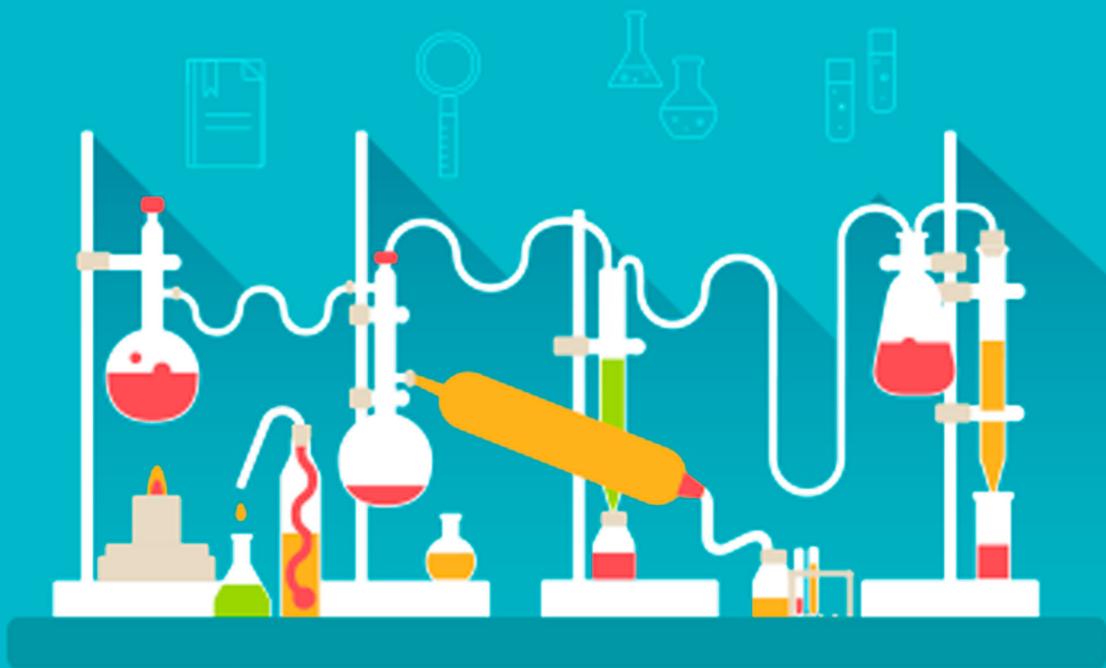


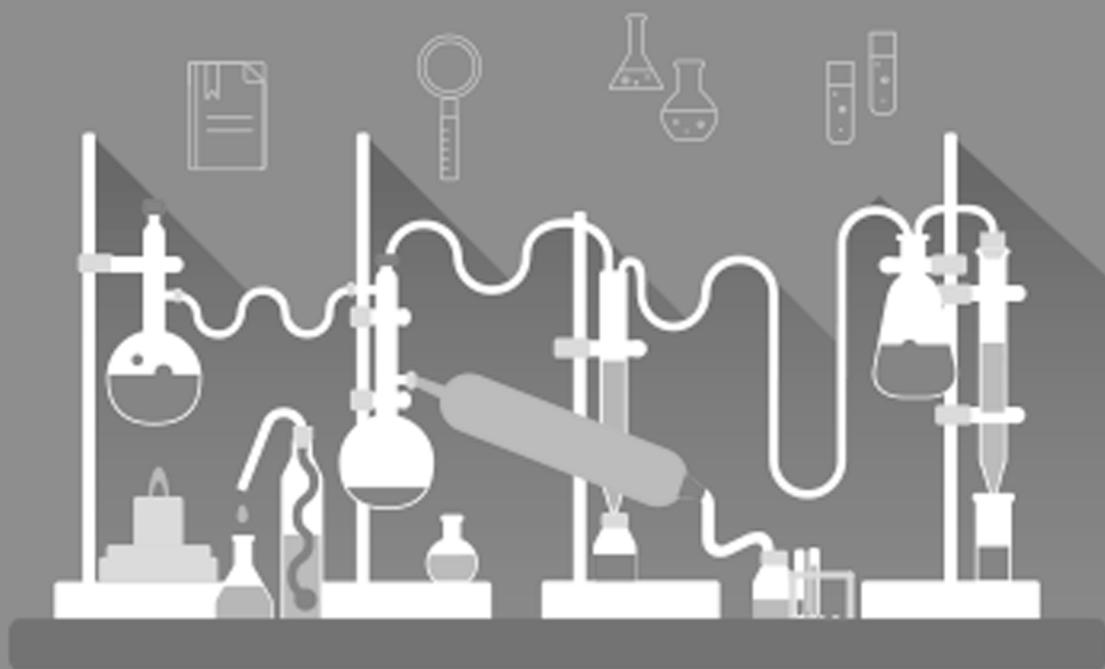
A Química nas Áreas Natural, Tecnológica e Sustentável



