

Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia na Engenharia Química 2

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)

Atena
Editora

Ano 2021

Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia na Engenharia Química 2

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)

Atena
Editora

Ano 2021

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



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

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

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

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

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

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

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant'Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª 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
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª 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
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª 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
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. 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
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
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 Federacl 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 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 Miraniide 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

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Alessandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andrezza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Me. Carlos Augusto Zilli – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Profª Drª Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Prof^a Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atílio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Prof. Me. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho – Universidade Federal do Cariri
Prof^a Dr^a Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Prof^a Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Prof^a Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Prof^a Dr^a Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Prof^a Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFGA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Prof^a Dr^a Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFRP
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Prof^a Ma. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu
Prof^a Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Prof^a Dr^a Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof^a Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Prof^a Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Me. Luiz Renato da Silva Rocha – Faculdade de Música do Espírito Santo
Prof^a Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Dr. Pedro Henrique Abreu Moura – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Rafael Cunha Ferro – Universidade Anhembi Morumbi
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Profª Ma. Thatiany Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
Prof. Me. Tiago Silvío Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Desenvolvimento e transferência de tecnologia na engenharia química 2

Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizador: Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

D451 Desenvolvimento e transferência de tecnologia na engenharia 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 978-65-5706-922-6

DOI 10.22533/at.ed.226211904

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.

APRESENTAÇÃO

Este e-book intitulado: “Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia na Engenharia Química 2” é composto por dezoito capítulos de livros que foram organizados e divididos em três áreas temáticas: (i) minerais e materiais lignocelulósicos; (ii) aplicações industriais e (iii) aplicação de tecnologias avançadas de tratamento com destaque para os processos oxidativos avançados (POAs).

A primeira temática é constituída por oito trabalhos que apresentam estudos de utilização de resíduos como matéria-prima na produção de materiais cerâmicos e a obtenção de materiais de elevado custo e aplicabilidade a partir de matéria-prima mais abundante e economicamente mais acessível. Além disso, apresenta um trabalho que descreve um procedimento experimental para a escolha mais adequada e viável de uma biomassa de origem vegetal que pode apresentar características de um adsorvente e vir a ser utilizado tanto na forma *in natura* quanto modificada quimicamente, objetivando-se a remoção de compostos inorgânicos e orgânicos em diferentes matrizes aquosas. Neste sentido, trabalhos que investigaram a capacidade de remoção de poluentes utilizando minerais (argila) e biomassas vegetais (ricas em celulose e/ou lignina) apresentaram resultados satisfatórios em relação aos compostos-alvo de interesse, com destaque para a remoção do metal cromo hexavalente (Cr^{6+}) e fósforo e nitrogênio amoniacal que provocam a eutrofização de corpos aquáticos e morte de toda a biota.

O segundo tema está associado à aplicação dos conhecimentos de química e engenharia em diferentes seguimentos: (i) alimentação e (ii) processos industriais. No setor de alimentos é apresentado um trabalho que trata da avaliação microbiológica de biscoitos e empanados processados com filé de carpa Húngara, bastante abundante no estado de Santa Catarina. Já em processos industriais é apresentado um estudo que avalia o melhor dimensionamento de um condensador de amônia que possui grandes aplicações em diferentes seguimentos industriais; um estudo que avalia e compara os reatores CSTR e PFR para a produção de combustível proveniente de fontes renováveis e por fim um estudo de caso que avaliou a utilização de biometano em frotas de ônibus de seis cidades do estado de São Paulo.

A última temática trata da aplicação de diferentes POAs (Fenton e fotocatalise heterogênea tanto com o trióxido de tungstênio dopado com prata ($\text{WO}_3\text{-Ag}$) quanto o dióxido de titânio (TiO_2) para a degradação de diferentes CIEs (fármacos, microplásticos) que vem sendo reportado em trabalhos realizados em todo o mundo. No Brasil a falta de uma legislação mais restritiva associada a falta de fiscalização vem colaborando para a maior detecção e quantificação de diferentes CIEs nos diferentes compartimentos aquáticos afetando a qualidade e a sobrevivência dos diferentes organismos presentes nos inúmeros ecossistemas brasileiros.

Neste sentido, a Atena Editora vem colaborando com pesquisadores de todas as áreas do conhecimento possibilitando a divulgação de seus trabalhos e contribuindo com a disseminação destas informações de forma gratuita e acessível em diferentes plataformas digitais.

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ANÁLISE DA INCORPORAÇÃO DE LAMA ABRASIVA PROVENIENTE DO CORTE DE GRANITO NA PRODUÇÃO DE CERÂMICA VERMELHA

Adriel Martins da Silva
Keina Dalila dos Santos
Luan Regio Pestana
Luís Ramon Silva Ferreira
Façal Gazel

DOI 10.22533/at.ed.2262119041

CAPÍTULO 2..... 13

VULCANIZAÇÃO COM PRODUTOS NATURAIS: UMA ANÁLISE ATRAVÉS DA MODELAGEM MOLECULAR

Helson Moreira da Costa
Valéria Dutra Ramos

DOI 10.22533/at.ed.2262119042

CAPÍTULO 3..... 40

OBTAINING GRAPHENE OXIDE FROM GRAPHITE USING THE HUMMERS METHOD

Dailson José de Queiroz Lima
Samantha Amorim Rebolledo
Everton Fabrício Franceschi
Leonardo Auco Brochetti

DOI 10.22533/at.ed.2262119043

CAPÍTULO 4..... 56

PROCEDIMENTOS ALTERNATIVOS DE ADSORÇÃO NO TRATAMENTO DE EFLUENTES: UMA TRIAGEM EXPERIMENTAL

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
Bruno Elias dos Santos Costa
Nivia Maria Melo Coelho

DOI 10.22533/at.ed.2262119044

CAPÍTULO 5..... 69

UTILIZAÇÃO DE ARGILA TIPO CAULINITA IN NATURA E TRATADA SUPERFICIALMENTE NA ADSORÇÃO DE CROMO HEXAVALENTE Cr(VI)

