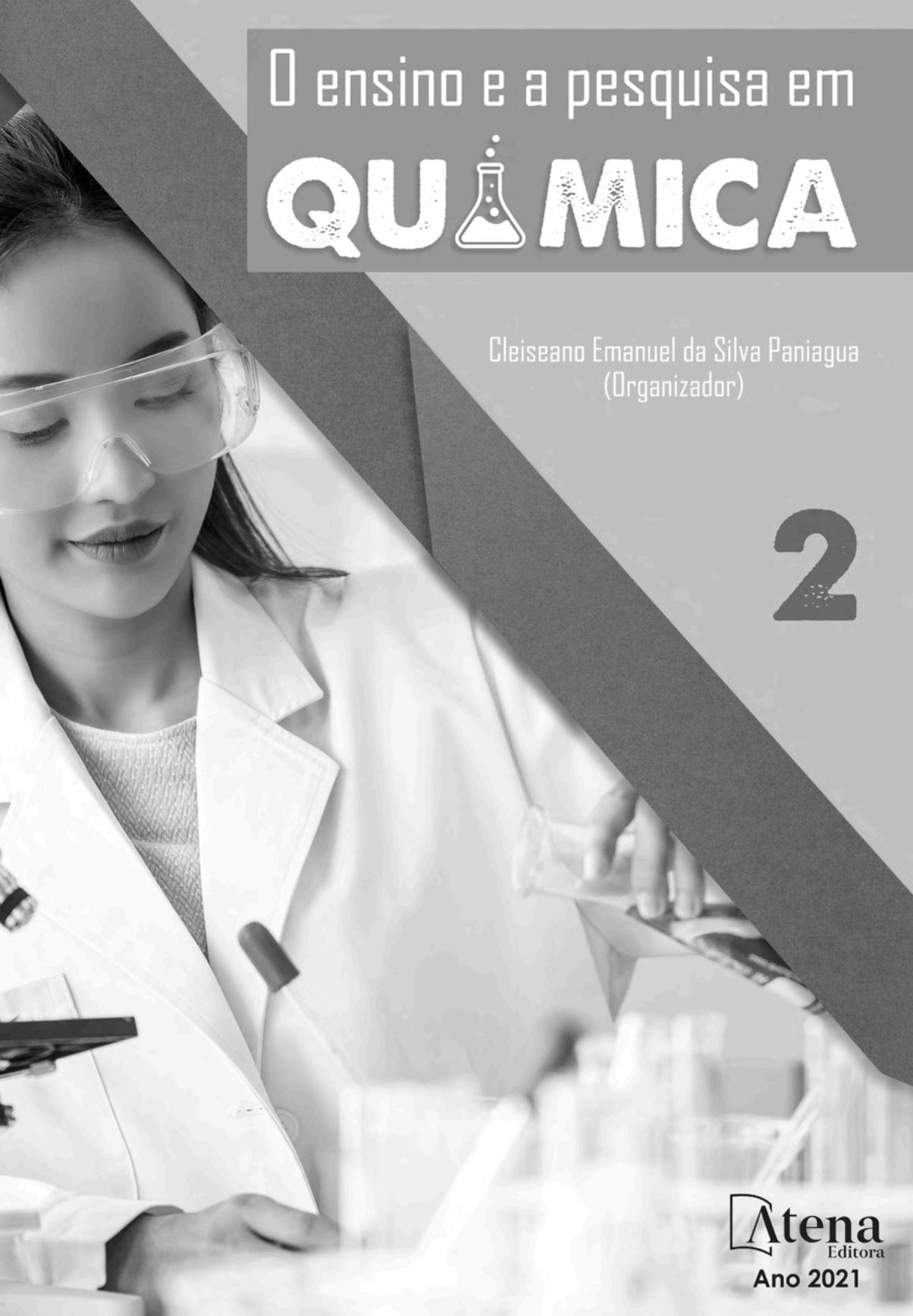


O ensino e a pesquisa em **QU** **MICA**

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)

2


Atena
Editora
Ano 2021



O ensino e a pesquisa em
QU  **MICA**

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)

2

 **Atena**
Editora
Ano 2021

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes editoriais

Natalia Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da capa

iStock

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.

Open access publication by Atena Editora



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

Profª Drª Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa

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. Arnaldo Oliveira Souza Júnior – Universidade Federal do Piauí
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. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. José Luis Montesillo-Cedillo – Universidad Autónoma del Estado de México
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. Dr. Miguel Rodrigues Netto – Universidade do Estado de Mato Grosso
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco
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. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí
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^a Dr^a Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Rio de Janeiro
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. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof^a Dr^a Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
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. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
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
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª 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
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina
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
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra
Profª Drª 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
Profª Drª 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
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 Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
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
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro – Universidade do Vale do Sapucaí
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª 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
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalves de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo
Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miraniilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Giovanna Sandrini de Azevedo
Indexação: Gabriel Motomu Teshima
Revisão: Os autores
Organizador: Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E59 O ensino e a pesquisa em química 2 / 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 978-65-5983-423-5
DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.235213108>

1. Química - Estudo e ensino. I. Paniagua, Cleiseano Emanuel da Silva (Organizador). II. Título.
CDD 540.7

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

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; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, desta forma não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

APRESENTAÇÃO

O e-book: “O ensino e a pesquisa em química” volume II é constituído por quinze capítulos de livro que foram reunidos em três grandes áreas temáticas, a saber: *i)* química analítica: determinação, otimização e validação; *ii)* desenvolvimento de adsorventes e catalisadores para remoção de diferentes classes de contaminantes e aplicação industrial e *iii)* temas diversos.

A primeira temática é constituída por seis capítulos e apresentam diversos estudos, entre os quais: *i)* determinação quantitativa de glicazida em comprimidos e os problemas provenientes do uso de comprimidos pelo sistema de partição não homogêneo; *ii)* a determinação de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs) empregando-se a técnica de voltametria; *iii)* a validação de um sistema fotocolorímetro em análises para o ensino de química na Universidade Tecnológica de Gutiérrez Zamora na cidade de Vera Cruz no México; *iv)* a importância da otimização para melhor entendimento dos estudos cinéticos em uma reação de hidrologenação; *v)* a triagem fitoquímica e análise de propriedades antioxidantes e *vi)* avaliação de estruturas metálicas orgânicas como fase estacionária em Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC).

