

COLEÇÃO **DESAFIOS** DAS **ENGENHARIAS:**

ENGENHARIA QUÍMICA



CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA
(ORGANIZADOR)

Atena
Editora
Ano 2021

COLEÇÃO **DESAFIOS** DAS **ENGENHARIAS:**

ENGENHARIA QUÍMICA



CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA
(ORGANIZADOR)

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 Cremo

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 Internazionale 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 Salvador
 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 Federal 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 Miranilde 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

Coleção desafios das engenharias: engenharia química

Diagramação: Maria Alice Pinheiro

Correção: Maiara Ferreira

Revisão: Os autores

Organizador: Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C691 Coleção desafios das engenharias: engenharia 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 978-65-5983-226-2

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.262212307>

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

CDD 660

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: “Coleção Desafios das Engenharias: Engenharia Química” constituído por dezessete capítulos de livros apresenta trabalhos das mais diversas áreas e que demonstram o quanto à área de Engenharia Química é interdisciplinar.

O primeiro trabalho avaliou a importância de se trabalhar em equipe por meio de projetos que contribuíra para um processo de ensino-aprendizagem mais significativo. No capítulo 2 e 3 são apresentados trabalhos sobre temáticas que geram muita discussão e resistência por parte da sociedade em aceitar: o potencial de contaminação dos cemitérios localizadas dentro do perímetro urbano da cidade e o tratamento de efluentes da indústria farmacêutica.

Os capítulos de 4 a 6 apresentam estudos que objetivam remover classes de contaminantes utilizando processos de adsorção tendo como adsorventes resíduos provenientes de garrafas PET e carvão ativado obtido a partir de ossos bovinos. Além disso, é apresentado um trabalho que avaliou a eficiência de um Processo Oxidativo Avançado (H_2O_2/UV) para remoção do corante verde Malaquita. Já os capítulos 7 e 8 apresentam estudos que utilizam biomassa provenientes do caroço do abacate e da fibra da casca de coco verde com o intuito de melhorar o processo de inibição da corrosão do aço carbono e o galvanizado, aumentando sua durabilidade e reduzindo custos. O capítulo 9 apresenta a aplicação em processos biotecnológicos que visam o isolamento de fungos por intermédio de atividades enzimáticas a partir da utilização de casca de café.

Os capítulos de 10 a 13 apresentam trabalhos que buscaram avaliar a potencialidade de matérias-primas provenientes de fontes naturais para a obtenção de uréia a partir de biogás; obtenção de energia a partir de células combustíveis proveniente de micro-organismos; obtenção de briquetes a partir de co-produtos da agroindústria e caracterização de microplásticos encontrados em ecossistemas aquáticos. Já os capítulos de 14 a 17 tratam de temas bem diversificados: i) caracterização físico-química de briquetes a partir do tratamento térmico; ii) estudo comparativo do calor específico do leite provenientes de diferentes espécies de animais; iii) proposta de um método colorimétrico alternativo e de baixo custo para quantificação de glicose e iv) análise da intensidade do refino sobre as propriedades do papel de fibras de NSBK.

Neste sentido, a Atena Editora vem trabalhando e buscando cada vez mais a excelência em publicação de livros e capítulos de livros de acordo com os critérios estabelecidos e exigidos pela CAPES para obtenção do *Qualis* L1. Com o compromisso de colaborar e auxiliar na divulgação e disseminação de trabalhos acadêmicos provenientes das inúmeras instituições de ensino públicas e privadas do Brasil e de outros países com acesso gratuito em diferentes plataformas digitais.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

A PERCEPÇÃO DOS ESTUDANTES DO TRABALHO EM EQUIPE NO CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA NA FES ZARAGOZA

Ana Lilia Maldonado Arellano

María Esmeralda Bellido Castaños

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2622123071>

CAPÍTULO 2..... 11

ANÁLISE DA ÁGUA DO LENÇOL FREÁTICO E SOLO DO CEMITÉRIO MUNICIPAL FREI EDGAR – JOAÇABA – SC

José Carlos Azzolini

Daniel Claudino de Mello


Fabiano Alexandre Nienov

Eduarda de Magalhães Dias Frinhani

Adriana Biasi Vanin

Analú Mantovani

Leonardo Henrique de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2622123072>

CAPÍTULO 3..... 27

ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA, MODELAGEM MATEMÁTICA E SIMULAÇÃO DO TRATAMENTO VIA DIGESTÃO ANAERÓBIA DO LODO PROVENIENTE DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DE INDÚSTRIA FARMACÊUTICA

Thalles de Assis Cardoso Gonçalves

Mário Luiz Pereira Souza

João Victor Silva Cardoso

Hugo Lopes Ferreira

Vitor Miller Lima Alves

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2622123073>

CAPÍTULO 4..... 39

ESTUDOS INICIAIS DO USO DE RESÍDUOS DE PET (POLITEREFTALATO DE ETILENO) COMO ADSORVENTE DO ÍON METÁLICO MANGANÊS (Mn²⁺) EM SOLUÇÕES AQUOSAS


Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Vanessa Pires

Priscila Afonso Rodrigues de Sousa

Bruno Elias dos Santos Costa

Luciana Melo Coelho


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2622123074>

CAPÍTULO 5..... 51

ADSORÇÃO DO HORMÔNIO 17β-ESTRADIOL EM CARVÃO ATIVADO DE OSSO BOVINO

Ramiro Picoli Nippes

Paula Derksen Macruz
Fernando Henrique da Silva
Aline Domingues Gomes
Patricia Lacchi da Silva
Camila Pereira Giroto
Mauricio Khenafes
Mara Heloisa Neves Olsen Scaliante

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2622123075>

CAPÍTULO 6..... 60

AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DO UV/H₂O₂ NA DESCOLORAÇÃO DO CORANTE VERDE DE MALAQUITA


Nayra Fernandes Santos
Ana Beatriz Neves Brito
Carlos Minoru Nascimento Yoshioka

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2622123076>

CAPÍTULO 7..... 71

AVALIAÇÃO DO PÓ DA FIBRA DA CASCA DE COCO VERDE COMO INIBIDOR DE CORROSÃO NATURAL DO AÇO CARBONO EM MEIO ÁCIDO


Stéfany Saraiva Viana
Gabriel Abelha Carrijo Gonçalves
Lhaira Souza Barreto
Miriam Sanae Tokumoto
Fernando Cotting
Vera Rosa Capelossi

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2622123077>

CAPÍTULO 8..... 83

APLICAÇÃO DE FILMES DE SILANO VS/GPTMS MODIFICADOS COM O CAROÇO DO ABACATE PARA A PROTEÇÃO CONTRA A CORROSÃO DO AÇO GALVANIZADO

Luís Gustavo Costa Nimo Santos
Nayara Maria Santos de Almeida
Franco Dani Rico Amado
Fernando Cotting
Isabella Pacifico Aquino
Vera Rosa Capelossi

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2622123078>

CAPÍTULO 9..... 94

ISOLAMENTO DE FUNGOS COM ATIVIDADES ENZIMÁTICAS DE INTERESSE BIOTECNOLÓGICO A PARTIR DA CASCA DE CAFÉ

Flaviana Pena Natividade
Boutros Sarrouh

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2622123079>

CAPÍTULO 10..... 112


TÉCNICAS DE CARACTERIZAÇÃO DE MICROPLÁSTICOS EMPREGADAS EM ECOSISTEMAS AQUÁTICOS BRASILEIROS

Maurício Zimmer Ferreira Arlindo

Andressa Rossatto

Taiana Denardi de Souza

Christiane Saraiva Ogradowski

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.26221230710>

CAPÍTULO 11 118

PIRÓLISE SUAVE DE BRIQUETES DE COPRODUTOS AGROINDUSTRIAIS


Amanda de Araújo Drago

Victória Oliveira Diaz de Lima

Débora Hungaro Micheletti

Aline Bavaresco dos Santos

Adriana Ferla de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.26221230711>

CAPÍTULO 12..... 126

OBTENÇÃO DE UREIA A PARTIR DE BIOGÁS: BALANÇOS MATERIAIS E ENERGÉTICOS

Daniela de Araújo Sampaio

Júlio Sancho Linhares Teixeira Militão

Jeferson Marcos Silva Moraes

Ana Paula Machado Pereira


Antônio Carlos Duarte Ricciotti

Viviane Barrozo da Silva

Hebert Sancho Linhares Garcez Militão

Diogo Kesley Oliveira de Menezes

Avner Vianna Gusmão Vieira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.26221230712>

CAPÍTULO 13..... 140

INTEGRAÇÃO DE SISTEMA DE ELUTRIAÇÃO EM CÉLULA COMBUSTÍVEL MICROBIOLÓGICA PARA ALIMENTAÇÃO CONTÍNUA DE MATÉRIA ORGÂNICA E GERAÇÃO DE ENERGIA

Ricardo Pereira Branco

Taiana Denardi de Souza

Christiane Saraiva Ogradowski

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.26221230713>

CAPÍTULO 14..... 144

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E ENERGÉTICA DE BRIQUETES DE GUANDU SUBMETIDOS A TRATAMENTO TÉRMICO


Victória Oliveira Diaz de Lima

Débora Hungaro Micheletti

Matheus de Paula Gonçalves

Fernanda Bach Gasparin

Bruno Aldo de Moura Nekel Ribeiro
Aline Bavaresco dos Santos
Valdir Luiz Guerini
Adriana Ferla de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.26221230714>

CAPÍTULO 15..... 152

ESTUDO COMPARATIVO DO CALOR ESPECÍFICO DE LEITE DE DIFERENTES ESPÉCIES ANIMAIS: INFLUÊNCIA DA COMPOSIÇÃO E DA TEMPERATURA

Halissom Clever Sanches
Rodrigo Rodrigues Evangelista
Marcio Augusto Ribeiro Sanches
André Luiz Borges Machado
Ana Lúcia Barretto Penna
Javier Telis Romero

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.26221230715>

CAPÍTULO 16..... 169

DETERMINAÇÃO COLORIMÉTRICA DE GLICOSE ATRAVÉS DA FORMAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS DE OURO SOBRE PAPEL


Jacqueline Arguello da Silva
Bernardo Brito Vacaro
Vladimir Lavayen
Thágor Moreira Klein
Manoelly Oliveira Rocha
Vanessa Cezar Ribas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.26221230716>

CAPÍTULO 17..... 181

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA INTENSIDADE DO REFINO TIPO PFI NAS PROPRIEDADES DO PAPEL DE FIBRAS DE *NORTHERN BLEACHED SOFTWOOD KRAFT* (NBSK)

