; corantes.

ABSTRACT: The destination of agricultural waste is an economic and environmental concern to which Brazil, one of the largest agricultural producers in the world, should pay special attention. Similarly, the textile industry is an important segment of evident pollution due to its liquid effluents. Among

the different opportunities in bioenergy, believing to be able to contribute to the minimization of both problems, this article explored the use of ash from the burning of sugarcane bagasse as a raw material for the synthesis of zeolites and consequently production of photocatalysts active in the dye degradation of the textile industry. The synthesis of the zeolite followed the alkaline fusion method and the photocatalysts were produced with 2.5 and 5% (m / m) and ZnO and 5 and 10% (m / m) of TiO₂ and characterized by textural analysis, X-ray diffraction, zero charge point and photoacoustic spectroscopy proving the need for UV radiation for better photocatalytic efficiency. The best catalyst to be impregnated and used in the degradation of the RB-250 dye is 5% by weight, in reaction without a protective bulb. Thus, the use of ash from the burning of sugarcane bagasse is a sustainable alternative.

KEYWORDS: zeolite A synthesis; semiconductors; photocatalysis; dyes.

1 | INTRODUÇÃO

As cinzas são resíduos sólidos provenientes da queima da biomassa na produção de energia. As fontes mais comuns dessas biomassas são a cana-de-açúcar, casca de arroz e resíduos da indústria madeireira, papel e celulose. Na extração do caldo de cana-de-açúcar é gerado grande quantidade de bagaço, cerca de 30% da cana moída. De acordo com o CONAB, (2017) cada tonelada de cana-de-açúcar processada gera de 250 a 270 kg de bagaço, cuja queima resulta em 1% a 4% de cinzas. Nos últimos anos a produção de cinzas no Brasil permaneceu na média de três milhões de toneladas (FONSECA & HANISCH, 2018; ROHDE & MACHADO, 2016; SESSA, 2013; VASCONCELOS, 2010).

Aproximadamente 95% de todo o bagaço produzido no Brasil é queimado em caldeiras para geração de vapor. (ANDREOLA e SANTOS, 2011). Entretanto, devido ao baixo valor agregado e o alto custo para o transporte, às indústrias acabam armazenando esse material (FUNGARO e BRUNO, 2009) que normalmente é produzido em grande escala e, conseqüentemente, acaba ocupando um grande espaço em seu armazenamento. Caso o armazenamento não seja efetuado de forma correta o impacto ambiental pode vir a ser grande. Bernardes (2017) relata que as cinzas que sobram do processamento da cana-de-açúcar são colocadas no solo com outros resíduos industriais, como a torta e o vinhoto. Essa utilização dos resíduos funcionaria como fertilizante para o solo, mas as cinzas possuem nutrientes escassos com baixa dissolução, não sendo muito eficiente para essa função e ainda, esse resíduo não tem sua toxicidade avaliada.

Diversas alternativas viáveis para a destinação e reutilização das cinzas são pesquisadas, entre elas, como material inerte na construção civil, como material com atividade pozolânica e como adsorventes de baixo custo, porém, a falta de padronização no processo de queima dificulta sua utilização em processos produtivos (CACURO & WALDMAN, 2015). Apesar de diversas oportunidades apresentadas a busca por procedimentos com essa biomassa na qual gere um produto de alto valor agregado é necessária e de alto interesse industrial.

As cinzas possuem uma composição e morfologia heterogênea que variam em função dos parâmetros do processo de queima, tais como, a temperatura, tempo e tipo de biomassa (TEIXEIRA et al., 2008). Cacuro e Waldman (2015) relataram que com relação à morfologia,

as cinzas possuem três tipos de partículas: o material orgânico das cinzas (carbono não queimado), partículas de silicatos, dióxido de silício (SiO_2), e ainda espécies de óxidos de diferentes metais como K_2O , MgO , P_2O_5 e CaO . As cinzas são classificadas em leves (ou cinzas volantes com 3 a 5 mm) e pesadas (OKA, 2004; BASU, 2006; ROHDE & MACHADO, 2016) e são constituídas basicamente por compostos de silício e alumínio podendo ser utilizadas como matéria prima para síntese de zeólitas.

Zeólitas são alumino silicatos cristalinos hidratados de metais alcalinos ou alcalinos terrosos, constituídas por arranjos tridimensionais de tetraedros de sílica $[\text{SiO}_4]^{4-}$ e alumina $[\text{AlO}_4]^{5-}$, ligados entre si por átomos de oxigênio. Estas redes formam uma grande quantidade de espaços vazios e abertos, sendo estas responsáveis pela definição de inúmeras propriedades especiais das zeólitas (GIANNETTO, 1990). Como o alumínio possui valência menor que a do silício, a estrutura da zeólita apresenta uma carga negativa para cada átomo de alumínio. Esta carga é balanceada por cátions de compensação, normalmente Na^+ , K^+ e Ca^+ , que são livres para se moverem nos canais da rede e podem ser trocados por outros cátions em solução (AGUIAR *et al.*, 2002; GUINEST e RIBEIRO, 2004).

As zeólitas possuem larga aplicação industrial. As razões de seu êxito em catálise são sua alta área superficial, capacidade de adsorção, seus centros ácidos, o tamanho dos seus canais e cavidades e sua seletividade de forma (XU *et al.*, 2007). Estas características fazem com que as zeólitas sejam materiais interessantes para serem utilizados como trocadores iônicos (FOLETTO *et al.*, 2000), peneiras moleculares e adsorventes (BIESEKI, 2013) e catálise (CASANOVA *et al.*, 2011).

A síntese tradicional de zeólitas utiliza hidrogéis como matéria prima. No entanto, diversos estudos e pesquisas são produzidos propondo diferentes métodos de síntese de zeólitas a partir de cinzas de biomassa (PAVLOVIC *et al.*, 2020). A maioria dos estudos utiliza como matéria-prima cinzas volantes de carvão como fonte de silício e alumínio para a produção de diversas zeólita. A literatura tem mostrado a obtenção de diferentes zeólitas, tais como zeólita X e zeólita A (BIESEKI *et al.*, 2013) de diferentes tipos de cinzas de carvão, zeólita P₁ de cinzas de bagaço de cana (FUNGARO *et al.*, 2014) e hidroxissodalita (FUNGARO e BRUNO, 2009).

A zeólita A (Figura 1) apresenta relação Si/Al igual a 1. A fórmula química de sua célula unitária pode ser expressa como $\text{Na}_{96}\text{Al}_{96}\text{Si}_{96}\text{O}_{384}\cdot 27\text{H}_2\text{O}$ (GIANNETTO, MONTES e RODRÍGUEZ, 2000).

