

Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia na Engenharia Química

Érica de Melo Azevedo
(Organizadora)

Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia na Engenharia Química

Érica de Melo Azevedo
(Organizadora)

Atena
Editora
Ano 2020

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

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 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.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de 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
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 Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
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
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. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
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
Prof^ª Dr^ª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof^ª Dr^ª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves -Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof^ª Dr^ª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Prof^ª Dr^ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof^ª Dr^ª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^ª Dr^ª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Prof^ª Dr^ª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Prof^ª Dr^ª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^ª Dr^ª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Prof^ª Dr^ª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Dr^ª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Prof^ª Dr^ª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof^ª Dr^ª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Dr^ª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Prof^ª Dr^ª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Dr. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^ª Dr^ª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
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. 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
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

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. Adailson 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. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andreza 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. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliariari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás

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

Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará

Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco

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

Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana

Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí

Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo

Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Desenvolvimento e transferência de tecnologia na engenharia química

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Luiza Alves Batista
Correção: Giovanna Sandrini de Azevedo
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadora: Érica de Melo Azevedo

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

D451 Desenvolvimento e transferência de tecnologia na engenharia química / Organizadora Érica de Melo Azevedo. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2020.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-5706-606-5
DOI 10.22533/at.ed.065200912

1. Engenharia química. I. Azevedo, Érica de Melo (Organizadora). 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.

APRESENTAÇÃO

A publicação de e-books no Brasil é uma importante ferramenta para a divulgação científica e a valorização das pesquisas e pode ajudar a desenvolver uma relação mais próxima entre a Academia e a Indústria. O presente livro mostra aspectos da pesquisa e transferência de tecnologia na engenharia química e suas áreas correlatas. Diversas patentes, materiais e equipamentos vêm sendo desenvolvidos buscando a melhora na qualidade de vida humana, na qualidade dos produtos consumidos e melhora ambiental e queremos mostrar estes trabalhos. O livro “Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia na Engenharia Química” apresenta artigos na área de processos químicos, tecnologia química e ensino de química.

O e-book contém 8 capítulos, que abordam temas como biotecnologia; hidrólise enzimática; extração de lipídeos a partir de microalgas; síntese de materiais adsorventes a partir de resíduos; preparação de materiais para a remoção de contaminantes; formulações de combustíveis; formulação alimentar com adição de resíduo agroindustrial e produção de anti-incrustantes a partir de surfactantes naturais.

Os objetivos principais do presente livro são apresentar aos leitores diferentes aspectos do conhecimento científico na área de Engenharia Química, abordando conceitos de desenvolvimento e transferência de Tecnologia. Os artigos da coleção podem ser utilizados para o desenvolvimento de projetos de pesquisa, para o ensino dos temas abordados e até mesmo para a atualização do estado da arte nas áreas de tecnologia química, engenharia química e engenharia de bioprocessos.

Após esta apresentação, convido os leitores a apreciarem e consultarem, sempre que necessário, a obra “Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia na Engenharia Química”. Desejo uma excelente leitura!

Érica de Melo Azevedo

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

POTENCIAL APLICAÇÃO BIOTECNOLÓGICA DO SORO DO QUEIJO NA PRODUÇÃO DE PRODUTOS DE VALOR AGREGADO

Paula Valéria Viotti
Wardleison Martins Moreira
Mara Heloisa Neves Olsen Scaliante
Marcelo Fernandes Vieira

DOI 10.22533/at.ed.0652009121

CAPÍTULO 2..... 10

MODELAGEM DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE BIOETANOL EM DYNETICA UTILIZANDO ROTA METABÓLICA SIMPLIFICADA

Matheus Yuri Gritzenco de Giovanni
Renam Luis Acorsi
Cid Marcos Gonçalves Andrade
José Eduardo Olivo

DOI 10.22533/at.ed.0652009122

CAPÍTULO 3..... 20

ESTUDO DE TÉCNICAS DE EXTRAÇÃO DE LIPÍDEOS DE ALGAS

Carla Veronica Rodarte de Moura
Daiane Fossatti Dall'Oglio
Edmilson Miranda de Moura

DOI 10.22533/at.ed.0652009123

CAPÍTULO 4..... 42

ALTERNATIVE ROUTE TO SYNTHESIZE A BIOPHENOLIC RESIN FROM TANNIN AND KRAFT BLACK LIQUOR AND ITS APPLICATION AS AN ADSORBENT MATERIAL

Wardleison Martins Moreira
Paula Valéria Viotti
Marcelo Fernandes Vieira
Cristina Maria dos Santos Gaudêncio Baptista
Mara Heloisa Neves Olsen Scaliante
Marcelino Luiz Gimenes

DOI 10.22533/at.ed.0652009124

CAPÍTULO 5..... 53

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DO EMPREGO DE ÁLCOOIS COMO AGENTE ESTABILIZANTE EM MISTURAS BIO-ÓLEO PIROLÍTICO/DIESEL