Lenice Campos
Robert Orlando Braz Giacomini
João Batista dos Santos Magalhães de Almeida
Pedro Roberto Araújo Santos Filho
Mario Sérgio da Rocha Gomes

DOI 10.22533/at.ed.2262119045

CAPÍTULO 6..... 81

AValiação DA INFLUÊNCIA DE PRÉ-TRATAMENTOS ALCALINOS NA EXTRAÇÃO DA

LIGNINA PRESENTE NA FIBRA DO MESOCARPO DO COCO

Geovanna Miranda Teixeira

Emanuel Souza de Souza

Leila Maria Aguilera Campos

DOI 10.22533/at.ed.2262119046

CAPÍTULO 7..... 95

EL TAMAÑO DE LA PARTÍCULA DE BAMBÚ ANGUSTIFOLIA “BAMBUSOIDEAE” FACTOR DETERMINANTE DEL PORCENTAJE DE CELULOSA EXTRAIDO

Willam Esparza

Luis Chamorro

Wilson Herrera

DOI 10.22533/at.ed.2262119047

CAPÍTULO 8..... 105

OTIMIZAÇÃO DA REMOÇÃO DE FÓSFORO E NITROGÊNIO AMONÍACAL POR LIGNINA

Lenice Campos

Bárbara Leticia Peroni

João Batista dos Santos Magalhães de Almeida

Pedro Roberto Araújo Santos Filho

Mario Sérgio da Rocha Gomes

DOI 10.22533/at.ed.2262119048

CAPÍTULO 9..... 118

HIDRÓLISE ENZIMÁTICA DA PALHA DE CANA-DE-AÇÚCAR: ESTUDO CINÉTICO E MODELAGEM SEMI-MECANÍSTICA

Gustavo Batista

Renata Beraldo Alencar de Souza

Antonio José Gonçalves Cruz

DOI 10.22533/at.ed.2262119049

CAPÍTULO 10..... 126

APLICAÇÃO DE WETLANDS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Camila Daniely Costa

Daylaine Aguiar Santos

Manfredo Frederico Felipe Hoppe

DOI 10.22533/at.ed.22621190410

CAPÍTULO 11..... 141

AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA DE BISCOITOS E EMPANADOS PROCESSADOS COM E SEM GLÚTEN A PARTIR DE FILÉ DE CARPA HÚNGARA (*CYPRINUS CARPIO*)

Arthur Mateus Schreiber

Alessandro Hermann

DOI 10.22533/at.ed.22621190411

CAPÍTULO 12..... 148

DIMENSIONAMENTO E ANÁLISE DE CONDENSADOR DE AMÔNIA DO TIPO PLACA

EM ESPIRAL

Maria Clara de Carvalho Aguiar
Alex Vazzoler

DOI 10.22533/at.ed.22621190412

CAPÍTULO 13..... 157

ANÁLISE COMPARATIVA DO USO DOS REATORES CSTR E PFR PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL

Gabriella Santos Soares
Sabrina Rodrigues da Silva

DOI 10.22533/at.ed.22621190413

CAPÍTULO 14..... 171

BIOMETHANE FROM LANDFILL GAS IN URBAN BUS FLEETS: STUDY CASE IN SIX CITIES IN ARC, STATE OF SÃO PAULO, BRAZIL

Mauro Donizeti Berni
Paulo Cesar Manduca
Ivo Leandro Dorileo
Leonardo G. de Vasconcelos

DOI 10.22533/at.ed.22621190414

CAPÍTULO 15..... 180

REAGENTES FENTON: TÉCNICA ANALÍTICA PARA PRÉ-TRATAMENTO DE AMOSTRAS DE ÁGUAS RESIDUAIS CONTAMINADAS POR MICROPLÁSTICOS

Andressa Rossatto
Maurício Zimmer Ferreira Arlindo
Taiana Denardi de Souza
Christiane Saraiva Ogradowski

DOI 10.22533/at.ed.22621190415

CAPÍTULO 16..... 184

UTILIZAÇÃO DE MATERIAS BIOADSORVENTES PARA TRATAMENTO DE ÁGUAS CONTAMINADAS E REDUÇÃO DE RISCOS AMBIENTAIS

José Henrique Hammerschmidt Muhlbeier
Luís Fernando Cusioli
Laiza Bergamasco Beltran
Rosângela Bergamasco

DOI 10.22533/at.ed.22621190416

CAPÍTULO 17..... 194

SÍNTESE E AVALIAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS DE WO₃-Ag PARA FOTOCATÁLISE HETEROGÊNEA NA DEGRADAÇÃO DE ACETAMINOFENO

Beatriz Lara Diego dos Reis Fusari
Antonio Carlos Silva Costa Teixeira
Priscila Hasse Palharim

DOI 10.22533/at.ed.22621190417

CAPÍTULO 18.....	207
DEGRADAÇÃO DA AMOXICILINA POR PROCESSO OXIDATIVO AVANÇADO EM REATOR CONTÍNUO COM TiO₂ FIXADO AO LEITO	
Bruno Rampanelli Dahmer	
Sabrina Grando Cordeiro	
Giovana Wanessa Franke Bohn	
Jéssica Adriane Barth	
David Green	
Eduardo Miranda Ethur	
Elisete Maria de Freitas	
Gustavo Reisdorfer	
Lucélia Hoehne	
DOI 10.22533/at.ed.22621190418	
SOBRE O ORGANIZADOR.....	218
ÍNDICE REMISSIVO.....	219

OTIMIZAÇÃO DA REMOÇÃO DE FÓSFORO E NITROGÊNIO AMONÍACAL POR LIGNINA

Data de aceite: 01/04/2021

Data de submissão: 15/01/2021

Lenice Campos

Faculdades Integradas de Aracruz - FAACZ
Aracruz – ES
<http://lattes.cnpq.br/3040752580713922>