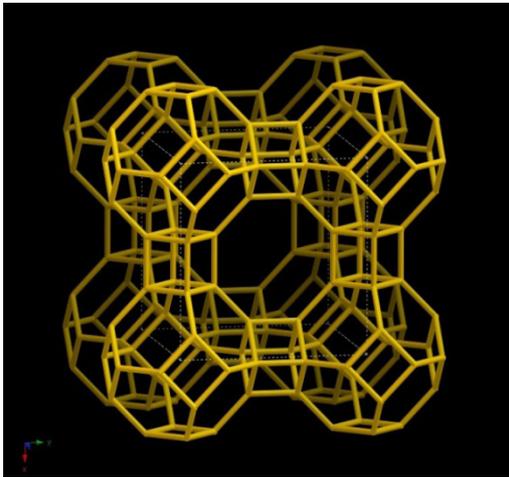


Figura 1: Estrutura da Zeólita A.

Fonte: www.iza-online.org

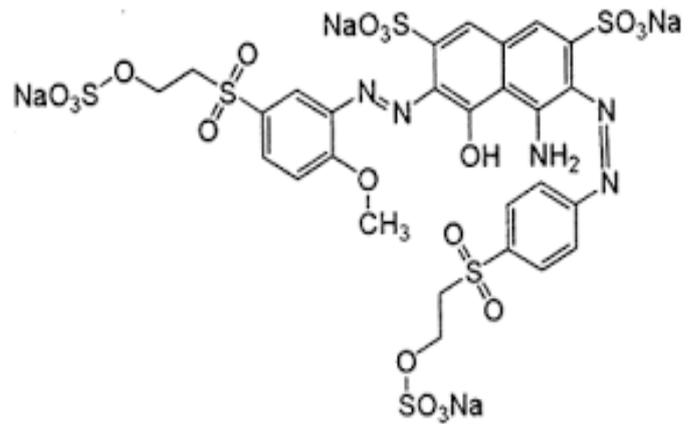


Figura 2: Estrutura molecular do corante Azul Reativo C.I. 250.

Fonte: <http://www.worlddyevariey.com>

Vários aspectos são importantes para a síntese de zeólitas, tais como o tipo e a composição das cinzas, tipo e concentração do meio reacional, pressão, temperatura, tempo de reação e relação solução/cinzas (FUNGARO E BRUNO, 2009). Estudos já realizados pelo grupo (GOMES *et al.*, 2016; GOMES *et al.*, 2015) constatam a efetividade de produção da zeólita A, que associado a resultados positivos alcançados com a fotodegradação catalítica de corante RB250 (BORBAN *et al.*, 2017; MARTINS *et al.*, 2017), existente em efluentes de indústrias têxtil, pressupõe a possibilidade de desenvolvimento de fotocatalisadores a partir de cinzas de bagaço de cana-de-açúcar para degradação de efluente da indústria têxtil.

Do ponto de vista ambiental, a remoção da cor dos efluentes é um dos grandes problemas enfrentados pelas indústrias têxteis e a fotocatalise heterogênea tem se destacado cada vez mais nessa área. O problema da cor na indústria têxtil está relacionado principalmente aos corantes solúveis em água, entre eles os corantes reativos (FORGACS *et al.*, 2004), os azo-corantes ($R_1-N=N-R_2$) de difícil degradação (ZOLLINGER, 1991), tal como o corante sintético Azul Reativo C.I. 250, cuja estrutura molecular está representada na Figura 2.

Devido à sua durabilidade, baixo custo, baixa toxicidade, alta hidrofiliabilidade e notável estabilidade química e fotoquímica, os semicondutores são utilizados como fotocatalisadores na degradação de poluentes orgânicos. No entanto, esses semicondutores possuem algumas desvantagens que são a rápida recombinação elétron/lacuna, baixa adsorção e obre luz visível e baixa cobertura superficial dos fotocatalisadores (ZHU & ZHOU, 2019). Assim, o projeto de novos fotocatalisadores ainda é necessário.

Desta forma o presente trabalho teve como objetivo principal produzir fotocatalisadores a base de TiO_2 e ZnO suportados em zeólita A sintetizada a partir de cinzas volante provenientes da queima do bagaço de cana-de-açúcar como fonte de Si e Al.

2 | METODOLOGIA

As cinzas volantes provenientes da queima do bagaço de cana foram gentilmente cedidas por uma Agroindústria da região Norte do Paraná. As cinzas foram secas em

estufas à 105°C durante 24 horas (massa constante) depois foram peneiradas em peneiras convencionais.

As características físicas, químicas e mineralógicas das cinzas volantes dependem de uma variedade de fatores, entre eles a composição do carvão que lhes deu origem e as condições de combustão, por isso, é difícil generalizar sobre suas características, o que torna necessário um estudo prévio a cerca deste material. Desta forma, primeiramente procedeu-se a caracterização química, física e morfológica das cinzas utilizando técnicas de Fluorescência de Raios-X (FRX), Difração de Raios-X (DRX) e Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).

2.1 Síntese da Zeólita A

Para síntese da zeólita utilizou-se o método de fusão alcalina conforme modificação proposta por Gomes *et al.*, (2015) no qual 2,5 g de cinzas previamente secas foram misturadas com 2,8 g de hidróxido de sódio e 1,43 g de hidróxido de alumínio e transferidas para uma mufla para tratamento térmico a 550°C por 1 h (rampa de 10°C/min).

O material fundido foi triturado, peneirado e então se adicionou 20 mL de água deionizada. Posteriormente a solução foi transferida para um reator de teflon que permaneceu acondicionado em estufa a 100°C por 24 h. O material obtido foi lavado, filtrado a vácuo seco à temperatura ambiente (cerca de 25°C) por um período de dois dias. O material foi calcinado a 550°C por 5 h e encaminhado para caracterização por DRX e MEV.

2.2 Preparo dos Fotocatalisadores

Os fotocatalisadores suportados com 2 e 2,5% de fase ativa (ZnO) foram preparados pelo método de impregnação úmida (BRITES et al, 2011) no qual o óxido de zinco em quantidade suficiente para produzir catalisadores no teor desejado de fase ativa foi solubilizado em água. A solução foi adicionada à zeólita sintetizada à temperatura de 100°C por 24 h. O solvente foi retirado em rotaevaporador a 70°C sob vácuo até completa secagem do material. Os catalisadores denominados 2,0%ZnO/NaA; 2,5%ZnO/NaA foram levados à estufa por 12 h à 100°C. O material foi peletizado aplicando uma pressão de 1,5 ton_f/cm² em peletizador e então calcinado a 500°C durante 5 h. Finalmente os catalisadores foram peneirados para padronização.