Wendell Ferreira de La Salles
Kátia Simone Teixeira da Silva de La Salles
Larissa Machado de Assis
Jullyane Cunha Moreira

DOI 10.22533/at.ed.0652009125

CAPÍTULO 6.....	61
PREPARAÇÃO DE HIDROGÉIS A BASE DE GLICEROL PARA REMOÇÃO DE CONTAMINANTES DE ÁGUAS RESIDUAIS	
Bárbara Brígida Pinho de Lima	
Wesley Renato Viali	
Eloiza da Silva Nunes Viali	
DOI 10.22533/at.ed.0652009126	
CAPÍTULO 7.....	67
ELABORAÇÃO E ANÁLISE DE CHOCOLATE ENRIQUECIDO COM FARINHA DE CAROÇO DE JACA	
Matheus Henrique Nascimento Goes	
Janclei Pereira Coutinho	
Fábio Alan Carqueija Amorim	
Julia Carneiro Romero	
DOI 10.22533/at.ed.0652009127	
CAPÍTULO 8.....	87
FORMULAÇÃO DE MATRIZES ANTI-INCRUSTANTES UTILIZANDO SURFACTANTES NATURAIS	
Anderson Oliveira de Medeiros	
Maria da Gloria Conceição da Silva	
Leonie Asfora Sarubbo	
DOI 10.22533/at.ed.0652009128	
SOBRE A ORGANIZADORA.....	100
ÍNDICE REMISSIVO.....	101

CAPÍTULO 4

ALTERNATIVE ROUTE TO SYNTHESIZE A BIOPHENOLIC RESIN FROM TANNIN AND KRAFT BLACK LIQUOR AND ITS APPLICATION AS AN ADSORBENT MATERIAL

Data de aceite: 01/12/2020
Submission date: 05/11/2020

Wardleison Martins Moreira

State University of Maringá, Department of
Technology
Umuarama – Paraná – Brazil
University of Coimbra, CIEPQPF – Department
of Chemical Engineering
Coimbra – Portugal
<https://orcid.org/0000-0002-1187-9300>

Paula Valéria Viotti

State University of Maringá, Department of
Chemical Engineering
Maringá – Paraná – Brazil
<https://orcid.org/0000-0002-3537-8068>

Marcelo Fernandes Vieira

State University of Maringá, Department of
Chemical Engineering
Maringá – Paraná – Brazil
<https://orcid.org/0000-0001-7290-8569>

Cristina Maria dos Santos Gaudêncio Baptista

University of Coimbra, CIEPQPF – Department
of Chemical Engineering
Coimbra – Portugal
<https://orcid.org/0000-0002-7807-0995>

Mara Heloisa Neves Olsen Scaliante

State University of Maringá, Department of
Chemical Engineering
Maringá – Paraná – Brazil
<https://orcid.org/0000-0001-9090-9274>

Marcelino Luiz Gimenes

State University of Maringá, Department of
Chemical Engineering
Maringá – Paraná – Brazil
<https://orcid.org/0000-0003-0061-1082>

ABSTRACT: Nowadays, Kraft liquor is currently burned in the pulp and paper mills to produce energy and recover the chemicals. Therefore, this traditional and overspread process originates a process bottleneck, once the recovery boiler must have the capacity to handle the black liquor production rate. In this work, an alternative application for the Kraft black liquor is addressed. A blend of condensed tannin and black liquor was used to synthesize phenolic resin as an alternative to the conventional petrochemical raw materials. First, the Kraft black liquor was hydroxymethylated with formaldehyde. Then, a polycondensation reaction with tannin occurred which was followed by thermal crosslinking. Textural and structural evaluation of the samples evidenced the resin specific surface area in the range 2 – 6 m² g⁻¹ and a great variety of surface functional groups. Morphological analysis revealed the nodular structure of the material. Finally, the resin possible application for removing emergent organic contaminants was assessed. Methylene blue and methyl orange were used as the model molecules and, after 24 hours, adsorption capacities of 50.76 e 26.28 mg g⁻¹ were achieved, respectively.

KEYWORDS: Polycondensation, Kraft black liquor, Tannin, Biobased phenolic resin, Adsorption.