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 Cremona

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^ª Dr^ª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof^ª Dr^ª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves -Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof^ª Dr^ª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Prof^ª Dr^ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof^ª Dr^ª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^ª Dr^ª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Prof^ª Dr^ª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Prof^ª Dr^ª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^ª Dr^ª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Dr^ª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Prof^ª Dr^ª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof^ª Dr^ª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Dr^ª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

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

Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
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 Andrezza 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

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
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
Haniel 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 Fe₃O₄ 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

CAPÍTULO 21	224
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	
DOI 10.22533/at.ed.85920170921	
CAPÍTULO 22	236
PECTINA: UM SUBPRODUTO VALIOSO DA INDÚSTRIA CITRÍCOLA	
Camila Souza da Mata Losque	
Patrícia Reis Pinto	
DOI 10.22533/at.ed.85920170922	
CAPÍTULO 23	247
PROJETO DE CERTIFICAÇÃO PARA PLÁSTICOS RECICLADOS NA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA: DE REFUGO A RECURSO	
Ormene Carvalho Coutinho Dorneles	
Daniel Coutinho Dorneles	
DOI 10.22533/at.ed.85920170923	
CAPÍTULO 24	258
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	
DOI 10.22533/at.ed.85920170924	
CAPÍTULO 25	277
PROPRIEDADES DE ESPUMAS DE POLI(URETANO-CO-ISOCIANURATO) BASEADAS EM DIFERENTES DIÓIS	
Thiago do Carmo Rufino	
José Giaretta	
DOI 10.22533/at.ed.85920170925	
CAPÍTULO 26	292
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

MÉTODOS DE SÍNTESE E A CLASSIFICAÇÃO DOS POLIANIDRIDOS BIODEGRADÁVEIS

Data de aceite: 01/09/2020

Jairo dos Santos Trindade

Universidade Federal do Piauí
Teresina-PI

<http://lattes.cnpq.br/7493347149003918>

Vanessa Karen Ferreira dos Santos Guimarães

Universidade Federal do Piauí
Teresina-PI

<http://lattes.cnpq.br/9868039412680141>

José Milton Elias de Matos

Universidade Federal do Piauí
Teresina-PI

<http://lattes.cnpq.br/9640089497766267>

RESUMO: Os polianidridos são um grupo de biopolímeros classificados como biodegradáveis, sintéticos e biocompatíveis. Esses polianidridos são bastante utilizados como entregadores de drogas, liberação programada de medicamentos, entrega de proteínas, imunomodulação, e na engenharia de tecidos. Eles podem ser classificados em dois tipos: convencional e avançado e podem ser sintetizados por alguns métodos de síntese. A escolha dos blocos de construção do polianidrido, os anidridos e os monômeros são muito importantes por conta das propriedades que se deseja ter no polímero. Os polímeros possuem uma taxa de degradação que vai depender de alguns fatores tais como: peso molecular, hidrofobicidade, pH, cristalinidade, porosidade e área superficial do polímero, Os polianidridos são um bom material de erosão da

superfície, que atende aos critérios para uso na aplicação de regeneração óssea e se degrada com o tempo, após a produção de um novo osso.

PALAVRAS-CHAVE: Polianidrido, Métodos de síntese, monômero, Anidrido, Biodegradáveis.

SYNTHESIS METHOD AND CLASSIFICATION OF BIODEGRADABLE POLYANHYDRIDES

ABSTRACT: Polyanhydrides are a group of biopolymers classified as biodegradable, synthetic and biocompatible. These polyanhydrides are widely used as drug delivery, scheduled drug delivery, protein delivery, immunomodulation, and tissue engineering. They can be classified into two types: conventional and advanced and can be synthesized by some synthesis methods. The choice of polyanhydride building blocks, anhydrides and monomers are very important because of the properties that you want to have in the polymer. Polymers have a degradation rate that will depend on some factors such as: molecular weight, hydrophobicity, pH, crystallinity, porosity and surface area of the polymer. Polyanhydrides are a good material for surface erosion, which meets the criteria for use in application of bone regeneration and degrades over time after the production of new bone.

KEYWORDS: Polyanhydrides, Synthesis methods, Monomers, Anhydrides and Biodegradable.

1 | INTRODUÇÃO

Polímeros que se decompõem em

moléculas biologicamente aceitáveis são classificados como polímeros biodegradáveis, esses polímeros são classificados em dois tipos: polímeros naturais e sintéticos (BALAJI et al., 2018). Os polímeros naturais são versáteis para entrega controlada de medicamentos e em comparação com polímeros sintéticos mostram nenhuma ou menor toxicidade (PRAJAPATI et al., 2019).

