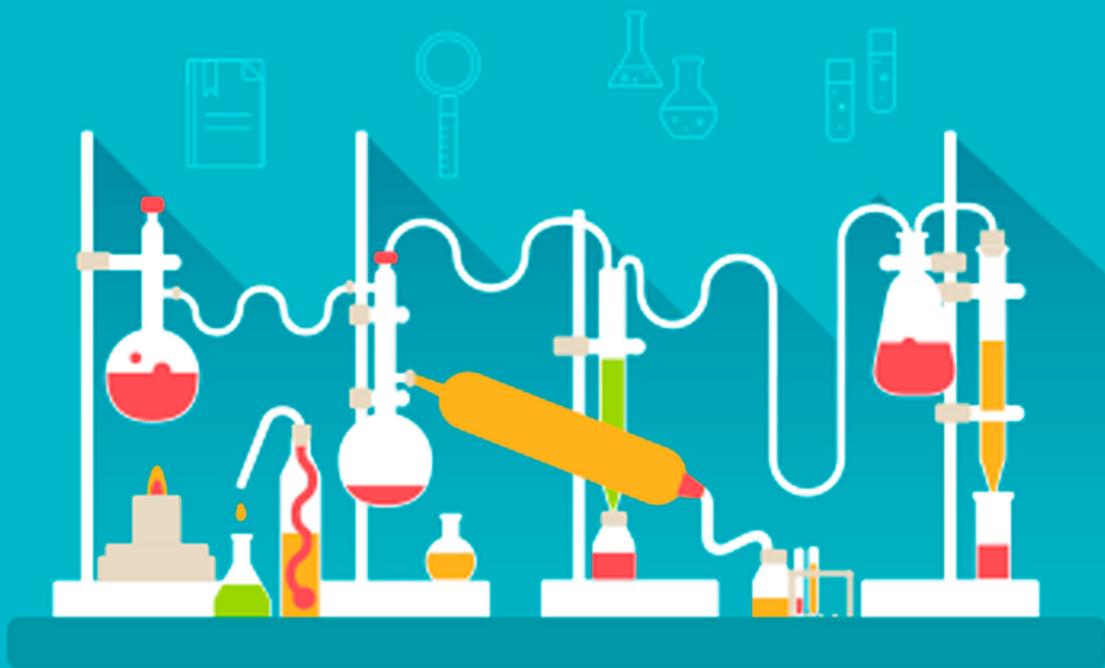


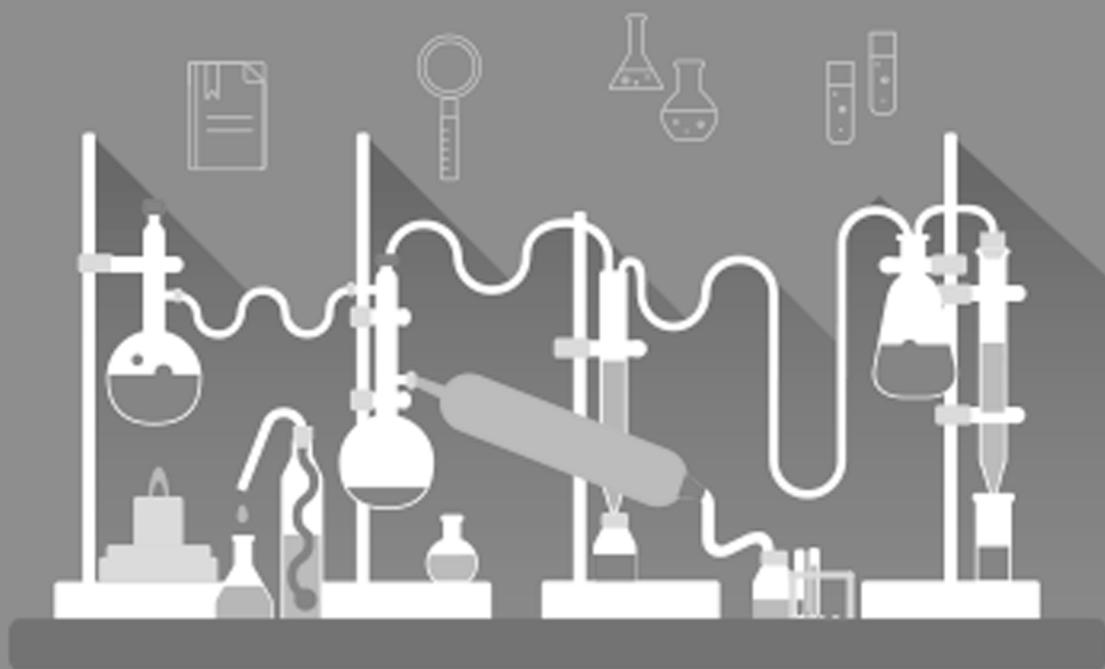
# A Química nas Áreas Natural, Tecnológica e Sustentável



Érica de Melo Azevedo  
(Organizadora)

**Atena**  
Editora  
Ano 2020

# A Química nas Áreas Natural, Tecnológica e Sustentável



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

**Bibliotecário**

Maurício Amormino Júnior

**Projeto Gráfico e Diagramação**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Karine de Lima Wisniewski

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 4.0 Internacional (CC BY 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.

A Atena Editora não se responsabiliza por eventuais mudanças ocorridas nos endereços convencionais ou eletrônicos citados nesta obra.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação.

**Conselho Editorial**

**Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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  
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. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás  
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. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
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 Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa  
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé  
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. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina  
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza  
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social  
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe  
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA  
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia  
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis  
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR  
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
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

## A química nas áreas natural, tecnológica e sustentável

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
**Bibliotecário** Maurício Amormino Júnior  
**Diagramação:** Camila Alves de Cremona  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizadora:** Érica de Melo Azevedo

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)</b> <b>(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
Q6	A química nas áreas natural, tecnológica e sustentável 1 [recurso eletrônico] / Organizadora Érica de Melo Azevedo. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.  Formato: PDF Requisitos de sistemas: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-5706-385-9 DOI 10.22533/at.ed.859201709  1. Química – Pesquisa – Brasil. 2. Tecnologia. 3. Sustentabilidade. I. Azevedo, Érica de Melo.
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

A Coleção “A Química nas Áreas Natural, Tecnológica e Sustentável” apresenta artigos de pesquisa na área de química e que envolvem conceitos de sustentabilidade, tecnologia, ensino e ciências naturais. A obra contém 69 artigos, que estão distribuídos em 3 volumes. No volume 1 são apresentados 29 capítulos sobre aplicações e desenvolvimentos de materiais adsorventes sustentáveis e polímeros biodegradáveis; o volume 2 reúne 20 capítulos sobre o desenvolvimento de materiais alternativos para tratamento de água e efluentes e propostas didáticas para ensino das temáticas em questão. No volume 3 estão compilados 20 capítulos que incluem artigos sobre óleos essenciais, produtos naturais e diferentes tipos de combustíveis.

Os objetivos principais da presente coleção são apresentar aos leitores diferentes aspectos das aplicações e pesquisas de química e de suas áreas correlatas no desenvolvimento de tecnologias e materiais que promovam a sustentabilidade e o ensino de química de forma transversal e lúdica.

Os artigos constituintes 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 adsorventes, polímeros, análise e tratamento de água e efluentes, propostas didáticas para ensino de química, óleos essenciais, produtos naturais e combustíveis.

Após esta apresentação, convido os leitores a apreciarem e consultarem, sempre que necessário, a coleção “A Química nas áreas natural, tecnológica e Sustentável”. Desejo uma excelente leitura!