ROTA ALTERNATIVA DE SÍNTESE DE RESINA BIOFENÓLICA A PARTIR DE TANINO E LICOR NEGRO KRAFT E SUA APLICAÇÃO COMO MATERIAL ADSORVENTE

RESUMO: Atualmente, o processo de polpação Kraft queima o licor negro para produzir energia e recuperar os produtos químicos. Esse processo convencional acaba gerando um gargalo no processo, uma vez que a capacidade da caldeira de combustão deve suportar a taxa de produção do licor negro. Dessa forma, o presente trabalho propõe uma aplicação alternativa para o licor negro Kraft. Uma mistura de tanino e licor negro foi utilizada como alternativa às matérias-primas fenólicas derivadas da indústria petroquímica para a produção de resinas fenólicas. Inicialmente, o licor negro Kraft foi hidroximetilado com formaldeído e, em seguida, foi realizada uma reação de policondensação com tanino, seguida por uma reticulação térmica. A avaliação das propriedades texturais e estruturais das amostras evidenciou uma área superficial específica da resina na faixa de 2 a 6 m² g⁻¹ e uma grande variedade de grupos funcionais na superfície. A análise morfológica revelou a estrutura nodular do material. Por fim, foi avaliada a possível aplicação da resina para remoção de corantes. Azul de metileno e alaranjado de metila foram usados como moléculas modelo e, após 24 horas, capacidades de adsorção de 50,76 e 26,28 mg g⁻¹ foram alcançadas, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: Policondensação, Licor negro kraft, Tanino, Resina biofenólica, Adsorção.

1 | INTRODUCTION

New and biobased materials development focuses on the searching for products that can replace the petrochemical route by using raw materials of natural origin. The use of waste as a substitute for synthetic chemicals is of great industrial interest, since the former has a low cost, low environment impact and expands the industrial processes sustainability prospects.

The phenolic gel is obtained by the polycondensation of the phenolic monomers with aldehyde, in acid (novolac) or basic (resol) medium (PEKALA and KONG, 1989; THAKUR and THAKUR, 2015). The commonly used phenolic compounds are resorcinol and phenol, which are non-renewable, have a high cost as well as high toxicity. Thus, in tune with the new principles of green chemistry and circular economy, new phenolic materials have been suggested by researchers seeking to lower the cost of producing gels and carbon composites and to detach these products from the petrochemical route (GARDZIELLA et al., 2000; GHISELLINI et al., 2016).

The Kraft black liquor is a lignin-rich byproduct from the pulping process, which is currently burned in the recovery boiler to be used as a source of energy (ONG et al., 2018). However, the pulp and paper mills are self-sufficient in terms of energy once they produce more energy than needed to run the mill. Therefore, a fraction of the black liquor can also be deviated to be employed in a different added-value application. Moreover, once the boiler

scale-up is expensive, it dictates the overall capacity of the mills and hardly accommodate a further increase in black liquor production due to raising in paper demand. Thus, a deviation of a fraction of the Kraft black liquor will eliminate this bottleneck and reflect in an increasing in the pulp mill processability, as mentioned by Gosselink et al. (2004) and Kang et al. (2012). Kang et al. (2012) also claim the upper furnace corrosion due to the deposition of inorganic salts. Consequently, the recovery boiler operation is compromised since the heat transfer effectiveness will be reduced.

Due to the black liquor has high lignin content, it stands as a promising phenolic source (FOULET et al., 2016; GOSSELINK et al., 2004; NASEEM et al., 2016). Besides lignin, tannin has a high flavonoid content, which holds a polyhydroxyphenol units associations, being another renewable polyphenolic alternative (BOTHA et al., 1978; JANA et al., 2015; PIZZI, 2003). Moreover, tannin and lignin are the predominant compounds in pulp and paper waste, once they must be separated from the cellulose to produce a high-quality fiber (VASHI et al., 2018).

While no resins using a blend of crude Kraft black liquor and condensed tannin exist to our knowledge, the present work will focus on this blend for synthesizing a novel biobased material and evaluate its possible applications. As a result, along with the development of the lignocellulose biorefinery industry, the potential of renewable raw materials in producing biofuels, biomaterials and chemicals will be valorized.

Bearing in mind the above statements, the present work aims to assess the viability of using a blend of crude Kraft black liquor and tannin for phenolic resins production and its reuse in value-added products. In particular, evaluate the material final properties and its possible application as an innovative and low-cost adsorbent for emergent organic contaminants removal, such as dyes. This work innovates in using industrial Kraft black liquor as such, without any pretreatment, blended with tannin to synthesize phenolic resins. The use of the Kraft black liquor as received reduces processing costs, waste disposal and ends up adding value to the residue, offering new applications to the market.

2 | MATERIALS AND METHODS

2.1 Materials

The Kraft black liquor (KBL) was supplied by a Brazilian company and obtained from a mixture of hardwood (*Eucalyptus spp*) and softwood (*Pinus spp.*). Commercial condensed tannin, SETA RC, was from SETA® S/A and extracted from black wattle (*Acacia mearnsii*). The KBL and tannin were used as received and their original characteristics are shown in section 3.1. Alkali lignin pattern was purchased from Sigma-Aldrich®. Formaldehyde 37 % (wt.) aqueous solution and anhydrous sodium hydroxide ACS reagent grade for analysis and purity greater than 97 % were obtained from Synth®.