Bárbara Leticia Peroni

Universidade Federal de São Carlos - UFSCar
São Carlos - SP
<http://lattes.cnpq.br/7251228820206292>

João Batista dos Santos Magalhães de Almeida

Faculdades Integradas de Aracruz - FAACZ
Aracruz – ES
<http://lattes.cnpq.br/1843725881675263>

Pedro Roberto Araújo Santos Filho

Faculdades Integradas de Aracruz - FAACZ
Aracruz – ES
<http://lattes.cnpq.br/3148149974277695>

Mario Sérgio da Rocha Gomes

Faculdades Integradas de Aracruz - FAACZ
Aracruz – ES
<http://lattes.cnpq.br/3294484867398346>

RESUMO: Tendo em vista a potencialidade da substituição dos floculantes químicos pelos naturais nos processos de tratamentos eficientes para alcançar os níveis estabelecidos pela legislação ambiental para descarte. Neste contexto, o presente trabalho visa a otimização, por meio do delineamento composto central

rotacional (DCCR), da remoção dos nutrientes fósforo e nitrogênio amoniacal utilizando o subproduto lignina das indústrias de papel e celulose, como floculante no tratamento de efluentes. Para a otimização, foi estudado as variáveis independentes: pH e concentração de lignina e a variável dependente: porcentagem de remoção de fósforo e nitrogênio amoniacal. Os resultados demonstraram que a lignina avaliada se apresentou como um floculante promissor para o tratamento de soluções aquosas. Com uma remoção máxima de fósforo de aproximadamente 93,3097% e de nitrogênio amoniacal de 90,2379%.

PALAVRAS-CHAVE: Coagulação, floculação, nutrientes, Lignina.

OPTIMIZATION OF PHOSPHORUS AND AMMONIACAL NITROGEN REMOVAL BY LIGNIN

ABSTRACT: In view of the potential of replacing chemical flocculants by natural in efficient treatment processes to reach the levels established by environmental legislation for disposal. In this context, the present study aims at optimization, through the Central Composite Rotational Design (CCRD) the removal of nutrients phosphorus and ammoniacal nitrogen using the lignin byproduct of the paper and cellulose industries, as a flocculant in the treatment of effluents. For optimization, the independent variables were studied: pH and lignin concentration and the dependent variable: percentage of phosphorus and ammoniacal nitrogen removal. The results showed that the evaluated lignin presented itself as a promising

floculant for the treatment of aqueous solutions. With a maximum phosphorus removal of approximately 93.3097% and ammoniacal nitrogen of 90.2379%.

KEYWORDS: Coagulation, flocculation, nutrients, Lignin.

1 | INTRODUÇÃO

Segundo Gomes & Cechinel (2019), o fósforo e o nitrogênio são elementos indispensáveis ao crescimento dos organismos vivos. Entretanto, em altas concentrações causam danos irreparáveis aos corpos receptores. Sendo assim, é necessário um tratamento complementar para obter o valor permitido pelas Resoluções nº 430 de 2011 e 357 de 2005 do CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente) (BRASIL, 2011).

Os valores de lançamento e enquadramento em classe são apresentados na Tabela 1.

	Resolução N° 430, De 13 de Maio de 2011	Resolução Conama N° 357, de 17 de Março de 2005		
	Padrões de lançamento de efluentes	Água doce Classe 1	Água doce Classe 2	Água doce Classe 3
Nitrogênio Amoniacal	20,0 mg/L N	0,5 mg/L N a 3,7 mg/L N	-	1,0 mg/L N a 13,3 mg/L N
Fósforo	-	0,020 mg/L P a 0,1 mg/L P	-	0,05 mg/L P a 0,15 mg/L P
pH	5,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0

Fonte: CONAMA, 2005 e 2011.

Tabela 1 - Valores de descarte de efluentes.

Fonte: CONAMA, 2005 e 2011.

Segundo Guimes Filho *et al.* (2008) polímeros são bons agentes auxiliares de coagulação/floculação durante o tratamento de água e efluentes. Além disso, os polímeros usados no tratamento de água e efluentes são normalmente sintéticos e solúveis em água (KURITZA, 2012).

Por este motivo, a lignina vem sendo estudada como um produto alternativo para o tratamento de água e efluentes industriais, pois, atua na função de floculante. Essa lignina é um polímero complexo derivado de unidades fenilpropanoides repetidas de formas irregulares interligadas por diferentes tipos de ligações e está presente na parede celular lamela média dos vegetais (JESUS *et al.*, 2015).

Uma forma de avaliar quais são os fatores que influenciam um determinado processo, assim como suas interações, é a otimização. Essa técnica permite a otimização simultânea

dos fatores, diminuindo o número total de ensaios necessários (PADOVANI, 2014). Então, segundo Mendonça (2012) para definir os parâmetros ótimos que determinadas variáveis têm sobre uma resposta de interesse, uma ferramenta estatística tem sido amplamente utilizada, sendo ela o planejamento estatístico do Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR).

A partir do contexto exposto, a presente pesquisa tem como objetivo de otimizar as influências das variáveis experimentais de interesse (também chamadas variáveis independentes ou fatores) e os efeitos de interação nas respostas a utilização do polímero natural biodegradável lignina, como floculante no processo de tratamento de soluções aquosas.

2 | METODOLOGIA

Com o intuito de atender os objetivos geral e específicos propostos neste trabalho, a metodologia foi separada em 4 etapas principais, sendo elas demonstradas na Figura 3.

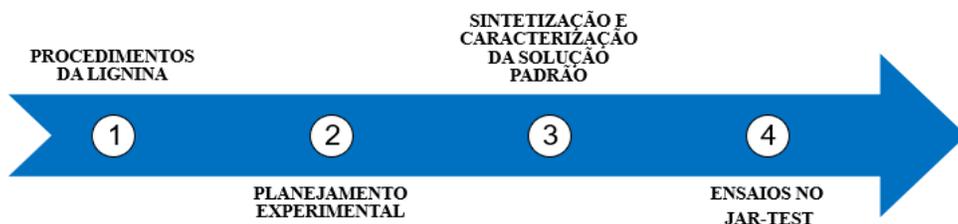


Figura 3 - Etapas principais da metodologia adotada.