Érica de Melo Azevedo

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **ADSORÇÃO DE AZUL DE METILENO EMPREGANDO BAGAÇO DE UVA (*VITIS LABRUSCA*) IN NATURA E MODIFICADO COMO ADSORVENTE**

Júlia Cristina Diel  
Isaac dos Santos Nunes  
Dinalva Schein  
Joseane Sarmento Lazarotto  
Vitória de Lima Brombilla  
Carolina Smaniotto Fronza

**DOI 10.22533/at.ed.8592017091**

### **CAPÍTULO 2..... 14**

#### **ADSORÇÃO DE CONTAMINANTE ORGÂNICO EM ÁGUA POR RESÍDUO AGROINDUSTRIAL TRATADO SIMULTANEAMENTE COM ÁCIDO E ULTRASSOM**

Matias Schadeck Netto  
Carlos Heitor Fernandez Cervo  
Jivago Schumacher de Oliveira  
Edson Luiz Foletto  
Evandro Stoffels Mallmann  
Osvaldo Chiavone-Filho  
Guilherme Luiz Dotto

**DOI 10.22533/at.ed.8592017092**

### **CAPÍTULO 3..... 24**

#### **ADSORÇÃO DE ÍONS CÁDMIO POR DERIVADOS CARBOXIMETILADOS E SULFATADOS DE QUITOSANA**

João Lucas Isidio de Oliveira Almeida  
Micaele Ferreira Lima  
Shirley Abel Barboza Coelho  
Emanuela Feitoza da Costa  
Flavia Oliveira Monteiro da Silva Abreu  
Carlos Emanuel de Carvalho Magalhães

**DOI 10.22533/at.ed.8592017093**

### **CAPÍTULO 4..... 32**

#### **AGGLOMERATED BOARDS EVALUATION WITH WASTE OF POLYURETHANE SKIN AND NON-HALOGENATED FLAME RETARDANTS**

Aguinaldo Oliveira Machado  
Jocelei Duarte  
Maria Fernanda de Oliveira  
Ana Maria Coulon Grisa  
Mara Zeni Andrade

**DOI 10.22533/at.ed.8592017094**

### **CAPÍTULO 5..... 43**

#### **POLIURETANOS BIODEGRADÁVEIS: UMA ABORDAGEM DOS ELEMENTOS**

## ENVOLVIDOS NO PROCESSO DE SÍNTESE

Amanda Furtado Luna  
Andressa Lima Delfino  
Glenda Kélvia Ferreira Bezerra  
Domingos Rodrigues da Silva Filho  
Fernando da Silva Reis  
José Milton Elias de Matos

**DOI 10.22533/at.ed.8592017095**

## **CAPÍTULO 6..... 56**

### **CARACTERIZAÇÃO DA *PHORMIUM TENAX* PARA USO COMO REFORÇO EM COMPOSITO DE POLIPROPILENO**

Fábio Furtado  
Thais Helena Sydenstricker Flores-Sahagun  
Talita Szlapak Franco  
Harrison Lourenço Corrêa

**DOI 10.22533/at.ed.8592017096**

## **CAPÍTULO 7..... 67**

### **CARACTERIZAÇÃO DO HIDROGEL À BASE DE POLIACRILATO DE AMÔNIO E A SUA UTILIZAÇÃO NA ADUBAÇÃO POTÁSSICA DO TOMATEIRO**

Ivonete Oliveira Barcellos  
Raíssa dos Santos Conceição  
Ana Lúcia Bertarello Zeni

**DOI 10.22533/at.ed.8592017097**

## **CAPÍTULO 8..... 80**

### **PREPARAÇÃO E MEDIÇÃO DE PROPRIEDADES TÉRMICAS DO COMPOSITO EPÓXI - PZT**

Victor Ciro Solano Reynoso  
Edinilton Moraes Cavalcante

**DOI 10.22533/at.ed.8592017098**

## **CAPÍTULO 9..... 91**

### **CULTIVO DE *Aspergillus niger* EM ESTADO SÓLIDO EM BIORREATOR DE LEITO EMPACOTADO SEGUIDO DE EXTRAÇÃO DE ENZIMAS POR PERCOLAÇÃO**

Fernanda Perpétua Casciatori  
Natalia Alvarez Rodrigues  
Samuel Pratavieira de Oliveira  
Eric Takashi Katayama

**DOI 10.22533/at.ed.8592017099**

## **CAPÍTULO 10..... 104**

### **EFEITO DA TEMPERATURA NA ADSORÇÃO DE AZUL DE METILENO USANDO BAGAÇO DE MALTE *IN NATURA***

Renata Cândido Araújo de Lima  
Kevyn Zapelão  
Andréia Anschau

**DOI 10.22533/at.ed.85920170910**

**CAPÍTULO 11.....113**

**EFEITO DAS CONDIÇÕES DE REPROCESSAMENTO NA DEGRADAÇÃO DO POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE**

Lisete Cristine Scienza  
Amanda Vecila Cheffer de Araújo  
Hariel Marçal Kops Hubert  
Vinícius Martins  
Luis Henrique Alves Cândido  
Ademir José Zattera

**DOI 10.22533/at.ed.85920170911**

**CAPÍTULO 12..... 124**

**ENCAPSULAMENTO DE ZEÓLITA FERTILIZANTE UTILIZANDO BIOPOLÍMERO**

Suzana Frighetto Ferrarini  
Beatriz Bonetti  
Marta Eliza Hammerschmitt  
Camila Fensterseifer Galli  
Marçal José Rodrigues Pires

**DOI 10.22533/at.ed.85920170912**

**CAPÍTULO 13..... 135**

**ENVELHECIMENTO NATURAL: COMPARAÇÃO DE TECIDOS DE POLIETILENO DE ULTRA ALTA MASSA MOLAR APLICADOS EM PROTEÇÃO BALÍSTICA**

Vitor Hugo Cordeiro Konarzewski  
Ruth Marlene Campomanes Santana  
Edson Luiz Fancisquetti

**DOI 10.22533/at.ed.85920170913**

**CAPÍTULO 14..... 149**

**ESTUDO DA PRODUÇÃO DE PISOS DE BORRACHA SBR, E DE SILICONE, UTILIZANDO A BORRACHA DE SILICONE RECICLADA COMO CARGA**

Miriam Lucia Chiquetto Machado  
Blenda de Assunção Cardoso Gaspar  
Nilson Casimiro Pereira  
Max Filipe Silva Gonçalves  
Cícera Soares Pereira

**DOI 10.22533/at.ed.85920170914**

**CAPÍTULO 15..... 162**

**SUORTE HÍBRIDO CONTENDO Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> E QUITOSANA PARA IMOBILIZAÇÃO DA PAPAÍNA**

Aurileide Maria Bispo Frazão Soares  
Lizia Maria Oliveira Gonçalves  
Samuel de Macêdo Rocha  
Wallonilson Veras Rodrigues  
Anderson Fernando Magalhães dos Santos

Anderson Nogueira Mendes  
Welter Cantanhêde da Silva  
**DOI 10.22533/at.ed.85920170915**

**CAPÍTULO 16..... 177**

**INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA DE PÓS-CURA NO COMPORTAMENTO MECÂNICO DO COMPOSITO POLIMÉRICO NANOESTRUTURADO REFORÇADO COM ÓXIDO DE GRAFENO**

Marivaldo Batista dos Santos Junior  
Erica Cristina Almeida  
Alan Santos Oliveira  
Vaneide Gomes

**DOI 10.22533/at.ed.85920170916**

**CAPÍTULO 17..... 184**

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE ADSORÇÃO DO CORANTE AZUL DE METILENO UTILIZANDO FIBRA DO MESOCARPO DO COCO *IN NATURA* E PRÉ-TRATADA COM PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO ALCALINO**