2.2 Methods

2.2.1 Phenolic resin synthesis

The syntheses were accomplished under reflux, in a three-neck round-bottom glass flask equipped with a vertical condenser, a thermocouple and a magnetic mixer, placed in a sand bath. In each experiment, the amount of each reactant was introduced into the flask according to the following procedure. Firstly, the crude KBL, was hydroxymethylated with excess (2 times on wet weight basis) of formaldehyde 37 % (wt.) aqueous solution, at 343 K, for 1 hour. A given amount of tannin powder was diluted in a sodium hydroxide 50% (wt.) aqueous solution, then added to the hydroxymethylated black liquor and stirred for homogenization. The additional amount of formaldehyde aqueous solution (37 % wt.) was incorporated into the blend, under agitation for 2 hours, at 343 K. Finally, the mixture was set in sealed autoclaves to undergo crosslinking reaction at 363 K for 48 hours. The resins underwent solvent exchange by immersing about 80 g of phenolic resin in a flask containing 150 mL of acetone. Then, the flask was placed in an orbital bath, at 150 rpm and 298 K for 24 hours. This procedure was repeated 4 times with acetone replacement. Then, they were placed inside one-side opened PVC tubes and dried in a convection oven at 303 K, for 24 hours, to obtain a clean unclogged resin.

2.2.2 Resin characterization

Resin's morphologies were investigated by Scanning Electron Microscopy (SEM) in a FEI QUANTA 250.

Resin's superficial groups were identified by Fourier Transform Infra-Red spectroscopy (FTIR), conducted in a BRUKER VERTEX 70V RAM II, in transmittance mode, over the infra-red range of 400 to 4000 cm^{-1} .

Nitrogen adsorption and desorption isotherms, at 77 K, were assessed in a Quantachrome NOVA-1200, to evaluate the material textural properties. The specific surface area was estimated by Brunauer-Emmett-Teller (BET) methodology, pore average diameter by BJH method and the total pore volume assumed as the volume of N_2 adsorbed at P/P_0 of 0.95 (THOMMES et al., 2015).

The pH point of zero charge (pH_{pcz}) corresponds to the pH value at which the surface electrical charge densities equal zero. The pH_{pcz} was performed according to Regalbuto and Robles (2004) methodology. Briefly, several aqueous solutions with different pH values (2 to 12), adjusted with HCl and NaOH 0.1 mol L^{-1} were prepared and 50 mL of each solution were introduced into a flask. 50 g of resin sample were added to each flask and stirred for 24 hours, at 298 K. The final pH was then measured and the graph of the final pH versus the initial pH plotted. The pH_{pcz} corresponds to the final pH value when it remains constant.

2.2.3 Dye adsorption evaluation

Commercial methylene blue (MB) and methyl orange (MO) were used as model dye adsorbates for evaluating the resin adsorbent potential. Influence of adsorbate-adsorbent contact time on adsorption capacity was studied. Briefly, 10 mg of the resin were added to 20 mL adsorbate 50 mg L⁻¹ aqueous solution, in their original pH, under constant agitation (150 rpm) at 298 K. Samples concentration was measured in a UV-VIS spectrophotometer (HACH DR 5000) at a wavelength of 663 and 464 nm, for MB and MO respectively.

The adsorption capacity, q_t (mg g⁻¹) was calculated using Equation 1.

$$q_t = \frac{(C_0 - C_t) V}{m} \quad (\text{Equation 1})$$

where C_0 and C_t are the initial and time t dye aqueous solution concentrations (mg L⁻¹), respectively, V is the dye solution volume (L) and m the phenolic resin weight (g).

In order to assess the adsorption process limiting step and the kinetic of this process, different kinetic models were fitted to the experimental data. The models of pseudo-first order (LAGERGREN, 1898), pseudo-second order (HO and MCKAY, 1999) and intraparticle diffusion (WEBER and MORRIS, 1963) were fitted to the experimental data, according to Equations 2, 3 and 4, respectively.

$$q_t = q_e (1 - e^{-k_1 t}) \quad (\text{Equation 2})$$

where q_t (mg g⁻¹) and q_e (mg g⁻¹) are the dye adsorbed at time t (h) and at equilibrium, respectively, and k_1 (h⁻¹) is the pseudo-first order constant rate.

$$q_t = \frac{k_2 q_e^2 t}{1 + k_2 q_e t} \quad (\text{Equation 3})$$

where k_2 (g mg⁻¹ h⁻¹) is the pseudo-second order constant rate.

$$q_t = k_{id} t^{1/2} + C \quad (\text{Equation 4})$$

where k_{id} (g mg⁻¹ h^{-1/2}) is the intraparticle diffusion rate constant and C (mg g⁻¹) is the boundary layer thickness constant.

