

Trabalhos nas Áreas de Fronteira da Química

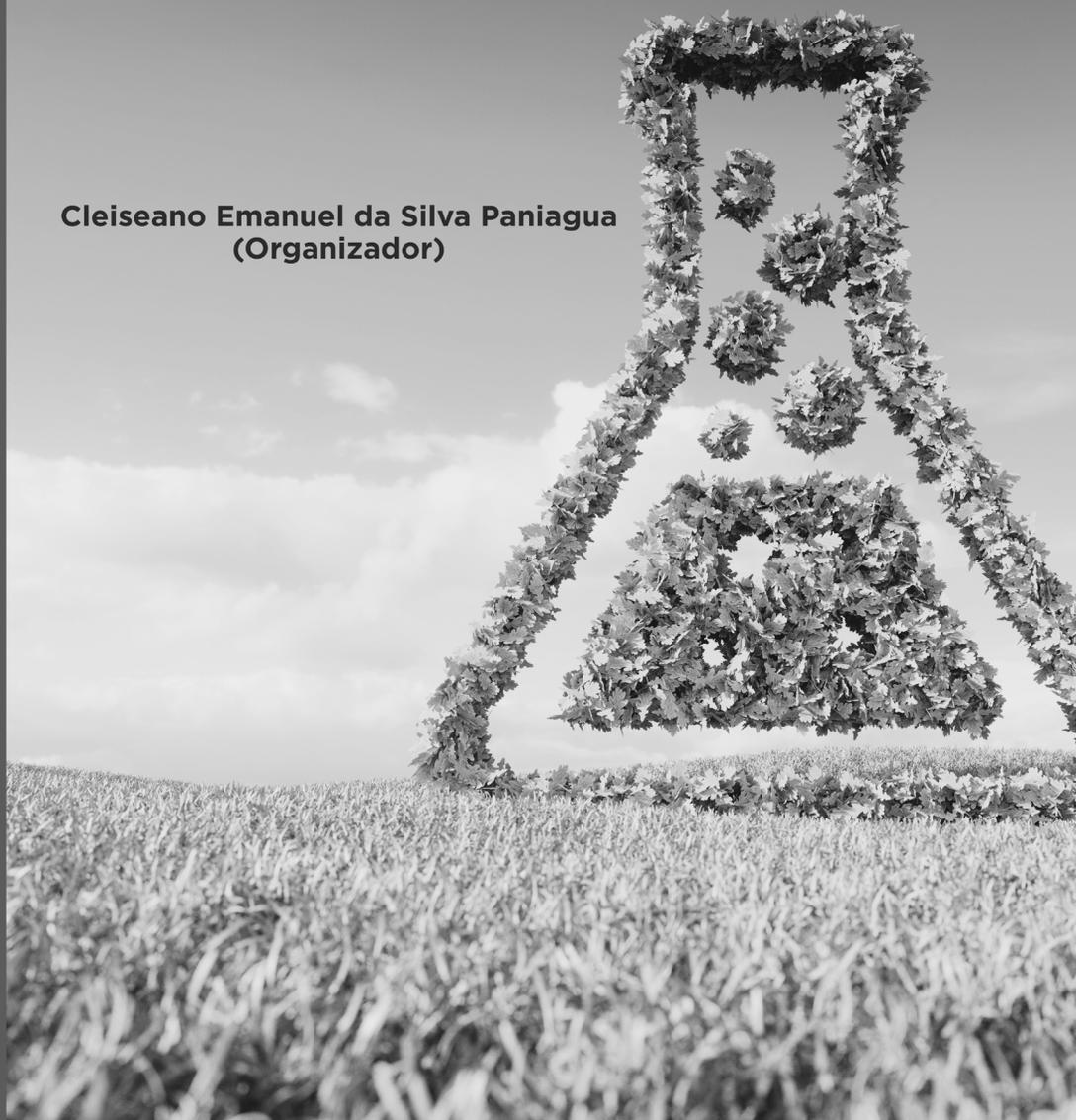
Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)



Atena
Editora
Ano 2021

Trabalhos nas Áreas de Fronteira da Química

**Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)**



Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

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. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Prof^ª Dr^ª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof^ª Dr^ª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^ª Dr^ª Ivone Goulart Lopes – Instituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
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 – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Prof^ª Dr^ª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
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. 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^ª Dr^ª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Dr^ª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof^ª Dr^ª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Prof^ª Dr^ª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof^ª Dr^ª 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

Prof^ª Dr^ª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás

Prof^ª Dr^ª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof^ª Dr^ª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Prof^ª Dr^ª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Prof^ª Dr^ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof^ª Dr^ª 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 Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra

Prof^ª Dr^ª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras

Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia

Prof^ª Dr^ª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco

Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará

Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

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

Prof^ª Dr^ª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof^ª Dr^ª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof^ª Dr^ª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

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

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados

Prof^ª Dr^ª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Prof^ª Dr^ª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof^ª Dr^ª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof^ª Dr^ª 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. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Prof^ª Dr^ª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
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. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
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^ª Dr^ª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Prof^ª Dr^ª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof^ª Dr^ª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Prof^ª Dr^ª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
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^ª Dr^ª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Prof^ª Dr^ª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
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

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. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Aleksandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof^ª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^ª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Prof^ª Dr^ª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^ª Dr^ª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Prof^ª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Prof^ª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Prof^ª 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. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
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
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
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 Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
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
Prof^ª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Prof^ª Dr^ª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof^ª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Prof^ª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
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
Prof^ª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Prof^ª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof^ª Dr^ª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Prof^ª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Prof^ª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Prof^ª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof^ª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Prof^ª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Trabalhos nas áreas de fronteira da química

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Vanessa Mottin de Oliveira Batista
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizador: Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

T758 Trabalhos nas áreas de fronteira da química / Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-824-3

