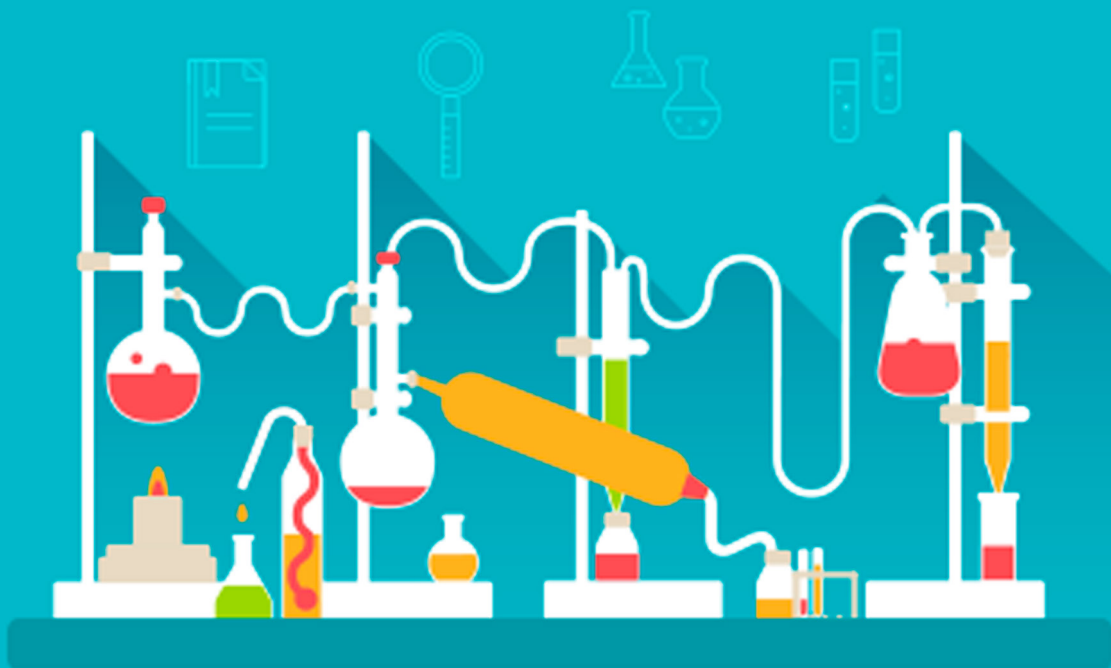


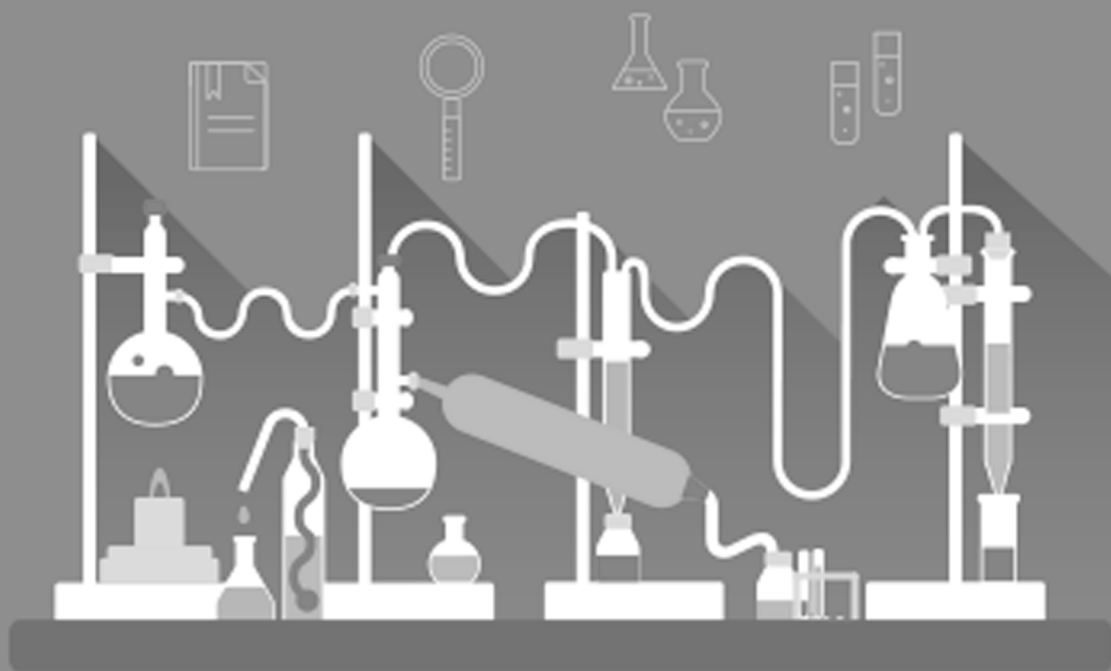
# A Química nas Áreas Natural, Tecnológica e Sustentável



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 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. 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

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

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.