Gustavo Batista
Rajnish Kumar
Franklin Zambrano
Hasan Jameel
Ronalds Gonzalez
Antonio José Gonçalves da Cruz

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.26221230717>

SOBRE O ORGANIZADOR..... 187

ÍNDICE REMISSIVO..... 188

AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DO UV/H₂O₂ NA DESCOLORAÇÃO DO CORANTE VERDE DE MALAQUITA

Data de aceite: 01/07/2021

Data de submissão: 13/04/2021

Nayra Fernandes Santos

Faculdade Vale do Criaré

São Mateus- ES

<http://lattes.cnpq.br/3162258879693711>

Ana Beatriz Neves Brito

Universidade Federal do Espírito Santo

Departamento de Engenharias e Tecnologia

São Mateus - ES

<http://lattes.cnpq.br/3606604113019271>

Carlos Minoru Nascimento Yoshioka

Universidade Federal do Espírito Santo

Departamento de Engenharias e Tecnologia

São Mateus - ES

<http://lattes.cnpq.br/6948945548186089>

RESUMO: A problemática de contaminação ambiental por agentes recalcitrantes tem crescido juntamente com o crescimento industrial, uma vez que tratamentos convencionais de efluentes, quando utilizados, não permitem a eliminação total do composto poluente. Uma alternativa eficiente para tratar estes resíduos resistentes é através de Processos Oxidativos Avançados (POA), que se baseiam, por meio da geração de espécies reativas altamente oxidantes e não seletivas, na oxidação total do poluente sem a consequente geração de lodos. Diante deste contexto, o presente trabalho avaliou a descoloração do corante Verde de Malaquita via oxidação fotoquímica pelo processo UV/

H₂O₂. Ensaios experimentais foram utilizados para investigar os efeitos dos parâmetros de concentração do Peróxido de Hidrogênio (H₂O₂) e do pH sobre a eficiência de descoloração. Os resultados obtidos ao tratar fotoquimicamente a solução corante a 20 mg.L⁻¹ com 60 mg.L⁻¹ de H₂O₂ e em pH 7,0 apresentaram uma eficiência de descoloração superior a 95%. Os ensaios cinéticos confirmaram ajuste ao modelo cinético de pseudo-primeira ordem.

PALAVRAS - CHAVE: Processos Oxidativos Avançados, Processo UV/H₂O₂, Verde de Malaquita.

EVALUATION OF THE USE OF UV / H₂O₂ IN THE DISCOLORATION OF MALACHITE GREEN DYE

ABSTRACT: The problem of environmental contamination by recalcitrant agents has grown along with industrial growth, conventional effluent treatments, when used, do not allow the total elimination of the pollutant compound. An efficient alternative to treat these resistant residues is the use of Advanced Oxidation Processes (AOP), which are based, through the generation of highly oxidizing and non-selective reactive species, to the mineralization of contaminants products without the consequent problem of final disposal. In this context, the present study evaluated the decolourisation of Malachite Green dye in aqueous solution by photochemical oxidation UV/ H₂O₂ process. Experimental tests were used to investigate the effects of Hydrogen Peroxide (H₂O₂) concentration and pH range on the efficiency of decolourization. The optimum results was obtained for dye solution at 20 mg.L⁻¹, H₂O₂

at 60 mg.L^{-1} and pH 7,0 showed a decolourisation efficiency above 95%. The kinetic study confirmed to follow pseudo-first order kinetics rate law

KEYWORDS: *Oxidation Processes, UV/H₂O₂ Process, Malachite Green.*

1 | INTRODUÇÃO

A tendência industrial em busca por tecnologias alternativas de tratamento de efluentes é crescente, uma vez que, muitas vezes, o tratamento convencional apenas realiza a transferência de fase do contaminante, sem destruí-lo definitivamente, com o persistente problema de disposição final do lodo (1,2).

Dentre um grande número de métodos classificados sob a ampla definição de Processos Oxidativos Avançados (POA), estão os processos fotoquímicos. Estes se utilizam da combinação de agentes oxidantes sob a ação de radiação ionizante para a geração de espécies reativas altamente oxidativas e não seletivas, principalmente os radicais hidroxila, HO^\bullet . A proposta de processos fotoquímicos para decomposição de compostos orgânicos refratários teve início no final da década de 1960 e início da década de 1970, a fim de tratar e reduzir a poluição das águas, ao promover a oxidação destes a dióxido de carbono (CO_2), água (H_2O) e íons inorgânicos (3,4). Desde então, esses processos têm sido amplamente aplicados para o tratamento de água e de diferentes tipos de efluentes industriais com resíduos recalcitrantes, cujos tratamentos físicos, químicos e biológicos convencionais não são capazes de remover (5).

Entre os resíduos industriais refratários presentes em efluentes, destacam-se os corantes sintéticos de indústria têxtil. Estima-se que aproximadamente 20% da carga de corantes esteja presente nos efluentes de tingimento durante o processamento têxtil (6).

A estrutura química altamente estável dos corantes os torna resistentes à degradação e não podem ser tratados por métodos convencionais, uma vez que, muitos corantes possuem elevada quantidade de carbonos aromáticos, tornando-os recalcitrantes para degradação biológica; possuem baixo peso molecular, o que dificulta a coagulação química; e possuem elevada solubilidade em água, prejudicando a adsorção em carbono ativado (7).