Isabela Nogueira Marques Ribeiro  
Geovanna Miranda Teixeira  
Emanuel Souza e Souza  
Êmile dos Santos Araujo  
Luciene Santos de Carvalho  
Luiz Antônio Magalhães Pontes  
Leila Maria Aguilera Campos

**DOI 10.22533/at.ed.85920170917**

**CAPÍTULO 18..... 197**

**MÉTODOS DE SÍNTESE E A CLASSIFICAÇÃO DOS POLIANIDRIDOS BIODEGRADÁVEIS**

Jairo dos Santos Trindade  
Vanessa Karen Ferreira dos Santos Guimarães  
José Milton Elias de Matos

**DOI 10.22533/at.ed.85920170918**

**CAPÍTULO 19..... 209**

**O USO DA BORRACHA DE PNEUS EM LIGANTES ASFÁLTICOS**

Matheus Borges Lopes

**DOI 10.22533/at.ed.85920170919**

**CAPÍTULO 20..... 212**

**OBTENÇÃO DE CARVÃO ATIVADO DE CASCA DE SOJA E APLICAÇÕES EM PROCESSOS DE ADSORÇÃO**

Roberta Sorhaia Samayara Sousa Rocha de França  
Letícia Pinto  
Andréia Anschau

**DOI 10.22533/at.ed.85920170920**

<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>224</b>
PARTÍCULAS DE P(BA-CO-MMA)/PMMA CONTENDO ÁCIDO ITACÔNICO OBTIDAS ATRAVÉS DA COPOLIMERIZAÇÃO EM EMULSÃO	
Leonardo Zborowski Daniela Beirão Porto Jesus Roberto Taparelli Lucia Helena Innocentini Mei Diego de Holanda Saboya Souza	
<b>DOI 10.22533/at.ed.85920170921</b>	
<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>236</b>
PECTINA: UM SUBPRODUTO VALIOSO DA INDÚSTRIA CITRÍCOLA	
Camila Souza da Mata Losque Patrícia Reis Pinto	
<b>DOI 10.22533/at.ed.85920170922</b>	
<b>CAPÍTULO 23</b> .....	<b>247</b>
PROJETO DE CERTIFICAÇÃO PARA PLÁSTICOS RECICLADOS NA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA: DE REFUGO A RECURSO	
Ormene Carvalho Coutinho Dorneles Daniel Coutinho Dorneles	
<b>DOI 10.22533/at.ed.85920170923</b>	
<b>CAPÍTULO 24</b> .....	<b>258</b>
PROPRIEDADES DE COMPÓSITOS FABRICADOS COM RESÍDUO INDUSTRIAL, PROJETO E PROSPECÇÃO DE CUSTO DE PRODUÇÃO DE MOBILIÁRIO URBANO COM CONCEITO DE ECONOMIA CIRCULAR	
Fernanda Pereira de Castro Negreiros Paula Bertolino Sanvezzo Marcia Cristina Branciforti	
<b>DOI 10.22533/at.ed.85920170924</b>	
<b>CAPÍTULO 25</b> .....	<b>277</b>
PROPRIEDADES DE ESPUMAS DE POLI(URETANO-CO-ISOCIANURATO) BASEADAS EM DIFERENTES DIÓIS	
Thiago do Carmo Rufino José Giaretta	
<b>DOI 10.22533/at.ed.85920170925</b>	
<b>CAPÍTULO 26</b> .....	<b>292</b>
SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE SÍLICA MESOPOROSA E SEU POTENCIAL USO COMO ADSORVENTE NA DESCONTAMINAÇÃO DE EFLUENTES	
Cezar Augusto Moreira Matheus Devanir Custódio Jéssica de Lara Andrade Angélica Gonçalves Oliveira Edgardo Alfonso Gómez Pineda Ana Adelina Winkler Hechenleitner	

Daniela Martins Fernandes de Oliveira

**DOI 10.22533/at.ed.85920170926**

**CAPÍTULO 27..... 307**

**USO DOS POLÍMEROS NA LIBERAÇÃO CONTROLADA DE MEDICAMENTOS  
PARA O TRATAMENTO DO CÂNCER**

Ingrid Ribeiro

Wanyr Romero Ferreira

Aline Pereira Leite Nunes

**DOI 10.22533/at.ed.85920170927**

**CAPÍTULO 28..... 315**

**INFLUÊNCIA DO HÍBRIDO NANOARGILA COM ÓLEOS ESSENCIAIS NA BLEND  
DE PEBD/ATP**

Marília Cheis Farina

Rafaela Reis Ferreira

Anderson Maia

Rondes Ferreira da Silva Torin

**DOI 10.22533/at.ed.85920170928**

**CAPÍTULO 29..... 322**

**EFEITO DA HOMOGENEIZAÇÃO À ALTA PRESSÃO NA ESTABILIZAÇÃO DE  
EMULSÕES OBTIDAS POR SISTEMAS DE BIOPOLÍMEROS WPC:ALG**

Kívia Mislaine Albano

Vania Regina Nicoletti

**DOI 10.22533/at.ed.85920170929**

**SOBRE A ORGANIZADORA..... 333**

**ÍNDICE REMISSIVO..... 334**

## ADSORÇÃO DE AZUL DE METILENO EMPREGANDO BAGAÇO DE UVA (*VITIS LABRUSCA*) IN NATURA E MODIFICADO COMO ADSORVENTE

Data de aceite: 01/09/2020

Data de submissão: 03/06/2020

### **Júlia Cristina Diel**

Universidade Federal de Santa Maria  
Santa Maria, RS  
<http://lattes.cnpq.br/1589964271174213>

### **Isaac dos Santos Nunes**

Universidade Regional Integrada do Alto  
Uruguai e das Missões  
Santo Ângelo, RS  
<http://lattes.cnpq.br/6592130971504394>

### **Dinalva Schein**

Universidade Federal de Santa Maria  
Santa Maria, RS  
<http://lattes.cnpq.br/8537370885641182>

### **Joseane Sarmiento Lazarotto**

Universidade Federal de Santa Maria  
Santa Maria, RS  
<http://lattes.cnpq.br/6165900692541530>

### **Vitória de Lima Brombilla**

Universidade Federal de Santa Maria  
Santa Maria, RS  
<http://lattes.cnpq.br/8240310154106612>

### **Carolina Smaniotto Fronza**

Universidade Federal de Santa Maria  
Santa Maria, RS  
<http://lattes.cnpq.br/9662495827820486>

fomenta pesquisas para o desenvolvimento de técnicas eficazes aplicadas ao tratamento de efluentes, destacando-se a adsorção ao demonstrar resultados promissores, principalmente quando atrelada ao emprego de resíduos agroindustriais como biomassas adsorventes. O presente trabalho objetivou avaliar por meio de isotermas de adsorção a capacidade adsorvente de bagaço de uva proveniente de fermentação vinícola artesanal em condição *in natura* (BUIN) e modificada (BUM) para remoção do corante azul de metileno (AM), por conta do alto potencial residual do processamento vinícola no estado e pela representatividade do setor têxtil na economia do país. A partir dos tempos de equilíbrio obtidos mediante as cinéticas de adsorção, as isotermas foram construídas variando-se dosagens adsorventes de 0,1, 0,3 e 0,5 g, para as concentrações de 20 e 60 mg L<sup>-1</sup> de AM, realizando-se ajuste aos modelos de Langmuir, Freundlich e Sips. O modelo de Langmuir apresentou predominância para o BUIN, enquanto o modelo de Sips prevaleceu para o BUM com valores próximos a unidade, condição em que esse modelo se reduz à equação de Langmuir. Por fim, a análise conjunta dos resultados permitiu concluir que o bagaço de uva pode ser empregado como um adsorvente efetivo na remoção de AM.