Fonte: Arquivo pessoal, 2018.

Foram realizados ensaios no laboratório de Pesquisa do Departamento de Engenharia Química das Faculdades Integradas de Aracruz (FAACZ) utilizando a lignina coletada na empresa privada localizada no município de Aracruz-ES, sendo obtida pelo processo Kraft em meio básico. Em seguida, foi feita a avaliação do pH e densidade para traçar um estudo do desempenho de floculação em solução padrão.

2.1 Avaliação do Floculante Natural

Foi necessário realizar algumas análises na lignina, com intuito de medir os seguintes parâmetros: pH e densidade. Sendo realizadas segundo os protocolos e métodos descritos no Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (APHA *et al.*, 2012), ANVISA (2010) e Alves *et al.* (2018).

2.1.1 Análise do pH

Para obtenção do valor de pH foi usado o pHmetro da marca PoliControl, modelo PH-250, que passou por calibração antes de cada análise. Em um béquer de 100 mL se adicionou 50 mL de lignina, onde o eletrodo foi imerso medindo a diferença de potencial elétrico entre um eletrodo de referência e um eletrodo de trabalho.

2.1.2 Análise de densidade

Para o cálculo de densidade, utilizou-se a relação entre massa e o volume do coagulante, usando um picnômetro para obtenção do parâmetro necessário. O cálculo da densidade é obtido através da equação 01.

$$\rho = \frac{m_s}{V_s} \quad (01)$$

Onde:

m_s = Massa do sólido, em gramas (g);

V_s = Volume do sólido, em litros (L).

2.2 Preparo e Caracterização da Solução Padrão

As soluções padrões utilizadas no experimento foram do tipo sintético, preparada em laboratório com base nos valores de nutrientes presente no esgoto recebido pela ETE de Piranema, cedidos pelo SAAE de Aracruz, como apresenta a tabela 2.

Parâmetro	fev/18	mar/18	abr/18	mai/18	ago/18	set/18	nov/18	dez/18	fev/19	Média
Nitrogênio amoniacal (mg/L)	56,8	52	17,00	89	180	0,48	11,52	18,6	31,84	50,8
Fósforo total (mg/L)	10,3	11,62	1,735	5,445	11,17	9,33	13,81	28,54	28,69	13,4

Tabela 2 – Caracterização das soluções padrões.

Fonte: SAAE Aracruz, 2019.

Então, de posse dos valores médios de concentração apresentados na Tabela 2 os ensaios de floculação utilizaram-se 50,8 mg/L para preparo da solução de nitrogênio amoniacal e 13,4 mg/L no preparo da solução de fósforo. Após o preparo, a solução passou pelos processos apresentados na figura 4.

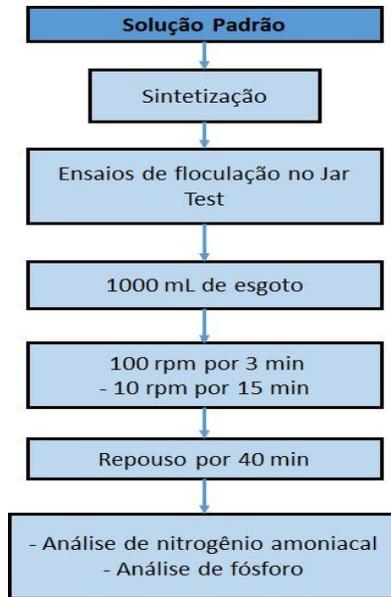


Figura 4 - Fluxograma de etapas da metodologia adotada.

Fonte: Arquivo pessoal, 2019.

2.3 Ensaio no Jar Test

Foram realizados ensaios em batelada de variações de dosagens de concentração e pH em escala laboratorial que simula as condições ótimas de dosagem do biofloculante que acontece numa estação de tratamento real. Utilizando o equipamento Jar Test, da marca Milan, modelo JT 102, contendo seis jarros de capacidade de 2 L cada, além de conter o controle digital da velocidade de agitação das pás.

Para as condições do ensaio em 1000 mL de solução padrão foi determinada uma velocidade inicial intensa de 100 rpm por 3 minutos que proporcionou uma mistura rápida entre os reagentes para acelerar o início de formação dos flocos, após esse tempo, reduziu-se a rotação para melhorar a constituição dos flocos e o agrupamento das impurezas, equivalente a 10 rpm por 15 minutos. Finalmente, a rotação foi desligada e deixada em repouso por 40 minutos. Após realizar esse ensaio de floculação no Jar test, mediu-se novamente os parâmetros descritos na figura 9 (SIQUEIRA *et al.*, 2018).

2.3.1 Concentração e pH Ótimos

A dosagem foi combinada à uma faixa de valores de pH que varia de acordo com uma escala de extremos, partindo de 4,5 a 8,0 (PELEGRINO, 2011).

De acordo com Landim (2013), as correções de pH nas soluções padrões e no efluente bruto foi feita com a adição de HCl 1M e 0,1M, e NaOH 1M e 0,1M para atingir os

valores de teste calculados via DCCR. A partir desses testes, foi avaliada a faixa de pH que pode apresentar coagulação e, se o pH do efluente precisa ser ajustado antes de adicionar o floculante.

A faixa de concentração de lignina utilizada no DCCR, teve como valor máximo recomendado por Rong *et al.* (2013) de 1 g/L, mas para uma melhor avaliação, foi adotado uma variação de 0,5 a 3 g/L.