A segunda temática é composta por cinco capítulos e apresentam: estudo de revisão que demonstram: *i)* o potencial de extração de fósforo em efluentes líquidos; *ii)* estudo de Montmorilonita como potencial adsorvente e aplicação em sistemas de fluxo contínuo e *iii)* avaliação e estudo de diferentes catalisadores para remoção de inúmeras classes de poluentes em matrizes aquáticas e reforma do etanol com vapor d’água.

Por fim, a terceira temática que apresenta quatro diferentes estudos que contemplam a corrosão obtida por pulverização de gás frio, a importância e utilização de supressores de poeira na mineração, preparação de nanopartículas poliméricas enriquecidas com óleos essenciais poliméricas e estudo de revisão das propriedades químicas da série de lantanídeos.

Nesta perspectiva, a Atena Editora vem trabalhando por meio do incentivo de publicações de trabalhos de pesquisadores de todas as regiões do Brasil e de outros países com o intuito de colaborar com a publicação de e-books e, conseqüentemente, sua divulgação de forma gratuita em diferentes plataformas digitais de fácil acesso. Logo, a Atena Editora contribui para a divulgação e disseminação do conhecimento científico gerado dentro de instituições de ensino e pesquisa e que pode ser acessado de qualquer lugar e em tempo real por qualquer pessoa interessada na busca pelo conhecimento.

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

DETERMINAÇÃO QUANTITATIVA DE GLICLAZIDA EM COMPRIMIDOS SULCADOS

Jacqueline Cristinne Guimarães Vidal

Maria Amélia Albergaria Estrela

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2352131081>

CAPÍTULO 2..... 13

DETERMINAÇÃO VOLTAMÉTRICA DE HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS USANDO UM ELETRODO DE PASTA DE CARBONO MODIFICADO COM FTALOCIANINA DE ZINCO

Daniel Jackson Estevam da Costa

Rhayane Silva Rodrigues do Nascimento

Larissa da Silva Pereira

Janete Clair da Silva Santos

Camila Luciana Silva de Mesquita

Fátima Aparecida Castriani Sanches-Brandão

William Farias Ribeiro

Francisco Antonio da Silva Cunha

Mário César Ugulino de Araújo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2352131082>

CAPÍTULO 3..... 25

VALIDACIÓN DE UN FOTOCOLORÍMETRO PARA ANÁLISIS CUANTITATIVOS EN LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA

Raúl Alejandro Limón Hernández

Verónica López Hernández

Fidel Alejandro Aguilar Aguilar

Iriana Hernández Martínez

José Luis Xochihua Juan

Arsenio Sosa Fomperosa

Oscar Enrique Morales Moguel

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2352131083>

CAPÍTULO 4..... 40

OTIMIZAÇÃO NUMÉRICA E ESTUDO CINÉTICO DA REAÇÃO DE HIDROALOGENAÇÃO DO ALFA-PINENO

Vladimir Lavayen

Thágor Moreira Klein

Chádia Schissler

Leticia Antunes Natividade

Alexandre Chagas

Jacqueline Arguello da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2352131084>

CAPÍTULO 5..... 50

TRIAGEM FITOQUÍMICA E ANÁLISE QUALITATIVA DO POTENCIAL ANTIOXIDANTE DOS EXTRATOS FOLIARES DE *Cinnamomum zeylanicum* E *Cinnamomum burmannii*

Ana Francisca Gomes da Silva

Valéria Flávia Batista da Silva

Carolina Lopes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2352131085>

CAPÍTULO 6..... 58

MOFs (METAL ORGANIC FRAMEWORKS) AS A STATIONARY PHASE IN LIQUID CHROMATOGRAPHY (HPLC)

Tamires dos Reis Menezes

Kátilla Monique Costa Santos

Sílvia Maria Egues Dariva

Juliana Faccin de Conto Borges

Cesar Costapinto Santana

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2352131086>

CAPÍTULO 7..... 76

POTENCIAL DE EXTRAÇÃO DE FÓSFORO DE EFLUENTES LÍQUIDOS – REVISÃO DE LITERATURA

Luciana Faria Caetano de Souza

Suzana Maria Loures de Oliveira Marcionilio

Ana Carolina Ribeiro Aguiar

Ana Paula Cardoso Gomide

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2352131087>

CAPÍTULO 8..... 84

ESTUDO DE OBTENÇÃO DE MONTMORILONITA POR PRECIPITAÇÃO SEQUENCIAL PARA USO COMO ADSORVENTE PARA SISTEMAS DE FLUXO CONTÍNUO

Kathely Priscila de Souza Trindade

Graciele Vieira Barbosa

Alberto Adriano Cavalheiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2352131088>

CAPÍTULO 9..... 97

OXIDAÇÃO CATALÍTICA DO CORANTE AZUL DE METILENO USANDO NOVOS CATALISADORES Fe_2O_3

Matheus de Araújo Moura

Henrique Rebouças Marques Santos

Márcio Souza Santos

Rennan Noronha de Franca

Alexilda Oliveira de Souza

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2352131089>

CAPÍTULO 10..... 107

AVALIAÇÃO DA SELETIVIDADE DO CATALISADOR FORMADO A PARTIR DO SULFATO DE MAGNÉSIO *in situ* NA PIRÓLISE CATALÍTICA DA BIOMASSA DE MACRÓFITA AQUÁTICA PARA OBTENÇÃO DE BIO-ÓLEO PIROLÍTICO

Júnior da Silva Camargo
Sonia Tomie Tanimoto
Fernando Alves Ferreira
Vitor Vinícius Anjos Bonfim Ribeiro
Regineide de Oliveira Lima
Ricardo Faustino Rits de Barros
José Alfredo Valverde
Layssa Aline Okamura
Paulo Renato dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.23521310810>

CAPÍTULO 11 120

REFORMA DO ETANOL COM VAPOR D' ÁGUA: AVALIAÇÃO DA ATIVAÇÃO PRÉVIA DO CATALISADOR Cu/Ni/Na₂O-Nb₂O₅

Laura dos Santos Costa
Maria Eduarda Bogado dos Santos
Marília de Oliveira Camargo
Marcos de Souza
Isabela Dancini Pontes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.23521310811>

CAPÍTULO 12..... 129

STUDY OF CORROSION AND MECHANISMS OF COATINGS OBTAINED BY COLD GAS SPRAY USING OPEN CIRCUIT POTENTIAL AND MICROSCOPIC ANALYSIS

Fernando Santos da Silva
Sergi Dosta
Assis Vicente Benedetti

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.23521310812>

CAPÍTULO 13..... 144

SUPRESSORES DE POEIRA DE MINERAÇÃO

Stéphane Miranda Francisco
Enio Nazaré de Oliveira Júnior
Ana Maria de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.23521310813>