**PALAVRAS - CHAVE:** Adsorção, bagaço de uva, azul de metileno, isotermas.

**RESUMO:** A presença de contaminantes orgânicos e inorgânicos no meio ambiente

## ADSORPTION OF METHYLENE BLUE USING GRAPE MARC (VITIS LABRUSCA) IN NATURA AND MODIFIED AS ADSORBENT

**ABSTRACT:** The presence of organic and inorganic contaminants in the environment promotes research for the development of effective techniques applied to the treatment of effluents, with adsorption standing out, showing promising results, especially when linked to the use of agro-industrial residues such as adsorbent biomass. The present work aimed to evaluate, by means of adsorption isotherms, the adsorbent capacity of grape marc from artisanal fermentation in fresh (BUIN) and modified (BUM) conditions to remove the methylene blue dye (AM), due to the high residual potential of wine processing in the state and the representativeness of the textile sector in the country's economy. From the equilibrium times obtained through of adsorption kinetics, isotherms were constructed by varying adsorbent dosages of 0.1, 0.3 and 0.5 g, for concentrations of 20 and 60 mg L<sup>-1</sup> of AM, adjusting to the Langmuir, Freundlich and Sips models. The Langmuir model showed predominance for BUIN, while the Sips model prevailed for BUM with values close to the unit, a condition in which this model is reduced to the Langmuir equation. Finally, the joint analysis of the results allowed to conclude that the grape marc can be used as an effective adsorbent in the removal of AM.

**KEYWORDS:** Adsorption, grape marc, methylene blue, isotherms.

### 1 | INTRODUÇÃO

Atualmente, segundo Mouni *et al.* (2018), entre os mais diversos meios de contaminação ambiental por fonte industrial destacam-se os corantes, substâncias de coloração persistente e que apresentam baixa biodegradabilidade, portanto difíceis de serem eliminadas naturalmente e incompatíveis com alguns processos convencionais de tratamentos de efluentes existentes. Islam *et al.* (2017) afirmam que a acumulação de corantes na biota aquática pode resultar em efeitos adversos à saúde humana e ao meio ambiente, ao exibirem uma estrutura molecular complexa com propriedades carcinogênicas, mutagênicas, alergênicas e de variável toxicidade.

A poluição ambiental por corantes é decorrente de diversas atividades industriais, como da fabricação de têxteis, tintas, papel, plásticos, borrachas, explosivos, produtos farmacêuticos e cosméticos (MARRAKCHI *et al.*, 2017). Islam *et al.* (2017) estimam que estas indústrias produzam anualmente mais de 700 mil toneladas de corantes, das quais aproximadamente 15% são despejadas em águas superficiais.

A indústria têxtil é considerada uma das indústrias que mais consome água no mundo e conseqüentemente, que produz grandes volumes de águas residuais ricas em matéria orgânica, apresentando-se como uma potencial fonte geradora de efluentes contendo corantes (CASTRO *et al.*, 2018). A representatividade econômica

deste setor no país é bastante significativa: segundo a Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção – ABIT, o setor têxtil é o segundo maior empregador da indústria de transformação no Brasil e o país é o quinto maior produtor têxtil do mundo, tendo produzido em média cerca de 1,7 milhão de toneladas de tecidos em 2017.

A presença destes contaminantes no ambiente instiga pesquisadores no desenvolvimento de técnicas eficazes e confiáveis aplicadas no tratamento de efluentes contendo resíduos coloridos. Dentre estas técnicas, a adsorção ganha destaque por oferecer eficiência na separação de uma ampla gama de compostos químicos, além de ser economicamente viável pelo baixo custo de operação, simplicidade de projeto e elevada eficiência (PATHANIA *et al.*, 2017).

Conforme apresentado por McCabe *et al.* (2005), a adsorção é classificada como uma operação unitária de transferência de massa do tipo sólido-fluido, na qual componentes de uma fase fluida (que pode ser um gás ou um líquido) são removidos e transferidos para a superfície de uma fase sólida, onde se acumulam. Segundo Matos (2015), o material sólido que adsorve é denominado como adsorvente, enquanto a substância que é adsorvida é conhecida como adsorbato.

A cinética de adsorção é o primeiro passo para a investigação sobre a possibilidade de utilização de um adsorvente em determinado processo de separação (GRAEBIN, 2014). De acordo com Esqueda *et al.* (2014), os ensaios cinéticos são de fundamental importância no estudo do processo de adsorção, pois fornecem informações sobre a velocidade das reações por meio de diferentes modelos matemáticos nos quais os dados do processo são ajustados em relação ao tempo.

O processo de adsorção pode ser avaliado quantitativamente por meio de isotermas de adsorção, as quais representam o equilíbrio estabelecido a uma temperatura constante entre a concentração de adsorbato presente na fase líquida ( $C_e$ ) e a quantidade de adsorbato retida na superfície do sólido, expressa em termos de capacidade de adsorção ( $q_e$ ) (PORTINHO, 2016). Conforme afirma Limons (2008), o comportamento gráfico das isotermas pode apresentar-se de diversas maneiras, fornecendo informações importantes sobre o mecanismo de adsorção. Estas informações podem ser obtidas a partir de parâmetros de ajustes de modelos matemáticos que representam os dados experimentais.

De acordo com Gelain *et al.* (2012), os resíduos e subprodutos agroindustriais apresentam-se como biomassas alternativas ao desenvolvimento de adsorventes para a remoção de efluentes provenientes da atividade industrial, devido ao baixo custo e a disponibilidade em abundância. O bagaço de uva, por exemplo, correspondente a um resíduo de fermentação vinícola sem aplicação prática efetiva, é gerado em grandes quantidades, principalmente no Rio Grande do Sul, onde a

vitivinicultura é uma atividade economicamente importante para o estado.

Segundo dados apresentados por uma pesquisa realizada pela Embrapa Uva e Vinho, coordenada por Mello (2016), a produção de uvas no Brasil no ano de 2015 foi de 1.499.353 toneladas, sendo 781.412 toneladas (aproximadamente 52%) destinadas ao processamento de vinhos, sucos e derivados, e o restante para o consumo *in natura*. O Rio Grande do Sul respondeu por 90% deste total, destinando 702.900 toneladas de sua produção para o processamento. E a tendência é um crescimento contínuo na área vitivinícola, aumentando assim o volume de resíduos gerados durante o processamento, e conseqüentemente ocasionando o acúmulo de subprodutos, o que pode vir a se tornar um grave problema ambiental.

Correlacionando-se os dados apresentados, o presente trabalho objetivou avaliar por meio de isotermas de adsorção ajustadas aos modelos de Langmuir, Freundlich e Sips, a remoção do corante azul de metileno (AM) empregando bagaço de uva proveniente de produção vinícola artesanal na sua forma *in natura* (BUIN) e modificada (BUM). Analisaram-se os parâmetros de ajuste dos modelos matemáticos variando-se a massa adsorvente em patamares de 0,1, 0,3 e 0,5 g, nas concentrações iniciais de corante em solução de 20 e 60 mg L<sup>-1</sup>.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Preparo e modificação da biomassa

A matéria-prima utilizada como adsorvente foi o bagaço de uva (pertencente à variedade *Vitis Labrusca*, cultivar *Isabel*), proveniente de fermentação vinícola artesanal realizada no Rio Grande do Sul, referente à safra 2017/2018. O preparo da biomassa englobou a secagem em estufa com recirculação de ar (SPlabor, SP-100/216) a 60° C por 24 h; a trituração por moagem em moinho de facas tipo Willey (Eco Educacional); e a análise granulométrica do material moído em agitador de peneiras (Bertel Indústria Metalúrgica Ltda). Em seqüência, a biomassa foi submetida à medida do pH no ponto de carga zero (PZC), empregando-se o “Método dos 11 pontos”, conforme proposto por Regalbuto e Robles (2004).