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

### 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**

**SUPORTE 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**



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

Data de aceite: 01/09/2020

Data de submissão: 19/06/2020

### **Kivia Mislaine Albano**

Universidade Estadual Paulista (Unesp)  
São José do Rio Preto – SP  
Universidade Federal de São Carlos  
Buri - SP  
<http://orcid.org/0000-0003-2298-3880>

### **Vania Regina Nicoletti**

Universidade Estadual Paulista (Unesp)  
São José do Rio Preto – SP  
<http://orcid.org/0000-0002-2553-4629>

**RESUMO:** Os alimentos são sistemas particulados com estruturas que ocorrem naturalmente ou que são criadas por processamento. Assim, biopolímeros como proteínas e polissacarídeos são utilizados em emulsões devido suas características emulsificantes e estabilizantes, pois quando presentes na fase aquosa influenciam na estabilidade através de diversos mecanismos. Porém, o processo de homogeneização utilizado é outro fator importante por reduzir o tamanho das gotículas refletindo na estabilidade de emulsões. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da homogeneização à alta pressão na estabilização de emulsões obtidas por coacervados complexos WPC:alginato de sódio em diferentes teores de óleo de soja buscando identificar as microestruturas formadas por meio de avaliação visual, reologia, tamanho de gotas e microscopia ótica. A avaliação visual mostrou estabilidade das

emulsões, o modelo Lei da Potência ajustou-se bem aos dados ( $R^2 = 0,99$ ) com comportamento pseudoplástico ( $n < 1$ ), porém curvas de viscosidade aparente apresentaram tendência ao comportamento newtoniano justificando a ausência de viscoelasticidade nas amostras. A microscopia ótica indicou que o aumento de óleo elevou o volume de gotas nos sistemas, mas não interferiu em seu tamanho, fato comprovado pela distribuição de tamanho de gotas que apresentou maior volume de gotículas na faixa de 20 a 30  $\mu\text{m}$  para todos os teores de óleo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Concentrado proteico de soro de leite, alginato de sódio, coacervação complexa, comportamento reológico de emulsões, tamanho de gotas.

### EFFECT OF THE HIGH PRESSURE HOMOGENIZATION IN EMULSIONS STABILIZATION OBTAINED BY WPC:ALG BIOPOLYMERS SYSTEMS

**ABSTRACT:** Foods are particulate systems with structures that occur naturally or that are created by processing. Thus, biopolymers such as proteins and polysaccharides are used in emulsions due to their emulsifier and stabilizer characteristics, because when they are presented in the aqueous phase they influence stability through several mechanisms. However, the homogenization process used is another important factor for reducing the droplets size reflecting on the emulsion's stability. The objective of this work was to evaluate the effect of high-pressure homogenization on the emulsion's stabilization obtained by WPC: sodium alginate

complex coacervates in different levels of soybean oil, seeking to identify the microstructures formed by analysis of visual evaluation, rheology, droplet size and optical microscopy. The visual evaluation showed emulsions stability, the Power Law model was adjusted well to the data ( $R^2 = 0.99$ ) with shear thinning behavior ( $n < 1$ ), but apparent viscosity curves showed a tendency to Newtonian behavior justifying the absence of viscoelasticity on the samples. Optical microscopy indicated that the increase of oil increased the droplets volume in the systems, but did not interfere in their size, a fact confirmed by the droplet size distribution that presented a greater volume of droplets in the range of 20 to 30  $\mu\text{m}$  for all levels of oil.

**KEYWORDS:** Whey protein concentrate, sodium alginate, complex coacervation, emulsions behavior rheological, droplets size.

## 1 | INTRODUÇÃO

Os alimentos são sistemas particulados e dispersos, baseados em estruturas que ocorrem naturalmente ou que são criadas artificialmente através do processamento. Os elementos responsáveis pelas características estruturais que conferem identidade e qualidade aos alimentos incluem células, fibras e agregados proteicos, grânulos de amido, redes de biopolímeros, cristais de gelo, açúcares e lipídeos, gotas de óleos, bolhas e partículas de natureza coloidal. Biopolímeros como proteínas e polissacarídeos são constituintes fundamentais de alguns elementos estruturais dos alimentos e são também capazes de estabilizar outras classes desses elementos (ALBANO *et al.*, 2019; AGUILERA, 2000).