Os catalisadores TiO₂/NaA suportados com 5% e 10% em peso de fase ativa foram preparados pelo método da impregnação úmida conforme procedimento descrito anteriormente para ZnO. A forma mineral do dióxido de titânio utilizado foi a Anatase.

Todos os catalisadores produzidos foram caracterizados por DRX, espectroscopia de fotoacústica, ponto de carga nulo e fisiossorção de nitrogênio.

2.3 Caracterizações

Fluorescência de Raios X: A análise de fluorescência de raios-X foi realizada a fim de conhecer com exatidão os componentes presentes na cinza. Para a realização da análise primeiramente previamente a amostra de cinza foi submetida a uma pressão de 24 torr

durante 60 s numa prensa da marca Amef. O equipamento utilizado para a análise foi o Advanced X-Ray Fluorescence Spectrometer da marca Rigaku disponível no Complexo de Centrais de Apoio à Pesquisa (COMCAP/UEM) da Universidade Estadual de Maringá.

Difratometria de Raios X: Técnica empregada para identificar as fases cristalinas presentes nas amostras. A análise de difração de raios-X foi realizada em difratômetro LanX XRD-6000 – Shimadzu, pertencente ao Complexo de Centrais de Apoio à Pesquisa (COMCAP/UEM) da Universidade Estadual de Maringá, com coleta entre 5° e 50° (2 theta), velocidade do goniômetro de 0,05°/minuto, 30 kV e 15 mA. As caracterizações das amostras foram realizadas a partir do software X'Pert HighScore, através de comparação com os difratogramas gerados com padrões de referência, acessível em seu banco de dados.

Microscopia Eletrônica de Varredura: A microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) foi realizada com equipamento Quanta FEI 250, localizado na Central de Microscopia da Universidade Estadual de Maringá, que fica na COMCAP-UEM. A imagem foi ampliada 5000 vezes.

Espectrofotometria de Fotoacústica: A análise de Espectroscopia Fotoacústica teve como objetivo determinar a energia *band gap* dos catalisadores estudados. Esta análise foi realizada em um equipamento no Departamento de Física da Universidade Estadual de Maringá (DFI-UEM), com programação de fenda de 3,16, velocidade de 300 m/s, frequência de 23Hz e tempo de espera de 1 s.

Fisiossorção de N₂: As propriedades texturais dos fotocatalisadores, tais como área superficial específica, volume de microporos e diâmetro médio de microporos foram determinadas por isotermas de equilíbrio de adsorção física de N₂ utilizando o equipamento QuantaChrome NOVA do Laboratório de Catálise DEQ/UEM.

Ponto de Carga Zero: Determinou-se o ponto de carga nula (pH_{zpc}) dos catalisadores suportados em termos do pH da suspensão (Equação 1) que foi medido por um pHmetro TECNAL pH METER TEC-2, do Laboratório de Catálise DEQ/UEM (GILLMAN & UEHARA, 1980).

$$\text{pH}_{\text{zpc}} = 2 \cdot \text{pH}_{(\text{KCl})} - \text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})} \quad (1)$$

2.4 Testes Fotocatalíticos

Os testes fotocatalíticos foram realizados em reator de vidro tipo (500ml) preenchido com 300ml de solução de corante (10mg/L), o sistema (Figura 3) foi irradiado por lâmpada de vapor de mercúrio de duas formas distintas: com e sem a cobertura de vidro, com radiação UV, na presença de 2g/L de catalisador, com duração de 5 horas. A temperatura do meio reacional foi mantida constante a 25°C através de sistema de refrigeração e a agitação do meio foi realizada por agitadores magnéticos com 6 cm de comprimento. Alíquotas foram recolhidas periodicamente com intervalos de 1 h, filtradas em membrana HV Durapore (0,45 UM de poro) e analisados utilizando espectrofotometria de UV-Vis (espectrofotômetro portátil

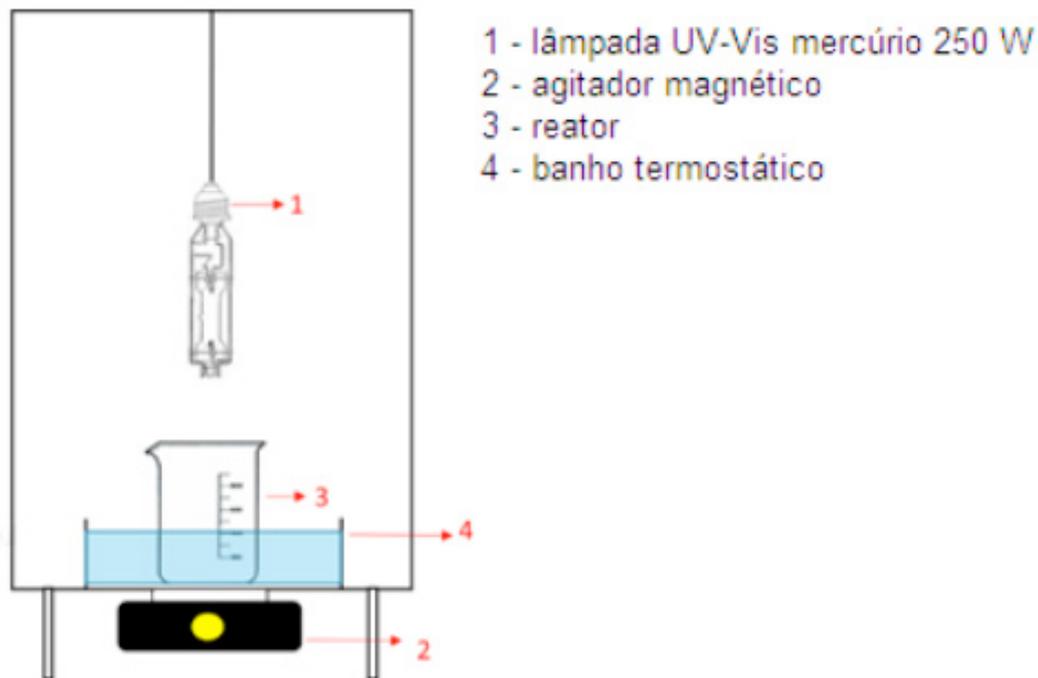


Figura 3: Módulo reacional (reator batelada).

O percentual de descoloração foi fornecido pela Equação 2.

$$\text{Descoloração}(\%) = \frac{C_i - C}{C_i} \times 100 \quad (2)$$

Em que “ C_i ” é a concentração inicial do corante e “ C ” é a concentração de corante após 5 h de irradiação.