CAPÍTULO 14..... 156

PREPARATION OF SUB-50 NM POLYMERIC NANOPARTICLES LOADED WITH ESSENTIAL OILS

Hened Saade Caballero

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.23521310814>

CAPÍTULO 15.....	160
QUÍMICA DE LANTANÍDEOS	
Jorge Fernando Silva de Menezes	
Rodrigo Galvão dos Santos	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.23521310815	
SOBRE O ORGANIZADOR.....	192
ÍNDICE REMISSIVO.....	193

CAPÍTULO 10

AVALIAÇÃO DA SELETIVIDADE DO CATALISADOR FORMADO A PARTIR DO SULFATO DE MAGNÉSIO *in situ* NA PIRÓLISE CATALÍTICA DA BIOMASSA DE MACRÓFITA AQUÁTICA PARA OBTENÇÃO DE BIO-ÓLEO PIROLÍTICO

Data de aceite: 23/08/2021

Data de submissão: 06/07/2021

Ricardo Faustino Rits de Barros

CTG Brasil, Departamento de Meio Ambiente

Três Lagoas – MS

<http://lattes.cnpq.br/5866392053021105>

Júnior da Silva Camargo

Instituto SENAI de Inovação em Biomassa,
Departamento de Energia e Sustentabilidade
Três Lagoas – MS

Universidade Estadual Paulista “Júlio de
Mesquita Filho” – UNESP, Programa de
Pós-Graduação em Ciência dos Materiais,
Departamento de Física e Química
Ilha Solteira – SP
<http://lattes.cnpq.br/6001607762506521>

Sonia Tomie Tanimoto

Instituto SENAI de Inovação em Biomassa,
Departamento de Energia e Sustentabilidade
Três Lagoas – MS
<http://lattes.cnpq.br/4398479442855330>

Fernando Alves Ferreira

Instituto SENAI de Inovação em Biomassa,
Departamento de Energia e Sustentabilidade
Três Lagoas – MS
<http://lattes.cnpq.br/0125058977100382>

Vitor Vinícius Anjos Bonfim Ribeiro

Instituto SENAI de Inovação em Biomassa,
Departamento de Energia e Sustentabilidade
Três Lagoas – MS
<http://lattes.cnpq.br/8026543213551234>

Regineide de Oliveira Lima

Instituto SENAI de Inovação em Biomassa,
Departamento de Energia e Sustentabilidade
Três Lagoas – MS
<http://lattes.cnpq.br/9647228096525988>

José Alfredo Valverde

CTG Brasil, Departamento de Pesquisa e
Desenvolvimento
Três Lagoas – MS
<http://lattes.cnpq.br/3696471206679499>

Layssa Aline Okamura

Instituto SENAI de Inovação em Biomassa,
Departamento de Energia e Sustentabilidade
Três Lagoas – MS
Universidade Estadual Paulista “Júlio de
Mesquita Filho” – UNESP, Programa Integrado
de Pós-Graduação em Bioenergia, Instituto de
Pesquisa em Bioenergia – IPBEN
Rio Claro – SP
<http://lattes.cnpq.br/6844017367660905>

Paulo Renato dos Santos

Instituto SENAI de Inovação em Biomassa,
Departamento de Energia e Sustentabilidade
Três Lagoas – MS
<http://lattes.cnpq.br/2328841856677513>

RESUMO: As macrófitas aquáticas, como a espécie *Eichhornia crassipes*, (aguapé), apresentam um elevado índice de proliferação em ambientes aquáticos, originando uma fonte abundante de matéria-prima (biomassa) para produção de bio-óleo através do processo de pirólise rápida, entretanto, esse produto não possui propriedades físico-químicas adequadas para utilização direta como combustível

comercializável. Uma alternativa viável para melhorar estas propriedades é a utilização de catalisadores *in situ* no processo de pirólise, maximizando os rendimentos do mesmo e direcionando a formação de compostos específicos. O emprego de sais inorgânicos metálicos incorporados a biomassa no processo pirolítico apresenta uma elevada atividade catalítica, como no caso do sulfato de magnésio (MgSO_4), sendo assim, este capítulo visa estudar a seletividade do catalisador MgSO_4 *in situ* na pirólise catalítica da *Eichhornia crassipes*, caracterizando posteriormente o bio-óleo pirolítico com e sem o uso do catalisador. Diante dos resultados é possível constatar que a utilização do sulfato de magnésio no processo de pirólise é uma alternativa viável, pois, apresentou um elevado rendimento obtido do bio-óleo proveniente da fração orgânica e com uma redução no teor de nitrogênio e oxigênio, átomos indesejáveis principalmente na produção de biocombustíveis renováveis como no caso do *green diesel*.

PALAVRAS-CHAVE: Decomposição térmica, produtos renováveis, sal inorgânico, catálise.

EVALUATION OF THE CATALYST FORMED FROM MAGNESIUM SULFATE *in situ* SELECTIVITY IN THE CATALYTIC PYROLYSIS OF AQUATIC MACROPHYTE BIOMASS FOR OBTAINING PYROLYTIC BIO-OIL

ABSTRACT: Aquatic macrophytes, such as the species *Eichhornia crassipes*, (water hyacinth), present high rate of proliferation in aquatic environments, originating an abundant source of feedstock (biomass) for the production of bio-oil through the fast pyrolysis process, however, this product does not have adequate physicochemical properties for direct use as a marketable fuel. An alternative way to improve these properties consists of using *in situ* catalysts in the pyrolysis process, maximizing the yields of bio-oil, and leading the formation of specific compounds. The use of inorganic metallic salts incorporated into biomass in the pyrolytic process has a high catalytic activity, as in the case of magnesium sulfate (MgSO_4), so this chapter aims to study the selectivity of the MgSO_4 catalyst *in situ* in the catalytic pyrolysis of *Eichhornia crassipes*, characterizing the pyrolytic bio-oil with and without the use of catalyst. Given the results, it is possible to verify that the use of magnesium sulfate in the pyrolysis process is a viable alternative, as it presented an increase in the yield of organic fraction of the bio-oil and a reduction in nitrogen and oxygen content, undesirable atoms mainly in the production of renewable biofuels as in the case of green diesel.

KEYWORDS: Thermal decomposition, renewable products, inorganic salt, catalysis.