O corante Verde de Malaquita, catiônico com estrutura química da classe dos trifenilmetanos, é usado extensivamente no setor têxtil em processo de tingimento de couro, lã, seda, algodão, celulose e outras fibras (8). O uso de tal corante tem sido alvo de preocupações ambientais, uma vez que o mesmo possui alta toxicidade, é carcinogênico, é biorecalcitrante, possui difícil remoção, prejudicando, portanto, a biota aquática e a saúde humana (9).

Neste contexto, o presente estudo tem como o objetivo avaliar a eficiência do Processo Oxidativo Avançado UV/H₂O₂, em escala de bancada, na descoloração do corante Verde de Malaquita, sob diferentes parâmetros experimentais, e, sob um parâmetro ótimo, analisar a cinética fotoquímica.

2 | EXPERIMENTAL

Materiais e Metodologia

A solução de Verde de Malaquita Oxalato (Neon), foi preparada com uma concentração inicial de 625 mg.L^{-1} do corante em água destilada e a partir desta obtiveram-se as soluções experimentais, todas a 20 mg.L^{-1} (10). O Peróxido de Hidrogênio (H_2O_2 30% v/v), fornecido pela ISO FAR, foi utilizado como fonte de espécies reativas de oxigênio. O Ácido Clorídrico (HCl) e o Hidróxido de Sódio (NaOH), fornecidos pela DINÂMICA, foram utilizados para o ajuste de pH a partir de soluções estoque a 0,1 M.

O reator fotoquímico (Figura 1) foi construído em escala de bancada, com um volume útil de 0,315 L, utilizando como fonte de radiação UV-C ($\lambda_{\text{max}} = 254 \text{ nm}$) uma lâmpada tubular de vapor de mercúrio de baixa pressão 8 W (OSRAM Puritec). O reator foi conectado a um reservatório para mistura reacional com um volume útil de 2 L, e uma bomba recirculava o efluente no sistema por uma vazão de $1,473 \pm 0,002 \text{ L.min}^{-1}$.

Os experimentos em sistema fotoquímico foram realizados para avaliar os efeitos da concentração de peróxido de hidrogênio (20; 60; 100 e 120 mg.L^{-1}) e do pH (5,5; 6,0; 7,0; 8,0 e 8,5) sobre a eficiência de descoloração do corante Verde de Malaquita. A seleção amostral dos valores de concentração de peróxido de hidrogênio baseou-se nos estudos prévios de Mordishala e colaboradores (11).

O pH da solução corante foi ajustado imediatamente antes do início do ensaio, com auxílio de medidor de pH (MS TECNOPON mPA210). Durante os ensaios, o pH da solução corante não foi reajustado. Os ensaios foram conduzidos à temperatura ambiente, em média de 25°C .

A descoloração das amostras foi analisada em função da diminuição da absorbância, medida em espectrofotômetro UV-Vis (LABNOVA UV-5100) em comprimento de onda de 616 nm. A curva de calibração (Figura 2), baseada na Lei de Lambert-Beer, foi estabelecida relacionando a concentração do corante Verde de Malaquita e a respectiva absorbância.

As alíquotas para o cálculo de cinética da degradação foram retiradas em intervalos regulares de tempo até 60 minutos, em triplicata.

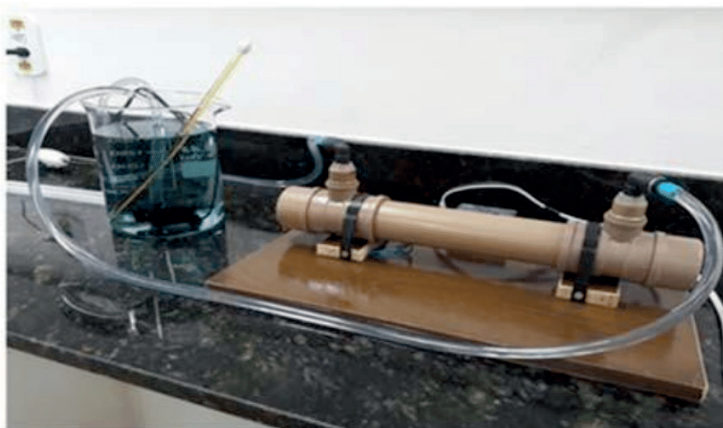


Figura 1. Reator fotoquímico em escala de bancada.



Figura 2. Curva de calibração para determinação da concentração de Verde de Malaquita em solução

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Efeito da variação do pH e da concentração de H_2O_2 na fotodegradação do corante Verde de Malaquita.

A eficiência de degradação da solução corante Verde de Malaquita a 20 mg.L^{-1} foi analisada sob diferentes valores de pH e de concentração de H_2O_2 , conforme apresentado na tabela de planejamento experimental (Tabela 1), de acordo com uma matriz de planejamento de composto central de dois níveis 2^k (-1 e $+1$), mais configuração estrela.