Muitos dos polianidridos são um grupo de biopolímeros classificados como biodegradáveis e biocompatíveis (BALAJI et al., 2018; LAI, et al, 2013; PONNURANGAM, et al, 2015). Esses polianidridos são bastante utilizados como entregadores de drogas, liberação programada de medicamentos, entrega de proteínas, imunomodulação, e na engenharia de tecidos. Isso é possível devido a sua alta biocompatibilidade, taxa controlada de erosão na superfície e a capacidade de encapsular bioativos sensíveis. Ainda, os polianidridos também possuem outras propriedades tais como resistência mecânica, liberação de carga útil em microambientes com pH moderado e capacidade de estabilização de proteínas (CARRILLO-CONDE, et al., 2015; LAI, et al, 2013; EAMEEAMA, et al, 2014; SNYDER, et al., 2015;).

O polianidrido, é um polímero hidrofóbico sintético biodegradável de erosão superficial, contendo dois grupos carbonila ligados por uma ligação éter (PRAJAPATI et al., 2019). Outra característica que podemos citar dos polianidridos são sua alta cristalinidade; haja vista que possuem um ponto de fusão que pode variar entre 70 °C e 300 °C, dependendo do monômero que vai ser utilizado para a obtenção desse polímero (PAVELKOVA, et al 2014).

Atualmente, são usados principalmente na indústria de dispositivos médicos e farmacêutica (McKeen, 2017). Os polianidridos como já mencionado, são biopolímeros, que já têm sido amplamente explorados para serem usados como transportadores de medicamentos para vários órgãos do corpo humano (GHADI et al., 2017). Estes foram investigados para liberação controlada de medicamentos para tratamento de distúrbios oculares e também para administração de agentes anti-neoplásicos, anestésicos locais, anticoagulantes, drogas neuroativas, antibióticos, vacinas e proteínas e são protegidos quando carregados pois a maioria da água não penetra até que o polímero chegue ao alvo (PRAJAPATI et al., 2019). Os polianidridos tem um papel importante no transporte de drogas que é a estabilização de proteínas frágeis tanto no estágio de produção, armazenamento e liberação, e desencadeia uma resposta imune *in vitro* e *in vivo* (HAUGHNEY, et al, 2013).

Os polianidridos podem ser sintetizados facilmente a partir de fontes apropriadas e de baixo custo, e podem ser ajustados para atender às especificações desejadas, são biocompatíveis e degradam-se em subprodutos diácidos, podendo assim, serem eliminados do corpo como metabólitos *in vivo* e não são tóxicos. Estes polímeros são usados como *scaffolds* (andaimes) em engenharia de tecidos (ALTUNTAS, 2017).

2 | ESTRUTURA DOS POLIANIDRIDOS

Os polianidridos podem ser caracterizados pelas ligações anidridas que ocasionam a conexão de unidades que se repetem na cadeia principal do polímero como pode ser observado na *figura 1* (LAI, et al, 2013).

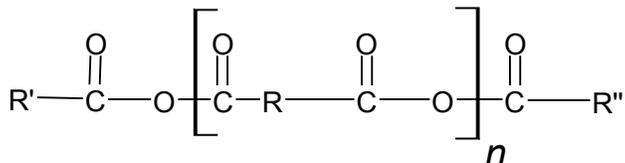


Figura 1: Estrutura da unidade anidrida que compõem a cadeia polimérica do polianidrido.

Observamos na *Figura 2* a estrutura de dois polianidridos que são usados para encapsular certos medicamentos.

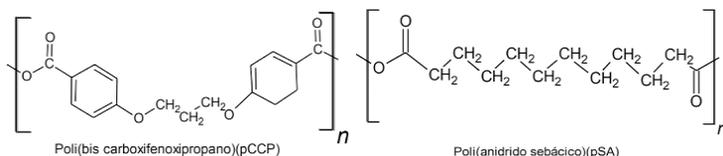


Figura 2: Algumas estruturas químicas de polianidridos

As diferentes estruturas, propriedades e aplicações dos polianidridos se dá pela escolha de seus componentes no momento da síntese do polímero, ou seja, a escolha dos blocos de construção do polianidrido, os anidridos e os monômeros são muito importantes (PAVELKOVA, et al, 2014).

2.1 Classificação do polianidrido

Os polianidridos são classificados em dois tipos: convencional e avançado, os polianidridos convencionais são os alifáticos, aromático, alifático-aromático, insaturado, heterocíclico, misturas de polímeros. Já os avançados são os poli(anidrido-imida), polianidridos à base de aminoácidos, polianidridos à base de ácido ricinoleico, polianidrido com funcionalidade de polietileno glicol, como observamos na *Tabela 1*. O sistema de transporte desses polianidridos também se divide em dois tipos: particulados (são as microesferas e as nanopartículas) e a matriz (são os implantes, filmes, pasta cirúrgica, folhas). Já o seu mecanismo de degradação se dá pela erosão superficial (GHADI, et al., 2017).