1 | INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos países que apresentam uma das maiores biodiversidades do mundo, ou seja, possui uma fonte de biomassa diversa, com características e funcionalidades distintas, que podem ser utilizadas como matérias-primas para processos termoquímicos produzindo gases, bio-óleo e biocarvão com potenciais para produção de energia e outros produtos (CHANDEL *et al.*, 2021).

Dentre as fontes de biomassa possíveis e disponíveis, as macrófitas aquáticas demonstram um elevado potencial como fonte de matéria-prima para processos de conversão térmica. Algumas espécies de macrófitas, como a *Eichhornia crassipes*, popularmente

conhecida como aguapé, apresenta um elevado índice de proliferação e adaptação a diferentes condições ambientais, ocasionando problemas ambientais e econômicos, uma vez que reduz o teor de oxigênio dos corpos hídricos e torna-se um interferente em usinas hidrelétricas, comprometendo o funcionamento das turbinas geradoras de energia (SOUZA, 2011; SANTOS *et al.*, 2018).

O processo de pirólise consiste na degradação térmica de um material orgânico (biomassa) na ausência de oxigênio (O_2), ou com sua presença limitada. Dependendo das condições operacionais do sistema, pode-se maximizar os rendimentos de determinados produtos. A pirólise lenta com taxas de aquecimentos lentas, com baixas temperaturas (inferiores a 500 °C) e longos tempos de residência visa obter o biocarvão; a pirólise rápida, com temperaturas moderadas (entorno de 500 °C) e custos tempos de residências curtos maximiza –se as frações líquidas (bio-óleo leve e pesado); e na gaseificação com altas taxas de aquecimentos, temperaturas superiores a 600 °C e tempos de residência inferiores a 2 segundos, o produto principal é o gás (AMINI *et al.*, 2019).

O bio-óleo (pesado) gerado apresenta características que não permitem seu uso e comercialização de forma direta, como alto teor de nitrogênio e oxigênio, elevada viscosidade e baixo poder calorífico. Uma alternativa ao refino (tratamento do bio-óleo) e incremento do rendimento de óleo é a utilização de catalisadores apropriados incorporados junto a biomassa diretamente no reator de pirólise, chamada de pirólise catalítica. A escolha do catalisador ideal pode diminuir a temperatura de trabalho no processo pirolítico, devido à redução da energia de ativação da decomposição da biomassa; melhorar a qualidade do bio-óleo, devido as reações de desoxigenação; e alterar a formação dos produtos, maximizando o rendimento da fração líquida (CHENG *et al.*, 2017; SUIB, 2013). Os sais metálicos apresentam elevada atividade catalítica e podem ser utilizados na forma pura (óxidos, sulfatos, dentre outros), ou imobilizados em alumina, carvão ativado, zeólitas ou mesoporos nos processos pirolítico (CHEN, 2019).

Desta forma, esse capítulo tem por objetivo demonstrar a influência do catalisador sulfato de magnésio ($MgSO_4$), no processo de pirólise catalítica, avaliando o bio-óleo obtido por meio de análises cromatográficas, elementar (CHNS/O), espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier (FTIR) e poder calorífico (PC).

2 | METODOLOGIA

2.1 Análise da biomassa

Para uma avaliação inicial da biomassa, foram realizadas as análises de inorgânicos e termogravimetria.

A análise de inorgânicos foi realizada utilizando a técnica de espectroscopia de emissão atômica por plasma inductivamente acoplado, com uso de padrões externos e

internos.

As análises termogravimétricas da biomassa de macrófita aquática *Eichhornia crassipes* foram realizadas em um analisador térmico simultâneo STA 449 – F3 JUPITER da marca Netzsch, em uma taxa de aquecimento de 25 °C/min até uma temperatura de 900 °C.

2.2 Processo de pirólise

A macrófita aquática *Eichhornia crassipes*, foi coletada no Rio Paraná, nas proximidades da cidade de Três Lagoas-MS. A mesma foi higienizada com água corrente, para retirada de resíduos sólidos e posteriormente seca e triturada a 0,8 mm (granulometria do material inferior a 20 mesh) e índice de umidade inferior a 10 %, como apresentada na Figura 1.

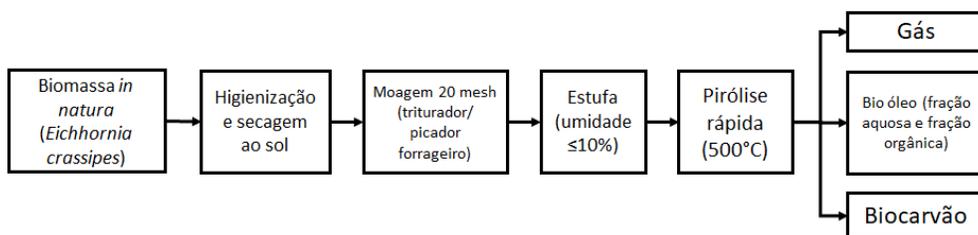


Figura 1. Fluxo do processo de pirólise.

Duas amostras foram preparadas para o processo de pirólise rápida, uma pura sem a presença do catalisador e outra contendo 10 % m/m de sulfato de magnésio ($MgSO_4$).

O processo de pirólise foi realizado em reator de leito fixo em escala de bancada, modelo SIVOMO-250, fabricado pela empresa Bioware Tecnologia. A biomassa foi pirolisada a uma temperatura de 500 °C, por um período de 60 minutos, mantendo a pressão interna do sistema entre 100-150 mmH₂O.

2.3 Análise elementar CHNS/O

A análise elementar CHNS/O foi realizada utilizando um analisador elementar Thermo Fisher Scientific modelo Flash Smart CHNS/O, sendo a análise de oxigênio realizada de forma direta. O equipamento foi calibrado, utilizando amostra padrão de BBOT – 2,5bis (5-terc-butil-benzoxazol-2-il) tiofeno. Os parâmetros utilizados na programação do equipamento estão descritos na Tabela 1.

Padrão utilizado	BBOT - 2,5-Bis(5-terc-butil-benzoxazol-2-il)tiofeno		
Temperatura (°C)	Fornalha direita O ₂	Fornalha esquerda CHNS	Forno
	Off (CHNS) e 1060 (O)	950 (CHNS) e Off (O)	65
Tempo (s)	Ciclo de Análise	Inj. de amostra	Inj. de oxigênio
	720 (CHNS); 500 (O)	12 (CHNS); 10 (O)	5 (CHNS); 0 (O)
Fluxo dos gases (mL/min)	Arraste (He)	Oxigênio	Referência (He)
	140 (CHNS); 100 (O)	250 (CHNS); 0 (O)	100 ambos

Tabela 1. Condições utilizadas na Análise Elementar.