Experimento	pH	Concentração de H_2O_2 [mg.L^{-1}]	x_1	x_2
1	6,0	20	-1	-1
2	6,0	100	-1	+1
3	8,0	20	+1	-1
4	8,0	100	+1	+1
5	7,0	60	0	0
6	7,0	60	0	0
7	7,0	60	0	0
8	5,5	60	-1,5	0
9	8,5	60	+1,5	0
10	7,0	0	0	-1,5
11	7,0	120	0	+1,5

Tabela 1. Planejamento de experimento para testes de descoloração oxidativa do Verde de Malaquita.

Os dados de eficiência (E) de degradação do corante de Verde de Malaquita foram medidos em termos de descoloração, calculados conforme a Equação 1, para um tempo de ensaio de 40 e 60 minutos, e os resultados apresentados na Figura 3.

$$E (\%) = 100 \cdot (1 - C_t/C_0) \quad (\text{Equação 1})$$

Em que, C_0 corresponde concentração inicial do corante no tempo zero de reação, sem o ajuste de pH e sem adição de H_2O_2 , e C_t corresponde a concentração do corante remanescente em um dado tempo reacional.

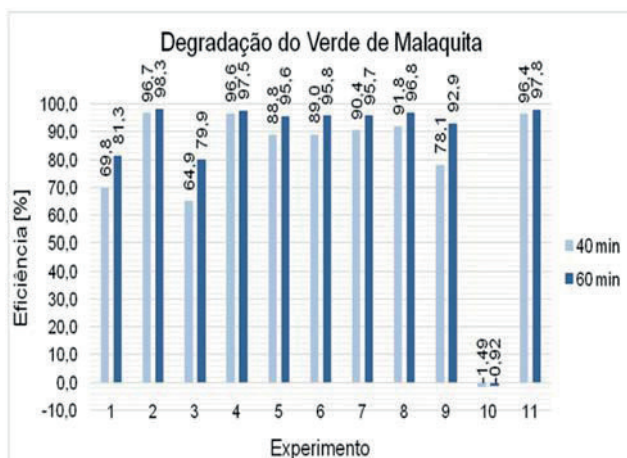


Figura 3. Gráfico da eficiência de degradação do corante Verde de Malaquita, após 40 e 60 minutos de ensaio sob diferentes valores de concentração de H_2O_2 e de pH

A fim de elaborar o modelo ajustado para a eficiência de descoloração do Verde de Malaquita em função do pH e da concentração de H_2O_2 após 60 minutos de degradação, excluiu-se o ensaio experimental de número 10 em que a concentração de H_2O_2 era nula. Assim, após submeter os ensaios à análise de variância (ANOVA) no aplicativo STATISTICA® foi obtido o valor de R^2 igual a 0,9836.

Para a obtenção do maior valor ajustado de R^2 , foi removido da ANOVA o termo de interação entre o pH e a concentração de H_2O_2 , visto que, para teste estatístico, não foi significativo perante o nível de significância de 95%, assim mantiveram-se os termos: intersecção; pH (termos linear e quadrático) e concentração de H_2O_2 (termos linear e quadrático). Obtendo-se, portanto, a seguinte equação quadrática para o modelo (Equação 2):

$$E_{60} (\%) = 50,7743 + 6,4621 \cdot \text{pH} - 0,5298 \cdot \text{pH}^2 + 0,6282 \cdot [\text{H}_2\text{O}_2] - 0,0034 \cdot [\text{H}_2\text{O}_2]^2 \quad (\text{Equação 2})$$

A superfície ajustada para a equação é mostrada na Figura 4.

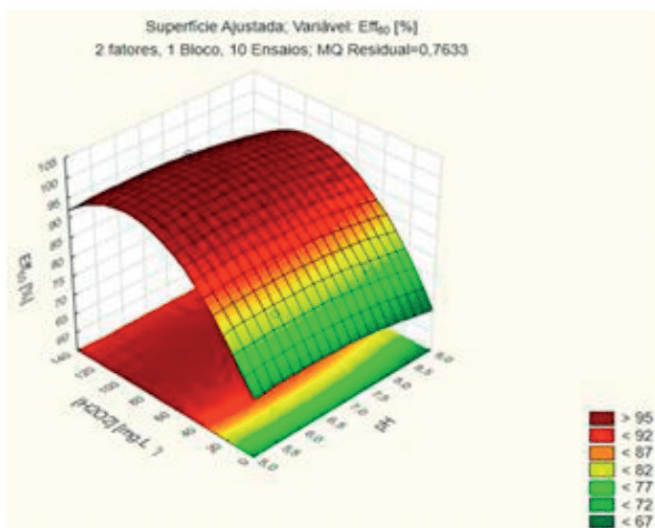


Figura 4. Superfície de resposta para os dados dos ensaios do planejamento de experimentos.

Na ausência do oxidante H_2O_2 (experimento 10) os efeitos de degradação do corante após 40 e 60 minutos de ensaio foram nulos, indicando que somente a radiação UV-C não contribuiu para a remoção de cor do Verde de Malaquita, ou seja, não ocorreu a fotólise direta do corante pela radiação UV-C.

O ensaio em que se utilizou apenas o H_2O_2 , na ausência de radiação UV-C, também não foi suficiente para a degradação do corante (dados não apresentados por não fazerem

parte do planejamento de experimentos), o que confirma que o baixo potencial de oxidação (E°) do H_2O_2 ($E^\circ = 1,78$ volts) não favoreceu a reação de degradação da solução de Verde de Malaquita.