CLASSES	SUPOORTE PRINCIPAL	EXEMPLO
1. Polianidridos Alifáticos	$\left[\text{C} \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{---} \end{array} (\text{CH}_2)_x \text{C} \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{---} \end{array} \text{O} \right]_n$	p(SA) (x = 8) p(AA) (x = 4)
2. Polianidridos Insaturados	$\left[\text{C} \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{---} \end{array} \text{R}' \text{C} \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{---} \end{array} \text{O} \right]_n$	p(FA)
3. Polianidridos Aromáticos	$\left[\text{C} \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{---} \end{array} \text{Ar} \text{C} \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{---} \end{array} \text{O} \right]_n$	p(CPH)
4. Polianidridos Alifáticos-Aromáticos	$\left[\text{C} \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{---} \end{array} \text{Ar} \text{---} \text{R} \text{C} \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{---} \end{array} \text{O} \right]_n$	copolímero p (CPP-SA)
5. Misturas De Polianidridos	Misturas com polianidridos ou outros poliésteres ou policarbonatos	mistura p (SA) PLA
6. Polianidridos À Base De Ácidos Graxos	$\text{R}' \text{C} \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{---} \end{array} \text{O} \left[\text{C} \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{---} \end{array} \text{R} \text{C} \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{---} \end{array} \text{O} \right]_n \text{C} \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{---} \end{array} \text{R}'$ <p>R = alifática, aromática ou heterocíclica R' =resíduo de ácido graxo</p>	p (RA-SA)
7. Polianidridos À Base De Aminoácidos	$\left[\text{C} \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{---} \end{array} \text{R}'' \text{---} \text{O} \text{C} \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{---} \end{array} \text{R}'' \text{---} \text{O} \text{C} \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{---} \end{array} \text{R}'' \text{---} \text{O} \text{C} \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{---} \end{array} \text{R}'' \text{---} \text{O} \right]_n$ <p>R = Grupo alquil. ou resíduo orgânico R''= Grupo aminoácido</p>	pSBAM
8. Poli (Anidridoimida)	$\left[\text{O} \text{---} \text{C} \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{---} \end{array} \text{X} \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{---} \end{array} \text{C} \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{---} \end{array} \text{N} \text{---} \text{CH}_2 \text{---} \text{C} \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{---} \end{array} \right]_n$ <p>X= Grupo alifático ou aromático</p>	p(TMA-Tyr: SA: CPP)
9. PEG-Polianidrido Foto		Polianidrido SA-CPP-PEG

10. Polianidridos Reticulados

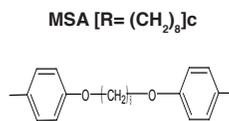
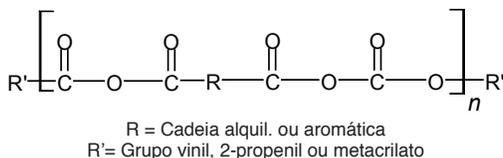


Tabela 1: Classes diferentes de polianidridos

p(SA)= poli (ácido sebático), **p(AA)**= poli(ácido adípico), **p(CPH)**= 1,3-bis(p-carboxifenoxi-hexano), **copolímero de p(CPP-SA)**=poli(1,3-bis(p-carboxifenoxipropano-ácido sebático), **PLA**= poli(D,L-lactídeo), **Poli (TMA-Tyr: SA: CPP)**= poli contendo tirosina (anidrido-co-imida), **copolímero de p (RA-SA)**= poli(ácido ricinoléico-ácido sebático); **pBSAM-N**, **N'**= bis (L-alanina) -sebacoilamida, **MAS**= ácido sebático metacrilado, **MCPH**= metacrilado 1, 3 bis (p-arboxifenoxi-hexano); **FA**= ácido ferúlico.

Fonte: Adaptado de GHADI, et al., 2017.

3 I SÍNTESE PARA A FORMAÇÃO DO POLIANIDRIDO (PA)

A síntese de polianidrido é barata e simples. A polimerização por condensação ainda é o método preferido para sintetizar polianidridos (BASU; DOMB, 2018). Uma variedade de polímeros biodegradáveis e biocompatíveis são sintetizados por métodos químicos (BALAJI et al., 2018). Os polianidridos são sintetizados usando vários métodos, como policondensação por fusão, polimerização em solução, polimerização por abertura de anel (ROP) (GHADI et al., 2017), condensação interfacial, desidrocloração e acoplamento desidratante. Além disso deve-se atentar a subprodutos no final da polimerização que tem que ser retirados por lavagem com solventes próticos (BALAJI et al., 2018; EAMEEAMA, et al, 2014), como verificamos na *Figura 2*.