3 | RESULTADOS

No difratograma das cinzas volantes apresentado na Figura 4 é possível identificar as fases cristalinas presentes nas cinzas, tais como quartzo (SiO_2) em 2θ igual a $21,0^\circ$; $26,7^\circ$; $36,7^\circ$; $39,5^\circ$; $50,3^\circ$ e $60,1^\circ$, alumina (Al_2O_3) a $25,9^\circ$; $43,5^\circ$; $57,6^\circ$ e $68,1^\circ$; hematita (Fe_2O_3) nos picos $33,2^\circ$; $35,9^\circ$; $39,7^\circ$ e $41,0^\circ$ de peças da indústria de metal misturadas com bagaço; calcita (CaCO_3) $23,2^\circ$; $29,5^\circ$; $36,2^\circ$; $39,2^\circ$; $47,3^\circ$ e $48,4^\circ$; e pentóxido de fósforo (P_2O_5) $28,2^\circ$; $29,5^\circ$; $40,5^\circ$; $54,1^\circ$ e $66,8^\circ$. A intensidade dos picos evidencia, além de evidenciar a presença de fase cristalina permite verificar a presença de material amorfo devido a presença do halo entre 18 e 38° (2θ) no difratograma. A micrografia das cinzas revelou tamanhos de partículas e formas bastante variadas e com alta porosidade que segundo Cordeiro *et al.* (2009) é consequência da liberação da matéria orgânica durante a queima do bagaço. A composição química das cinzas do bagaço proveniente da cana-de-açúcar foi determinada por fluorescência de Raios-X.

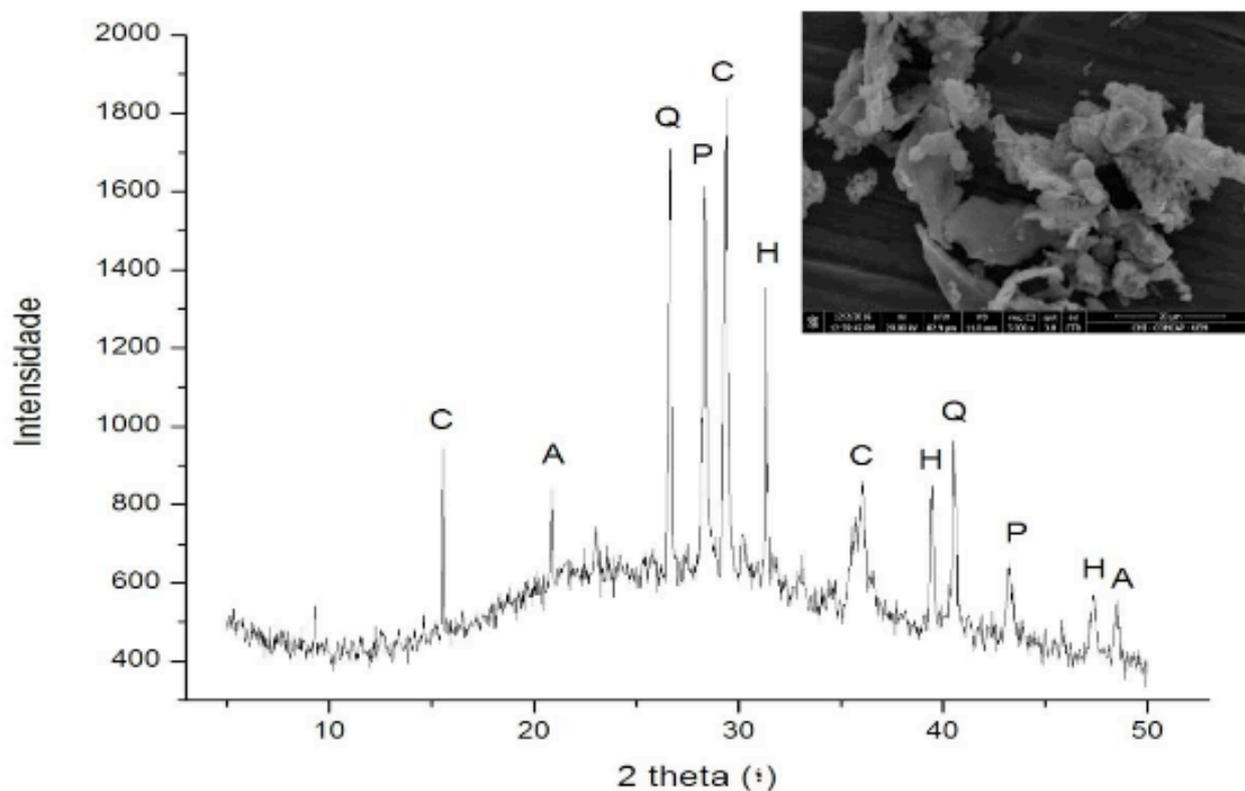


Figura 4: Difratoograma de raios X da cinza de caldeira. Q: Quartzo; C: Calcita; H: Hematita; A: Alumina; P: Pentóxido de fósforo.

A presença de dióxido de silício na composição da cinza tem origem no silício absorvido do solo pelas raízes na forma de ácido monossilício (H_4SiO_4) e através da transpiração ocorre à saída da água das plantas, a sílica gel se deposita na parede externa das células da epiderme.

Composto	Teor (% em massa)
SiO_2	34,00
CaO	16,50
Al_2O_3	12,20
Fe_2O_3	11,70
K_2O	9,30
Cl	4,07
MgO	3,77
SO_3	2,22
P_2O_5	1,94
TiO_2	1,92
Na_2O	1,17
Demais compostos	1,18

Tabela 01: Composição química da cinza.

A partir da síntese hidrotérmica, observou-se a formação da zeólita A como pode ser

visto marcado no difratograma da Figura 5. Nota-se também a presença de picos de quartzo (21,0°, 26°, 7°, 50,3°) e calcita (29,5°). Mediante análise do difratograma pode-se perceber que o material formado (zeólita A) tem maior cristalinidade quando comparado à cinza, o que já era esperado.