Os cálculos percentuais da razão hidrogênio/carbono (H/C) atômico, oxigênio/carbono (O/C) atômico e grau de desoxigenação (Equação 1).

$$\text{Equação 1} \quad GDO = \left(1 - \left(\frac{\%O_{\text{Bio-Óleo da Pirólise Catalítica}}}{\%O_{\text{Bio-Óleo da Pirólise Sem Catalisador}}} \right) \right) * 100$$

Onde:

GDO: é o grau de desoxigenação da amostra, expresso em percentual (%);

$\%O_{\text{Bio-Óleo da Pirólise Catalítica}}$: é o percentual de oxigênio elementar do bio-óleo da pirólise catalítica, expresso em percentual (%);

$\%O_{\text{Bio-Óleo da Pirólise Sem Catalisador}}$: é o percentual de oxigênio elementar da amostra de bio-óleo da pirólise sem catalisador, expresso em percentual (%).

2.4 Espectroscopia no infravermelho com transformada de fourier (FTIR)

As análises espectroscópicas dos bio-óleos foram realizadas utilizando um espectrômetro de infravermelho da marca Thermo Fishcer Scientific modelo Nicolet iS10, com suporte de seleneto de zinco, os parâmetros operacionais utilizados foram: número scans 32, resolução 4, formato final em transmitância e comprimento de onda de 4000 – 400 cm⁻¹.

2.5 Poder calorífico (PC)

A determinação do poder calorífico superior (PCS) dos bio-óleos foi realizado com auxílio de um calorímetro da marca Parr modelo 6400. Foi utilizado aproximadamente 1 g de massa total (bio-óleo e óleo mineral), sendo aproximadamente 50% da massa correspondente ao óleo mineral, adicionada sobre a amostra, adicionadas ao calorímetro conectado ao filamento de ignição por um pavio. O resultado apresentado pelo calorímetro corresponde ao poder calorífico superior (PCS) expressa em MJ/kg, para a determinação do poder calorífico inferior (PCI), que está diretamente relacionada a energia calorífica da água, determinada em função do percentual de hidrogênio (fornecida pela análise elementar).

2.6 Cromatografia gasosa com detecção por espectrometria de massas (CG-MS)

Para as análises cromatográficas, as amostras de bio-óleo foram diluídas, em uma proporção 1:100, utilizando com solvente diclorometano padrão HPLC. O uso do solvente diclorometano se fez, devido ao fato do bio-óleo apresentar melhor solubilidade nesse solvente. A solução preparada, foi filtrada utilizando filtros hidrofóbicos com porosidade de 0,45 μm , foi utilizada uma coluna MS-5, para a análise dos bio-óleos.

As condições para a análise cromatográfica foram as seguintes: 1) Fluxo de gás de arraste de 1ml/min; hélio (He) como gás de arraste; 2) Temperatura do injetor PTV de 300 °C e uma razão de split de 1:100; 3) Programação de aquecimento do forno de: 40 °C por 1 min; 4) 40 °C até 180 °C, com taxa de aquecimento de 2 °C/min, por 2 min; 5) 180 °C até 300 °C, com taxa de aquecimento de 1,5 °C/min, por 20 min. 6) Temperatura da linha de transferência CG-MS de 300 °C; 7) Temperatura da câmara de ionização de 330 °C, leitura de massa a partir de 3 minutos abrangendo uma faixa de unidade de massa atômica (u.m.a) de 40 – 500.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Espectroscopia de emissão atômica por plasma indutivamente acoplado

Uma análise prévia, realizada na amostra de biomassa pura (*Eichhornia crassipes*), consistiu na análise de inorgânicos (Figura), essa avaliação tem por objetivo determinar a quantidade de metais presentes, uma vez que alguns elementos metálicos atuam como nutrientes no desenvolvimento das plantas e muitos desses metais são utilizados como catalisadores, como por exemplo cálcio, magnésio e zinco, elementos essenciais para plantas. A maior quantidade dos metais presentes na biomassa permanece na fase sólida, agregado ao biocarvão.

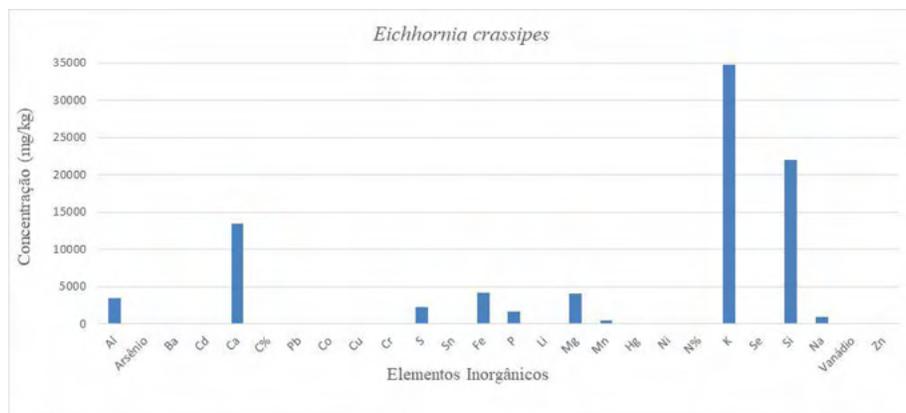


Figura 2. Análise de inorgânicos em mg/kg de biomassa.

A espécie *Eichhornia crassipes* utilizada apresenta, como esperado, devido as condições regionais, quantidades consideráveis de metais em sua composição, principalmente potássio (K), cálcio (Ca), alumínio (Al), Ferro (Fe) e magnésio (Mg), elementos esses comuns em solo e água, considerados nutrientes essenciais para o desenvolvimento da planta.

3.2 Análise termogravimétrica

O comportamento térmico da biomassa foi avaliado pela análise termogravimétrica, como demonstra a Figura 3.