2.3.2 Método de Análise Estatística

As análises dos parâmetros operacionais ótimos foram realizadas por meio do programa Statistica 11, os quais foram obtidos por meio do método estatístico de Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR), sendo que o resultado nos forneceram uma análise comparativa dos dados além do uso de análise de gráficos de superfície. Os valores codificados ($\pm 1,414214$, 0 e ± 1) utilizados são valores definidos pela literatura para um DCCR de 2 variáveis independentes (concentração de lignina (g/L) e o pH), e 1 dependente (porcentagem de remoção). Esse código $\pm 1,414214$ é utilizado para representar a condição mínima e máxima dos fatores avaliados. Sendo, o valor mínimo (-1,414214), médio (0) e máximo (+1,414214) das variáveis, assim como a interpolação linear entre eles (+1 e -1) são apresentados.

A Tabela 3 apresenta a combinação dos pontos definidos na metodologia proposta.

VALORES CODIFICADOS			VALORE REAIS	
Ensaio	pH	Concentração da Lignina (mg/L)	pH	Concentração da Lignina (mg/L)
1	-1,0000	-1,0000	2,0502	0,8661
2	-1,0000	1,0000	2,0502	2,6339
3	1,0000	-1,0000	11,9498	0,8661
4	1,0000	1,0000	11,9498	2,6339
5	-1,4142	0,0000	0,0000	1,7500
6	1,4142	0,0000	14,0000	1,7500
7	0,0000	0,0000	7,0000	1,7500
8	0,0000	-1,4142	7,0000	0,5000
9	0,0000	1,4142	7,0000	3,0000

Tabela 3 - Valores codificados e reais de pH e Lignina

Fonte: Arquivo pessoal, 2019.

2.4 Métodos de Análise Química

2.4.1 Determinação do Nitrogênio Amoniacal

A determinação do nitrogênio amoniacal seguiu a metodologia proposta por Fonseca (2017). Para o preparo das soluções utilizadas experimentalmente, foram necessários:

2.4.1.1 Solução Alcoólica de Fenol

Misturou-se 1g de fenol, de pureza $\geq 89\%$, com álcool etílico a 95% até completar 100 mL medidos em balão volumétrico (FONSECA, 2017).

2.4.1.2 Solução de Nitroprussiato de Sódio

Dissolveu-se 0,5 g de nitroprussiato de sódio em água destilada, até completar 100 mL em balão volumétrico. A solução foi guardada em frasco escuro e possui estabilidade de um mês (FONSECA, 2017).

2.4.1.3 Solução Oxidante

Misturou-se 2 g de Citrato de sódio, 1 g de hidróxido de sódio e 2,5 mL de hipoclorito de sódio e completou-se a solução com água destilada até 100 mL em balão volumétrico (FONSECA, 2017).

2.4.1.4 Preparação da Curva de Calibração de Nitrogênio Amoniacal

Para a curva de calibração, preparou-se padrões com concentrações de 0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0 e 4,0 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ a partir da solução de cloreto de amônio e a preparação do branco foi feito substituindo a solução padrão de amônio, mais os reagentes, sendo eles: solução alcoólica de fenol, solução de nitroprussiato de sódio e solução oxidante (FONSECA, 2017).

2.4.1.5 Procedimento

Em balões volumétricos de 100 mL, a temperatura ambiente, preparou-se padrões de concentrações 0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0 e 4,0 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de nitrogênio amoniacal. Em seguida, acrescentaram-se os reagentes na ordem para desenvolver a cor azul do indofenol, sendo: 2 mL de solução alcoólica de fenol, 2 mL de solução de nitroprussiato de sódio e 5 mL de solução oxidante. O volume de cada padrão foi completado com água destilada até o volume de 100 mL (FONSECA, 2017). Mediu-se a amostra antes de completar 30 minutos com comprimento de onda 685 nm, determinada pela varredura espectrofotométrica.

2.4.2 Determinação do Fósforo

A determinação do fósforo se deu no laboratório segundo a metodologia proposta pelo Standard Methods 4500 – P I *In-line UV/Persulfate Digestion and Flow Injection Analysis for Total Phosphorus*.

2.4.2.1 Solução reativa de cor

Misturou-se 50 mL de Ácido Sulfúrico 5N, 5 mL de tartarato de antimônio e potássio 2,74g/L, 15 mL de molibdato de amônio 40 g/L, e 30 mL de ácido ascórbico 0,1 M (FONSECA,2017).

2.4.2.2 Curva de calibração

Para curva de calibração, adaptado de Fonseca (2017), preparou-se padrões de 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0 e 4,0 mg/L a partir da solução padrão de fósforo de 1000 mg/L. Em seguida, foi transferido 50 mL de cada um dos padrões para Erlenmeyer de 150 mL e procedeu registrando as respectivas absorbâncias.

2.4.2.3 Procedimento

Transferiu-se 50 mL da amostra para um Erlenmeyer de aproximadamente 150 mL e adicionou-se 10 mL da solução de persulfato de potássio 50 g/L e conduziu a ebulição em constante agitação. Reduzindo o volume para aproximadamente 10 mL. Após, a solução foi resfriada à temperatura ambiente e neutralizada com NaOH 1 N até aparecer uma tonalidade rosa, em seguida descoloriu-se com H₂SO₄ e transferiu-se a solução para balão volumétrico de 50 mL. Completou-se o volume do balão com água, homogeneizando. Transferiu-se a solução contida no balão para Erlenmeyer de 150 mL, adicionando 8 mL da solução reativa de cor, homogeneizou-se e foi deixada em repouso por 10 minutos. Mediu-se a amostra antes de completar 30 minutos com comprimento de onda 875 nm, determinada pela varredura espectrofotométrica.

3 | RESULTADOS

3.1 Avaliação do Biofloculante

Para se conhecer a lignina as mesmas análises de pH e densidade foram realizadas a fim de caracterizá-la, visando obter o maior conhecimento sobre esse polímero natural proveniente do processo kraft, objetivando a máxima eficiência na associação da lignina. Sendo esses valores apresentados na Tabela 4.