Assim, sistemas de partículas coloidais desenvolvidos com base em misturas de biopolímeros naturais vêm sendo cada vez mais usados no processamento de alimentos para aplicação como sistemas de encapsulação ou de veiculação de ingredientes ativos, ou ainda para modular as propriedades sensoriais dos alimentos. A maior parte dessas aplicações envolve uma etapa de emulsificação durante o processamento (JONES; McCLEMENTS, 2011; AGUILERA, 2005).

Dentre os biopolímeros que podem ser utilizados para tal função destaca-se o concentrado proteico de soro (WPC) e o alginato de sódio (ALG). Concentrados proteicos de soro de leite são ingredientes importantes devido às suas propriedades funcionais desejáveis: solubilidade em água, aumento de viscosidade, gelificação, emulsificação, aeração, melhoria da cor, textura e *flavor*, além do aumento do valor nutricional de formulações (KREŠIĆ *et al.* 2008). As proteínas do soro funcionam ainda como emulsificantes, estabilizando emulsões pela criação de uma camada na interface água-lipídeo, reduzindo a tensão interfacial e prevenindo a coalescência da fase dispersa. A estabilidade de emulsões à base de proteína de soro de leite pode ser aumentada pela adição de polissacarídeos ou por aquecimento a fim de induzir a gelificação de proteínas (PINHEIRO; PENNA, 2004).

Dessa forma, os alginatos podem ser utilizados como modificadores de

viscosidade na fase aquosa para a estabilidade das emulsões, reduzindo o movimento de gotículas, porque são capazes de interagir com cadeias de tensoativos dispostas ao redor das gotículas de óleo, causando impedimentos estéricos e / ou repulsões eletrostáticas entre interfaces das gotículas evitando fenômenos de desestabilização tais como coalescência de gotículas ou separação gravitacional. Além de sua ampla aplicação como estabilizante, espessante ou agente gelificante em produtos como molhos, sopas e bebidas (SALVIA-TRUJILLO *et al.*, 2014; SALVIA-TRUJILLO *et al.*, 2015; ARTIGA-ARTIGAS *et al.* 2017).

Entretanto, o uso de biopolímeros não é suficiente para garantir a estabilidade de emulsões, portanto, diferentes técnicas de homogeneização ou agitação têm sido utilizadas. Dentre elas, a aplicação de ultrassom de alta intensidade, pois é um dos métodos que possibilita a preparação de emulsões com tamanhos de gotas reduzidos (CHANDRAPALA *et al.*, 2012) além de alterar propriedades funcionais dos biopolímeros, tais como viscosidade e gelificação (ARZENI *et al.* 2012; GORDON; PILOSOFF, 2010; CAMINO *et al.* 2009). Oliveira *et al.* (2016) obtiveram emulsões com SPI:alginate de sódio com e sem aplicação de ultrassom e constataram que amostras tratadas com ultrassom apresentaram menores gotículas e maiores viscosidades.

Por outro lado, a homogeneização à alta pressão é mais utilizada para produzir emulsões alimentícias, proporcionando emulsões finas com boa textura e maior estabilidade (DESRUMAUX; MARCAND, 2002). Uma comparação do diâmetro médio de gotas versus potência aplicada usando diferentes equipamentos emulsionantes mostrou que o menor diâmetro de gotas foi obtido com homogeneizadores de alta pressão (TADROS, 2009).

De uma forma geral, todas as emulsões são termodinamicamente instáveis e tendem a se desfazer com o tempo, resultando em duas fases líquidas separadas. Por se tratarem de sistemas instáveis, informações sobre a estabilidade das emulsões são importantes para o desenvolvimento de produtos que apresentem propriedades desejáveis por um período de tempo suficientemente longo (DICKINSON, 1992).

Além disso, misturas de biopolímeros são sempre acompanhadas por alterações no comportamento reológico, que pode diferir bastante do comportamento dos compostos puros, ao mesmo tempo em que o histórico de deformações (por exemplo, durante a agitação ou homogeneização) também pode afetar a reologia do sistema, sua microestrutura, o tamanho das gotas e conseqüentemente sua estabilidade, como alguns trabalhos tem relatado (ALBANO, NICOLETTI, 2018; WINDHAB *et al.*, 2005; VAN DER GOOT *et al.* 2008; FRITH, 2010).