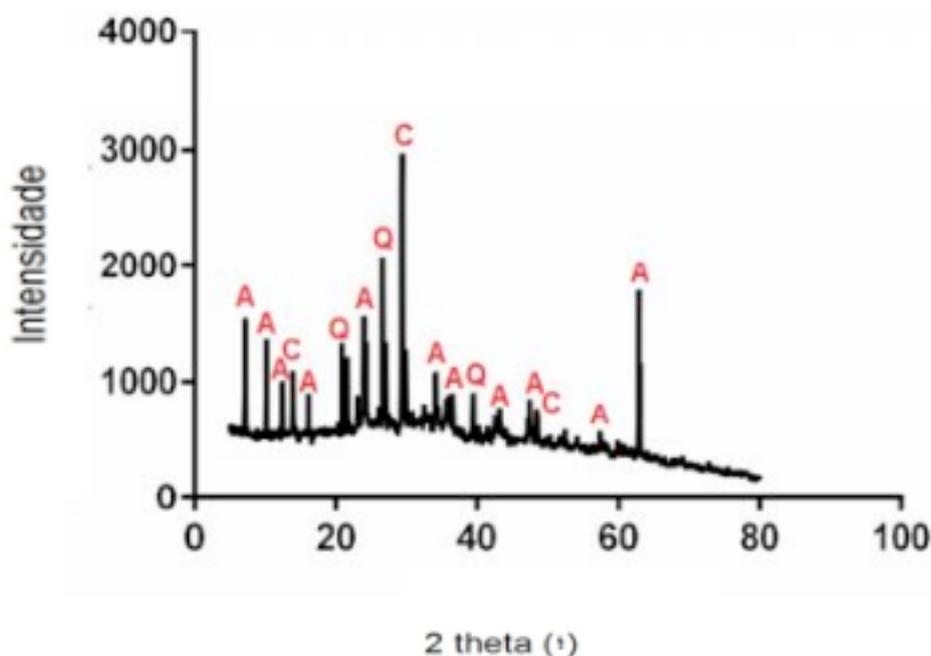
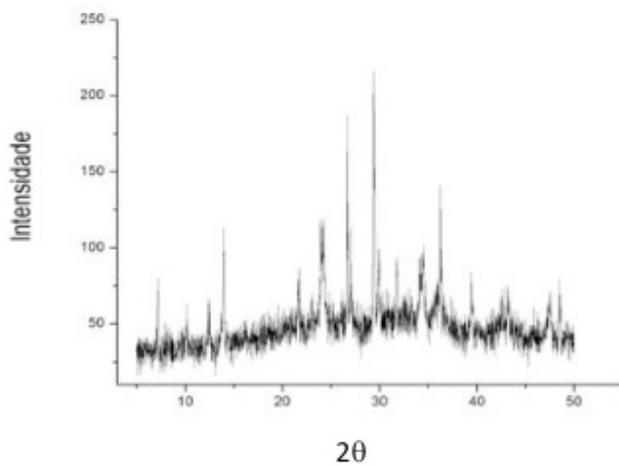
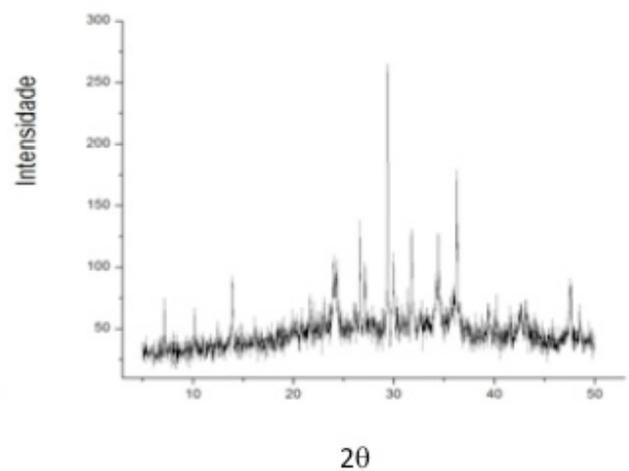


Figura 5: Difratograma de raios X para zeólita sintetizada. A: zeólita NaA; Q: Quartzo. C: Calcita.

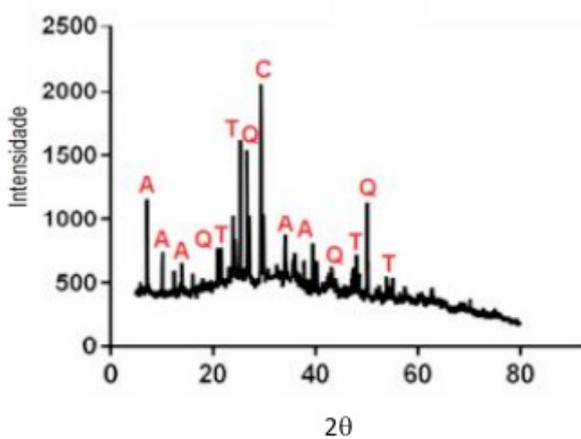
Após a impregnação dos semicondutores os catalisadores produzidos foram novamente submetidos à análise de difração de Raios-X e os difratogramas podem ser visualizados nas Figuras de 6 (a), (b), (c) e (d). Da observação das Figuras 6 (a) e (b) nota-se que com o da zeólita A obtido (Figura 5) nota-se que não houve alteração na estrutura cristalina dos catalisadores após a impregnação e calcinação, pois, os picos presentes no difratograma da zeólita pura permaneceram inalterados nos difratogramas obtidos para as zeólitas impregnadas com óxidos. Quando realizado a impregnação de ZnO (Figura 6 (a) e (b)), em ambas as concentrações não foi observado nenhum pico adicional aos da zeólita, ou seja, não foi possível detectar picos de óxido de zinco impregnados nessa matriz. Porém, houve uma diminuição significativa da intensidade dos picos apresentados. Tal fato pode ser explicado por dois motivos, um deles é que os cristais de óxidos são muito pequenos (menor que 2 nm) e o outro é que os óxidos estão bem dispersos no catalisador.



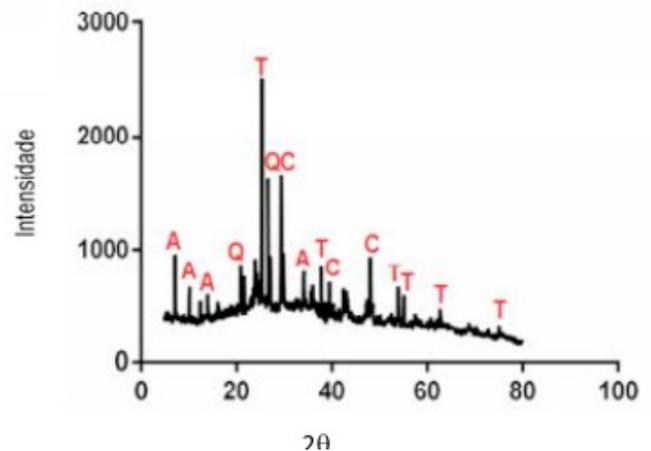
a) Difratoograma de raios X do Catalisador a 2,5% (m/m) de ZnO.