Contudo, nos ensaios em que houve a combinação do H_2O_2 com a radiação UV-C ocorreu a degradação do corante, devido à formação de espécies reativas de oxigênio, principalmente radicais HO^\bullet ($E^\circ = 2,80$ volts), geradas a partir da fotólise do H_2O_2 pela radiação UV-C (12).

Os ensaios confirmaram que a concentração de H_2O_2 presente em solução tem um papel importante sobre eficiência no processo de fotoxidação do Verde de Malaquita, uma vez que a eficiência na remoção de cor aumentou consideravelmente com o aumento da concentração de H_2O_2 de 0 para 20 $mg.L^{-1}$ e de 20 para 60 $mg.L^{-1}$.

No entanto, a continuidade no aumento de concentração de H_2O_2 de 60 $mg.L^{-1}$ para 100 e 120 $mg.L^{-1}$ apresentou pouca diferença de aumento na eficiência de descoloração do corante após 60 minutos. Este fenômeno pode ser explicado pelo fato do H_2O_2 também agir como um receptor de radicais HO^\bullet , formando outros radicais com menores valores de E° , como o radical superóxido (O_2^\bullet), cujo E° é igual a 0,94 volts, e o radical peridroxil (HO_2^\bullet), cujo E° é igual a 1,42 volts (7). Assim, se H_2O_2 estiver em excesso, a eficiência da reação fotoxidativa não aumentará proporcionalmente, ou até mesmo diminuirá (11,13,14). Fato este que pôde ser constatado no gráfico de superfície do modelo estatístico (Figura 4), em que o aumento da concentração de H_2O_2 não foi acompanhado por uma resposta de descoloração crescente. Além deste inconveniente, o excesso de H_2O_2 gera um gasto econômico devido ao custo com o consumo desnecessário deste reagente químico oxidante, justificando uma análise prévia de concentração ideal de H_2O_2 para uma aplicação viável das reações fotoquímicas.

Apesar do efeito de interação entre o pH e a concentração de H_2O_2 não ter sido significativo no modelo experimental analisado, é conhecida a influência do pH tanto na estabilidade molecular do H_2O_2 , como na concentração do radical HO^\bullet , uma vez que, valores muito altos de pH favorecem a decomposição do H_2O_2 em H_2O e O_2 , e valores muito baixos de pH carregam consigo a inclusão de bases conjugadas na solução, e estas tendem a reagir com o radical HO^\bullet , formando radicais iônicos inorgânicos de menor potencial oxidativo (15). De fato, nos ensaios cuja concentração de H_2O_2 eram iguais a 60 $mg.L^{-1}$ (experimentos 5, 6, 7, 8 e 9), mas com diferentes valores de pH, observou-se que em pH mais elevado (experimento 9) a eficiência de degradação foi menor comparada aos ensaios em que os valores de pH eram mais baixos (experimentos 5, 6, 7 e 8).

E, comparando os ensaios experimentais 5, 6 e 7 (pH 7,0), com o ensaio 8 (pH 5,5), após 60 minutos, verificou-se que a eficiência de degradação foi relativamente similar em todos os quatro ensaios, independente do pH.

Graficamente, foi possível concluir que a eficiência ótima de descoloração encontrou-se em um valor de pH intermediário, próximo de 6,0, e em concentração de H_2O_2 maior do

que 80 e menor do que 100 mg.L⁻¹ (Figura 4).

Cinética da fotodegradação do corante Verde de Malaquita

Baseando-se nas observações supracitadas, realizaram-se os experimentos de cinética de degradação do Verde de Malaquita em concentração de H₂O₂ a 60 mg.L⁻¹ e em pH 7,0 (experimentos 5, 6 e 7), devido ao fato do rendimento de degradação nesses ensaios, após 60 minutos de reação, ter sido considerado significativo, uma vez que, mesmo sob menor concentração de H₂O₂, os valores de eficiência apresentaram-se similares aos ensaios realizados sob maiores concentrações deste agente oxidante (experimentos 2, 4 e 11).

A cinética de degradação do corante Verde de Malaquita pode ser expressa pela Equação 3.

$$r_C = dC/dt = -K \cdot C \cdot C_{HO\bullet} \text{ (Equação 3)}$$

Em que C é a concentração do corante; C_{HO•} é a concentração do radical HO•, K é a constante cinética e t o tempo de reação. No entanto, considerando a complexidade relacionada à determinação da concentração do radical HO•, que tem vida média curta e é bastante reativo, C_{HO•} pode ser considerada constante, ao se adotar um estado estacionário, sendo possível quando a concentração de H₂O₂ for alta (12,16). Assim, obtém-se o modelo cinético de pseudo- primeira ordem (Equação 4).

$$r_C = dC/dt = -K' \cdot C \text{ (Equação 4)}$$

A análise da cinética de degradação do Verde de Malaquita foi realizada com base na linearização dos dados de concentração do corante em intervalos de tempo regulares de 10 minutos até 60 minutos (Figura 5). A linearização dos dados de concentração confirmaram uma reação com cinética de pseudo-primeira ordem. Ao integrar a Equação 4, obteve-se a Equação 5, a mesma que deu origem à curva teórica representada na Figura 5.

$$\ln (C_t / C_0) = -K' \cdot t \text{ (Equação 5)}$$

Em que C₀ é a concentração inicial do corante; C_t é a concentração do corante no tempo t, e K' é constante de velocidade aparente.