DOI 10.22533/at.ed.243212202

1. Química. I. Paniagua, Cleiseano Emanuel da Silva (Organizador). II. Título.

CDD 540

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br



Ano 2021

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

APRESENTAÇÃO

O E-book intitulado: “Trabalhos nas Áreas de Fronteira da Química”, constituído por dezesseis trabalhos em forma de capítulos, promovem a apresentação e discussão científica de forma intra e interdisciplinar, que convergem para uma mesma problemática: melhoria na qualidade e expectativa de vida da sociedade. Esta coleção apresenta trabalhos que proporcionam: (i) melhorar e aperfeiçoar a relação ensino aprendizagem em diferentes níveis de ensino, possibilitando o aprofundamento da compreensão da relação homem e meio-ambiente, por meio do desenvolvimento de uma consciência que coloque o homem como parte integrante do meio; (ii) desenvolvimento de novos materiais com potencialidades de melhorar ou inovar suas aplicações nos diferentes seguimentos da sociedade, despertando a mudança da visão extrativista e fortalecendo a que seja capaz de reduzir impactos ao meio ambiente; (iii) uso da biotecnologia tanto no setor de saúde quanto no de alimentos que buscam aprimorar ou desenvolver novas aplicações; (iv) aplicação e potencialidades do uso de biomassa de resíduos e rejeitos gerados por atividades agroindustriais, possibilitando a incorporação destes como matéria-prima para aplicações em diferentes produtos, diminuindo o impacto gerado na extração de matérias-primas do ambiente que contribui para a preservação de recursos naturais para as gerações vindouras e (v) estudo de novas substâncias potencialmente capazes de melhorar ou desenvolver processos clínicos, tanto do ponto de vista de resolução de imagens em exames quanto de processos terapêuticos, possibilitando maior acessibilidade e disponibilidade a sociedade.

Neste sentido e com o intuito de colaborar para a disseminação destas e de outras informações que levem a despertar uma maior consciência da relação do homem e do meio ambiente, a Atena Editora lança o volume I do E-book “Trabalhos nas Áreas de Fronteira da Química”.

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ABORDANDO A IMPORTÂNCIA DA RECICLAGEM E DA COMPOSTAGEM NA PERSPECTIVA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, SOCIEDADE E AMBIENTE (CTSA)

Estefano Poletto da Silva

Joanez Aires

DOI 10.22533/at.ed.2432122021

CAPÍTULO 2..... 14

ABORDAGEM CIÊNCIA, TECNOLOGIA, SOCIEDADE, AMBIENTE (CTSA) NO ENSINO DE QUÍMICA DO ENSINO SUPERIOR: OFICINAS DE PRODUÇÃO DE SABÃO EM COMUNIDADES PERIFÉRICAS DA CIDADE DE MARABÁ – PARÁ

Aline Maria Viana de Souza

Elieuda dos Reis Santos

Joana D'arc Alexandre Barbosa

Jefferson Dias Vieira

Millena Lima Almeida

Marcos Francisco Ozorio dos Santos

Tatiani da Luz Silva

DOI 10.22533/at.ed.2432122022

CAPÍTULO 3..... 30

O USO DA QUÍMICA DOS PERFUMES NO ENSINO DE QUÍMICA ORGÂNICA EXPERIMENTAL

Gabriel de Paula Bueno

Olga Maria Schimidt Ritter

Taís Viviane Hanauer

Victor Leonardo Rodrigues Pinheiro

Bruna Sthephany Grassi Magalhães

DOI 10.22533/at.ed.2432122023

CAPÍTULO 4..... 41

OFICINA PEDAGÓGICA COMO FERRAMENTA DE APRENDIZAGEM DE ASTRONOMIA

Marcelo Monteiro Marques

Juliana Pereira da Costa

Rayanne Cristina da Silva Santos

DOI 10.22533/at.ed.2432122024

CAPÍTULO 5..... 52

A NANOTECNOLOGIA NA LUTA CONTRA O CÂNCER: UMA REVISÃO

Angélica de Brito Sousa

Jéssica Randel da Silva Alves

Darlisson Slag Neri Silva

Juracir Francisco de Brito

Nelson Nunes da Silva Lopes Júnior

DOI 10.22533/at.ed.2432122025

CAPÍTULO 6..... 64

CELULOSE BACTERIANA PARA APLICAÇÕES BIOMÉDICAS: UMA PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA

Ricardo Barbosa de Sousa
Amanda Maria Claro
Hernane da Silva Barud
Sidney José Lima Ribeiro
Edson Cavalcanti da Silva Filho

DOI 10.22533/at.ed.2432122026

CAPÍTULO 7..... 88

ENSAIOS PARA PRODUÇÃO DE UM SORVETE PROBIÓTICO A PARTIR DO USO DE EXTRATO DE *Theobroma grandiflorum* (CUPUAÇU) E CEPAS COMERCIAIS DE *Lactobacillus acidophilus*

Elaine Isabel Melo Alves Coelho
Lívia Maria Pinto Rodrigues
Edailson de Alcântara Corrêa

DOI 10.22533/at.ed.2432122027

CAPÍTULO 8..... 99

NANOPARTÍCULAS DE COBRE BIODISPONIBILIZADAS PELO FUNGO ENDOFÍTICO *Phaeoacremonium* SP. ISOLADO DAS AMÊNDOAS DE *Bertholletia excelsa* DUCKE

Edmilson dos S. Moraes
Fabrício H. Holanda
Beatriz L. Ferreira
Iracirema S. Sena
Adilson L. Lima
Victor H. de Souza Marinho
Irlon Maciel Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.2432122028

CAPÍTULO 9..... 112

SÍNTESE HIDROTÉRMICA DE NANOPARTÍCULAS DE CARBONO A PARTIR DE GLICOSE E UREIA

Pedro Rafael da Cruz Almeida
Michael Douglas Santos Monteiro
Jonatas de Oliveira Souza Silva
José Carlos dos Santos Junior
José Fernando de Macedo
Anderson Alex Conceição Alves
Mércia Vieira da Silva Sant'Anna
Eliana Midori Sussuchi
Lucas dos Santos Lima

DOI 10.22533/at.ed.2432122029

CAPÍTULO 10..... 123

INFLUÊNCIA DOS HIDRÓXIDOS DE MAGNÉSIO E ALUMÍNIO NA ATIVAÇÃO

MECANOQUÍMICA DO SISTEMA MgO-Al₂O₃-SiO₂

Constança Amaro de Azevedo

Francisco Manoel dos Santos Garrido

Jairo Moura de Melo

Marta Eloísa Medeiros

DOI 10.22533/at.ed.24321220210

CAPÍTULO 11..... 131

IMPLICAÇÕES E APLICAÇÕES DO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR

Marluce Oliveira da Guarda Souza

Carine Pereira da Silva

Fernanda Sales Silva

DOI 10.22533/at.ed.24321220211

CAPÍTULO 12..... 143

ICE TEMPLATE ADAPTADA: A PRODUÇÃO DE POROS ATRAVÉS DO CONGELAMENTO

Natália Reigota César

Jeniffer Silveira Gonçalves

Aparecido Junior de Menezes

Walter Ruggeri Waldman

DOI 10.22533/at.ed.24321220212

CAPÍTULO 13..... 157

CARACTERIZAÇÃO DO INSUMO FARMACÊUTICO ATIVO SULFATO DE ATAZANAVIR

Emiliana Moraes de Carvalho

Erika Martins de Carvalho

DOI 10.22533/at.ed.24321220213

CAPÍTULO 14..... 169

UMA REVISÃO BIBLIOMÉTRICA PARA O CASO DA PROGRAMAÇÃO DA PRODUÇÃO, DE INDÚSTRIAS QUÍMICAS, EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO EM BATELADA

Rony Peterson da Rocha

Claudilaine Caldas de Oliveira

Eugênia Leandro Almeida

Mauro A.S.S. Ravagnani

Cid Marcos G. Andrade

DOI 10.22533/at.ed.24321220214

CAPÍTULO 15..... 184

EFEITO DE PROTEÍNAS *ZINC-FINGER* EM DOENÇAS HUMANAS: UM FOCO NA CO-CHAPERONA HSP40 E DOENÇAS NEURODEGENERATIVAS

Jemmyson Romário de Jesus

DOI 10.22533/at.ed.24321220215

CAPÍTULO 16..... 196

NAFTOIMIDAZÓIS COMO POTENCIAIS COMPONENTES TERANÓSTICOS FLUORESCENTES: SÍNTESE E AVALIAÇÃO

Victória Laysna dos Anjos Santos

Helinando Pequeno de Oliveira

Arlan de Assis Gonsalves

Cleônia Roberta Melo Araújo

DOI 10.22533/at.ed.24321220216

SOBRE O ORGANIZADOR.....209

ÍNDICE REMISSIVO.....210

IMPLICAÇÕES E APLICAÇÕES DO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR

Data de aceite: 01/02/2021

Data de submissão: 06/11/2020

Marluce Oliveira da Guarda Souza

Universidade do Estado da Bahia (UNEB)
Salvador – BA
<http://lattes.cnpq.br/8446729745863575>

Carine Pereira da Silva

Universidade Federal da Bahia (UFBA)
Salvador – BA
<http://lattes.cnpq.br/1502923863609183>

Fernanda Sales Silva

Universidade do Estado da Bahia (UNEB)
Salvador – BA
<http://lattes.cnpq.br/0627830395121865>

RESUMO: O bagaço de cana-de-açúcar é um resíduo agroindustrial que possui diversas aplicações em variados campos da Ciência. Neste contexto, pode ser utilizado, por exemplo, na síntese de novos materiais baseados em óxidos metálicos e material carbonáceo, para emprego em processos de tratamento de efluentes. Deste modo, o objetivo do presente trabalho consiste no estudo e análise das diferentes aplicações do bagaço de cana nos processos de adsorção e fotocatalise heterogênea; visando a remoção de corantes altamente tóxicos e nocivos ao meio ambiente e aos seres humanos. Para tanto, o bagaço foi misturado mecanicamente a sais de ferro (nitrato e acetato de ferro) na proporção 1:1:1 (BC/NF-AF 1:1), e em solução aquosa a dióxido de titânio

na proporção 1:2 (TiBC1:2), sendo as misturas submetidas ao aquecimento em mufla nas seguintes condições: rampa de aquecimento de $10^{\circ}\text{C min}^{-1}$, fluxo de nitrogênio a uma vazão de 80 mL min^{-1} , nas temperaturas de 500°C (BC/NF-AF 1:1 (500°C)) e 450°C (TiBC1:2450), por 2 horas. Os materiais resultantes do tratamento térmico foram aplicados na adsorção do corante azul de metileno (porcentagem de remoção de 90%) e na fotocatalise heterogênea do alaranjado de metila (porcentagem de descoloração do corante de 93%), mostrando-se altamente promissores para o emprego em ambos os processos.

PALAVRAS-CHAVE: Bagaço de cana, adsorção, fotocatalise heterogênea, corante.

IMPLICATIONS AND APPLICATIONS OF SUGARCANE BAGASSE

ABSTRACT: Sugarcane bagasse is an agro-industrial residue that has several applications in various fields of science. In this context, it can be used, for example, in the synthesis of new materials based on metallic oxides and carbonaceous material, for use in effluent treatment processes. In this way, the objective of the present work consists of the study and analysis of the different applications of sugarcane bagasse in the adsorption and heterogeneous photocatalysis processes; aimed at removing highly toxic dyes that are harmful to the environment and humans. Bagasse was mechanically mixed with iron salts (nitrate and iron acetate) in ratio 1:1:1 (BC/NF-AF 1:1), and in aqueous solution of titanium dioxide in ratio 1:2 (TiBC1:2), and the mixtures were heated in a muffle furnace under the following conditions: heating ramp of $10^{\circ}\text{C min}^{-1}$, nitrogen flow at rate

of 80 mL min⁻¹, temperatures of 500°C (BC/NF-AF 1:1 (500°C)) and 450°C (TiBC1:2450), for 2 hours. The materials resulting from the heat treatment were applied to the adsorption of the methylene blue dye (removal percentage of 90%) and in the heterogeneous photocatalysis of methyl orange (percentage of dye discoloration 93%), showing high promise for employment in both processes.

KEYWORDS: Sugarcane bagasse, adsorption, heterogeneous photocatalysis, dye.

1 | INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar foi introduzida no Brasil, em Pernambuco, logo após o descobrimento do país. Em 1550, o Brasil já era o maior país produtor mundial de açúcar, e durante os séculos XVI e XVII, período conhecido como “ciclo do açúcar”, a zona da Mata Nordestina e o Recôncavo Baiano eram os principais polos desta atividade, seguido pelos estados do Maranhão, Rio de Janeiro e São Paulo (VIEIRA, LIMA e BRAGA, 2007).

Em adição, a cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) é a maior cultura agrícola em todo o mundo, sendo cultivada em mais de 100 países, principalmente em regiões tropicais e subtropicais, com produção mundial anual de aproximadamente 1,9 bilhões de toneladas (HOI e MARTINCIGH, 2013; CORDEIRO et al., 2017; BARROS et al., 2018).

O principal produto comercializado popularmente oriundo da cana, é o caldo, o qual é extraído após o caule ser prensado, e, logo após, descartado (Figura 1). Os principais resíduos sólidos gerados pela indústria da cana-de-açúcar são o bagaço e a palha, considerados materiais lignocelulósicos altamente abundantes. Após ser processada, a cana produz, em média, 14% de bagaço e 14% de palha em uma base de massa seca (CARVALHO et al., 2015).