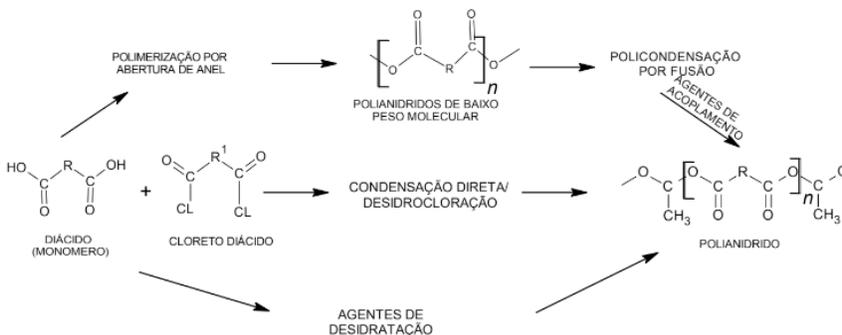


Figura 2: Caminhos sintéticos para a produção de polianidridos.

Fonte: Adaptado do artigo BALAJI et al., 2018

Em seguida podemos observar a *tabela 2*, com alguns exemplos de polianidridos e os métodos de síntese e foram utilizados para a sua determinada aplicação em seus respectivos trabalhos.

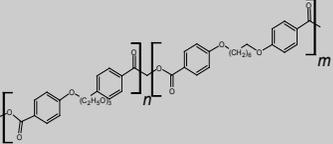
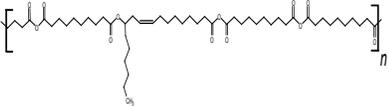
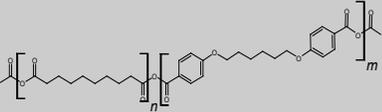
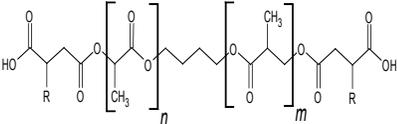
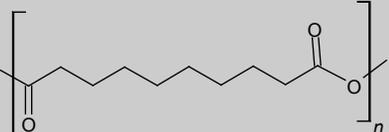
POLIANIDRIDOS	PROPRIEDADES	METODO DE SÍNTESE
<p>CPTEG:CPH</p> 	<p>Biodegradável, co-administrador, imunogênico.</p>	<p>Policondensação por fusão.</p>
<p>POLI (RA-SA)</p> 	<p>Biodegradável, diminuem o peso molecular com o tempo e seu esqueleto é hidrofóbico, ligações de anidrido hidroliticamente lábeis e ligações éster.</p>	<p>Policondensação por fusão.</p>
<p>PCL-gHAP</p> 	<p>Biodegradação, Biocompatibilidade.</p>	<p>Policondensação por fusão.</p>
<p>Poli(éster-anidrido)</p> 	<p>Aumenta a temperatura de transição vítrea, estabilidade no armazenamento e podem ser reticulados.</p>	<p>Policondesão por fusão</p>
<p>PSA</p> 	<p>Biocompatibilidade</p>	<p>Policondesação por fusão</p>

Tabela 2: Alguns exemplos de polianidridos e os métodos de síntese utilizados.

CPTEG**=1,8-bis-(p-3carboxifenoxi)-3,6-dioxaoctano, *CPH**=1,6-bis-(p-carboxifenoxi) hexano, *****Poli (RA-SA)**= Poli (éster-anidridos) de ácido ricinoléico (RA) - sebácico (SA), ******PCL-gHAP**= poli (ca-caprolactona) em hidroxiapatita, *******PSA**=anidrido polissébico

Como já vimos as características de alguns polianidridos, agora vamos observar algumas aplicações desses polímeros. O copolímero (CPTEG:CPH) foi sintetizado para vacina profilática contra o câncer (Wafa et al., 2017). O poli(ácido sebático) foi sintetizado para administração de medicamentos (Haim-Zada et al., 2016). Já o PCL-gHAP foi sintetizado para melhorar a adesão interfacial e dispersão de partículas hidroxiapatita (HAP) em uma matriz poli (1,6-bis- (p-carboxifenoxi-hexano) -co- (anidrido sebático)) (PANH) para formar um material compósito (Ku et al., 2017). O polímero de poli(éster-anidrido) foi sintetizado para ser aplicado como uma resina de revestimento em pó, para que haja um aumento na temperatura de transição vítrea sem alterar as propriedades químicas e mecânicas e podendo ser também reticulado (Dogan, Acar, 2012). E o PSA mostrou-se com potencial no veículo de entrega de nutrientes para engenharia de tecidos (Ponnurangam, et al., 2015).