Albano *et al.* (2016) avaliaram o efeito da aplicação de ultrassom na estabilidade de emulsões obtidas por WPC:ALG em diferentes proporções e constataram que sistemas 1:1 apresentaram maior tendência à estabilização em

comparação aos sistemas 4:1 mostrando o efeito da quantidade de polissacarídeo utilizada. Além disso, os autores relatam que o método de homogeneização aplicado pode não ter sido totalmente suficiente para obter a estabilidade das emulsões.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho é dar continuidade à pesquisa mencionada acima e avaliar o efeito da homogeneização a alta pressão na estabilização de emulsões óleo em água (O/W) obtidas por complexos formados entre WPC e ALG na proporção 1:1 em diferentes teores de óleo de soja por diferentes técnicas.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Os biopolímeros utilizados foram alginato de sódio (ALG) (Danisco Brasil Ltda) e concentrado proteico de soro (WPC) (80 HS, Alibra Ingredientes).

### 2.1 Preparo das soluções estoque e emulsões O/A

Soluções estoque de proteína (WPC) e polissacarídeo (ALG) ambas na concentração de 2 % (0,02 kg / kg) foram preparadas em solução tampão de McIlvaine em pH  $3,50 \pm 0,05$ , mantidas em agitação por 3 horas e deixada em repouso por 12 horas a 25° C para garantir completa hidratação.

Posteriormente, emulsões O/A do sistema WPC:ALG foram preparadas conforme Albano e Nicoletti (2018) com algumas modificações na proporção 1:1 com diferentes teores de óleo de soja. O óleo (15, 20 e 25 % em relação à massa total da emulsão) foi disperso na solução de WPC com agitador ultra turrax (T-25, IKA, Alemanha) por 4 minutos a 15000 rpm. Em seguida, a quantidade desejada de solução de ALG foi misturada à emulsão, a qual foi agitada por mais 4 min na mesma velocidade. As emulsões foram então levadas ao homogeneizador à alta pressão de duplo estágio com pressão de 400 e 40 bar no primeiro e no segundo estágio, respectivamente.

Finalmente, as emulsões foram transferidas para tubos de ensaio e mantidas em repouso por 48 horas para estabilização, após este período foram iniciadas as análises e registradas fotos de todos os tubos para posterior avaliação visual.

### 2.2 Propriedades reológicas

Ensaio reológicos em cisalhamento constante e em cisalhamento oscilatório das emulsões foram realizados em um reômetro rotacional AR-2000EX (TA Instruments, Delaware, USA), utilizando geometria do tipo placas paralelas ranhuradas (40 mm) conforme Albano e Nicoletti (2018); Albano *et al.* (2014). Utilizou-se gap de 500  $\mu\text{m}$  conforme análise preliminar do tamanho das partículas dispersas. Amostras foram inseridas no reômetro com auxílio de uma pipeta Pasteur. O sistema ficou em equilíbrio por 2 minutos para a amostra atingir a temperatura de medição

(25 °C). Após o equilíbrio, as medições reológicas foram iniciadas.

O comportamento reológico das emulsões foi avaliado obtendo-se curvas de tensão cisalhamento × taxa de deformação a partir de duas rampas, sendo a primeira rampa descendente (100 a 0,1 s<sup>-1</sup>) e a segunda rampa ascendente (0,1 a 100 s<sup>-1</sup>) a 25°C. Foi ajustado o modelo Lei da Potência (Equação 1) que permitiu a obtenção dos parâmetros reológicos  $K$  e  $n$  proporcionando a obtenção das curvas de viscosidade aparente × taxa de deformação (Equação 2), os quais puderam ser correlacionados em função da composição de cada sistema.

$$\tau = K\dot{\gamma}^n \quad (1)$$

$$\eta_{ap} = K\dot{\gamma}^{n-1} \quad (2)$$

Onde:  $\tau$ : Tensão de cisalhamento (Pa.s);  $\dot{\gamma}$ : taxa de deformação (s<sup>-1</sup>);  $K$ : Índice de consistência (Pa);  $n$ : Índice de comportamento (adimensional) e  $\eta_{ap}$  a viscosidade aparente (Pa.s)

As propriedades viscoelásticas das emulsões foram avaliadas por uma varredura em deformação crescente (1<sup>-5</sup> a 100) para verificação da região de viscoelasticidade linear (RVL), mantendo-se a frequência de oscilação constante em 1 rad/s a 25 °C.

## 2.3 Microestrutura das emulsões

A microestrutura das emulsões foi avaliada em microscópio ótico (Olympus CX31) com câmera de vídeo acoplada (Olympus, SC30) para captura e digitalização das imagens, com lente de aumento 40x (barra 20 $\mu$ m).

## 2.4 Distribuição de tamanho de gotas

O tamanho médio e a distribuição do tamanho das gotas das emulsões foi determinado por difração a laser (Laser Scattering Spectrometer Mastersizer 2000S, Malvern Instruments Ltd.,U.K). Para efeito de dispersão das gotas, as emulsões WPC:ALG foram diluídas em Tween 20 a 2 % e agitadas em 1750 rpm para assegurar a homogeneização das amostras.