Figura 1. Moagem da cana-de-açúcar em uma indústria de produção de aguardente localizado na cidade de Abaíra - BA.

Fonte: Produzido pelas autoras.

Destacando-se o bagaço de cana-de-açúcar, o mesmo apresenta baixa densidade ($0,45 \text{ g cm}^{-1}$ a $0,49 \text{ g cm}^{-1}$), 45 a 50% de umidade, 43 a 52% de fibras lignocelulósicas (hemicelulose, celulose e lignina), e 2 a 6% de sólidos solúveis (MOHOMANE, MOTAUNG e REVAPRASADU, 2017; LUZ et al., 2018). Este resíduo é caracterizado como um material heterogêneo higroscópico com uma diversidade de grupos funcionais em sua superfície, além de ser constituído de fibras e outros elementos estruturais como vasos, parênquimas e células epiteliais (SOCCOL et al., 2010; SCHEUFELE et al., 2015).

O bagaço de cana-de-açúcar pode ser empregado em distintas aplicações, tais como: produção de eletricidade, papel e celulose, alimentação animal, indústrias de concreto e utilizado como principal fonte energética requerida nas usinas de açúcar e destilarias de etanol; uma vez que é queimado como combustível em caldeiras que geram o vapor d'água utilizado na produção de açúcar e álcool e em processos de cogeração de energia (CORDEIRO, FILHO e FAIRBAIRN, 2009; ROCHA et al., 2015). Vale ressaltar que o etanol produzido a partir da fermentação ou hidrólise do bagaço é conhecido por etanol de segunda geração e vem ganhando numerosos estudos, sobretudo em países tropicais, a exemplo do Brasil (PITOL-FILHO, 2011).

Porém, grande parte deste resíduo não é adequadamente utilizado, e na maioria dos casos, descartado de forma inadequada (Figura 2). Um destes é a queima da cana durante a colheita, sendo uma fonte de muitos problemas ambientais, sendo alguns deles: aumento dos níveis de poluição atmosférica, aumento de pragas, emissões elevadas de N_2O e outros gases do efeito estufa, redução da vista próximos a rodovias e aeroportos devido a cortina de fumaça formada e até mesmo a queima de residências (CORDEIRO et al., 2017; MENANDRO et al., 2017; SOUSA et al., 2017).



Figura 2. Grande estoque de bagaço produzido a partir da moagem da cana em uma indústria de produção de aguardente localizado na cidade de Abaíra - BA.

Fonte: Produzido pelas autoras.

O uso do bagaço de cana para obtenção de novos materiais baseados em material carbonáceo e óxidos metálicos, a exemplo dos óxidos de ferro (Silva et al., 2018; Souza et al., 2019) e do dióxido de titânio (Liu et al., 2018) para aplicações na adsorção e fotocatalise heterogênea; destaca-se como uma das alternativas promissoras na minimização dos impactos ambientais, além de apresentar relevância tanto no âmbito científico quanto tecnológico (MARTÍN-LARA et al., 2010; PITOL-FILHO, 2011; ROCHA et al., 2015).

Neste contexto, o processo de adsorção é um importante método de purificação e separação, e bastante eficaz no tratamento de efluentes industriais contaminados por uma diversidade de poluentes nocivos aos ecossistemas aquáticos, sejam eles: orgânicos (a exemplo dos corantes têxteis) ou inorgânicos (os metais tóxicos) (NASCIMENTO et al., 2014).

A adsorção de determinada substância (adsorvato) em solução aquosa por um sólido (adsorvente) pode ser interpretada como resultado de uma reação reversível (adsorção-dessorção) que atinge uma condição de equilíbrio final entre a concentração do adsorvato nas duas fases (DELLE SITE, 2001). Tal equilíbrio, quando os ensaios adsorptivos são realizados em condições isotérmicas, pode ser representado por meio de modelos matemáticos que descrevem o sistema em estudo, chamado *isotermas de adsorção*; sendo os mais comumente empregados na literatura os descritos por Langmuir e Freundlich (TAGLIAFERRO et al., 2011).

Outro método eficiente no tratamento de poluentes e substâncias tóxicas é a Fotocatalise Heterogênea. Este é caracterizado como um Processo Oxidativo Avançado (POA) e seu mecanismo é baseado na fotoabsorção de um sólido, denominado de semicondutor ou fotocatalisador. A partir da fotoabsorção, os elétrons são excitados e promovidos da banda de valência (BV) para a banda de condução (BC), a energia absorvida pelos fótons, $h\nu$, deve ser igual ou superior a energia de *band gap* (E_g) para que ocorra a formação do par elétron/lacuna (e^-/h^+). A partir da formação do par e^-/h^+ , reações de oxidação e redução ocorrem, formando espécies altamente reativas (radicais $\cdot\text{OH}$, H_2O_2 , $\text{O}_2^{\cdot-}$). Estas espécies são responsáveis por mineralizar um determinado poluente orgânico, a exemplo dos corantes têxteis, em CO_2 e H_2O (COLMENARES e LUQUE, 2014).

Por fim, entende-se que em um país que possui aproximadamente 2300 ha de cana-de-açúcar, é indispensável à procura por novas técnicas e processos que forneçam um destino sustentável aos resíduos provenientes desta plantação (BATTISTELLE, MARCILIO e LAHR, 2008). Sendo assim, o objetivo deste trabalho consiste no estudo e análise das aplicações do bagaço de cana-de-açúcar em processos de tratamentos de efluentes, destacando-se a adsorção e fotocatalise heterogênea; visando a remoção de corantes altamente tóxicos e nocivos ao meio ambiente e aos seres humanos.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

O bagaço de cana-de-açúcar utilizado neste trabalho foi obtido a partir de um estabelecimento comercial de caldo de cana, localizado na cidade de Salvador - BA, sendo que a cana-de-açúcar foi cultivada no município de São Felipe - BA.