Como pode ser observado o método de síntese mais utilizado é o de policondensação por fusão, por ser simples, maior número de monômeros disponíveis, baratos e podem ser sintetizados polímeros com alto peso molecular.

3.1 Monômeros

Os polímeros são uma ampla classe de materiais feitos de unidades repetidas de moléculas menores chamadas monômeros. Essas propriedades dos polímeros estão relacionadas com a natureza desses monômeros (Ashter et al., 2016; Mehtiö, et al., 2015). Em 1922, Hermann Staudinger propôs que as propriedades dos polímeros podem ser melhor explicadas assumindo que eles consistem em longas cadeias de monômeros ligados entre si, repetidas regularmente (Chesterman et al., 2020). As variações muito pequenas nas estruturas químicas do polímero (monômero), podem levar a grandes alterações em sua biodegradabilidade (Ashter et al., 2016).

Os monômeros derivados de matéria-prima de biomassa são sempre de interesse primordial. Os óleos vegetais são os candidatos mais notáveis como matéria-prima renovável para a produção de biopolímeros e seus derivados são um material de partida versátil para a síntese de monômeros e polímeros renováveis, por ser biodegradável, favorável ao meio ambiente e amplamente abundante (Rajalakshmi; Marie; Xavier, 2019).

Sendo assim, os monômeros e óleos vegetais de origem biológica renováveis têm demonstrado um uso potencial como matéria-prima para o desenvolvimento de polímeros de base biológica. Os óleos vegetais estão entre os potenciais monômeros verdes que começam a atrair um interesse considerável devido à sua abundância e natureza sustentável (Abbasi et al., 2019). Abaixo, *Tabela 3*, podemos observar os

tipos de monômeros e nas *figuras 4 e 5* podemos ver exemplos desses monômeros.

TIPO DE MONÔMEROS	
HOMOPOLÍMERO	Formado por um só tipo de monômero.
COPOLÍMERO	Formado por dois ou mais tipos de monômero.

Tabela 3: Classificação dos monômeros/tipos:

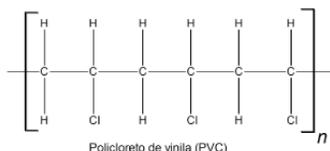


Figura 4: Exemplo de Homopolímero

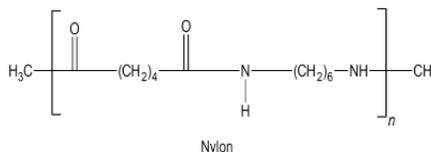


Figura 5: Exemplo de Copolímero

3.2 ANIDRIDOS

Os anidridos são compostos orgânicos que podem ser obtidos tanto por uma reação de haleto de acila, como por uma desidratação de ácidos carboxílicos. Esses anidridos podem ser classificados como alifáticos, cíclicos, simétricos e assimétricos (PAVELKOVA, et al, 2014).

O método mais utilizado para se obter anidridos é o de desidratação de ácidos carboxílicos, no qual duas moléculas de ácidos carboxílicos vão reagir com um reagente desidratante (ex: anidrido acético) (PAVELKOVA, et al, 2014). Na *Figura 6* é possível ver algumas estruturas de polianidrido.

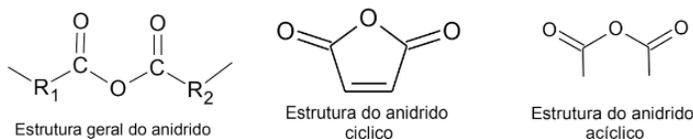


Figura 6: Estrutura generalizada de anidrido, e exemplo de anidridos acíclicos (de monoácidos) e cíclicos (de diácidos):

A hidrólise do anidrido acético é uma reação rápida e muito exotérmica. O anidrido acético é higroscópico, que absorve e reage com a umidade quando exposto ao ar (TORRAGA; COLMÁN; GIUDICI, 2019).