# 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

## 3.1 Avaliação visual

Ao submeter emulsões (WPC:ALG 1:1) em diferentes teores de óleo à alta pressão, ambas se tornaram totalmente estáveis (Figura 1). Albano *et al.* (2016) avaliaram o efeito da aplicação de ultrassom na estabilidade de emulsões obtidas por WPC:ALG nas proporções 1:1 e 4:1, ambos sistemas não foram estáveis,

porém constataram que a proporção 1:1 apresentou maior tendência à estabilização em comparação aos sistemas 4:1 mostrando o efeito da quantidade e o tipo de polissacarídeo utilizado, porém o método de homogeneização aplicado não foi totalmente eficiente para estabilização. Entretanto, em ambas proporções os cremes formados apresentaram textura e características reológicas interessantes possibilitando a criação de novas estruturas e aplicações específicas.

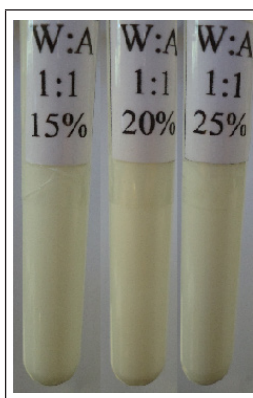


Figura 1: Aspecto visual das emulsões na proporção 1:1 (WPC:ALG) em diferentes teores de óleo (15, 20 e 25 %) submetidas a homogeneização à alta pressão.

A estabilidade das emulsões obtidas neste estudo mostra o efeito da concentração de polissacarídeo no sistema e da influência dos diferentes processos de homogeneização na estabilização de emulsões. Neste caso, a alta pressão proporcionou maior homogeneização do sistema e redução no tamanho das gotículas, conseqüentemente gerou uma maior área interfacial, favorecendo a estabilidade das emulsões. A distribuição de tamanho das gotículas influencia na textura, estabilidade, aparência, atributos sensoriais e qualidade nutricional da emulsão (McCLEMENTS, 2005a; McCLEMENTS 2007). Perrechil e Cunha (2010) avaliaram a influência de diversos fatores na estabilidade de emulsões e concluíram que a homogeneização à alta pressão e o aumento do conteúdo de goma de alfarroba levaram à formação de emulsões mais estáveis devido à redução do tamanho das gotículas de óleo e ao aumento da viscosidade, respectivamente.

### 3.2 Microscopia ótica e distribuição de tamanho de gotas

As emulsões não apresentaram forte influência do teor de óleo no tamanho das gotículas, havendo somente aumento no volume de gotas, entretanto apresentaram pequenas gotículas para todos os teores de óleo (Figura 2), comprovando o aumento da área interfacial que torna as emulsões estáveis.

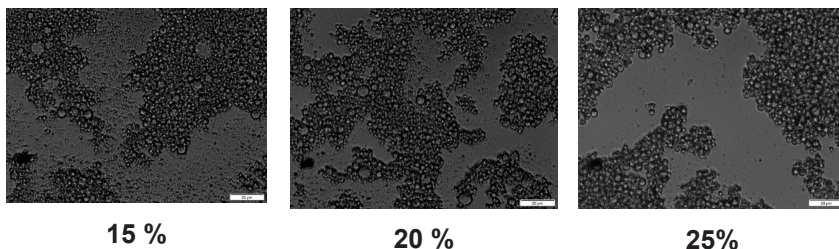


Figura 2: Imagens das emulsões (WPC:ALG 1:1) tratadas à alta pressão com diferentes teores de óleo. Barra corresponde a 20 $\mu$ m.

O efeito da alta pressão foi observado por microscopia ótica por Noello et al. (2016) em emulsões estabilizadas por WPC e pectina em diferentes composições e constataram uma distribuição estreita e uniforme no tamanho das gotículas. Sistemas mais estáveis e com menores gotículas em maior concentração de polissacarídeo também foram relatados por Perrechil e Cunha (2010).

A distribuição de tamanho de gotas (DTG) apresentou pequenas gotículas. Os valores  $D_{3,2}$  foram em média 5  $\mu$ m para todos os teores de óleo, apresentaram leve distribuição bimodal com maior volume de gotas na faixa de 20 a 30  $\mu$ m e 1,5  $\mu$ m para todos os teores de óleo, proporcionando a estabilização das emulsões na proporção estudada (Figura 3). Esses dados confirmam a redução no tamanho das gotículas, o que proporcionou uma maior área interfacial, favorecendo a estabilidade das emulsões.