A constante de velocidade de descoloração calculado a partir dos dados obtidos foi K' = 0,067 min⁻¹ e o tempo necessário para reduzir a coloração do corante à metade do seu valor inicial, ou seja, o tempo de meia-vida, foi t_{1/2} = 10,34 min.

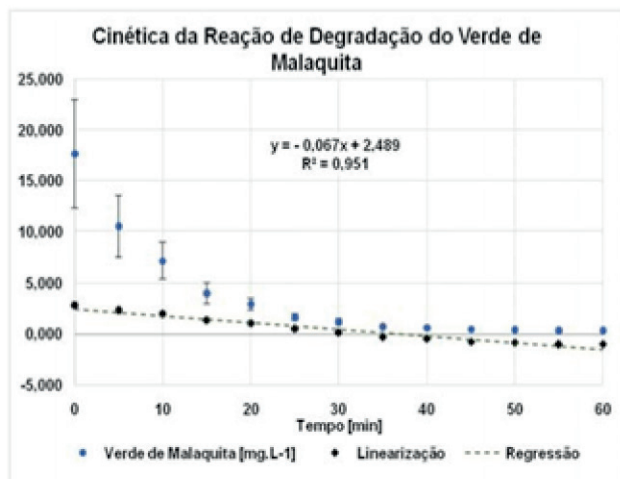


Figura 5. Dados de concentração para cálculo de cinética da reação de degradação do corante Verde de Malaquita.

Durante os ensaios de cinética, monitorou-se também o pH da solução (Figura 6). A diminuição do mesmo ao longo do processo pode ser interpretada como formação de ácidos orgânicos e inorgânicos, produtos da fotodegradação do corante verde de Malaquita (11).

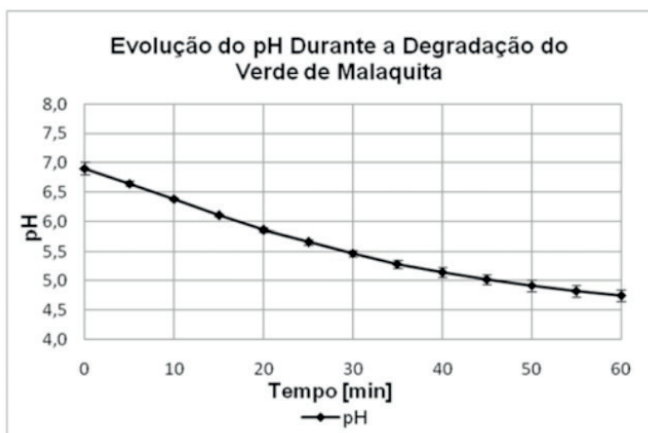


Figura 6. Dados de variação de pH durante a fotodegradação do corante Verde de Malaquita.

4 | CONCLUSÕES

A partir dos resultados preliminares obtidos no desenvolvimento deste trabalho, permite-se concluir que o Processo Oxidativo Avançado UV/ H₂O₂ utilizando o reator em recirculação contínua, construído em escala de bancada, foi eficiente para remoção de cor em solução do corante recalcitrante Verde de Malaquita, inicialmente a 20 mg.L⁻¹. Resultados

promissores de descoloração (acima de 95%) foram observados sob concentração de H_2O_2 a 60 mg.L^{-1} e em pH 7,0, após 60 minutos de fotodegradação.

O aumento da concentração de H_2O_2 de 0 para 20 mg.L^{-1} e de 20 para 60 mg.L^{-1} acarretaram no aumento de eficiência de descoloração da solução. No entanto, para valores acima destas concentrações não houve incremento na eficiência de descoloração, dispensando, portanto, gasto extra com o uso de elevadas concentrações de H_2O_2 .

Os resultados cinéticos confirmaram que o modelo de pseudo-primeira ordem está de acordo com os dados experimentais.

AGRADECIMENTOS

Aos professores coordenadores dos Laboratórios de Operações Unitárias, Dr. Paulo Sérgio da Silva Porto, e de Processos Biotecnológicos, Dr^a. Laura Marina Pinotti, pela disponibilização de materiais e equipamentos para a realização dos experimentos.

REFERÊNCIAS

W.H. Glaze; J.W. Kang. *Ind. Eng. Chem. Res.* **1989**, 28, 1573-1580.

S. Sharma; J.P. Ruparelia; M.L. Patel in Nirma University International Conference, Ahmedabad, Gujarat. **2011**.

C.D. Bulla; E. Jr. Edgerley. *Jour. Water Pollution Control Federation.* **1968**, 40, 546-556.

T. Matsuura; J.M. Smith. *AIChE Journal.* **1970**, 16, 1064-1071.

Y. Deng; R. Zhao. *Curr Pollution Rep.* **2015**, 1, 167-176.

M.C. Silva; A.D. Corrêa; J.A. Torres; M.T.S.P. Amorim. *Química Nova.* **2012**, 35 (5), 889-894.

I. Arslan; I.A. Balcioglu; T. Tuhkanen. *Environmental Technolog.* **1999**, 20 (9), 921-931.

D. Kaviani; M. Asadi; M.J. Khodabakshi; Z. Rezaei. *Arch Hyg Sci.* **2016**, 5(2), 75-84.

A.R. Fischer; P. Werner; K.-U. Goss. *Chemosphere.* **2011**, 82, 210-214.