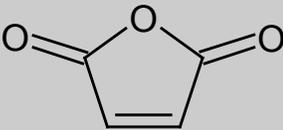
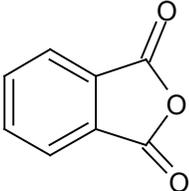
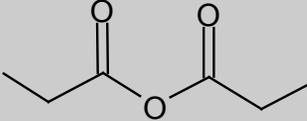
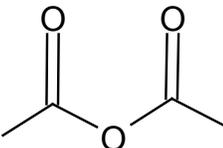
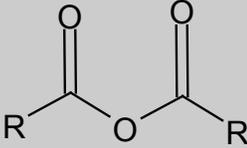
NOME	ESTRUTURA	PRODUÇÃO	USO
Anidrido Maleico		Por oxidação do benzeno e outros compostos-aromáticos.	Plastificantes, aditivos, copolímeros e nas formulações de epóxi.
Anidrido Ftálico		Por oxidação catalítica do orto-xileno com O ₂	Na indústria produção de corantes, em farmácia, em química analítica.
Anidrido Propanoico		Pela desidratação de ácido propanóico usando cetena	Reagente usado largamente em síntese orgânica.
Anidrido Acético		Por carbonilação do acetato de metila	Agente de acetilação, desidratação na síntese de produtos orgânicos.
Anidrido Carboxílicos		Preparados pela desidratação dos ácidos correspondentes.	Utilizados em sínteses orgânicas e em indicador fenolftaleína, corantes, produção de filmes fotográficos etc.

Tabela 4: Exemplos de alguns tipos de anidridos, suas estruturas, produção e uso;

4 | BIODEGRADAÇÃO

Os polímeros possuem uma taxa de degradação que vai depender de alguns fatores tais como: peso molecular, hidrofobicidade, pH, cristalinidade, porosidade e área superficial do polímero (PONNURANGAM, et al, 2015).

Os polianidridos são um bom material de erosão da superfície, que atende aos critérios para uso na aplicação de regeneração óssea e se degrada com o tempo, após a produção de um novo osso. Foi relatado que os anidridos metacrílicos reticulados do ácido sebático (um monômero de anidrido alifático) poderiam ser completamente degradados em 50 horas. Vantagem da superfície material de erosão é que permanece a resistência mecânica no período de degradação (SHI et al., 2010). A erosão da superfície é um fenômeno bem conhecido dos polianidridos. Foi estudado amplamente para sistemas *in vitro*. No entanto, o estudo da cinética de

erosão/degradação *in vivo* é extremamente difícil (BASU; DOMB, 2018).

Os polianidridos aromáticos se degradam lentamente por um longo período, enquanto os polianidridos alifáticos se degradam em poucos dias (BALAJI et al., 2018). A taxa de hidrólise do anidrido se liga mais rapidamente que a taxa de difusão de água na maior parte do dispositivo. A taxa é frequentemente controlada variando a química do polímero (razão de monômeros hidrofóbicos ou hidrofílicos). Os polianidridos lipofílicos sintetizados a partir de ácidos graxos quase sempre mostram um perfil de erosão linear, uma vez que a taxa de difusão da água para a maior parte do polímero é significativamente menor (BASU; DOMB, 2018).

Os polianidridos são hidrolisados predominantemente por hidrólise catalisada por base e água. O primeiro passo é a adição de base ao carbono carbonil, seguida pela geração de um intermediário tetraédrico. Como os poliésteres, esse intermediário tetraédrico pode regenerar o anidrido por expulsão do ânion hidróxido; no entanto, isso é desfavorável devido ao baixo pK do grupo carboxil de partida, o intermediário tetraédrico formado durante a hidrólise de polianidrido geralmente resulta na saída do éster ligado. A cinética de hidrólise rápida da ligação de anidrido permite o desenho de matrizes que sofrem erosão da superfície (MURTHY et al., 2017). Os polianidridos vão sofrer hidrólise nas suas ligações anidridas que é possível por uma catalise de bases, ou seja essa degradação é devido ao pH do meio, sendo mais rápida em meio básico que em meio ácido, pois os polianidridos se degradam em ácidos carboxílicos (EAMEEAMA, et al, 2014), como observado na Figura 7.

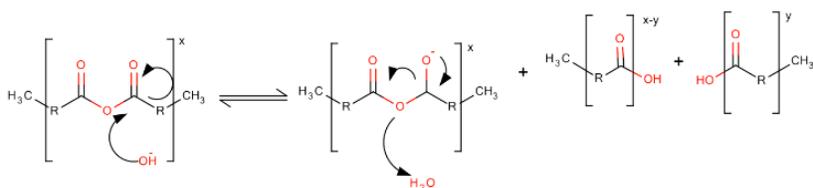


Figura 7: Mecanismo de reação da hidrólise de anidrido catalisada por base.

A curva de degradação previsível pode durar dias ou até meses, dependendo das propriedades químicas do polímero, além disso degradam-se em produtos não mutagênicos e não citotóxicos (TORRES, et al, 2011).

5 | CONCLUSÃO

No presente trabalho foi abordado o polianidridos biodegradável, dando ênfase nos métodos de síntese para a obtenção do polímero, com base nos

monômeros e anidridos que são classificados para melhor seleção no momento de sintetizar esses polianidridos, pois vale lembrar que os polianidridos também podem ser classificados devido as suas características e uma delas é o seu mecanismo de biodegradação.