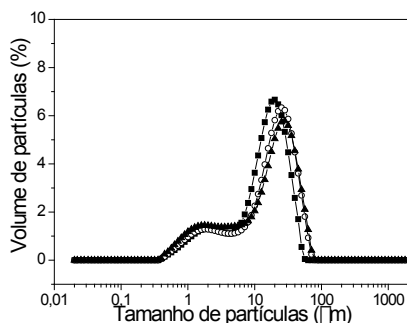


Figura 3: Distribuição de tamanho de gotículas em emulsões O / W com 15% (▲), 20% (○) e 25% (■) óleo de soja.

### 3.3 Comportamento reológico

Emulsões apresentaram um bom ajuste do modelo Lei da Potência ( $R^2 > 0,99$ ), comportamento pseudoplástico ( $n < 1$ ) e aumento de K proporcional ao aumento da

fração de óleo nas duas rampas conforme apresentado na Tabela 1. Entretanto, a alta pressão apresentou baixos valores de viscosidade aparente com tendência ao comportamento newtoniano ( $n \approx 0,8$ ) (Figura 4). Esse tipo de comportamento normalmente é associado às emulsões bem diluídas, em que a viscosidade da emulsão não depende da taxa de deformação aplicada (MONTALVO, 2008).

Perrechil e Cunha (2010) avaliaram a influência de diferentes fatores no comportamento reológico de emulsões e constataram que emulsões submetidas a alta pressão foram estáveis, newtonianas e com baixa viscosidade. Isso indica que a alta pressão preveniu a floculação e agregação das gotas, o que resultou em menores viscosidades. A homogeneização à alta pressão é o método mais eficiente para a produção de emulsões e podem dissociar os agregados coloidais, além de ocasionar a redução do tamanho de gotas e da velocidade de cremação aumentando a estabilidade das emulsões (GALAZKA et al., 2000; DONSI, et al., 2010; PERRECHIL; CUNHA, 2010; YIN et al., 2012).

Lei da Potência			
WPC:ALG %óleo	Rampa descendente		
	K	n	R <sup>2</sup>
1:1 5	0,125	0,839	0,999
1:1 10	0,228	0,793	0,996
1:1 15	0,305	0,811	0,999
WPC:ALG %óleo	Rampa ascendente		
	K	n	R <sup>2</sup>
1:1 5	0,130	0,829	0,999
1:1 10	0,236	0,784	0,999
1:1 15	0,331	0,802	0,995

Tabela 1: Valores do índice de consistência (K), índice de comportamento (n) e coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) na temperatura de 25 °C das emulsões em diferentes teores de óleo.

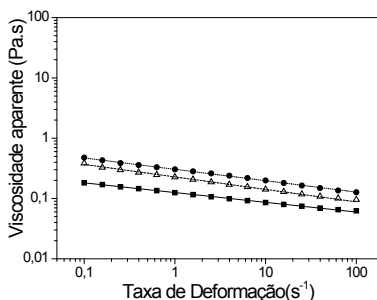


Figura 4: Viscosidade das emulsões (rampa ascendente) com 15 % (■), 20 % (Δ) e 25 % (●) de óleo de soja.



As emulsões estabilizadas com a aplicação de alta pressão também não apresentaram região de viscoelasticidade linear não permitindo a realização de ensaios oscilatórios, confirmando sua baixa viscosidade e tendência ao comportamento newtoniano. Devi et al. (2014) constataram por reologia que a alta pressão teve um forte impacto nas características reológicas e morfológicas de misturas de proteínas de soro com gelatina.

## 4 | CONCLUSÕES

Sistemas de biopolímeros WPC:ALG na proporção 1:1 foi eficiente para estabilização de emulsões juntamente com a homogeneização à alta pressão permitindo a obtenção de pequenas gotículas para todos os teores de óleo estudados, comprovando o efeito positivo da alta pressão na microestrutura e na estabilização de emulsões em relação à outros métodos de homogeneização. O comportamento reológico de todas as emulsões mostrou-se pseudoplástico com bom ajuste da Lei da Potência, porém menores valores de viscosidade aparente foram obtidos tendendo ao comportamento newtoniano, o que justificou a impossibilidade de realizar espectros mecânicos e caracterizando comportamento de emulsões bem diluídas. Tais emulsões possibilitam sua aplicação como possíveis substitutos de gordura em alimentos ou matrizes encapsulantes.

## REFERÊNCIAS

AGUILERA, J. M. **Microstructure and Food Product Engineering**. Food Technology. v. 54, p. 56-55, 2000.