2.1 Pré-tratamento do bagaço de cana-de-açúcar

Após a coleta do bagaço de cana *in natura*, o mesmo passou por um pré-tratamento, antes da sua aplicação. Para tanto, inicialmente as fibras do bagaço foram separadas e lavadas em água corrente para a remoção de impurezas mais grosseiras e superficiais, tais como: areia, folhas, entre outros. Em seguida, as mesmas foram imersas em banho de água destilada por 72 horas com troca da água a cada 12 horas (Figura 3(a)), seguido de lavagem com água ultrapura. Posteriormente, o bagaço foi seco em estufa (Solab, SL 102/480) a 60°C até atingir massa constante, que perdurou por aproximadamente 72 horas. Por fim, esta biomassa foi triturada em um moinho de facas tipo Willey (Marconi, MA-680) e peneirada a 30 *mesh* (Figura 3(b)). Vale ressaltar que este procedimento foi adaptado dos trabalhos de Silva et al. (2008), Paulo (2014) e Silva et al. (2018).



Figura 3. (a) Fibras do bagaço de cana-de-açúcar imersas em banho de água destilada; (b) Bagaço de cana moído e peneirado a 30 *mesh*.

Fonte: Produzido pelas autoras.

2.2 Preparação da mistura dióxido de titânio/bagaço de cana-de-açúcar

Massas do dióxido de titânio comercial (2,0 g) e bagaço de cana-de-açúcar (4,0 g) foram adicionados em um erlenmeyer e misturados a 120 mL de água ultrapura. A mistura foi submetida a agitação em uma mesa agitadora (modelo 109 Nova Ética) a 120 rpm por 12 horas. O material foi filtrado a vácuo com auxílio de uma bomba a vácuo, levado a estufa (Solab SL100) para secagem a 70°C por 72 horas. A mistura obtida foi denominada de

TiBC1:2 (dióxido de titânio/bagaço de cana na proporção 1:2).

2.2.1 Tratamento térmico da mistura dióxido de titânio/bagaço de cana na proporção 1:2

A partir da amostra TiBC1:2 preparou-se um novo material para aplicação no processo de Fotocatálise Heterogênea. A mistura foi transferida para uma cela de quartzo para calcinação em uma mufla convencional. As condições adotadas foram: rampa de aquecimento $10^{\circ}\text{C min}^{-1}$, fluxo de nitrogênio a uma vazão de 80 mL min^{-1} , temperatura de 450°C , tempo 2 horas; obtendo-se o sólido TiBC1:2450. O material final foi macerado e tamisado a 60 *mesh*, e empregado como fotocatalisador em testes fotocatalíticos de degradação do corante alaranjado de metila.

2.3 Preparação da mistura bagaço de cana/nitrato de ferro-acetato de ferro

O bagaço de cana (BC), e os sais acetato de ferro(II) (AF) e nitrato de ferro(III) nonahidratado (NF) foram misturados mecanicamente na proporção 1:1:1 (massa/massa), e transferidos para celas de quartzo para posterior calcinação em uma mufla convencional.

2.3.1 Tratamento térmico da mistura bagaço de cana/nitrato de ferro-acetato de ferro na proporção 1:1:1

A mistura resultante foi tratada termicamente nas seguintes condições: rampa de aquecimento de $10^{\circ}\text{C min}^{-1}$; atmosfera de nitrogênio com fluxo de 80 mL min^{-1} ; temperatura de aquecimento 500°C ; tempo de 2 horas. O material final obtido após a calcinação foi peneirado a 80 *mesh*, denominado BC/NF-AF 1:1 (500°C) e posteriormente empregado como adsorvente para a remoção do corante azul de metileno em meio aquoso.

2.4 Testes fotocatalíticos

Os testes foram processados em um fotoreator fabricado artesanalmente. Inicialmente, foram realizados testes de fotólise, adicionando-se 350 mL de solução do corante alaranjado de metila com concentração inicial de 50 mg L^{-1} (pH~5,7) em um reator encamisado com paredes de circulação de água conectado a um banho termostático ($T\sim 15^{\circ}\text{C}$) para resfriamento e manutenção da temperatura dentro do sistema em até 30°C . A solução foi irradiada por uma lâmpada a vapor de mercúrio (125 W) e alíquotas foram coletadas em intervalos de 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 e 90 minutos de reação e analisadas em um espectrofotômetro UV-VIS (marca Kasuaki) em comprimento de onda de 460 nm. Os valores de pH para cada alíquota foram obtidos fazendo-se leituras em um pHmetro. Posteriormente, foram realizados testes fotocatalíticos nas mesmas condições da fotólise. O diferencial consistiu na adição de 200 mg do fotocatalisador sintetizado (TiBC1:2450). Deste modo, o sistema foi mantido sob agitação no escuro para que se atingisse o equilíbrio de adsorção/dessorção por 30 minutos. Após esse período, a lâmpada foi ligada, sendo

recolhidas amostras nos intervalos de tempo de 10 a 90 minutos, centrifugadas por 10 minutos e analisadas em um espectrofotômetro UV-Vis em comprimento de onda de 460 nm.

2.5 Testes de adsorção

Para obtenção das isotermas de adsorção, 100 mg do adsorvente preparado (BC/NF-AF 1:1 (500°C)) foi adicionado em 100 mL da solução do corante azul de metileno, nas seguintes faixas de concentração: 1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0; e 6,0 mg L⁻¹. Os sistemas resultantes foram mantidos em agitação (120 rpm) por um período de 60 minutos, e logo após, centrifugados por 15 minutos. Por fim, o sobrenadante foi analisado por espectrofotometria UV-Vis (equipamento Biospectro, modelo SP-22); para determinar a concentração remanescente do corante azul de metileno (C_e) no comprimento de onda de 664 nm. Os modelos empregados para estudo da interação entre o adsorvente e adsorbato e comparação com os resultados experimentais obtidos, foram os modelos de isotermas de adsorção não-lineares de Langmuir e Freundlich.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Adsorção

Analisando a isoterma de adsorção obtida (Figura 4), é possível observar que os dados experimentais para adsorção do azul de metileno, em meio aquoso, utilizando o material BC/NF-AF 1:1 (500°C) como adsorvente, ajustou-se melhor ao modelo não-linear de Langmuir.