REFERÊNCIAS

- ABBASI, Amin et al. Copolymerization of vegetable oils and bio-based monomers with elemental sulfur : A new promising route for bio-based polymers. **Sustainable Chemistry and Pharmacy**, v. 13, 2019.
- ASHTER, SA. Mechanisms of polymer degradation. **Introduction to Bioplastics Engineering**, p.31–59, 2016.
- ASTM, The; SPECIFICATION, Standard; PLASTICS, Compostable. **13 Renewable Resource and Biodegradable Polymers**. 2018.
- BALAJI, Anand B et al. Natural and synthetic biocompatible and biodegradable polymers. **Elsevier Ltd**, 2018.
- BASU, Arijit; DOMB, Abraham J. Recent Advances in Polyanhydride Based Biomaterials. **Elsevier**, v. 1706815, p. 1–10, 2018.
- CARRILLO-CONDE, Brenda, et al. Sustained release and stabilization of therapeutic antibodies using amphiphilic polyanhydride nanoparticle. **Chemical engineering science**. n. 125, p. 98-105.
- CHESTERMAN, Julian et al. **Biodegradable polymers**. **Elsevier**, 2020.
- DOGAN, Engin; ACAR, Ersin A. The use of anhydride linkages to increase the glass transition temperatures of polymers containing carboxyl end groups: A perspective in coatings. **Progress in organic coatings**. n. 76, p.513-518, 2013.
- EAMEEMA, Muntimadugu, et al. **Polyanhydrides**. Elsevier, 2014.
- GHADI, R et al. Synthetic biodegradable medical polymer: polyanhydrides. **Elsevier Ltd**, 2017.
- HAIM-ZADA, Moran et al. Stable polyanhydride synthesized from sebacic acid and ricinoleic acid. **Journal of Controlled Release**, p. 4–10, 2016.
- HAUGHNEY, Shannon L., et al. Retention of structure, antigenicity, and biological function of pneumococcal surface protein A (PspA) released from polyanhydride nanoparticles. **Acta Biomaterialia**. n.9, p.8262-8271, 2013.
- KU, K.-L., Grondahl, L., Dao, H., Du, K., Puttick, S., Lai, P.-L., Whittaker, AK. In vitro degradation study of polyanhydride copolymers / hydroxyapatite composites grafted on the surface for application to bone tissue. **Degradation and stability of polymers**, n.140, p.136-146, 2017.

LAI, Po-Liang, et al. Polyanhydride copolymer and bioceramic composites as bone substitutes. **Formosan Journal of Musculoskeletal Disorders**, n.4, 2013, p.4-10.

MEHTIÖ, Toumas, et al. Synthesis and characterization of copolyanhydrides of carbohydrate-based galactaric acid and adipic acid. **Carbohydrate research**. n. 402, p. 102-110, 2015.

MURTHY, N. et al. **Biodegradation of Polymers**. August, 2017.

PAVELKOVA, Alena, et al. Synthesis of poly(sebacic anhydride): effect of various catalyst on structure and thermal properties. **Journal of polymer Research**. n.21, 2014.

PONNURANGAM, Sathish, et al. Biocompatibility os polysebacic anhydride microparticles with chondrocytes in engineered cartilage. **Colloids and surfaces B: Biointerfaces**. n.136, p.207-213, 2015.

RAJALAKSHMI, P; MARIE, J Margaret; XAVIER, A John Maria. Castor oil-derived monomer ricinoleic acid based biodegradable unsaturated polyesters. **Polymer Degradation and Stability**, 2019.

SHI, Qiong et al. Photo-crosslinking copolymers based polyanhydride and 1G polyamidoamine-methacrylamide as bone tissue engineering : Synthesis , characterization , and in vitro degradation. **Polymer Degradation and Stability**, v. 95, n. 10, p. 1961–1968, 2010.

SNYDER, Sabrina S., et al. *In vitro* degradation of an aromatic polyanhydride with enhanced thermal properties. **Polymer degradation and stability**. n.115, p.70-76, 2015.

TORRAGA, Maria G F; COLMÁN, María M E; GIUDICI, Reinaldo. Hydrolysis of acetic anhydride : In situ , real-time monitoring using NIR and UV – Vis spectroscopy. **Chemical Engineering Science**, v. 210, 2019.

WAFI, Emad I et al. The Effect of Polyanhydride Chemistry in Particle-based Cancer Vaccines on the Magnitude of the Antitumor Immune Response. **Acta Biomaterialia**, 2017.

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



contato@arenaeditora.com.br



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



www.facebook.com/arenaeditora.com.br

A Química nas Áreas Natural, Tecnológica e Sustentável



www.atenaeditora.com.br



contato@atenaeditora.com.br



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



www.facebook.com/atenaeditora.com.br