Análises	Experimental	Teórico	Fonte
pH	11,1200	12,1900	Lopes, 2018
Densidade	1,0040	1,0620	Lopes, 2018
Cor	Castanho	Castanho	Lopes, 2018

Tabela 4 - Valores experimentais e teóricos das análises da Lignina

Fonte: Arquivo pessoal, 2019.

Através da tabela 4 é possível perceber que os valores de pH e densidade da lignina encontrada são próximos a literatura de acordo com a expectativa comprovando que a lignina que nos foi doada, foi obtida pelo processo kraft em meio básico.

3.2 Análise dos Ensaios em Jar Test e Análise Estatística

Para verificar se a proposta pelo trabalho é viável, foram realizadas análises utilizando os parâmetros determinados para o biofloculante. Os dados obtidos estão dispostos na tabela 5.

pH	Concentração da Lignina (g/L)	Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	Remoção (%)	Fósforo (mg/L)	Remoção (%)
2,0502	0,8661	21,8430	56,3140	0,9732	92,7376
2,0502	2,6339	15,9402	68,1194	1,0256	92,3459
11,9498	0,8661	9,9967	80,0065	0,9753	92,7215
11,9498	2,6339	18,2551	63,4898	1,0472	92,1850
0,0000	1,7500	7,0454	85,9092	1,0019	92,5228
14,0000	1,7500	7,0755	85,8491	1,0480	92,1793
7,0000	1,7500	5,3695	89,2611	1,0778	91,9564
7,0000	0,5000	9,9157	80,1685	0,8965	93,3097
7,0000	3,0000	4,8810	90,2379	0,9191	93,1408

Tabela 5 - Porcentagem de remoção de fósforo e nitrogênio amoniacal utilizando a lignina.

Fonte: Arquivo pessoal, 2019.

Observando os dados obtidos na tabela 5 é possível analisar que para as condições de pH 7 e concentração de lignina 0,5 g/L, houve remoção de 93,3097% de fósforo e para o nitrogênio amoniacal o melhor valor foi de 90,2379% em pH 7 e concentração de lignina 3 g/L.

Segundo a Resolução 430 de 13 de maio de 2011 determina que os padrões de lançamento do efluente contendo nitrogênio amoniacal é 20 mg/L, sendo assim analisa-se que exceto no primeiro ensaio que obteve concentração de nitrogênio amoniacal 21,84 mg/L ao final da análise com as condições de pH 2,052 e concentração de Lignina 0,866

g/L ultrapassou esse valor permitido. Já para o fósforo não se tem o valor na Legislação para termos de comparação.

Os padrões de lançamento de efluentes relacionado de pH torna-se próprio para descarte de 5 a 9, sendo assim o valor obtido após o tratamento utilizando a lignina foi de aproximadamente 7, tornando-se legal conforme a legislação.

A representatividade de cada variável na remoção do nitrogênio amoniacal e fósforo utilizando a Lignina pode ser vista no diagrama de Pareto (Figura 6), ao nível de 5 % de significância, para ambos os coagulantes estudados separadamente.

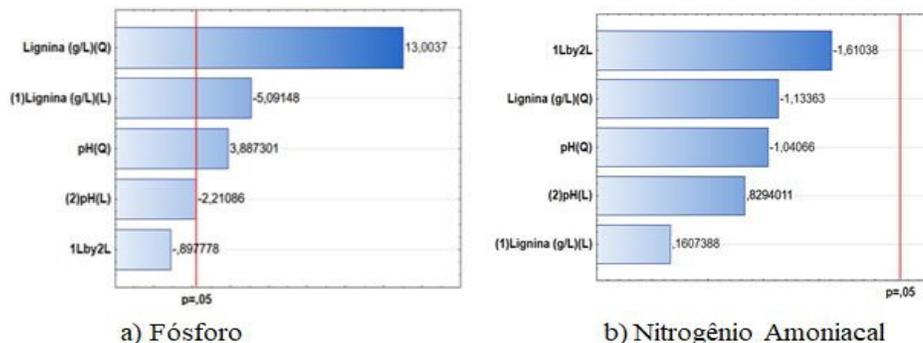


Figura 5 - Gráficos de Pareto. a) Fósforo, b) Nitrogênio amoniacal.

Fonte: Arquivo pessoal, 2019.

Para remoção de fósforo, na figura 5 (a), verifica que os efeitos lineares (L) e quadrático (Q) da concentração de lignina (g/L) e os efeitos linear (L) e quadrático (Q) do pH foram considerados significativos na redução de fósforo.

Já na remoção de nitrogênio amoniacal, figura 5 (b), verificou-se que todas as variáveis são insignificantes na remoção do nitrogênio amoniacal.

Figura 6 apresenta os valores de remoção do nitrogênio amoniacal em função das variáveis independentes.

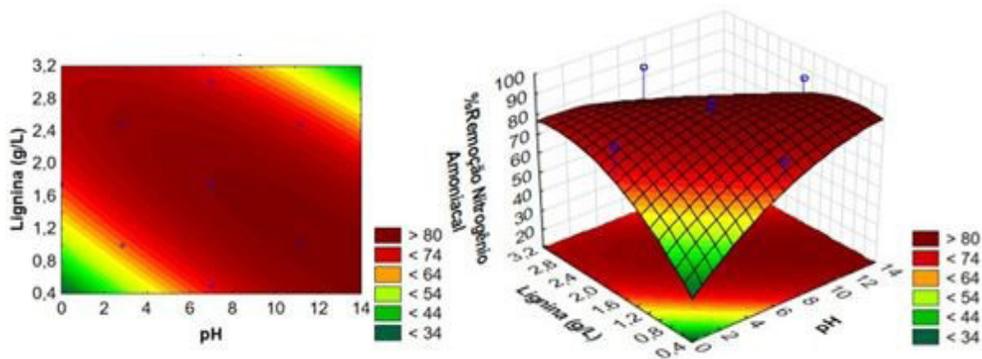


Figura 6 - Plano e superfície de resposta para a remoção de Nitrogênio com Lignina em função das variáveis independentes Lignina e pH.