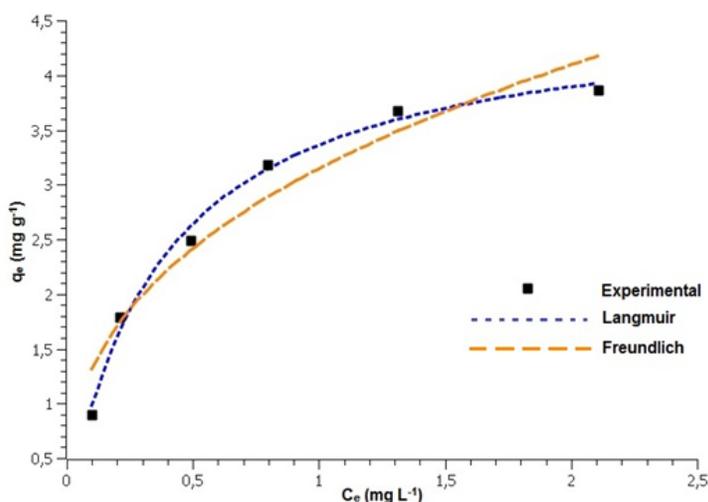


Figura 4. Isoterma de adsorção do azul de metileno para o adsorvente BC/NF-AF 1:1 (500°C).

No entanto, para explicação da maior capacidade de adsorção (q_e) do adsorvato (corante azul de metileno) por unidade de massa do adsorvente (BC/NF-AF 1:1 (500°C)), é necessário fazer uma análise das propriedades e características do material sintetizado. Para a amostra em estudo, a fase de óxido de ferro formada foi a maghemita ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) ou magnetita (Fe_3O_4), ou até mesmo uma mistura entre as fases, conforme observado nos resultados de Difração de raios X (DRX). A porcentagem de remoção do azul de metileno em meio aquoso empregando este material como adsorvente foi de aproximadamente 90%. De acordo com a literatura, a elevada adsorção do corante azul de metileno pode ser explicada pela forte interação entre os íons de Fe^{2+} e Fe^{3+} presentes na magnetita dentro e na superfície das amostras com os pares de elétrons da estrutura do corante (TIRELI et al., 2015).

3.2 Fotocatálise Heterogênea

Pode-se avaliar o bom desempenho fotocatalítico do semicondutor TiBC1:2450 a partir da Figura 5, observando-se uma expressiva porcentagem de descoloração do corante alaranjado de metila (93%), quando comparado a fotólise (44%), realizado sem a adição do fotocatalisador em estudo.

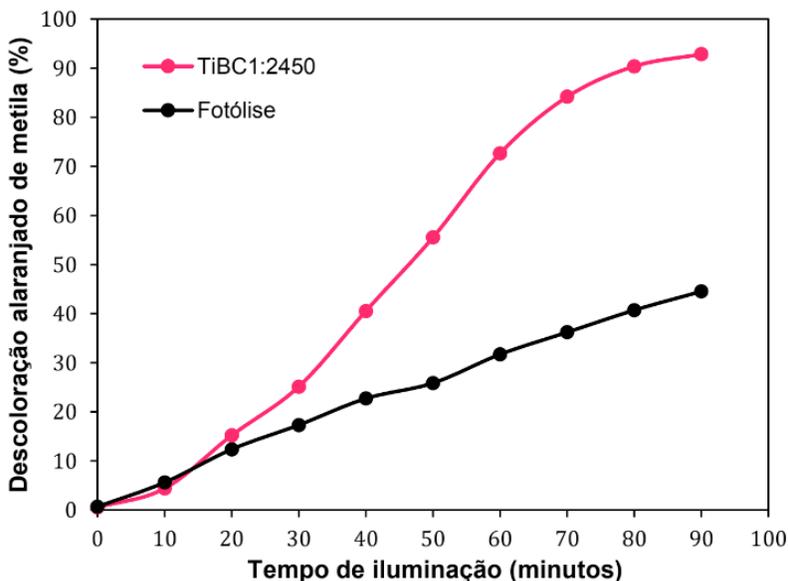


Figura 5. Porcentagem de descoloração do alaranjado de metila em função do tempo de iluminação empregando o fotocatalisador TiBC1:2450 no meio reacional.

Este resultado pode ser atribuído a alguns fatores, como por exemplo, a área superficial da amostra ($95 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$), determinada a partir da fisissorção empregando o modelo

matemático Brunauer-Emmett-Teller (BET). Uma área superficial significativa, conduz a uma elevação das taxas de reação devido ao favorecimento de interação entre os reagentes e os sítios ativos no sólido. Essa interação é permitida através dos processos difusionais e de adsorção, que ocorrem quando as moléculas do contaminante difundem-se do meio fluido para a superfície do fotocatalisador, e, posteriormente, para dentro dos poros onde ocorrerá adsorção do mesmo sobre a superfície sólida, e em seguida a reação de degradação do poluente (SCHMAL, 2011; COLMENARES, LISOWSKI E LOMOL, 2013). Uma área superficial favorável também facilita a absorção de fótons e a promoção de elétrons da banda de valência para a banda de condução formando o par e^-/h^+ . Os pares fotogerados além de promoverem uma possível degradação do corante alaranjado de metila através de reações de oxidação e redução, podem oxidar moléculas de água formando radicais oxidativos, também responsáveis por degradar indiretamente o contaminante (DONG et al., 2012).

O efeito catalítico do fotocatalisador utilizado no processo de degradação de contaminantes orgânicos pode ser analisado utilizando o modelo cinético de Langmuir-Hinshewood (L-H), que relaciona à razão de degradação, neste caso do alaranjado de metila, à concentração do contaminante no meio aquoso (ROCHA et al., 2014). O valor determinado da constante de velocidade foi de $31,2 \times 10^{-3}$, evidenciando uma descoloração do alaranjado de metila cineticamente favorável ao adotar o fotocatalisador TiBC1:2450 no meio reacional.

4 | CONCLUSÃO

Após o pré-tratamento do bagaço de cana e a sua combinação com óxidos metálicos, foi possível sintetizar um novo material adsorvente (BC/NF-AF 1:1 (500°C)) e fotocatalisador (TiBC1:2450) com propriedades adequadas para o emprego nos processos de adsorção e fotocatalise heterogênea, visando a remoção de corante em meio aquoso. Deste modo, obteve-se resultados promissores, visto que a porcentagem de remoção do azul de metileno ao empregar o adsorvente BC/NF-AF 1:1 (500°C) foi de aproximadamente 90%, e o percentual de descoloração aplicando o fotocatalisador TiBC1:2450 para degradação do alaranjado de metila foi 93%. Então, conclui-se que é possível transformar o bagaço de cana-de-açúcar, matéria-prima altamente abundante, em produtos de maior valor agregado, reduzindo assim os impactos causados pela queima e descarte inadequado deste resíduo agroindustrial.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Química Aplicada (PGQA) da Universidade do Estado da Bahia (UNEB), e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química (PPEQ) da Universidade Federal da Bahia (UFBA) pela infraestrutura

concedida; a Capes e a Fapesb pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

BARROS, J. A. S.; et al. Chromatographic characterization of bio-oils from faz pyrolysis of sugar cane residues (straw and bagasse) from four genotypes of the *Saccharum* complex. **Microchemical Journal**, v. 137, p. 30–36, 2018.