(b) Difratoograma de raios X do Catalisador a 5,0% (m/m) de ZnO.



c) Difratoograma de raios X do Catalisador a 5% (m/m) de TiO₂.



(b) Difratoograma de raios X do Catalisador a 10,0% (m/m) de TiO₂.

Figura 6: DRX do catalisador. A: zeólita NaA; Q: Quartzo; C: Calcita; T: Dióxido de Titânio anatase.

Os picos referentes ao dióxido de titânio coerentemente apresentam maior intensidade para catalisador com maior percentual de fase ativa. Os picos referentes à zeólita permaneceram inalterados comprovando que não houve alteração após a impregnação desse semicondutor e da calcinação. Após impregnação dos óxidos na zeólita NaA houve uma grande redução dos parâmetros texturais (Tabela 2). A redução na área total BET indica que houve uma ocupação quase completa da superfície zeolítica, porém, com uma má distribuição. Para a área e volume de microporos para esses catalisadores percebeu-se que houve uma obstrução completa dos poros pelo material imobilizado, dado pela anulação do parâmetro. O aumento no diâmetro do poro se deve aos aglomerados de fase ativa na superfície zeolítica acarretando em aumento errôneo do diâmetro do poro do catalisador suportado (BREK, 1976).

Catalisador	S_{BET}^a ($m^2 \cdot g^{-1}$)	$S_{micr.}$ ($m^2 \cdot g^{-1}$)	$V_{micr.}$ ($cm^3 \cdot g^{-1}$)	D_p (Å)
NaA	51,0	36,0	0,02	8,8
2,5%ZnO/NaA	5,616	0,2998	$7,764 \times 10^{-5}$	16,27
5%ZnO/NaA	0,607	9,866	$4,396 \times 10^{-3}$	34,58
5%TiO ₂ /NaA	3,798	0,7097	$1,716 \times 10^{-3}$	14,12
10%TiO ₂ /NaA	10,439	0	0	21,02

^a Área específica BET calculada a partir da parte linear da trama BET ($P/P_0 = 0,1-0,3$).

Tabela 2. Parâmetros texturais dos suportes e catalisadores suportados.

O ponto de carga nula (pH_{PCZ}) é uma informação importante pois caracteriza um dos fatores limitantes para que ocorra o fenômeno da adsorção. Quando o pH do meio reacional $pH > pH_{PCZ}$ a superfície do catalisador tende a ficar com densidade de cargas positiva, decorrente da adsorção de íons H^+ . Quando $pH < pH_{PCZ}$ ocorre a dessorção de H^+ ou adsorção de OH^- na superfície do catalisador (KOSMULSKI, 2011).

Kosmulski (2011) relata que o TiO_2 apresenta pH_{PCZ} próximo à 6,0 enquanto os óxidos de zinco em torno de 8,9. Observa-se que todos os catalisadores apresentaram pH_{ZPC} bem diferente do valor relatado ao óxido puro e/ou do suporte. Tal observação leva a crer no efeito suporte. Como os catalisadores preparados apresentaram pH_{PCZ} distante do pH da solução tratada (normal que testes fotocatalíticos ocorram em pH de 6,0) espera-se que ocorra uma descompensação de cargas na superfície do catalisador (Tabela 3). Essa descompensação favorecerá o fenômeno de adsorção do corante à superfície, devido ao surgimento de forças eletrostáticas. Essa adsorção pode limitar a fotocatalise, isso, pois a fase ativa do catalisador estará recoberta pelo adsorbato, impedindo assim a adsorção da água, agindo em maior quantidade, no caso, a oxidação direta do corante ($corante \leftrightarrow corante^+ + e^-$) na superfície e a fotólise da água no seio do fluido.

Catalisadores suportados e suporte	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	pH _{ZPC}	Gap de energia (eV)
2,5%ZnO/NaA	9,58	8,42	7,26	4,25
5%ZnO/NaA	9,79	7,95	6,11	4,47
5%TiO ₂ /NaA	10,67	9,41	8,15	3,29
NaA		8,52	7,17	4,13
	9,87			

10%TiO₂/NaA – 3,32 eV

Tabela 3: Resultados do ponto de carga nula dos catalisadores suportados e do suporte

O valor de *gap* de energia (Tabela 3) calculado pela equação proposta por Tauc et al. (1966), para as zeólita NaA (4,1eV) não necessariamente indica o valor da energia de excitação dos elétrons da banda de valência. Zeólitas não são semicondutores, logo a energia calculada é referente à excitação dos átomos de alumínio na estrutura zeolítica (BRITES et al., 2011).

Uma redução no valor da energia do *band gap* foi identificada após a deposição e a impregnação do TiO₂ e ZnO nas zeólitas. A redução se deve ao efeito sinérgico entre a zeólita e o metal óxido suportado denominado efeito plasma. Na imobilização do catalisador pode ocorrer a formação de nanocristais nos canais e poros da zeólita acarretando na redução da energia de absorção dos fótons (UENOA & MISAWA, 2013). A faixa de energia de *band gap* obtidas ainda se encontram na região do UV, próximo ao violeta, não sendo, portanto, aplicável sobre luz solar nessas condições.

Ensaio Fotocatalítico

Os ensaios fotocatalíticos foram realizados com lâmpada UV – vis de mercúrio. Foi estudada a influência do bulbo protetor na degradação de corante RB-250 utilizando óxido de zinco como catalisador, suportado em zeólita A, sintetizada a partir de cinzas residuais proveniente do bagaço da cana-de-açúcar. Os fotocatalisadores produzidos nesse trabalho apresentaram atividade catalítica semelhante na fotodegradação do corante utilizado. A Figura 7 apresenta os resultados obtidos com os fotocatalisadores de ZnO/NaA nas diferentes concentrações produzidas.

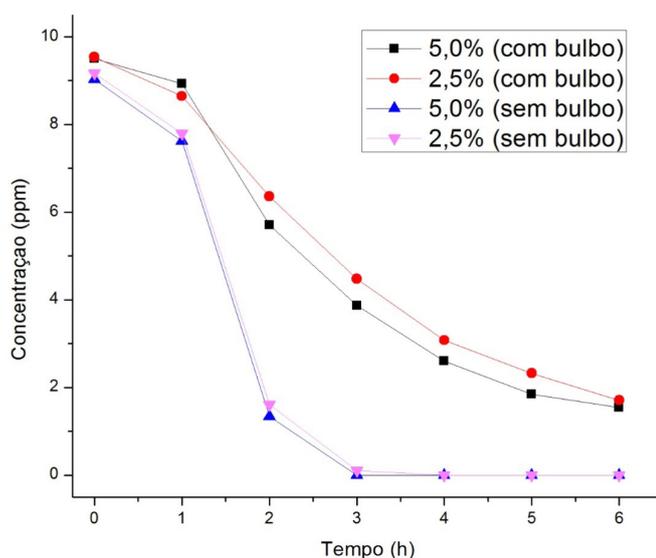


Figura 7: Degradação fotocatalítica do corante sintético (10ppm) utilizando 1 g.L⁻¹ de catalisador suportado em zeólita sintetizada partir da cinza de bagaço de cana-de-açúcar.