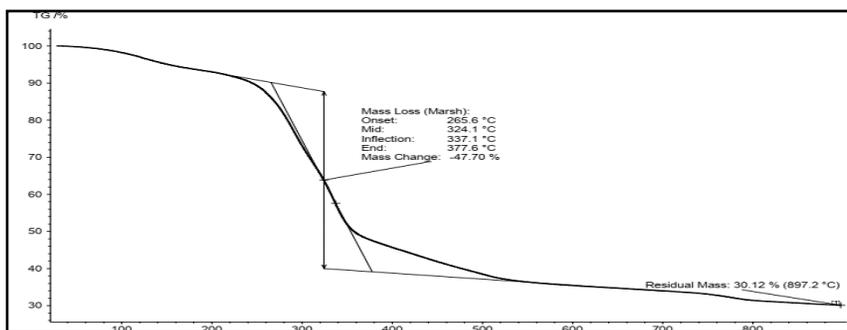


Figura 3. Análise termogravimétrica de *Eichhornia crassipes*.

A análise termogravimétrica da biomassa permite observar o seu comportamento em função da elevação da temperatura, permitindo planejar as condições a serem utilizadas no processo de pirólise. A espécie *Eichhornia crassipes* inicia seu processo de volatilização em temperaturas inferiores a 300 °C e o ponto máximo de perda mássica em temperaturas próximas de 337,1 °C, aproximadamente uma perda de 47,7%, e mais uma perda, de forma mais lenta até atingir aproximadamente 550 °C, não havendo mais volatilizações, formando 30,12% de massa residual.

3.3 Pirólise rápida

O processo de pirólise realizado com biomassa da macrófita aquática *Eichhornia crassipes* resultou na obtenção de uma fração sólida (biocarvão), fração gasosa dos gases não condensáveis e uma fração líquida contendo duas fases distintas, dentre elas, uma puramente orgânica, denominada de fração pesada (utilizada nas caracterizações), de coloração escura e odor característico e outra fração aquosa, denominada como fração leve. Os rendimentos obtidos nos processos de pirólise e pirólise catalítica estão apresentados na Tabela 2.

Concentração de Catalisador (%m/m)	Rendimento Bio-Óleo Leve (%m/m)	Rendimento Bio-Óleo Pesado (%m/m)	Rendimento Sólido (%m/m)	Rendimento Gasoso (%m/m)
Sem Catalisador	21,87	0,44	42,14	35,55
10% MgSO ₄	24,11	1,67	36,55	37,67

Tabela 2. Rendimentos percentuais m/m do processo de pirólise com e sem catalisador.

A utilização de sulfato de magnésio como catalisador, no processo de pirólise, demonstrou um aumento na produção de bio-óleo leve (fração aquosa) e pesado (fração orgânica) e gás, e conseqüentemente uma redução na quantidade de biocarvão.

Como apresentado na Tabela 2 é possível observar um aumento de aproximadamente 4 vezes no rendimento do bio-óleo pesado, maximizando a sua obtenção, demonstrando a viabilidade do uso do catalisador no processo de pirólise catalítica para produção de bio-óleo.

3.4 Análise elementar dos bio-óleos de pirólise

O bio-óleo obtido consiste na fração condensável formado pelo processo de pirólise, os compostos formados pelo processo podem conter além de hidrocarbonetos, compostos contendo oxigênio, nitrogênio e enxofre, visto que, esses elementos são comumente encontrados na biomassa, a Tabela 3 apresenta os resultados da análise elementar. A presença dos átomos de nitrogênio, enxofre e oxigênio no bio-óleo podem interferir na sua qualidade do produto, principalmente se o objetivo final for um biocombustível.

Amostra	C (%)	H (%)	N (%)	S (%)	O (%)
Bio-óleo da Pirólise	54,91±0,38	7,83±0,24	4,40±0,07	0,00±0,00	14,80±0,32
Bio-óleo de Pirólise Catalítica	73,75±0,63	8,13±0,44	4,12±0,25	0,00±0,00	13,48±0,22

Tabela 3. Análise elementar CHNS/O dos bio-óleos pirolíticos.

Os resultados obtidos pela análise elementar CHNS/O demonstram que a introdução de sulfato de magnésio (MgSO₄) como catalisador durante a pirólise, atua de forma direta na redução de nitrogênio e oxigênio do óleo formado. A análise elementar permite também determinar a razão de H/C e O/C, além do grau de desoxigenação ocorrido durante o processo de pirólise como apresentado na Tabela 4.

Amostra	H/C (%)	O/C (%)	GDO (%)
Bio-óleo de Pirólise	1,699	0,202	-
Bio-óleo de Pirólise Catalítica	1,324	0,137	8,92

Tabela 4. Razão H/C, O/C e GDO obtido pela análise elementar.

As razões H/C e O/C demonstram redução, que pode indicar uma instauração nas moléculas formadas por meio da pirólise catalítica, o grau de desoxigenação por sua vez, demonstra uma queda significativa do índice de oxigênio nas moléculas formadas, que pode indicar uma redução na quantidade de ácidos carboxílicos formados durante o processo de pirólise.

3.5 Espectroscopia no infravermelho com transformada de fourier (FTIR)

A espectroscopia de infravermelho demonstra as mudanças ocorridas nas ligações presentes no bio-óleo, principalmente, no que se refere aos grupos funcionais presentes no composto, na Figura estão apresentadas as análises de FTIR, demonstrando que a utilização do catalisador na pirólise aumenta a intensidade de alguns sinais.

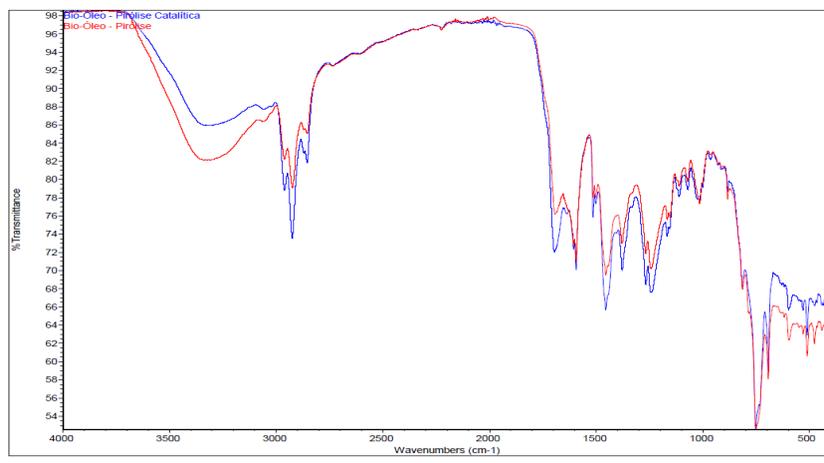


Figura 4. Espectro de FTIR dos bio-óleos de pirólise.