Fonte: Arquivo pessoal, 2019.

Conforme a Figura 6, não é indicado o aumento ou diminuição extrema de ambas variáveis, a concentração da Lignina e do pH, pois ocorre uma menor remoção de nitrogênio amoniacal.

A figura 7 mostra o gráfico de superfície e plano da remoção de fósforo.

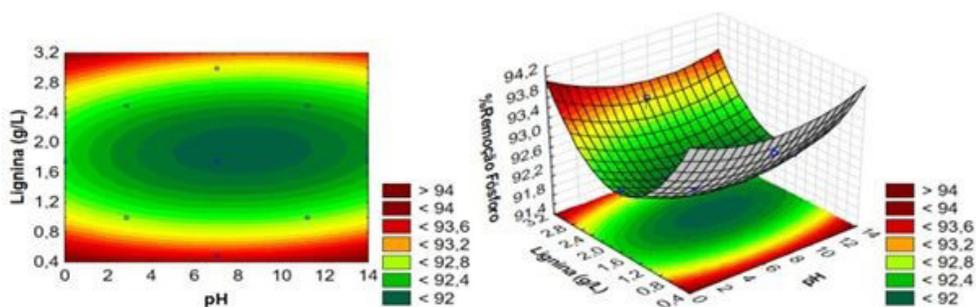


Figura 7 - Plano e superfície de resposta para a remoção de Fósforo com Lignina em função das variáveis independentes Lignina e pH.

Fonte: Arquivo pessoal, 2019.

A superfície de contorno na figura 7, observa-se um efeito de crescimento da remoção de fósforo quando se utiliza valores de concentração muito baixos e muito altos para qualquer pH.

4 | CONCLUSÃO

A partir dos dados analisados observou-se uma remoção máxima de fósforo de aproximadamente 93,3097% e de nitrogênio amoniacal de 90,2379%, mostrando-se ser uma solução sustentável para a substituição de floculantes químicos utilizados no tratamento convencional.

Além disso, foi possível obter uma remoção relevante sem a necessidade de fazer muitas correções de pH no efluente antes e após o seu tratamento. Também, após o término do tratamento percebeu-se que o pH estava neutro, mesmo utilizando a solução em meio ácido.

Com a análise dos gráficos de resposta foi possível estimar dosagens de concentração de lignina e pH para atingir os melhores valores de remoção desses nutrientes. Onde essas dosagens devem ser analisadas em laboratório.

REFERÊNCIAS

ALVES, G. de B., SILVA, P. L. R., OLIVEIRA, M. G. de., OLIVEIRA, C. C. de., GONÇALVES, G. T. **“Casca do coco verde: fonte de tanino para controle de coliformes”**. São Paulo, 2018.

ANVISA. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Farmacopeia Brasileira, v. 2. 5ª Ed. Brasília. 2010.

APHA. **“Standard methods for the examination of water and wastewater”**. 2012.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. **“Resolução nº 430 de 13 de maio de 2011”**. Dispõe sobre condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos de água receptores, alterando parcialmente e complementando a **“Resolução nº 357, de 17 de março de 2005”**. Brasília, 2011.

FONSECA, A. L. **“Determinação do índice de nitrato, nitrito e nitrogênio amoniacal na água da lagoa de extremoz/RN”**. Graduação em engenharia química da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2017.

GOMES, D. V., CECHINEL M. A. P. **“Remoção de nitrogênio amoniacal de efluentes de indústrias de pescados por processo adsorptivo utilizando carvão ativado”**. 2019.

GUIMES-FILHO, R.; ASSUNÇÃO, R. M. N. de; MARQUES, F. C. A.; CORRENTE, N. G.; MEIRELES, C.S.da. **“Síntese de Poliestireno Sulfonado para Aplicações no Tratamento de Água Produzido a Partir de Copos e Bandejas descartáveis de Poliestireno”**. Quim. Nova, Vol. 31, No. 8. Minas Gerais, 2008.

JESUS, R. A., OLIVEIRA, G. K. C., SANTOS, T. T., SILVA, D. P., & RUZENE, D. S. **“Aplicabilidade da lignina no tratamento de resíduos aquosos”**. Anais do VII SIMPROD, 2015.

KURITZA, J. C. **“Aplicação da coagulação, floculação e sedimentação como pós-tratamento de efluente de uma indústria de papel e celulose.”** Irati, PR: Unicentro 147, 2012.

LANDIM, A. S. **“Investigação da utilização dos polímeros reciclados quimicamente poliestireno sulfonado, de copos plásticos, e hemicelulose catiônica, de palha de milho, como auxiliares de coagulação no tratamento do esgoto industrial”**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, 2013.

MENDONÇA, L. A. **“Desempenho do delineamento composto central em experimentos com alto coeficiente de variação”**. 68 f. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Estatística Aplicada e Biometria da Universidade Federal de Viçosa, MG, 2012.

PADOVANI, C. R. **“Delineamento de experimentos”**. Cultura Acadêmica Editora. São Paulo, 128 f, 2014.

PELEGRINO, E. C. F. **“Emprego de coagulante à base de tanino em sistema de pós-tratamento de efluente de reator uasb por flotação”**. 2011. 155 f. Tese (Doutorado) - Curso de programa de pós-graduação em hidráulica e saneamento, Universidade de São Paulo Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos - SP, 2011.

RONG, H., GAO, B., ZHAO, Y., SUN, S., YANG, Z., WANG, Y., YUE, Q., LI, Q. **“Advanced lignin-acrylamide water treatment agent by pulp and paper industrial sludge: Synthesis, properties and application”**. Journal of Environmental Sciences, China, 2013.