B.H. Hameed; T.W. Lee. *Jour. of Hazardous Materials.* **2009**, 164, 468-472.

N.; Mordirshahla; M.A. Behnajady. *Dyes and Pigments.* **2006**, 70, 54-59.

J.C. Mierzwa; R. Rodrigues; C.S.C. Teixeira in *Advanced Oxidation Processes for Wastewater Treatment*, S.C. Ameta; R. Ameta, Ed.; Elsevier, London, **2018**; Vol. 1, 13-48.

O. Legrini; E. Oliveros; A.M. Braun. *Chemical. Rev.* **1993**, 83, 671-698.

F.V.F. Araújo; L. Yokoyama; L.A.C Teixeira. *Química Nova*. **2006**, 29(1), 11-14.

A. Aleboyeh; Y. Moussa; H. Aleboyeh. *Dyes and Pigment*. **2005**, 66, 129-134.

L. Núñez; A. García-Hortal; F. Torrades. *Dyes and Pigments*. **2007**, 75, 647-652.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aço Carbono 11, 71

Adsorção 9, 10, 39, 41, 43, 44, 45, 46, 47, 49, 51, 52, 53, 54, 56, 57, 58, 61, 78, 157

Adsorvato 43, 44, 46

Adsorvente 10, 39, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 49, 51, 52, 53, 54, 58

Agroindustriais 12, 73, 74, 78, 110, 111, 118, 119, 124, 125, 151

Agronegócio 119, 124, 153

Águas Subterrâneas 11, 12, 13, 14, 15, 23, 24, 25, 26

Analito 39, 45, 46, 47

Ânodo 84, 141

Atividade Enzimática 94, 102, 106, 107

B

Bactérias 12, 15, 29, 141, 142

Biocatalisadores 96

Biocombustível 119, 120, 122, 123, 147

Bioconversão 94, 96

Biodegradáveis 41, 71, 73, 76, 86

Biofilme 141, 142

Biogás 9, 12, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 126, 127, 128, 130, 131, 132, 133, 134, 137, 138

Biomassa 9, 119, 120, 122, 123, 124, 125, 138, 144, 145, 146, 149, 150, 151

Biotecnologia 94, 95, 100, 110

Briquetes 9, 12, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 144, 146, 147, 148, 149, 150, 151

C

Carbonização 120, 125, 145, 146, 151

Carvão Ativado 9, 10, 48, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58

Cátodo 141

Células Combustíveis 9, 141

Celulose 61, 78, 98, 100, 106, 123, 147, 148, 181, 182, 183

Combustíveis Fósseis 126, 141

Contaminação Ambiental 60

Corante 9, 11, 49, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 106

Corpo Humano 12, 14, 41

Corpos Hídricos 41

Corrosão 9, 11, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 83, 84, 85, 86, 87, 89, 91, 93, 170

D

Desreguladores endócrinos 52, 59

E

Efluentes Líquidos 12

Eletrodo 71, 75, 84, 86, 88, 91, 141, 142, 171

Enzimas 14, 94, 95, 98, 99, 100, 101, 103, 108, 109, 155, 171

F

Fibras 9, 13, 61, 86, 97, 101, 181, 182, 183, 184, 185

Fungos 9, 11, 94, 99, 100, 102, 103, 104, 105, 107, 109, 110, 122

G

Galvanização 84

Grupos Funcionais 42, 44, 47, 86, 115, 170

H

Hormônio 10, 51, 52, 53, 58, 98

I

Impacto Ambiental 12, 13, 41

Isotermas de adsorção 53, 57

L

Lençol Freático 10, 11, 13, 14, 15, 25

M

Materiais Renováveis 94

Meio Ambiente 14, 17, 25, 26, 28, 29, 41, 48, 49, 52, 59, 80, 84, 92, 95, 142

Metabólitos 95

Metais Pesados 11, 26, 41, 49

Micro-Organismos 9, 95, 99, 155

Micropoluentes Inorgânicos 11

N

Nanopartículas 13, 169, 170, 171, 174

Necrochorume 11, 12, 13, 14, 15, 25, 26

O

Oxidação Fotoquímica 60

Oxirredução 41, 71, 92

P

Peletização 145

Pirólise 12, 118, 119, 120, 124, 145, 146

Potabilidade 41

Processos Biotecnológicos 9, 69, 94, 95, 100, 109

Processos Químicos 72, 95, 127, 129, 145, 147

R

Recursos Hídricos 13

Resíduos Lignocelulósicos 94, 101, 144, 151

S

Silanos 83, 84, 85, 87, 88, 89, 90, 91, 92

Sistema de elutriação 12, 140, 141

Solo 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 41, 98, 99

Superfície Metálica 85

T

Torrefação 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 144, 145, 146, 148, 149, 150, 151

Toxicidade 48, 61, 73, 84

Tratamento de efluentes industriais 41

COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA QUÍMICA



www.atenaeditora.com.br



contato@atenaeditora.com.br



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



facebook.com/atenaeditora.com.br

COLEÇÃO **DESAFIOS** DAS **ENGENHARIAS:**

ENGENHARIA QUÍMICA



www.atenaeditora.com.br



contato@atenaeditora.com.br



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



facebook.com/atenaeditora.com.br