Os espectros demonstram um aumento no teor de hidrocarbonetos alifáticos (região que compreende o comprimento de onda de 3000 cm^{-1} , 1500 cm^{-1} e 700 cm^{-1}), corroborando com os resultados obtidos pela análise elementar.

3.6 Poder calorífico (PC)

Os resultados das análises de poder calorífico dos bio-óleos estão apresentados na Tabela 5.

AMOSTRA	PODER CALORÍFICO SUPERIOR (MJ/kg)	PODER CALORÍFICO INFERIOR (MJ/kg)
Pirólise Sem Catalisador	27,7303	25,9613
Pirólise Catalítica	27,3420	25,5052
Biodiesel	39,3598	-
Diesel Comercial	44,5039	-

Tabela 5. Poder Calorífico Superior e Inferior dos bio-óleos de pirólise, biodiesel e diesel comercial.

Para que um bio-óleo possa ser utilizado como fonte de energia, é necessário que seu poder calorífico apresente valores próximos aos valores apresentados pelos combustíveis comumente utilizados.

O poder calorífico dos bio-óleos de pirólise apresentaram valores próximos, demonstrando que a catálise não interfere nos compostos inflamáveis, comparando os valores com combustíveis comerciais, é possível observar que, o bio-óleo embora inferior, apresenta potencial energético favorável, que pode ainda, ser aperfeiçoado com auxílio de processos catalíticos direcionados a formação de biocombustíveis como *green diesel*.

3.7 Cromatografia gasosa com detecção por espectrometria de massa (CG-MS)

Para uma melhor definição do sinal analítico dos compostos presentes no bio-óleo, foi realizado um aquecimento lento da coluna, com o intuito de manter os compostos com maior interação com a coluna retidos por mais tempo, permitindo assim, uma melhor análise dos compostos presentes na amostra, como mostra a análise cromatográfica presente na Figura .

A análise cromatográfica demonstra nitidamente a redução na intensidade do sinal analítico de alguns compostos presentes na amostra de bio-óleo, demonstrando a ação do catalisador sobre o processo, direcionando a reação de pirólise a compostos específicos.

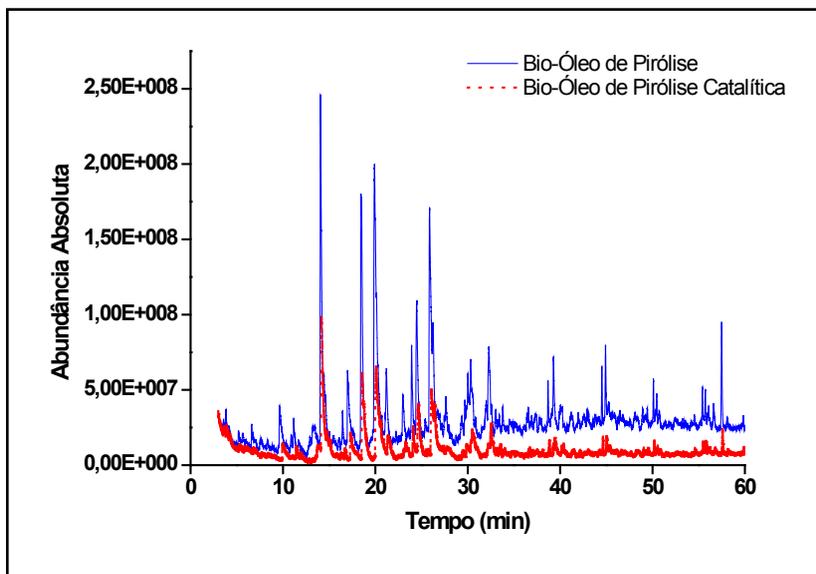


Figura 5. Cromatogramas dos bio-óleos de pirólise e pirólise catalítica.

Embora, todos os compostos detectáveis pela cromatografia apresentem seu sinal analítico reduzido, alguns compostos reduzem de forma drástica, quando comparados a outros presentes na amostra. A Tabela 6 estão descritos os prováveis compostos que permanecem na amostra, mesmo após a utilização do catalisador no processo de pirólise.

Tempo de Retenção (min)	Compostos no Bio-Óleo de Pirólise	Compostos no Bio-Óleo de Pirólise Catalítica
12,17	2-metil 2-ciclopentenona	2-metil 2-ciclopentenona
19,16	fenol	Fenol
26,59	2-metil fenol	2-metil fenol
36,55	2-etil fenol	2-etil fenol
40,15	4-etil fenol	4-etil fenol
116,98	hexadecanonitrila	hexadecanonitrila
119,59	hexadecanoato de metila	hexadecanoato de metila

Tabela 6. Compostos presentes nos bio-óleos de pirólise e pirólise catalítica.

Durante a identificação dos compostos avaliados pela cromatografia, foi possível notar que, a pirólise catalítica pode direcionar a reação, induzindo a formação de compostos, como descrito na Tabela 7.

Tempo de Retenção (min)	Compostos Presentes no Bio-Óleo de Pirólise Catalítica
14,91	1,3 dimetil 1-ciclohexeno
23,49	11-hexadecinol
24,42	2,3-dimetil 2-ciclopentenona
29,52	2-metil fenol
37,73	2,5-dimetil fenol
40,81	3,4-dimefil fenol
41,04	3-etil fenol
75,93	2-metil hexadecanol
74,71	5,8-dietil dodecano
100,89	3,7,11-trimetil dodecanol
111,32	3,7,11,15-tetrametil 2-hexadecenol
117,26	ácido 17-octadecínico

Tabela 7. Compostos presentes exclusivamente no bio-óleo de pirólise catalítica.

Embora, formados em baixa quantidade, a pirólise catalítica direcionou a reação para formação de produtos menos nitrogenados, embora, ainda ocorra a formação de compostos oxigenados, os compostos formados permitem reações catalíticas mais direcionadas, com uso de catalisadores para hidrotratamentos específicos.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através deste breve estudo, demonstrou-se o grande potencial de utilização da biomassa de *Eichhornia crassipes*, como fonte de matéria-prima para processos pirolíticos, seja para geração de óleos, gás e biocarvão. Os resultados obtidos na caracterização dos bio-óleos de pirólise e pirólise catalítica demonstraram potencial para aprimoramento do bio-óleo pesado através do uso de catalisador de baixo custo. A pirólise catalítica da *Eichhornia crassipes* com 10 % (m/m) de sulfato de magnésio *in situ* se mostrou viável, pois, incrementou o rendimento do bio-óleo pesado, e apresentou um grau de desoxigenação de 8,92 %. Outro ponto positivo, é a utilização de um catalisador ($MgSO_4$) acessível e de baixo custo de aquisição, não havendo a necessidade de nenhuma ativação prévia antes do processo.