SIQUEIRA, A. P. S., SILVA, C. N., REZENDE, L. C. S. H., MILANI, R. G., YAMAGUCHI, N. U. **“Análise da Performance dos Coagulantes Naturais Moringa Oleifera e Tanino como Alternativa ao Sulfato de Alumínio para o Tratamento de Água”**. Maringá, 2018.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Absorbância 72, 73, 205, 212, 214

Adsorção 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 121, 127, 184, 186, 189, 190, 191, 192, 196, 201, 204, 205

Adsorvente 58, 59, 61, 62, 63, 64, 65, 69, 71, 72, 74, 79, 184, 186, 187, 188, 189, 190, 191

Águas superficiais 208, 209

Ambiente aquático 132, 185, 194

Analito 59, 60, 61, 62, 64, 65

B

Bactérias 128, 130, 136, 142, 146, 209

Bioadsorventes 58, 184, 218

Biocombustíveis 83, 158

Biodegradável 107, 158

Biodiesel 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 173

Biogás 179

Biomassa 59, 65, 82, 83, 84, 86, 87, 92, 119, 120, 121, 123, 124, 128, 160

C

Carbono 7, 13, 16, 21, 30, 40, 54, 83, 210, 212

Celulose 59, 60, 66, 81, 82, 83, 85, 86, 87, 89, 90, 105, 116, 119, 120, 121, 124, 189

Coagulante 108, 117

Coliformes 116, 141, 142, 143, 145, 146

Condensador 148, 149, 150, 152, 153

Contaminação 26, 69, 215

Contaminantes emergentes 56, 185

Copolímero 13, 14, 20, 38

D

Degradação 65, 85, 127, 182, 194, 195, 197, 201, 202, 203, 204, 205, 207, 208, 209, 210, 212, 213, 214, 215, 216

Densidade 11, 29, 58, 107, 108, 112, 113

Desenvolvimento sustentável 2, 11

Dessorção 196, 201

Destilação 152

Diesel 157, 158, 160, 169, 170, 172, 173, 175, 176, 177, 179

Dióxido de titânio (TiO₂) 210

E

Ecosistema 129, 130

Espectroscopia 54, 61, 83, 86, 90, 184, 196

Estação de tratamento de esgoto (ETE) 65, 218

Estrutura amorfa 82, 83

F

Fármacos 64, 184, 185, 186, 194, 208

Fibras 60, 83, 86, 87, 96

Floculante 105, 106, 107, 110

Fluido 55, 148, 149, 150, 167

Fotoatividade 195, 213

Fotocatalisador 194, 203, 204, 210, 213

Fotocatálise heterogênea 194, 210

G

Granulometria 3, 4, 63, 84, 120, 190, 208, 212, 213, 216

H

Hidrofílico 21, 58

I

Indústria química 148

In natura 14, 59, 61, 64, 65, 67, 69, 71, 73, 74, 80, 83, 84, 85, 86, 87, 92, 120, 187, 188

L

Lignina 60, 61, 66, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 95, 96, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 105, 106, 107, 108, 110, 112, 113, 114, 115, 116, 119, 120

M

Mananciais 2, 208

Materiais lignocelulósicos 56, 59, 60, 61, 85, 120

Matéria-prima 2, 83

Matrizes ambientais 183

Meio ambiente 1, 2, 70, 80, 82, 87, 106, 116, 126, 128, 181, 184

Metais 2, 55, 56, 57, 58, 62, 63, 64, 69, 70, 127, 130, 138, 186, 210, 218

Microscopia eletrônica de varredura (MEV) 62, 184, 196, 211, 212

Mineral 70

Mineralização 212, 215

N

Nanomateriais 40

Nanopartículas 184, 186, 187, 188, 192, 194, 195, 197, 212, 213

O

Óleos 13, 14, 16, 17, 20, 22, 25, 26, 29, 31, 32, 33, 37, 38, 39, 157, 158, 160, 161, 162, 164, 169

Otimização 20, 54, 56, 58, 62, 63, 84, 105, 106, 122, 153, 165, 166, 168, 170

Oxidação 54, 63, 70, 127, 160, 194, 204, 215

P

Patógenos 127, 141, 209

Polímero 14, 60, 96, 106, 107, 112, 119

Polissacarídeos 61

Pré-tratamento 58, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 119, 120, 124, 125, 180, 182, 183, 210

Processos industriais 70, 82, 83

Processos oxidativos avançados 57, 194, 195, 208, 209, 210, 218

R

Radiação 61, 132, 195, 196, 200, 210, 216, 218

Reaproveitamento 1, 3, 12, 56, 126, 136, 138

Recursos hídricos 69, 127, 128

Remediação ambiental 56, 58, 218

Remoção 57, 59, 64, 65, 67, 69, 70, 73, 74, 78, 79, 82, 84, 87, 88, 105, 110, 113, 114, 115, 116, 127, 128, 130, 131, 139, 163, 182, 183, 184, 185, 186, 190, 191, 192, 201, 216, 218

Renovável 82, 83, 158, 160, 161

Resíduo 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 11, 67, 81, 82

Resistência 1, 2, 7, 9, 10, 11, 14, 25, 58, 82, 118, 119, 122, 123, 124, 208

S

Semicondutor 213

Superfície 21, 61, 78, 79, 84, 110, 115, 130, 131, 132, 133, 143, 149, 186, 187, 188, 190,

196, 197, 204, 205, 211

T

Temperatura 1, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11, 17, 31, 63, 84, 95, 96, 98, 111, 112, 119, 120, 127, 136, 143, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 159, 161, 164, 166, 168, 182, 183, 187, 188, 189, 196, 197

Toxicidade 70, 194, 195, 209

Tratamento de efluentes 56, 57, 58, 65, 105, 126, 139, 208

Trocador de calor 148, 149, 152, 153, 154

Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia na Engenharia Química 2

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

Atena
Editora

Ano 2021

Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia na Engenharia Química 2

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

Atena
Editora

Ano 2021