3 | RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Resin characterization

The morphology of the resin was investigated by Scanning Electron Microscopy (MEV). The images obtained, illustrated in Figure 1-(a-c), reveals the resin macroporous

character. Textural characterization reinforced the SEM images findings, once the phenolic resin has low specific area ($S_{\text{BET}} = 5.13 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$) and low volume of micropores ($V_{\text{P total}} = 0.0067 \text{ cm}^3 \text{ g}^{-1}$; $V_{\text{P micro}} = 0.0063 \text{ cm}^3 \text{ g}^{-1}$). Despite the low specific area, FTIR analysis shows the wide variety of functional groups on the resin surface. Since the functional groups affect the charge balance in the surface of the material, the dye adsorption can also be affected. The FTIR spectrum obtained (Figure 1-d) reveals the presence of hydroxyl (-OH) groups by the peak around 3400 cm^{-1} and the resin aromatic nature (C=C) is represented by the peaks at 1496 and 1593 cm^{-1} . The presence of aromatic groups in the material suggests the occurrence of π - π interactions between the dyes and the adsorbent, which has a positive impact in the adsorption process. The peaks nearby 2937 , 1463 and 1037 cm^{-1} confirm the biobased resin crosslinking by the presence of the methylene (C-H) and ether-methylene (C-H and C-O) bridges (MARTÍNEZ et al., 2016) in the polymeric matrix.

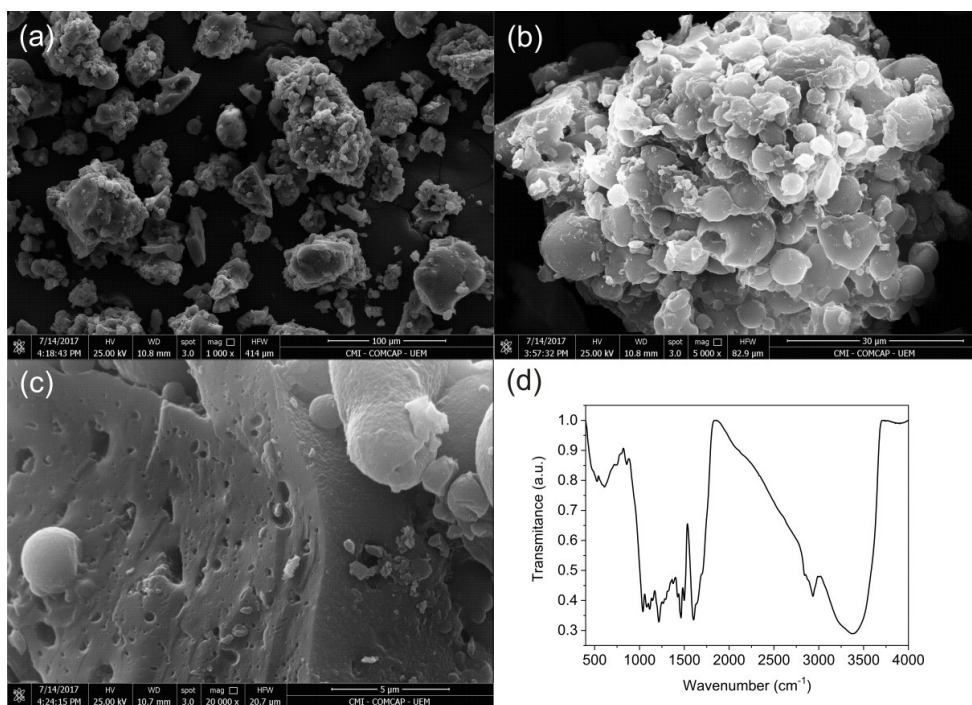


Figure 1: SEM images ((a) 1000x, (b) 5000x and (c) 20000x) and FTIR spectrum (d) of the biophenolic resin.

3.2 Resin potencial application as adsorbent

The effect of the contact time between the adsorbate-adsorbent system was studied for 24 hours and the dyes normalized concentrations in the adsorbate phase solution are plotted in Figure 2-(a). Due to a large number of active sites available on the surface of the

adsorbent at the beginning of the process, the initial rate of adsorption was the highest. For both dyes, the adsorption increased progressively and, at 24 h, the MB and MO removal was approximately 60 and 23 %, with adsorption capacities of 50.76 and 26.28 mg g⁻¹, respectively.