Espera-se que maiores concentrações de óxido metálico suportado, maior a área ativa do catalisador, maior a atividade fotocatalítica, porém, para o fotocatalisador de ZnO/NaA o efeito do percentual de semiconductor presente na matriz zeolítica não foi tão significativo

quanto a irradiação, o que já era de se esperar visto os resultados apresentados para a energia de *band gap* mostrou melhor aproveitamento para luz na faixa UV. O mesmo comportamento foi observado quando utilizado 5%TiO₂/NaA, porém, quando utilizado 10% TiO₂/NaA obteve maior degradação do corante quando comparado a concentrações menores.

Na primeira hora de adsorção, uma pequena quantidade foi adsorvida no catalisador com 2,5%ZnO/NaA, isso porque há menos área ativa, maior superfície zeolítica e pH_{PCZ} mais distante do pH da solução, ocorrendo um desequilíbrio de cargas entre a superfície e a solução favorecendo a adsorção.

4 | CONCLUSÃO

É possível utilizar cinzas residuais provenientes da queima do bagaço da cana-de-açúcar como fonte primária de silício e alumínio para síntese de zeólita. As análises de difração de raios-X realizadas pós síntese por fusão alcalina confirmaram a presença de zeólita A.

Os testes fotocatalíticos demonstraram que o catalisador contendo 5% de óxido metálico na zeólita promove melhor degradação do corante RB-250, em reação sem o bulbo protetor.

A utilização de cinzas residuais provenientes da queima do bagaço da cana-de-açúcar como fonte primária de silício e alumínio na síntese de zeólitas é uma alternativa interessante e inovadora para o uso dessa biomassa, assim diminuindo significativamente o impacto ambiental.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, M. R. M. P.; NOVAES, A. C.; GUARINO, A. W. S. **Remoção de metais pesados de efluentes industriais por aluminossilicatos**. Química Nova, v. 25, n. 6b, p. 1145-1154, 2002.
- ANDREOLA, R., SANTOS, A. D. V. DOS. Estudo da disposição adequada de cinza de caldeira em usinas de cana-de-açúcar. Anais do CONCCEPAR, 2011. Disponível em: <<http://www.grupointegrado.br/conccepar2011>>
- BIESEKI, L.; PENHA, F. G.; PERGHER, S. B. C. **Zeolite A synthesis employing a Brazilian coal ash as the silicon and aluminum source and its applications in adsorption and pigment formulation**. Materials Research, v. 16, n. 1, p. 38-43, 2013.
- BORBAN, L. S.; MARTINS, R. P.; OLSEN SCALIANTE, M. H. N. **Degradação de corante têxtil com fotocatalisadores produzidos a partir de cinzas residuais do bagaço de cana-de-açúcar**. Anais do VII Simpósio de Engenharia Química. Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, 2017. Disponível em www.ctc.uem.br/seq
- BREK, D. **Zeolite molecular sieves** (in Russian), Mir, Moscow, 1976.
- Brites, F. F.; SANTANA, V. S.; FERNANDES-MACHADO, N. R. C.. **Effect of Support on the Photocatalytic Degradation of Textile Effluents Using Nb₂O₅ and ZnO: Photocatalytic Degradation of Textile Dye**. Top Catal. v. 54, p. 264 – 269, 2011.
- CACURO, T. A.; WALDMAN, W. R. **Cinzas da queima da biomassa: aplicações e potencialidades**. Ver. Virtual Quim. V. 7, n. 6, p. 2154 – 2165, 2015.

CASANOVA, C.; MEZZALIRA, V.; MUNIK, R.; OLIVEIRA, A.; M. PERGHER, S.B.C.; EMMERICH, D. J. **Síntese de 1,2,3-triazóis utilizando zeólitas como catalisador**. *Perspectiva*, v. 35, n. 131, p. 27-33, 2011.

CONAB, 2017. **Conjuntura mensal – 05 de maio de 2017**. Disponível em WWW.conab.gov.br.

CORDEIRO, G. C.; TOLEDO FILHO, R. D.; FAIRBAIRN, E. M. R. **Caracterização de cinza do bagaço de cana-de-açúcar para emprego como pozolana em materiais cimentícios**. *Química Nova*, v. 32, n. 1, p. 82-86.

ESPLUGAS, S., GIMÉNEZ, J., CONTERAS, S., PASCUAL, E., RODRÍGUEZ, M. **Comparison of different advanced oxidation processes for phenol degradation**. *Water Research*, v. 36, p. 1034 - 1042, 2002.

FOLETTI, E. L.; KUHNEN, N. C.; JOSÉ, H. J. **Síntese da zeólita ZSM-5 e suas propriedades estruturais após troca iônica com cobre**. *Cerâmica*, v. 46, n. 300, p. 210-213, 2000.

FONSECA, J. A.; HANISCH, A. L. **Cinza de biomassa é um produto eficiente para uso em sistema de produção de cereais em base agroecológica?** *Revista de Ciências Agroveterinárias. Journal of Agroveterinary Sciences*. v.17, n. 4, 2018.

FRANUS, W. **Characterization of X-Type zeolite prepared from coal fly ash**. *Polish Journal of Environmental Studies*, v. 21, n. 2, p. 337-343, 2012.

FUNGARO, D. A.; REIS, T. V. S.; LOGLI, M. A.; OLIVEIRA N. A. **Synthesis and characterization of zeolitic material derived from sugarcane straw ash**. *American Journal of Environmental Protection*, v. 2, n. 1, p. 16-21, 2014.

FUNGARO, D. A.; BRUNO, M. **Remoção de azul de metileno de solução aquosa usando zeólitas sintetizadas com amostras de cinzas de carvão diferentes**. *Química Nova*, v. 32, n. 4, p. 955-959, 2009

GIANNETTO, G.; **Zeolitas: características, propiedades y aplicaciones industriales**. Editorial Innovación Tecnológica: Caracas, 1990.