Visando-se melhorar o potencial adsorvente do bagaço de uva, submeteu-se a biomassa previamente seca e moída a um ataque alcalino com hidróxido de sódio, adicionando-se 5 g do material *in natura* à 500 mL de NaOH 1 M. Agitou-se a suspensão formada por 1 h (Fisatom, 710). O bagaço tratado foi então removido e lavado com água destilada sob agitação até a neutralização do pH. Posteriormente, secou-se a biomassa modificada em estufa por 24 h a 60° C.

## 2.2 Ensaio de adsorção

Para a realização dos experimentos, foram preparadas soluções a partir da dissolução de AM em água destilada, na concentração inicial de 100 mg L<sup>-1</sup>. Todas as soluções foram ajustadas ao valor de PZC determinado, realizando-se a correção necessária com soluções de NaOH e HCl. As amostras foram agitadas em shaker (Cientec, CT-145) a 160 rpm e 25° C. Realizou-se a quantificação em espectrofotômetro (Shimadzu, UV-2600), no comprimento de onda de 664 nm. Antes das amostras serem inseridas no sistema UV-2600, a fase líquida foi separada do sólido adsorvente por filtração.

## 2.3 Isotermas de adsorção e modelagem matemática

Os resultados de tempo de equilíbrio obtidos por meio das cinéticas de adsorção foram empregados na construção de isotermas ajustando-se aos modelos de Langmuir, Freundlich e Sips. O pacote computacional MatLab® foi utilizado para a construção dos perfis das isotermas de adsorção e para a estimação dos parâmetros dos diferentes modelos.

Os experimentos para levantamento das isotermas foram realizados para as concentrações de 20 e 60 mg L<sup>-1</sup> de AM, para as massas de 0,1, 0,3 e 0,5 g de BUIN e BUM, empregando-se 100 mL de solução de AM em 7 diferentes concentrações (3, 6, 9, 12, 15, 18 e 20 para 20 mg L<sup>-1</sup> e 5, 15, 25, 35, 45, 55 e 60 para 60 mg L<sup>-1</sup>). Transcorrido o tempo de equilíbrio, as amostras foram separadas por filtração e quantificadas no espectrofotômetro.

As Equações (1), (2) e (3) expressam os modelos de Langmuir, Freundlich e Sips, respectivamente.

$$q_e = q_L \frac{K_L C_e}{1 + K_L C_e} \quad \text{Equação (1)}$$

$$q_e = K_F C_e^{1/n} \quad \text{Equação (2)}$$

$$q_e = q_{ms} \frac{K_S C_e^{n_s}}{1 + K_S C_e^{n_s}} \quad \text{Equação (3)}$$

sendo  $q_e$  (mg g<sup>-1</sup>) a quantidade de AM adsorvido no equilíbrio;  $q_L$  (mg g<sup>-1</sup>) e  $q_{ms}$  (mg g<sup>-1</sup>) as máximas capacidades de adsorção dos modelos de Langmuir e Sips, respectivamente;  $K_L$  (L mg<sup>-1</sup>),  $K_F$  ((mg g<sup>-1</sup>) (mg L<sup>-1</sup>)<sup>-1/n</sup>) e  $K_S$  (L mg<sup>-1</sup>) as respectivas constantes dos modelos de Langmuir, Freundlich e Sips;  $1/n$  (adimensional) o fator de heterogeneidade de Freundlich;  $n_s$  (adimensional,  $0 \geq n_s \leq 1$ ) o expoente de Sips; e  $C_e$  (mg L<sup>-1</sup>) a concentração do adsorbato no equilíbrio.

O modelo de isoterma proposto por Langmuir assume que a adsorção se resume em uma única camada de moléculas da substância sobre a superfície das

partículas sólidas, sem interação entre as moléculas adsorvidas em sítios vizinhos (LANGMUIR, 1918).

O modelo de isoterma apresentado por Freundlich considera que a adsorção ocorre em multicamadas, sendo útil para descrever a adsorção em superfícies altamente heterogêneas, com descrição da adsorção máxima em multicamadas e com existência da interação entre as moléculas adsorvidas em sítios vizinhos (FREUNDLICH, 1906).

O modelo de Sips é uma combinação dos modelos apresentados anteriormente, sendo usualmente encontrado na literatura como modelo de Freundlich-Langmuir. Em situações nas quais  $n_s = 1$ , a isoterma de Sips é reduzida à isoterma de Langmuir.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Preparo da biomassa

Os dados obtidos por meio da análise granulométrica foram utilizados para o cálculo do diâmetro médio de Sauter. O valor encontrado para as amostras de bagaço de uva deste estudo, relativas à variedade *Vitis Labrusca* cultivar *Isabel*, foi de 0,460 mm. A determinação do diâmetro de Sauter fornece informações sobre o diâmetro médio das partículas do bagaço de uva empregado no processo de adsorção. Este é um parâmetro de elevada importância, considerando-se que quanto menor for o diâmetro das partículas, maior é a área superficial de contato entre adsorvente/adsorbato, otimizando o processo adsorptivo quanto à transferência de massa, conforme observado por Matias *et al.* (2018).

Quanto ao PZC, os dados obtidos pelo “Método dos 11 pontos” foram apresentados por Diel, Nunes e Silva (2018), definindo-se como melhor faixa de trabalho o valor de 5,3, ajustando-se todas as soluções preparadas para os ensaios de adsorção a este valor.

### 3.2 Isotermas de adsorção

A determinação das características do processo adsorptivo é realizada ajustando-se os dados experimentais a modelos de isotermas, fornecendo informações sobre a afinidade de interação do adsorvente estudado, além de estimar a capacidade limite de adsorção do material investigado.

Os perfis das isotermas foram construídos tendo como base os tempos de equilíbrio obtidos pelas cinéticas de adsorção apresentadas por Diel, Nunes e Silva (2018) e por Diel *et al.* (2018), para 0,1, 0,3 e 0,5 g de BUIN e BUM nas concentrações de 20 e 60 mg L<sup>-1</sup> de AM, demonstrados na Tabela 1.

Adsorvente	Massa (g)	20 mg L <sup>-1</sup>	60 mg L <sup>-1</sup>
		Tempo (min)*	Tempo (min)**
BUIN	0,1	150	270
BUIN	0,3	120	180
BUIN	0,5	90	120
BUM	0,1	270	270
BUM	0,3	120	150
BUM	0,5	90	90

Tabela 1: Tempos de equilíbrio para BUIN e BUM nas concentrações de 20 e 60 mg L<sup>-1</sup>.

Fonte: \*Diel, Nunes e Silva (2018); \*\*Diel *et al.* (2018).

Empregando-se os dados de tempo de equilíbrio mencionados, plotaram-se os gráficos das Figuras 1, 2, 3 e 4, onde são apresentados os perfis das isotermas de adsorção e os modelos de Langmuir, Freundlich e Sips ajustados aos dados.

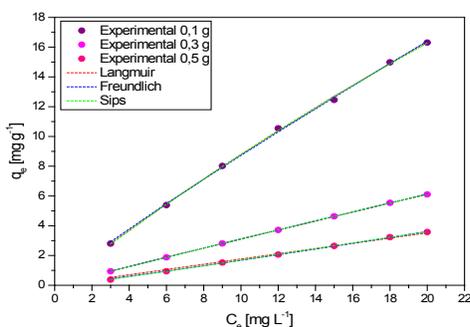


Figura 1: Perfis das isotermas com modelos ajustados ao processo de adsorção de AM na concentração de 20 mg L<sup>-1</sup> para as dosagens de 0,1, 0,3 e 0,5 g de BUIN.