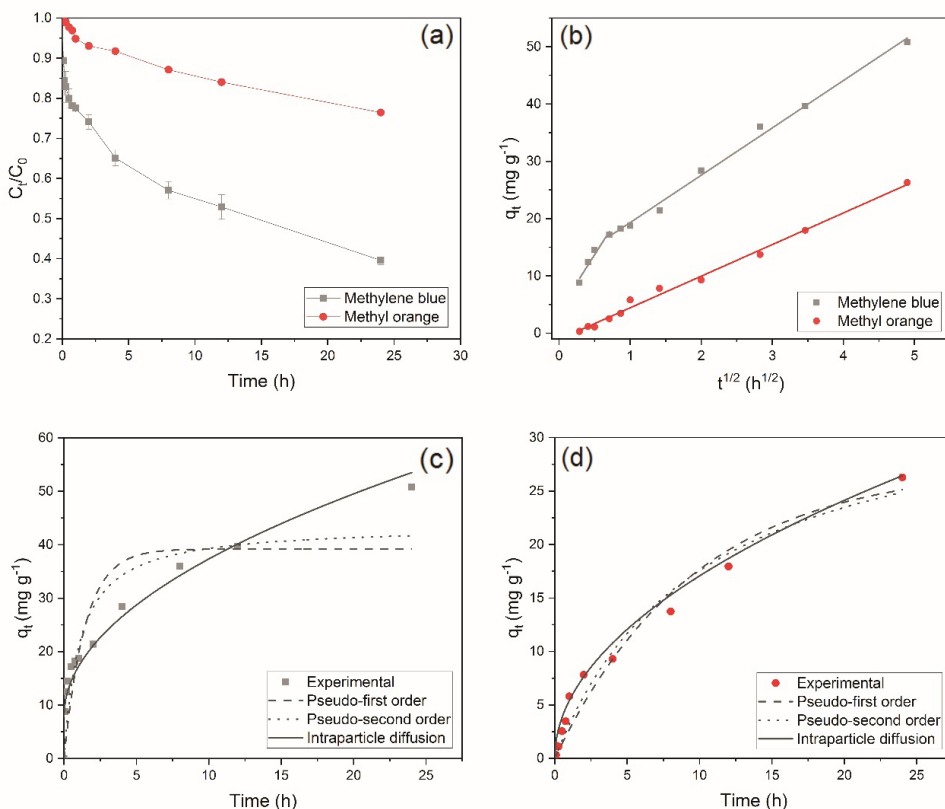


Figure 2: (a) Adsorbate concentration change versus adsorption time, at 298 K, for 24 h; (b) Weber and Morris plot; (c) and (d) Kinetic models fitting to MB and MO, respectively.

The adsorption process involves several transport phenomena and the kinetic of the overall process depends on the prevailing step. Pseudo-first order, pseudo-second order and intraparticle diffusion kinetic models were fitted to the experimental data. The non-linear fittings are shown in Figures 2-(c) and 2-(d) and their parameters are compiled in Table 1. The adjustments reveal that neither pseudo-first nor pseudo-second order models are representative of MB kinetic data. For both dyes, the intraparticle diffusion model was the best fitted, since the highest correlation coefficient (R^2) and lowest SSE values were obtained. To better understand the prevailing adsorption step, Figure 2-(b) is also shown. The Weber and Morris plot shows two linear sections for the MB adsorption. That suggests

that the MB adsorption, during the evaluated time, occurred in two stages. In the first step, the adsorbate diffusion through the adsorbent external limiting layer was fast and did not limit the process rate. Then, the second and predominant step is attributed to the diffusion within the resin pores. Figure 2-(b) shows that only one stage in the plot of the MO experimental data, with approximately zero interception on *y*-axis, indicating that the internal diffusion controls the adsorption (ALENCAR et al., 2012). For both adsorbates, the intraparticle diffusion occurs slowly and progressively along the resin pores.

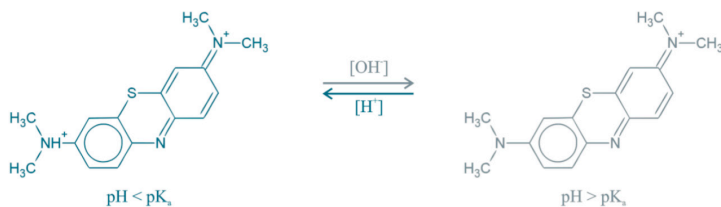
	Methylene Blue	Methyl Orange
Pseudo-first order		
q_e ($mg\ g^{-1}$)	39.217	27.425
k_1 (h^{-1})	0.690	0.103
R^2	0.777	0.963
SSE	494.993	27.535
Pseudo-second order		
q_e ($mg\ g^{-1}$)	43.596	35.409
k_2 ($g\ mg\ h^{-1}$)	0.021	0.003
R^2	0.864	0.972
SSE	303.517	20.589
Intraparticle diffusion		
k_{ID} ($mg\ g^{-1}\ h^{-1/2}$)	9.302	5.396
C ($mg\ g^{-1}$)	7.934	0.010
R^2	0.955	0.981
SSE	99.413	13.733

Table 1: Fitted kinetic models parameters.