AGUILERA, J. M. **Why food microstructure?** Journal of Food Engineering. v. 67, p. 3-11, 2005.

ALBANO, K. M., OLIVEIRA, C. P., TELIS, V. R. N. **Rheological behavior of emulsions stabilized by the electrostatic interaction between sodium alginate and whey protein concentrate subjected to sonication**. Anais do 16 th Food Colloids Conference – pMC-8, p.17, Wageningen, the Netherlands, 2016.

ALBANO, K. M.; CAVALLIERI, A. L. F.; NICOLETTI, V. R. **Electrostatic interaction between proteins and polysaccharides: physicochemical aspects and applications in emulsion stabilization**. Food Reviews International, v. 35, p.54-89, 2019.

ALBANO, K. M.; FRANCO, C.M. L.; TELIS, V.R.N. **Rheological behavior of Peruvian carrot starch gels as affected by temperature and concentration**. Food Hydrocolloids, v. 40, p. 30-43, 2014.

ALBANO, K.M.; NICOLETTI, V. R. **Ultrasound Impact on Whey Protein Concentrate- Pectin Complexes and in the O/W Emulsions with Low Oil Soybean Content Stabilization**. Ultrasonic Sonochemistry, v. p.562-571, 2018.

- ARTIGA-ARTIGAS, M.; ACEVEDO-FANI, A.; MARTÍN-BELLOSO, O. **Effect of sodium alginate incorporation procedure on the physicochemical properties of nanoemulsions.** Food Hydrocolloids, v.70, p.191-200, 2017.
- ARZENI, C.; MARTÍNEZ, K.; ZEMA, P.; ARIAS, A.; PÉREZ, O. E.; PILOSOFF, A.M.R. **Comparative study of high intensity ultrasound effects on food proteins functionality.** Journal of Food Engineering, v. 108, p. 463-472, 2012.
- CAMINO, N. A.; PÉREZ, O. E.; PILOSOFF, A. M. R. **Molecular and functional modification of hydroxypropylmethylcellulose by high-intensity ultrasound.** Food Hydrocolloids, v. 23, p. 1089-1095, 2009.
- CHANDRAPALA, J.; OLIVER, C.; KENTISH, S.; ASHOKKUMAR, M. **Ultrasonics in food processing.** Ultrasonics Sonochemistry, v.19, p. 975-983, 2012.
- DESRUMAUX, A., MARCAND, J. **Formation of sunflower oil emulsions stabilized by whey proteins with high-pressure homogenization (up to 350 MPa): effect of pressure on emulsion characteristics.** International Journal of Food Science and Technology, v.37, p. 263–269, 2002.
- DEVI, A. F.; BUCKOW, R.; HEMAR, Y.; KASAPIS, S. **Modification of the structural and rheological properties of whey protein/gelatin mixtures through high pressure processing.** Food Chemistry, v.156, p. 243–249, 2014.
- DICKINSON, E. **An introduction to food hydrocolloids**, Oxford, UK: University Press chapter 1, 1992.
- DONSI, F.; SENATORE, B.; HUANG, Q. R.; FERRARI G. **Development of novel pea protein-based nanoemulsions for delivery of nutraceuticals.** Journal Agricultural and Food Chemistry, v. 58, 10653-10660, 2010.
- FRITH, W. J. (2010), “**Mixed biopolymer aqueous solutions – phase behavior and rheology**”, Advances in Colloid and Interface Science, v. 161, p. 48–60.
- GALAZKA, V.B.; DICKINSON, E.; LEDWARD, D.A. **Influence of high pressure processing on protein solutions and emulsions.** Current Opinion in Colloid & Interface Science, v. 5, p. 182-187, 2000.
- GORDON, L.; PILOSOFF, A. M. R. **Application of high-intensity ultrasounds to control the size of whey proteins particles.** Food Biophysics, v. 5, p. 203-210, 2010.
- JONES, O. G.; McCLEMENTS, D. J. **Recent progress in biopolymer nanoparticle and microparticle formation by heat-treating electrostatic protein-polysaccharide complexes.** Advances in Colloid and Interface Science, v. 167, p. 49-62, 2011.
- KRESIC, G.; LELAS, V.; JAMBRAK, A. R.; HERCEG, Z.; BRNIC, S. R. **Influence of novel food processing technologies on the rheological and thermophysical properties of whey proteins.** Science Direct, v. 87, p. 64-73, 2008.

McCLEMENTS, D.J. **Food emulsions: principles, practice, and techniques**. Washington: CRC Press, 2005.

McCLEMENTS, D. J. **Critical Review of Techniques and Methodologies for Characterization of Emulsion Stability**. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v.47 (7), p.611–649, 2007.