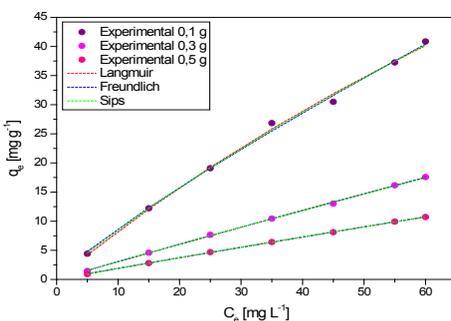


Figura 2: Perfis das isotermas com modelos ajustados ao processo de adsorção de AM na concentração de 60 mg L<sup>-1</sup> para as dosagens de 0,1, 0,3 e 0,5 g de BUIN.

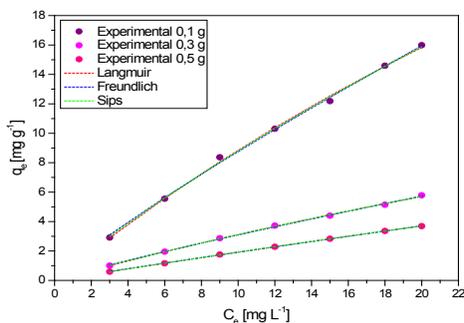


Figura 3: Perfis das isotermas com modelos ajustados ao processo de adsorção de AM na concentração de 20 mg L<sup>-1</sup> para as dosagens de 0,1, 0,3 e 0,5 g de BUM.

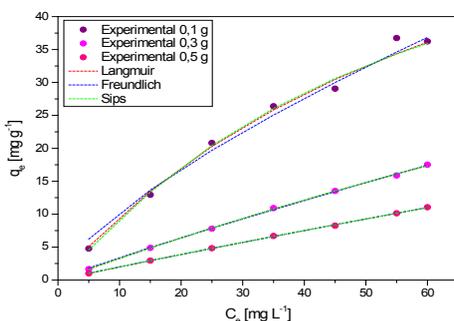


Figura 4: Perfis das isotermas com modelos ajustados ao processo de adsorção de AM na concentração de 60 mg L<sup>-1</sup> para as dosagens de 0,1, 0,3 e 0,5 g de BUM.

Nas Figuras 1, 2 e 3, todas as isotermas plotadas apresentaram forma linear, onde a quantidade adsorvida é proporcional à concentração do adsorbato no líquido. Já na Figura 4, a isoterma construída para a dosagem de 0,1 g apresenta comportamento de inclinação levemente côncavo, ocorrendo diminuição da disponibilidade dos sítios de adsorção quando a concentração da solução aumenta. Com base nas Figuras ilustradas, pode-se verificar que todos os modelos de isotermas testados apresentaram bons ajustes aos ensaios realizados neste trabalho.

Nas Tabelas 2 e 3 encontram-se os parâmetros obtidos após a aplicação dos modelos de Langmuir, Freundlich e Sips, nas diferentes massas de estudo para a adsorção de AM nas concentrações de 20 e 60 mg L<sup>-1</sup> empregando BUIN e BUM, respectivamente. O coeficiente de correlação linear ( $R^2$ ), a soma quadrática dos erros (SQE) e o erro relativo médio (ERM) foram os parâmetros analisados para verificação do melhor ajuste do modelo. Foram considerados os melhores ajustes aqueles que apresentaram os maiores valores para o  $R^2$ , e menores valores para SQE e ERM.

Modelos	20 mg L <sup>-1</sup>			60 mg L <sup>-1</sup>		
	Massa de adsorvente [g]			Massa de adsorvente [g]		
	0,1	0,3	0,5	0,1	0,3	0,5
<b>Langmuir</b>						
$q_L$	111,5	181,1	1630	179,1	357,8	174,8
$K_L$	0,0086	0,0017	0,00011	0,0048	0,00086	0,00109
SQE	0,0924	0,00054	0,0511	3,644	0,1213	0,01074
R <sup>2</sup>	<b>0,9994</b>	<b>1</b>	0,9939	0,9965	<b>0,9994</b>	<b>0,9999</b>
ERM	0,136	0,0104	0,1011	0,8537	0,1558	0,04634
<b>Freundlich</b>						
$K_F$	1,077	0,3252	0,1307	1,214	0,3319	0,2082
n	1,1	1,02	0,9023	1,168	1,032	1,038
SQE	0,1314	0,00114	0,00727	3,519	0,1261	0,01526
R <sup>2</sup>	0,9991	0,9999	0,9991	0,9967	0,9994	0,9998
ERM	0,1621	0,01507	0,03813	0,8389	0,1588	0,05524
<b>Sips</b>						
$q_{ms}$	113,3	116	17,04	390,9	412	145,6
$K_S$	0,0085	0,00268	0,00593	0,0027	0,00076	0,00128
$n_S$	1,002	0,9875	0,7872	1,094	1,009	0,9918
SQE	0,0924	0,00044	0,00199	3,391	0,1253	0,0106
R <sup>2</sup>	0,9994	<b>1</b>	<b>0,9998</b>	<b>0,9968</b>	0,9994	0,9999
ERM	0,152	0,01053	0,02231	0,9208	0,177	0,05148

Tabela 2: Parâmetros das isotermas de adsorção de AM em 20 e 60 mg L<sup>-1</sup> para BUII.

Modelos	20 mg L <sup>-1</sup>			60 mg L <sup>-1</sup>		
	Massa de adsorvente [g]			Massa de adsorvente [g]		
	0,1	0,3	0,5	0,1	0,3	0,5
<b>Langmuir</b>						
$q_L$	74,79	32,66	46,95	81,58	121,1	140
$K_L$	0,01343	0,0106	0,0043	0,01324	0,0028	0,0014
SQE	0,2498	0,0237	0,00076	10,94	0,1126	0,03549
R <sup>2</sup>	0,9981	<b>0,9987</b>	<b>0,9999</b>	0,9864	0,9994	0,9996
ERM	0,2235	0,06883	0,01237	1,479	0,1501	0,0843
<b>Freundlich</b>						
$K_F$	1,2	0,3999	0,2139	1,966	0,4163	0,2257
n	1,158	1,125	1,05	1,397	1,096	1,053
SQE	0,2483	0,0253	0,00176	16,18	0,1713	0,02936
R <sup>2</sup>	0,9982	0,9986	0,9998	0,9799	0,9992	0,9996
ERM	0,2228	0,07117	0,01875	1,799	0,1851	0,07663

	Sips					
$q_{ms}$	140,2	50,24	34,98	66,79	112,4	376,8
$K_s$	0,00789	0,0073	0,00558	0,01233	0,00294	0,00058
$n_s$	1,076	1,045	0,9816	0,9003	0,992	1,038
SQE	0,2278	0,02262	0,00068	10,55	0,1122	0,0306
$R^2$	<b>0,9983</b>	0,9987	0,9999	<b>0,9869</b>	<b>0,9995</b>	0,9996
ERM	0,2387	0,0752	0,01307	1,624	0,1675	0,08746

Tabela 3: Parâmetros das isotermas de adsorção de AM em 20 e 60 mg L<sup>-1</sup> para BUM.

Os valores negritados em cada uma das tabelas representam o modelo de melhor ajuste para cada uma das massas estudadas na respectiva concentração de AM em solução. Para a determinação do modelo de isoterma de melhor ajuste aos dados experimentais do processo adsorptivo, com base nos dados apresentados nas Tabelas 2 e 3, observa-se que os valores de  $R^2$  foram muito semelhantes para Langmuir, Freundlich e Sips, apresentando desvios equivalentes a 0 ou então praticamente insignificantes.