BATTISTELLE, R. A. G.; MARCILIO, C.; & LAHR, F. A. R. Emprego do bagaço da cana-de-açúcar (*Saccharum Officinarum*) e das folhas caulinares do bambu da espécie *Dendrocalamus Giganteus* na produção de chapas de partículas. **Minerva**, v. 5, n. 3, p. 297-305, 2008.

CARVALHO, D. M.; et al. Assessment of chemical transformations in eucalyptus, sugarcane bagasse and straw during hydrothermal, dilute acid, and alkaline pretreatments. **Industrial Crops and Products**, v. 73, p. 118–126, 2015.

COLMENARES, J. C.; LISOWSKI, P.; LOMOL, D. A novel biomass-based support (starbon) for TiO₂ hybrid photocatalysts: a versatile green tool for water purification. **Royal Society of Chemistry**, v. 3, p. 20186-20192, 2013. Errata em: **RSC Advances**, v. 3, p. 20187, 2013.

COLMENARES, J. C.; LUQUE, R. Heterogeneous photocatalytic nanomaterials: prospects and challenges in selective transformations of biomass-derived compounds. **Royal Society of Chemistry**, v. 43, p. 765-778, 2014.

CORDEIRO, G. C.; et al. Study on the pozzolanic activity of sugar cane straw ash produced using different pretreatments. **Química Nova**, v. 40, n. 3, p. 264-269, 2017.

CORDEIRO, G. C.; FILHO, R. D. T.; FAIRBAIRN, E. de 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, 2009.

DELLE SITE, A. Factors Affecting Sorption of Organic Compounds in Natural Sorbent/Water Systems and Sorption Coefficients for Selected Pollutants. A Review. **Journal of Physical and Chemical Reference Data**, v. 30, n. 1, p. 187-439, 2001.

DONG, S.; ZHANG, J.; GAO, L.; et al. Preparation of spherical activated carbon-supported and Er³⁺:YAlO₃-doped TiO₂ photocatalyst for methyl orange degradation under visible light. **Transactions of Nonferrous Metals Society of China**, v. 22, p.2477-2483, 2012.

HOI, L. W. S.; MARTINCIGH, B. S. Sugar cane plant fibers: separation and characterization. **Industrial Crops and Products**, v. 47, p. 1– 12, 2013.

LIU, B.; LIU, S.; MENG, L.Y.; et al. Microwave-hydrothermal synthesis and photocatalytic properties of biomass charcoal/TiO₂ nanocomposites. **Journal of Saudi Chemical Society**, v. 22, p. 509-518, 2018.

LUZ, F.S.; CANDIDO, V. S.; SILVA, A. C. R.; et al. Thermal behavior of polyesters composites reinforced with green sugarcane bagasse fiber. **JOM: the Journal of the Minerals, Metals & Materials Society**, 2018.

MARTÍN – LARA, M. Á.; et al. Modification of the sorptive characteristics of sugarcane bagasse for removing lead from aqueous solutions. **Desalination**, v. 256 p. 58–63, 2010.

MENANDRO, L. M. S.; et al. Comprehensive assessment of sugarcane straw: implications for biomass and bioenergy production. **Biofuels, Bioproducts and Biorefining**, v. 11, p. 488-504, 2017.

MOHOMANE, S. M.; MOTAUNG, T. E.; REVAPRASADU, N. Thermal degradation kinetics of sugarcane bagasse and soft wood cellulose. **Materials**, v. 10, p.2-12, 2017.

NASCIMENTO, R. F.; et al. **Adsorção: aspectos teóricos e aplicações ambientais**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2014.

PAULO, G. M. M. **Remoção de íons metálicos a partir de meios aquosos mediante o uso de bagaço de cana e material argiloso (bentonita)**. Dissertação de Mestrado. Salvador-BA. Programa de Pós-Graduação em Química Aplicada da Universidade do Estado da Bahia, 2014.

PITOL-FILHO, L. Aplicações sustentáveis de biomassa: novas perspectivas. **Revista da Unifeb (Online)**, v. 9, p. 100-109, jan./jun. 2011.

ROCHA, G. J. de M; et al. Influence of mixed sugarcane bagasse samples evaluated by elemental and physical–chemical composition. **Industrial Crops and Products**, v. 64, p. 52–58, 2015.

ROCHA, V. M. S.; TELES, L. R.; SOUZA, M. O. G. S.; et al. Effect copper on the photocatalytic activity of semiconductor based titanium dioxide (anatase) and hematite (α -Fe₂O₃). **Materials Science and Engineering B**, v. 185, p.13-20, 2014.

SCHEUFELE, F. B.; et al. Assessment of Drying Temperature of Sugarcane Bagasse on Sorption of Reactive Blue 5G Dye. **Fibers and Polymers**, v. 16, n. 8, p. 16461656, 2015.

SCHMAL, M. Cinética e reatores: Aplicação à Engenharia Química. 2. Ed. Rio de Janeiro: **Synergia**, 2011.

SILVA, C.P.; SANTOS, A. V.; SOUZA, M. O. G.; et al. Synthesis of composites and study of the thermal behavior of sugarcane bagasse/ iron nitrate mixtures in diferente proportions. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v. 131, p.611-620, 2018.

SILVA, F. L.; MARQUES, M. G.; ROMANIELO, L. Adsorção de hidrocarbonetos em soluções aquosas utilizando bagaço de cana. In: **4ª Semana do Servidor e 5ª Semana Acadêmica**. Universidade Federal de Uberlândia – UFU, 2008

SOCCOL, C. R.; et al. Bioethanol from lignocelluloses: Status and perspectives in Brazil. **Bioresource Technology**, v. 101, p. 4820–4825, 2010.

SOUSA JR, J. G. de A.; et al. Sugar cane straw left in the field during harvest: decomposition dynamics and composition changes. **Soil Research**, 2017, DOI: <http://www.publish.csiro.au/sr/SR16310>.

SOUZA, M. O. G.; REBOUÇAS, L. M.; CASTRO, L. M. F. Characterization and thermal decomposition study of mango residue biomass (*Mangifera indica* L.). **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v. 139, p. 1811-1816, 2019.