MONTALVO, M. E. D.A. **Escoamento de emulsões em água através de micro-capilares**. In: Montalvo, M. E. D.A.; Basante, V. A.; Carvalho M. S. (Eds.) *Análise experimental do escoamento de emulsões óleo em água através de micro-capilares com garganta*. (PUC, Rio de Janeiro), p.25-39, 2008.

NOELLO, C.; CARVALHO, A. G. S.; SILVA, V. M.; HUBINGER, M. D. **Spray dried microparticles of chia oil using emulsion stabilized by whey protein concentrate and pectin by electrostatic deposition**. *Food Research International*, v. 89, p. 549–557, 2016.

OLIVEIRA, C. P.; ALBANO, K. M., TELIS, V. R. N. **Comportamento reológico de emulsões preparadas por meio da interação eletrostática entre biopolímeros com aplicação de ultrassom**. *Anais do IX Congresso de Iniciação Científica das Faculdades Adamantinenses Integrada, Rev. OMNIA - Suplemento*, v.19, n.1, 2016 Adamantina-SP.

PERRECHIL, F.A.; CUNHA, R.L. **Oil-in-water emulsions stabilized by sodium caseinate: Influence of pH, high-pressure homogenization and locust bean gum addition**. *Journal of Food Engineering*, v. 97, p. 441–448, 2010.

PINHEIRO, M. V. S.; PENA, A. L. B. **Substitutos de gordura: Tipos e aplicações em produtos lácteos**. *Alim. Nutr., Araraquara*, v. 15, p. 175-186, 2004.

SALVIA-TRUJILLO, L.; ROJAS-GRAÜ, A.; SOLIVA-FORTUNY, R.; MARTÍN-BELLOSO, O. **Physicochemical characterization and antimicrobial activity of food- grade emulsions and nanoemulsions incorporating essential oils**. *Food Hydrocolloids*, v.43, p. 547-556, 2015.

SALVIA-TRUJILLO, L.; ROJAS-GRAÜ, M. A.; SOLIVA-FORTUNY, R.; MARTÍN-BELLOSO, O. **Formulation of antimicrobial edible nanoemulsions with pseudo-ternary phase experimental design**. *Food and Bioprocess Technology*, v.7, p.3022-3032, 2014.

TADROS, F.T. **Emulsion Science and Technology**, first ed., Wiley-VCH, Weinheim, Chapter 1, 2009.

VAN DER GOOT, A. J.; PEIGHAMBARDOUST, S. H.; AKKERMANS, C.; van OOSTEN-MANSKI, J. M. **Creating novel structures in food materials: the role of well-defined shear flow**. *Food Biophysics*, v.3, p.120-125, 2008.

WINDHAB, E.J.; DRESSLER, M.; FEIGL, K.; FISCHER, P.; MEGIAS-ALGUACIL, D. **Emulsion processing—from single-drop deformation to design of complex processes and products**. *Chemical Engineering Science*, v. 60 p. 2101–2113, 2005.

YIN, B.; DENG, W.; XU, K.; HUANG, L.; YAO, P. **Stable nano-sized emulsions produced from soy protein and soy polysaccharide complexes**. *Journal of Colloid and Interface Science*, v. 380, p. 51-59, 2012.

## **SOBRE A ORGANIZADORA**

**ÉRICA DE MELO AZEVEDO** - Possui Doutorado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2019), Graduação em Química com Atribuições Tecnológicas pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2012) e complementação pedagógica para exercício da docência na Faculdade Souza Marques (2015). É docente efetiva do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ) e ministra aulas de Química Geral e Inorgânica para turmas do Ensino Médio/Técnico e Graduação e aulas de análise térmica aplicada à alimentos para turmas da Pós-Graduação. Atualmente é vice-coordenadora de Extensão do IFRJ Campus Duque de Caxias. Coordena e colabora com projetos de pesquisa no IFRJ e colabora em projetos de pesquisa financiados pelo CNPq e desenvolvidos na Escola de Química da UFRJ na área de Tecnologia Química, análise térmica e tratamento térmico de resíduos. Orientou e participou de bancas de trabalhos de conclusão de curso nos temas citados. Têm atuado como membro de comissões julgadoras de editais de fomento à pesquisa e bolsas de iniciação científica do CNPq no âmbito do IFRJ. Publicou artigos em revistas nacionais e internacionais na área de Análise Térmica e na área de Educação e em Congressos. Desde 2016 é revisora do renomado periódico Journal of Thermal Analysis (JTAC). Atuou como tutora presencial do Consórcio CEDERJ e em escolas particulares e cursos pré-militares e pré-vestibulares.

## 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 leite 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)