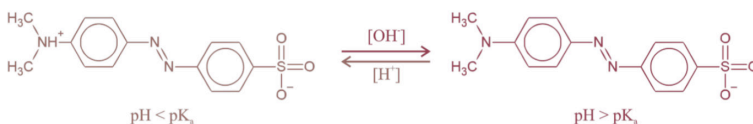
In addition to the process mechanisms suggested by the kinetic study, the interactions between the adsorbate and adsorbent molecules and functional groups have also to be considered. The pH_{pzc} relates the adsorbent surface functional groups with its surface charge according to the solution pH, being an important parameter for understanding the adsorption mechanisms. Given that the resin pH_{pzc} is around 8.5, the charge on its surface is positive at $pH < 8.5$ and negative at $pH > 8.5$. Moreover, the MB and MO are cationic and anionic dyes, respectively. The MB solution original pH was 1.7 and, as its pK_a is 5.6 (at 298 K), the amino group of the MB molecules is protonated, as illustrated in Figure 3-(a). As the solution pH increases to a value higher than the pK_a , the MB becomes deprotonated, i.e. in its cationic form. That indicated that at a pH 1.7, there is an electrostatic repulsion between the MB and the resin, so that other interactions, such as H-bonding (between the resin hydroxyl group and the MB amino group) and π - π interactions (between the resin and the

MB aromatic structure) could explain the high removal degree achieved. On the other hand, the MO original solution pH was 6.6 and a pK_a of 4.2 (at 298 K). As a result, the amino groups are deprotonated and the ionization extent of MO privileges its anionic form (Figure 3-(b)). Moreover, at pH 6.6 some functional groups, phenolic O–H and C=O, are not dissociated and repulsion did not take place. However, hydrogen bonding and π - π interactions may also occur between the resin and the MO. The proposed adsorption mechanisms for the MB and MO, at the studied conditions, are illustrated in Figure 3-(c).

(a) MB



(b) MO



(c)

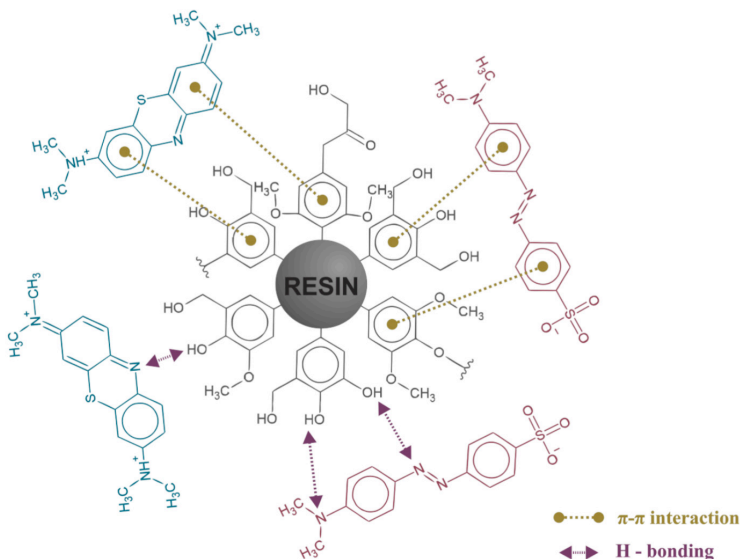


Figure 3: MB (a) and MO (b) ionization according to the solution pH and (c) the adsorption mechanisms proposed by the present work, at the studied conditions.

The above results confirm the potential of the phenolic resin for use as an adsorbent. Furthermore, after accomplishing this purpose, both resin and adsorbate can undergo pyrolysis to degrade the organic contaminant and regenerate the adsorbent or produce a pyrolytic carbon. Moreover, the resin impregnated with dye (a nitrogen source) may also be used as a nitrogen-doped carbon material in a dielectric double layer capacitor and supercapacitors.

4 | CONCLUSION

A blend of crude Kraft black liquor and tannin were successfully used as phenolic precursors for phenolic resins production by a polycondensation reaction. This mixture has a very low cost compared to the phenolic raw materials currently in use. The specific surface area of the resins produced is not large with diversified surface functional groups. When the resin was tested as an adsorbent, a good dye removal was achieved in the evaluated time. Adsorption capacities of 50.76 e 26.28 mg g⁻¹ were achieved for methylene blue and methyl orange, respectively. This confirmed the feasibility of using this newly synthesized material as an alternative, sustainable and low-cost adsorbents for contaminant removal.

REFERENCES

ALENCAR, W. S. et al. Application of Aqai Stalks as Biosorbents for the Removal of the Dye Procion Blue MX-R from Aqueous Solution. **Separation Science and Technology**, v. 47, n. 3, p. 513-526, 2012.