Desta forma, considerou-se que, na concentração de 20 mg L<sup>-1</sup> empregando-se o BUIN, para as massas de 0,1 e 0,3 g, Langmuir apresentou melhor ajuste, enquanto que para 0,5 g, foi o modelo de Sips. Em 60 mg L<sup>-1</sup> de AM com a mesma biomassa, Sips melhor ajustou-se a massa de 0,1 g, a medida que Langmuir foi ideal para 0,3 e 0,5 g. Já nos ensaios utilizando-se BUM, para as massas de 0,3 e 0,5 g, na concentração de 20 mg L<sup>-1</sup>, Langmuir melhor harmonizou-se, ao passo que, com 0,1 g do adsorvente, Sips mostrou-se mais satisfatório. Empregando-se 60 mg L<sup>-1</sup> de AM, Freundlich adequou-se à massa de 0,5 g, enquanto Sips moldou-se às massas de 0,1 e 0,3 g.

Correlacionando-se estes dados, pode-se dizer que Langmuir foi o modelo de ajuste predominante para o BUIN, enquanto o modelo de Sips prevaleceu para o BUM. Langmuir sugere uma adsorção monocamada em superfícies homogêneas, nas quais a adsorção ocorre em sítios específicos do adsorvente, ao passo que Freundlich descreve a adsorção em multicamadas, sugerindo que os sítios ligantes não são iguais quanto à capacidade de adsorção. Analogicamente, de acordo com Botrel (2013) e Hamdaoui e Chiha (2007), Sips combina elementos das equações de Langmuir e de Freundlich, prevendo que em altas concentrações de adsorbato se reduz a isoterma de Langmuir, à medida que em baixas concentrações de adsorbato se reduz à isoterma de Freundlich. Sendo assim, o melhor ajuste dos dados experimentais ao modelo de Sips advém da capacidade do modelo em prever a concentração do adsorbato em grandes intervalos. Contudo, os valores para a constante do modelo de Sips resultaram muito próximos à unidade, condição em que

esse modelo se reduz à equação de Langmuir. Por conseguinte, é possível afirmar que o modelo de Langmuir é o que melhor se ajusta aos dados experimentais da adsorção de AM pelo bagaço de uva, indicando que o processo ocorre através da formação de uma monocamada e que os sítios de adsorção do bagaço de uva são energeticamente homogêneos.

Resultados semelhantes foram obtidos em outros estudos. Freitag (2013) e Bortoluzzi (2015) obtiveram melhor ajuste dos dados experimentais com o modelo de Langmuir, empregando rama de mandioca e casca de uva *Niágara Rosada*, respectivamente, na adsorção de AM. Já Peres *et al.* (2018) e Clericuzi *et al.* (2018), na adsorção de AM com nanosilica modificada e fibra do sisal, respectivamente, melhor adequaram seus experimentos ao modelo de Sips. Nesta perspectiva, verifica-se que a biomassa adsorvente empregada na adsorção do corante catiônico, além de influenciar na obtenção dos parâmetros cinéticos, influencia também na determinação dos dados das isotermas.

## 4 | CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou a viabilidade da utilização do resíduo agroindustrial bagaço de uva como adsorvente alternativo para remoção do corante catiônico AM de solução aquosa. Com relação ao equilíbrio do processo, o modelo de Langmuir apresentou ajuste predominante para o BUIN, enquanto o modelo de Sips prevaleceu para o BUM. No entanto, os valores para a constante do modelo de Sips resultaram muito próximo à unidade, condição em que esse modelo se reduz à equação de Langmuir. Desta forma, afirma-se que o modelo de Langmuir é o que melhor se ajusta aos dados experimentais da adsorção de AM pelo bagaço de uva, indicando que o processo ocorre através da formação de uma monocamada e que os sítios de adsorção do bagaço de uva são energeticamente homogêneos.

Por fim, a análise conjunta dos resultados do presente trabalho e dos anteriormente apresentados pelo mesmo grupo de pesquisas, permite concluir que a reutilização do bagaço de uva como material adsorvente agrega valor ao resíduo vinícola. A redução de custos na sua eliminação, aliada ao baixo custo do adsorvente, a disponibilidade em abundância e os indicadores de eficiência de remoção apresentados, favorecem a implementação desta operação.

## REFERÊNCIAS

Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção (ABIT). **Perfil do setor**. [São Paulo, SP]: 2017. Disponível em: <http://www.abit.org.br/cont/perfil-do-setor>. Acesso em: 27 de maio de 2018.

BORTOLUZZI, B. M. A.. **Remoção dos corantes azul de metileno e cristal violeta de solução aquosa utilizando epicarpo (casca) de uva niágara rosada (*Vitis labrusca*) como adsorvente**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Pampa, Bagé, 2015.

BOTREL, B. M. C.. **Aproveitamento de resíduos agroindustriais na adsorção do corante azul de metileno: aliança favorável entre viabilidade econômica e desenvolvimento sustentável**. 2013. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

CASTRO, M. L. F.; ABAD, M. L. B.; SUMALINOG, D. A. G.; ABARCA, R. R.; PAOPRASERT, P.; LUNA, M. D. G.. Adsorption of methylene blue dye and Cu(II) ions on EDTA-modified bentonite: isotherm, kinetic and thermodynamic studies. **Sustainable Environment Research**, n. xxx, p. 1–9, 2018.

CLERICUZI, G. Z.; GALVÃO NETO, J. Q.; ARAÚJO, A. J. P. D.; SOUZA, K. S. M. G.. Utilização da fibra do sisal como adsorvente na remoção do corante azul de metileno. In: 12° CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE ADSORÇÃO, 2018, Gramado. **Anais [...]**.

DIEL, J. C.; NUNES, I. dos S.; SILVA, E. dos S.. Avaliação do potencial de adsorção de azul de metileno empregando bagaço de uva (*Vitis labrusca*) *in natura* e modificado. In: 7° FÓRUM INTERNACIONAL ECOINOVAR, 2018, Santa Maria. **Anais [...]**.

DIEL, J. C.; NUNES, I. dos S.; SEVERO, E. da C.; DRUZIAN, S. P.. Avaliação da capacidade de remoção de azul de metileno utilizando como adsorvente bagaço de uva (*Vitis labrusca*) *in natura* e modificado. In: 10° SALÃO INTERNACIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 2018, Santana do Livramento. **Anais [...]**.

ESQUEDO, V. M.; SILVA, J. B.; QUINTANA, T. M.; DOTTO, G. L.; PINTO, L. A. A.. Cinética de adsorção do corante amarelo tartrazina por uma esponja megaporosa de Quitosana. In: X ENCONTRO BRASILEIRO SOBRE ADSORÇÃO, 2014, Guarujá. **Anais [...]**.

FREITAG, J. A.. **Adsorção do corante azul de metileno na rama de mandioca (*Manihot esculenta crantz*)**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Téclogo em Processos Químicos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, 2013.

FREUNDLICH, H. Over the adsorption in the solution. **Journal Physical Chemistry**, v. 57, p.384–410, 1906.

GELAIN, L.; ANTUNES, M.; GIOVANELA, M.. Adsorção de íons Zn<sup>2+</sup> pelo bagaço da uva Isabel em meio aquoso. In: 3° CONGRESSO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIAS PARA O MEIO AMBIENTE, 2012, Bento Gonçalves. **Anais [...]**.

GRAEBIN, G. O.. **Secagem do bagaço de cana-de-açúcar e estudo da sua aplicação na remoção de metal pesado**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2014.

HAMDAOUI, O.; CHIHA, A. C.. Technical paper Removal of Methylene Blue from Aqueous Solutions by Wheat Bran. **Slov.**, v. 54, p. 407-418, 2007.