TAGLIAFERRO, G. V.; et al. Adsorção de chumbo, cádmio e prata em óxido de nióbio (v) hidratado preparado pelo método da precipitação em solução homogênea. **Química Nova**, v. 34, n. 1, p. 101-105, 2011.

TIRELI, A. A.; et al. Fenton-like processes and adsorption using iron oxide-pillared clay with magnetic properties for organic compound mitigation. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 22, p. 870–881, 2015.

VIEIRA, M. C. A.; LIMA, J. F.; BRAGA, N. M. **Setor Sucroalcooleiro Brasileiro: Evolução e Perspectivas**. Departamento de Agroindústria (DEAGRO) da área industrial do BNDES, 2007.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Adsorção 130, 131, 134, 136, 137, 138, 139, 141, 142

Água 16, 19, 20, 21, 26, 27, 32, 34, 35, 55, 56, 66, 73, 95, 101, 102, 114, 115, 116, 123, 125, 133, 135, 136, 139, 143, 144, 145, 146, 148, 152, 153, 160, 191, 200

Aminoácidos 184, 185, 187, 188

Análise térmica 126

Aprendizagem 16, 29, 36, 37, 41, 42, 46, 49, 50

Astronomia 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50

B

Bandas 113, 119, 120, 128, 160, 161, 205

Biocatálise 99, 101

C

Câncer 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 74, 185, 186

Carbono 67, 82, 112, 113, 114, 118, 119, 140, 162, 203

Células 52, 54, 55, 57, 58, 59, 60, 67, 73, 74, 76, 94, 103, 106, 133, 185, 186, 191, 192

Celulose 64, 66, 67, 68, 69, 70, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 80, 82, 83, 85, 133, 141

Ciência 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 22, 28, 42, 49, 53, 64, 75, 80, 82, 98, 108, 131, 143, 171, 196

Cobre 73, 74, 99, 100, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 110, 188

Contexto 13, 23, 28, 89, 90, 131, 134, 157, 158, 159

Corante 131, 136, 137, 138, 139

Cromatografia líquida de alta eficiência 163

D

Descarte 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 16, 17, 19, 22, 24, 25, 26, 27, 139

Desenvolvimento 3, 9, 12, 14, 16, 17, 28, 31, 41, 42, 43, 48, 52, 53, 58, 59, 60, 64, 65, 70, 72, 73, 74, 76, 77, 78, 82, 83, 88, 89, 94, 96, 101, 106, 107, 115, 153, 157, 158, 159, 167, 170, 188, 193, 209

Diagnóstico 25, 186, 196, 197, 198

Difração de raios X 127, 128, 160, 164

Difratograma 165, 167

Doenças 4, 31, 52, 56, 60, 88, 89, 100, 157, 184, 185, 188, 193, 197

E

Educação 1, 2, 3, 4, 8, 11, 12, 13, 16, 23, 28, 39, 43, 46, 47, 49, 50, 64, 96, 209

Educação ambiental 1, 16, 23, 209

Eletroquímicos 114

Espectro de infravermelho 118, 167

Espectroscopia de fluorescência 117

Estabilidade química 113

Estabilidade térmica 67, 157, 159, 164, 167, 190, 191, 193

Estruturas químicas 196

F

Fármacos 52, 54, 55, 56, 58, 60, 66, 71, 74, 75, 77, 160, 164

Fase sólida 144

Fluorescência 114, 117, 120, 196, 199, 202, 206, 207

Fotocatálise heterogênea 131, 134, 136, 138, 139, 209

Fungos 99, 100, 101, 103, 106, 107

H

Hidroxilas 123

Homeostase 184, 185, 186, 188, 193

I

Impacto ambiental 4, 5, 14, 16, 144

Infravermelho com transformada de Fourier 34, 117

Isomorfos 127

M

Medicamentos 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 157, 158, 168

Meio ambiente 3, 10, 13, 15, 17, 19, 22, 24, 26, 27, 131, 134

Metais 100, 106, 107, 134, 188, 193

Metodologia 3, 6, 12, 22, 26, 30, 34, 35, 43, 44, 45, 47, 68, 116, 146, 151, 169, 170, 172, 200, 209

Moagem 123, 124, 125, 126, 127, 128, 132, 133

N

Nanomateriais 52, 53, 54, 55, 59, 60, 112

Nanopartículas 53, 54, 55, 60, 73, 74, 99, 100, 102, 103, 104, 105, 107, 108, 109, 110, 112, 113, 114, 115

Nanotecnologia 52, 53, 59, 60, 149

O

Óxidos metálicos 131, 134, 139, 198

P

Polimórfica 157, 164, 165, 166

Poluentes 66, 107, 134

Poros 55, 76, 139, 143, 144, 145, 153, 155, 188

Potencial zeta 99, 103, 104, 105

Probióticos 88, 89, 90, 94, 98

Proteínas 58, 94, 95, 100, 104, 106, 107, 115, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 193, 194

R

Rejeitos 14, 16

Resíduos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 26, 66, 132, 134, 159, 184, 187, 188, 192, 193, 209

S

Saúde 16, 52, 88, 89, 93, 94, 96, 97, 157, 159, 168, 188, 196

Síntese 34, 38, 66, 82, 99, 100, 101, 103, 109, 110, 112, 113, 115, 116, 118, 119, 130, 131, 159, 196, 199, 200, 202, 208

Sociedade 1, 2, 3, 4, 5, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 20, 22, 28, 49, 50

Soluto 145, 152

Solvente 26, 32, 115, 144, 145, 160, 192, 199, 200, 201, 202, 205, 206

Superfície 16, 20, 54, 55, 74, 103, 113, 114, 115, 120, 123, 133, 138, 139, 188

T

Técnicas espectroscópicas 161, 196

Tecnologia 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 22, 28, 64, 80, 97, 98, 123, 160

Temperaturas 18, 94, 100, 103, 114, 124, 131, 147, 148, 149, 150, 151

Terapêutica 54, 196, 197, 198

Toxicidade 54, 55, 113, 114, 115, 188

Transições eletrônicas 112

Z

Zinco 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 192, 193, 194

Trabalhos nas Áreas de Fronteira da Química

- 🌐 www.atenaeditora.com.br
- ✉ contato@atenaeditora.com.br
- 📷 @atenaeditora
- 📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br



Trabalhos nas Áreas de Fronteira da Química

- 🌐 www.atenaeditora.com.br
- ✉ contato@atenaeditora.com.br
- 📷 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
- 📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