BOTHA, J. J.; FERREIRA, D.; ROUX, D. G. Condensed tannins: Direct synthesis, structure, and absolute configuration of four biflavonoids from black wattle bark ('mimosa') extract. **Journal of the Chemical Society, Chemical Communications**, n. 16, p. 700–702, 1978.

FOULET, A. et al. Preparation of hierarchical porous carbonaceous foams from Kraft black liquor. **Materials Today Communications**, v. 7, p. 108–116, 2016.

GARDZIELLA, A.; PILATO, L. A. .; KNOP, A. **Phenolic Resins**. 2ª edição ed. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2000.

GHISELLINI, P.; CIALANI, C.; ULGIATI, S. A review on circular economy : the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. **Journal of Cleaner Production**, v. 114, p. 11–32, 2016.

GOSELINK, R. J. A. et al. Co-ordination network for lignin — standardisation , production and applications adapted to market requirements (EUROLIGNIN). **Industrial Crops and Products**, v. 20, p. 121–129, 2004.

HO, Y. S. .; MCKAY, G. Pseudo-second order model for sorption processes. **Process Biochemistry**, v. 5, n. 34, p. 451–465, 1999.

JANA, P. et al. Thermal conductivity improvement of composite carbon foams based on tannin-based disordered carbon matrix and graphite fillers. **Materials and Design**, v. 83, p. 635–643, 2015.

KANG, S. et al. Solid fuel production by hydrothermal carbonization of black liquor. **Bioresource Technology**, v. 110, p. 715–718, 2012.

LAGERGREN, S. Zur theorie der sogenannten adsorption gelöster stoffe, Kungliga Svenska Vetenskapsakademiens. **Handlingar**, v. 24, p. 1–39, 1898.

MARTÍNEZ, J. J. D. et al. Thermal Study of Gels Obtained From Resol Type Phenolic Resins Modified With Lignin. **Macromolecular Symposia**, v. 370, n. 1, p. 7–16, 2016.

NASEEM, A. et al. Lignin-derivatives based polymers, blends and composites: A review. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 93, p. 296–313, 2016.

ONG, B. H. Y. et al. Hydrothermal liquefaction of Radiata Pine with Kraft black liquor for integrated biofuel production. **Journal of Cleaner Production**, v. 199, p. 737–750, 2018.

PEKALA, R. W.; KONG, F. M. A synthetic route to organic aerogels - Mechanism, structure, and properties. **Journal de Physique Colloques**, v. 50, n. C4, p. 33–40, 1989.

PIZZI, A. Phenolic Resin Adhesives and Natural Phenolic Adhesives. In: PIZZI, A. ; MITTAL, K. L. (Eds.). . **Handbook of Adhesive Technology**. 2nd. ed. New York: Marcel Dekker Inc., 2003.

REGALBUTO, J.; ROBLES, J. **The engineering of Pt/carbon catalyst preparation**. University of Illinois, Chicago, 2004.

THAKUR, V. K.; THAKUR, M. K. Recent advances in green hydrogels from lignin: A review. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 72, p. 834–847, 2015.

THOMMES, M. et al. Physisorption of gases , with special reference to the evaluation of surface area and pore size distribution (IUPAC Technical Report). **Pure Applied Chemistry**, v. 87, p. 1051–1069, 2015.

VASHI, H.; IORHEMEN, O. T.; TAY, J. H. Degradation of industrial tannin and lignin from pulp mill effluent by aerobic granular sludge technology. **Journal of Water Process Engineering**, v. 26, n. June, p. 38–45, 2018.

WEBER, W. J. .; MORRIS, J. C. Kinetics of adsorption on carbon from solution. **Journal of the Sanitary Engineering Division**, v. 89, n. 2, p. 31–60, 1963.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aditivo Alimentar 68, 84

Adsorção 43, 61, 62, 63, 64, 65

B

Bioetanol 2, 3, 10, 11, 85

Bioincrustação 87, 88, 94, 95, 97

Bio-óleo 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59

C

Chocolate 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 83, 84, 85, 86

D

Dynetica 10, 13, 14, 15, 18

E

Extração de Lipídeos 20, 22, 37

H

Hidrogéis 61, 62, 65, 66

Hidrólise Enzimática 1, 2, 5, 6

J

Jaca 67, 68, 69, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86

L

Licor Negro Kraft 43

M

Microalgas 20, 21, 22, 23, 27, 28, 30, 31, 37

Microemulsões 53, 54, 58, 59

P

Pirólise 53, 54

Produtos de Valor Agregado 1, 2, 3, 6

Proteólise 1

R

Remoção de Contaminantes 61

Resina Biofenólica 43

S

Software Livre 10, 13

Soro de Queijo 2, 3

Surfactantes Naturais 87, 90, 91, 92, 93, 97, 98

T

Tanino 43

Técnicas Físicas e Químicas 20

Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia na Engenharia Química

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia na Engenharia Química

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

Atena
Editora

Ano 2020