ISLAM, M. A.; SABAR, S.; BENHOURIA, A.; KHANDAY, W. A.; ASIF, M.; HAMEED, B. H.. Nanoporous activated carbon prepared from karanj (*Pongamia pinnata*) fruit hulls for methylene blue adsorption. **Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers**, v. 74, p. 96–104, 2017.

LANGMUIR, I. The adsorption of gases on plane surfaces of glass, mica and platinum. **Journal of the American Chemical Society**, v. 40, p. 1362–1403, 1918.

LIMONS, R. S.. **Avaliação do potencial de utilização da macrófita aquática seca salvinia sp. no tratamento de efluentes de fecularia**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2008.

MARRAKCHI, M. J. A.; KHANDAY, W. A.; ASIF, M.; HAMEED, B. H.. Mesoporous-activated carbon prepared from chitosan flakes via single-step sodium hydroxide activation for the adsorption of methylene blue. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 98, p. 233–239, 2017.

MATIAS, C. A.; VILELA, P. B.; PAULINO, A. T.. Influência da granulometria e do tratamento de brácteas estéreis de *Araucaria Angustifolia* na remoção de azul de metileno a partir de soluções aquosas. In: 12º CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE ADSORÇÃO, 2018, Gramado. **Anais [...]**.

MATOS, S. P.. **Operações unitárias: fundamentos, transformações e aplicações dos fenômenos físicos e químicos**. São Paulo: Erica, 2015. 160 p.

MCCABE, W. L.; SMITH, J. C.; HARRIOTT, P.. **Unit operations of chemical engineering**. 7. ed. New York: McGraw-Hill Education, 2005. 1140 p.

MELLO, L. M. R.. **Desempenho da vitivinicultura brasileira em 2015**. 5. ed. Anuário HF: Bento Gonçalves, 2016. p. 109-116.

MOUNI, L.; BELKHIRI, L.; BOLLINGER, J. C.; BOUZAZA, A.; ASSADIA, A.; TIRRI, A.; DAHMOUNE, F.; MADANI, K.; REMINI, H.. Removal of methylene blue from aqueous solutions by adsorption on kaolin: kinetic and equilibrium studies. **Applied Clay Science**, v. 153, p. 38–45, 2018.

PATHANIA, D.; SHARMA, S.; SINGH, P.. Removal of methylene blue by adsorption onto activated carbon developed from *Ficus carica* bast. **Arabian Journal of Chemistry**, v. 10, p. S1445–S1451, 2017.

PERES, E. C.; SLAVIERO, J.; CUNHA, A. M.; FAVARIN, N.; MALLMANN, E. S.; DOTTO, G. L.. Produção de nanosílica modificada com microondas e utilização na adsorção de azul de metileno. In: 12º CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE ADSORÇÃO, 2018, Gramado.

PORTINHO, R. **Aproveitamento do engaço de uva para remoção de cafeína por adsorção**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Fenômenos de Transporte e Operações Unitárias) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

REGALBULTO, J. R.; ROBLES J.. **The engineering of Pt: Carbon Catalyst Preparation**. Chigago: *University of Illinois*, 2004.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Adsorção 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 24, 25, 26, 28, 29, 30, 104, 105, 106, 107, 108, 110, 111, 112, 174, 184, 185, 187, 188, 190, 191, 192, 193, 195, 196, 212, 213, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 292, 293, 294, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 303

Alginato de sódio 322, 323, 324, 325

Asfalto-borracha 209

Ativação química 14, 15, 19, 212, 214, 215, 223

Azul de metileno 1, 4, 12, 13, 104, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 184, 185, 187, 188, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 215, 217, 218, 220, 221, 222, 223, 295, 299

### B

Bagaço de uva 1, 3, 4, 6, 11, 12

Biodegradável 24, 25, 43, 44, 46, 49, 110, 114, 126, 198, 202, 203, 206, 236, 310, 315

Biomassa lignocelulósica 184, 186

Biorreator de leito empacotado 91, 101

Biossorção 24, 104, 110, 111, 186, 212, 223

Borracha de silicone 149, 151, 152, 153, 157, 158, 159, 160, 161

Borracha SBR 149, 153

### C

Câncer 203, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313

Cápsulas de zeólita fertilizante 124

Caracterização térmica 90, 282

Carboximetilação 24, 25, 26, 28, 30

Chitosan 13, 24, 125, 134, 162, 163, 174, 175, 176, 195, 312, 313

Coacervação complexa 322

Comportamento reológico de emulsões 322, 329, 332

Compósito 41, 56, 64, 80, 81, 82, 83, 87, 90, 124, 129, 132, 177, 178, 179, 180, 182, 183, 203, 260, 261, 272, 273

Corante 1, 4, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 21, 104, 105, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 184, 185, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 217, 218, 221, 222, 223, 292, 295, 296, 298, 299, 300, 301, 302, 303

## **E**

Economia circular 45, 247, 251, 254, 255, 256, 258, 260, 261, 263, 270, 274, 275

Efluente têxtil 104

Envelhecimento natural 135, 138, 143, 144, 145, 258, 262, 265, 266, 267, 268, 269, 274

Enzymatic Immobilization 163

Epóxi-PZT 80, 82

Eugenol 315, 316, 320, 321

Extração de enzimas 91

Extrusão 113, 115, 116, 118, 119, 261, 263, 272, 273

## **G**

Geleificantes 236

## **H**

Hidrofilicidade 56, 64

Hidrogéis 67, 68, 69

## **I**

Insumo agrícola 67

## **L**

Liberação controlada de medicamentos 198, 307, 309

Ligantes asfálticos 209

## **M**

Montmorilonita 127, 315, 316

## **O**

Óxido de grafeno 177, 178, 179, 182

## **P**

Papain 162, 163, 175, 176

Partículas core-shell 224, 225

PEAD 113, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122

Pectina 214, 236, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 328

PEUAM 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146

Poliacrilatos 67, 73, 78

Poliisocianurato 277, 278

Polimerização em emulsão 224, 225, 228, 235  
Poliol 43, 45, 46, 47, 49, 50, 279, 280, 281, 283, 287  
Poliuretano 32, 33, 40, 41, 42, 45, 47, 48, 50, 51, 277  
Prospecção de custo de produção 258

## **R**

Resíduo agroindustrial 11, 14, 16, 21, 213  
Resíduos 1, 3, 4, 12, 14, 15, 17, 21, 32, 33, 40, 41, 44, 52, 78, 93, 102, 106, 111, 113, 125, 134, 150, 151, 152, 153, 156, 157, 158, 159, 160, 184, 186, 187, 195, 212, 219, 223, 227, 240, 241, 246, 251, 256, 258, 259, 260, 261, 275, 321, 333  
Retardante de chamas 33

## **S**

Sílica mesoporosa 292, 293, 294, 295, 303  
Sulfatação 24, 25, 26

## **U**

Ultrassom 14, 16, 17, 19, 20, 21, 179, 180, 308, 324, 326, 332  
Uso de Biopolímero 124

# A Química nas Áreas Natural, Tecnológica e Sustentável



[www.arenaeditora.com.br](http://www.arenaeditora.com.br)



[contato@arenaeditora.com.br](mailto:contato@arenaeditora.com.br)



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



[www.facebook.com/arenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/arenaeditora.com.br)

# A Química nas Áreas Natural, Tecnológica e Sustentável

-  [www.arenaeditora.com.br](http://www.arenaeditora.com.br)
-  [contato@arenaeditora.com.br](mailto:contato@arenaeditora.com.br)
-  [@arenaeditora](https://www.instagram.com/arenaeditora)
-  [www.facebook.com/arenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/arenaeditora.com.br)