REFERÊNCIAS

AMINI, E.; SAFDARI, M.; DEYOUNG, J. T.; WEISE, D. R.; FLETCHER, T. H. **Characterization of Pyrolysis Products from Slow Pyrolysis of Live and Dead Vegetation Native to the Southern United States.** Fuel. v. 235, n. 1, p. 1475-1491, 2019.

CHANDEL, A. K.; FORTE, M. B. S.; GONÇALVES, I. S.; MILESSI, T. S.; ARRUDA, P. V.; CARVALHO, W.; MUSSATTO, S. I. **Brazilian Biorefineries From Second Generation Biomassa: Critical Insights From Industry and Future Perspectives.** Biofuels Bioproducts & Biorefining. v. 15, n. 4, p. 1190-1208, 2021.

CHEN, X.; CHEN, Y.; YANG, H.; WANG, X.; CHE, Q.; CHEN, W.; CHEN, H. **Catalytic Fast Pyrolysis of Biomass: Selective Deoxygenation to Balance the Quality and Yield of Bio-Oil**. *Bioresource Technology*. v. 273, n. 1, p. 153-158, 2019.

CHENG, S.; WEI, L.; JULSON, J.; RABNAWAZ, M. **Upgrading Pyrolysis Bio-oil Through Hydrodeoxygenation (HDO) Using Non-Sulfided Fe-Co/SiO₂ Catalyst**. *Energy Conversion and Management*. v. 150, n. 1, p. 331-342, 2017.

GARCIA-NUNEZ, J. A.; PELAEZ-SAMANIEGO, M. R.; GARCIA-PEREZ, M. E.; FONTS, I.; ABREGO, J.; WESTERHOF, R. J. M.; GARCIA-PEREZ, M. **Historical Developments of Pyrolysis reactors: A Review**. *Energy & Fuels*. v. 31, n. 6, p. 5751-5775, 2017.

SANTOS, L. O.; SILVA F. F.; SANTOS, L. C.; CARREGOSA, I. S. C.; WISNIEWSKI JR, A. **Potencial Bio-Oil Production From Invasive Aquatic Plants By Microscale Pyrolysis Studies**. *Journal of the Brazilian Chemical Society*. v. 29, n. 1, p. 151-158, 2018.

SOUSA, W. T. Z. **Hydrilla verticillata (Hydrocharitaceae), a recent invader threatening Brazil's freshwater environments: A review of the extent of the problem**. *Hydrobiologia*. v. 669, n. 1, p. 1–20, 2011.

SUIB, S. L. (Ed.). **New and Future Developments in Catalysis: Catalytic Biomass Conversion**. Newnes, 2013.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Adsorção 84, 85, 86, 93, 94, 95, 98, 99, 151
Adsorvente 84, 94, 95
Agência de Proteção Ambiental Americana - USEPA 15
Agência Nacional de Mineração - ANM 145, 153
Aguas residuales 25
Águas superficiais 98
Ambiente aquático 98
Análise qualitativa 50
Análise quantitativa 1
Antioxidante 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57
Argilominerais sintéticos 84

B

Biocombustíveis 108, 116
Biomassa 81, 107, 108, 109, 110, 112, 113, 114, 118

C

Câncer 15, 54
Catalisador 42, 99, 101, 107, 108, 109, 110, 111, 114, 115, 116, 117, 118, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127
Combustíveis fósseis 120, 121
Compostos tóxicos 98
Comprimido 1, 2, 3, 5, 7, 8, 9, 10, 11
Contaminantes ambientais 13
Corantes 17, 97, 98
Corrosion 129, 130, 131, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143
Cromatografia gasosa 41, 42, 46, 47, 112, 116

D

Degradação térmica 109
Desenvolvimento sustentável 144
Destilação 40, 41
Doseamento 1, 6

E

Ecosistemas aquáticos 79

Efeito estufa 121

Efluentes industriais 98

Electrochemical Impedance Spectroscopy -EIS 130

Eletrodo 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 22, 24

Espectrofotometria 25, 26

Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier - FT IR 109

Essential oils 48, 156, 157

Etanol 43, 50, 52, 120, 121, 126, 127, 184

Eutrofização 79

F

Farmacocinéticos 2

Fármacos 12, 98, 106

Fertilizantes 76, 77, 81, 98

Fitoquímica 50, 52, 53, 54, 55

Flora 51, 150

Fósforo 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83

Fotocolorímetro 25, 27, 28, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 39

G

Green diesel 108, 116

H

Hidroalogenação 40, 42, 43

Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos - HPAs 13, 14, 15, 23

High Performance Liquid Chromatography - HPLC 60, 66, 69, 73, 74

I

Impacto ambiental 16, 144, 153

L

Lantanídeos 160, 161, 162, 164, 165, 166, 167, 170, 171, 176, 180, 181, 183, 184, 185

Legislação ambiental 98

M

Material particulado em suspensão 145

Medicamentos 1, 2, 3, 5, 7, 8, 9, 10
Meio ambiente 13, 14, 23, 81, 98, 107, 120, 121, 146, 148, 152, 153
Metais pesados 84
Metais traços 98
Metal Organic Frameworks - MOF's 58
Métodos eletroanalíticos 14
Micro-organismos 152
Mineração 78, 144, 145, 153

N

Nanoparticles - NP 156, 157, 158, 159, 186
Normas Reguladoras de Mineração - NRM 145, 153

P

Partículas totais em suspensão - PTS 145
Pirólise 15, 107, 108, 109, 110, 111, 113, 114, 115, 116, 117, 118
Planejamento fatorial 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 48, 49
Plantas medicinais 51, 56, 57
Poluentes orgânicos 84, 98
Poluição atmosférica 145
Potencial carcinogênico 14

R

Reação de Fenton 97, 99, 101
Recursos hídricos 81, 98

S

Solução tampão 14, 18
Supressores químicos 144, 145, 146, 153
Sustentabilidade 76, 82, 107, 149

T

Taninos 50, 52, 53, 54, 56
Terpeno 40, 42
Toxicidade 5, 15, 16, 56, 184
Troca iônica 84, 85, 147

V

Voltametria 14, 16, 24

O ensino e a pesquisa em **QU** **MICA**

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

2

 **Atena**
Editora

Ano 2021

O ensino e a pesquisa em **QU** **MICA**

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

2