GILLMAN, G.P.; UEHARA, G. **Charge characteristics of soils with variable and permanent charge minerals: II. Experimental**. *Soil Science Society of America Journal*, v.44, p.252-255, 1980.

GOMES, A. D.; VICENTINI, J. C. M.; FERNANDES-MACHADO, N. R. C.; OLSEN SCALIANTE, M. H. N. **Synthesis of Zeolite A by hydrothermal and alkaline fusion methods using alternative source of silica and alumina**. In 18th International zeolite Confer^{nce} – zeolites for a sustainable world. Rio de Janeiro, 2016.

GOMES, A. D.; FERNANDES-MACHADO, N. R. C.; OLSEN SCALIANTE, M. H. N. **Investigação do potencial de uso de cinzas de caldeira para síntese de zeólitas**. In IX EPCC – Encontro Internacional de Produção Científica Unicesumar. Maringá, PR, 2015. Disponível em cesumar.br/diretoria-de-pesquisa/anais-eventos-epcc.php

KOSMULSKI, M. **The pH-dependent surface charging and points of zero charge. V. Update**. *Journal of Colloid and Interface Science*. v. 353, p. 1 – 15, 2011.

MARTINS, R. P.; BORBAN, L. S.; OLSEN SCALIANTE, M. H. N. **Tratamento de efluente têxtil utilizando fotocatalisadores produzidos a partir de cinzas residuais do bagaço de cana-de-açúcar e dióxido de titânio**. *Anais do VII Simpósio de Engenharia Química. Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, 2017*. Disponível em www.ctc.uem.br/seq

PAVLOVIC, S. M.; MARINKOVIC, D. M.; VELJKOVIC, V. B. A CaO/zeolite-based catalyst obtained from waste chicken eggshell and coal fly ash for biodiesel production. *Fuel*. v. 267, n. 1. Article 117171, 2020.

TAUC, J.; GRIGOVVICI, R.; VANCU, A. **Optical Properties and Electronic Structure of Amorphous**

Germanium. Physica status solid (b), v. 15, issue 2, p. 627- 637, 1966.

TEIXEIRA, S. R.; de SOUZA, A. E.; SANTOS, G. T. A.; PEÑA, A. F. V.; MIGUEL, A. G. **Sugarcane bagasse ash as a potential quartz replacement in red ceramic.** Journal of the American Ceramic Society. v. 91, p.1883. 2008.

UENO, K.; MISAWA, H.; **Surface plasmon-enhanced photochemical reactions.** Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews. v.15, p. 31 – 52, 2013.

VASCONCELOS, Y. **Cinzas de Valor.** Pesquisa FAPESP 174 (2010) p. 71. Disponível em <http://revistapesquisa.fapesp.br/2010/08/11/cinzas-de-valor/>. Data de acesso: 22/08/2017.

XU, R.; PANG, W.; YU, J.; HUO, Q.; CHEN, J. Chemistry of zeolite and related porous materials. Wiley – Interscience: Weinheim, 2007.

ZHU, D.; ZHOU, Q. **Action and mechanism of semiconductor photocatalysis on degradation of organic pollutants in water treatment: A review.** Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management. v.12, Article 100255. 2019.

ZOLLINGER, H. R. **Color Chemistry: Syntheses, properties and applications of organic dyes and pigments.** Wiley -VCH: Weinheim, New York, 2nd Edition, 1991.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Alcalinidade 141, 142, 143, 144, 148, 149, 150, 151, 152
Análise dinâmica 95
Análise numérica 103, 104, 114, 116, 118

B

Biodiesel 142, 144, 147, 149, 150, 151, 152, 189

C

Captura de movimento 10, 58, 59
Cogeração 154, 159, 160
Combustão interna 1, 2, 3, 68, 73, 124, 125, 126, 127, 132, 135, 138
Controlador 119, 120, 122, 123
Corantes 176, 179, 213, 220

D

Demanda energética 1, 2, 4, 6, 127
Discretização 78, 79, 80, 81, 93

E

Eficiência energética 40, 42, 44, 45, 46, 48, 50, 55, 124, 154, 158, 159, 160
Eletr deposição 14, 15, 16, 20, 24, 27
Emissões de gases 127, 154
Energias renováveis 14, 26
Ensaio 162, 164, 165, 170, 172, 173, 195, 196, 208, 210, 269
Equação Diferenciais 95
Extensão da Vida Útil 28

F

Figuras planas 78, 80, 93
Fluido magneto reológico 103, 104, 105, 107, 109, 110, 113
fluidos 37, 54, 103, 107, 108, 135, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 152, 153
Fluidos 104, 108, 142, 153
Fluido Visco Plástico 103
Fotocatálise 176, 179, 186, 212, 213, 219

G

Gases de exaustão 124, 127, 133, 135, 136
Gases de Exaustão 134
Gerador termoelétrico 124, 128
Grandezas monitoradas 28, 34, 35

I

IEC 61850 28, 30, 37, 38

Impacto 3

IMU 58, 59, 60

Infraestrutura 1, 2, 3, 7, 11, 12, 42, 43, 44, 45, 48, 52, 59

Injeção eletrônica 67, 68, 69, 71, 76, 77

M

Matemática intervalar 67, 68, 70, 72, 73, 74, 75, 76

Materiais compósitos 162, 163, 170, 171, 175

Mecânica 9, 78, 94, 101, 103, 118, 124, 141, 175, 279

Método de Newmark 95, 97

Motor 2, 3, 36, 37, 58, 67, 68, 69, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 98, 124, 125, 126, 127, 129, 132, 133, 135, 138

N

Não linearidades 95, 100

O

Óxido de cobre 14, 20, 25

Óxido de titânio 14, 20

P

Paralisia cerebral 10, 58, 59

Perfuração 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153

Perfuração 11, 141, 153

Peso 162, 163, 164, 165, 166, 169, 170, 171, 172, 174, 175, 176, 180, 266, 276, 277

PID 119, 120, 122, 123

Pistão MR 103, 110

Potência 8, 10, 28, 30, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 46, 50, 51, 124, 126, 127, 131, 133, 136, 137, 138, 205

Precisão 20, 46, 65, 67, 71, 73, 74

Propriedades geométricas 78, 79, 80, 81, 84, 93, 134

S

Semicondutores 14, 15, 26, 124, 129, 134, 135, 136, 176, 179, 184, 187, 213

Sensor inercial 58

Suspensão coloidal 103

Suspensão Coloidal 103

T

Transformadores 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 39

V

Veículo Elétrico 2, 3, 12, 13

Vibração 35, 108, 109, 119, 120, 123

 **Atena**
Editora

2 0 2 0