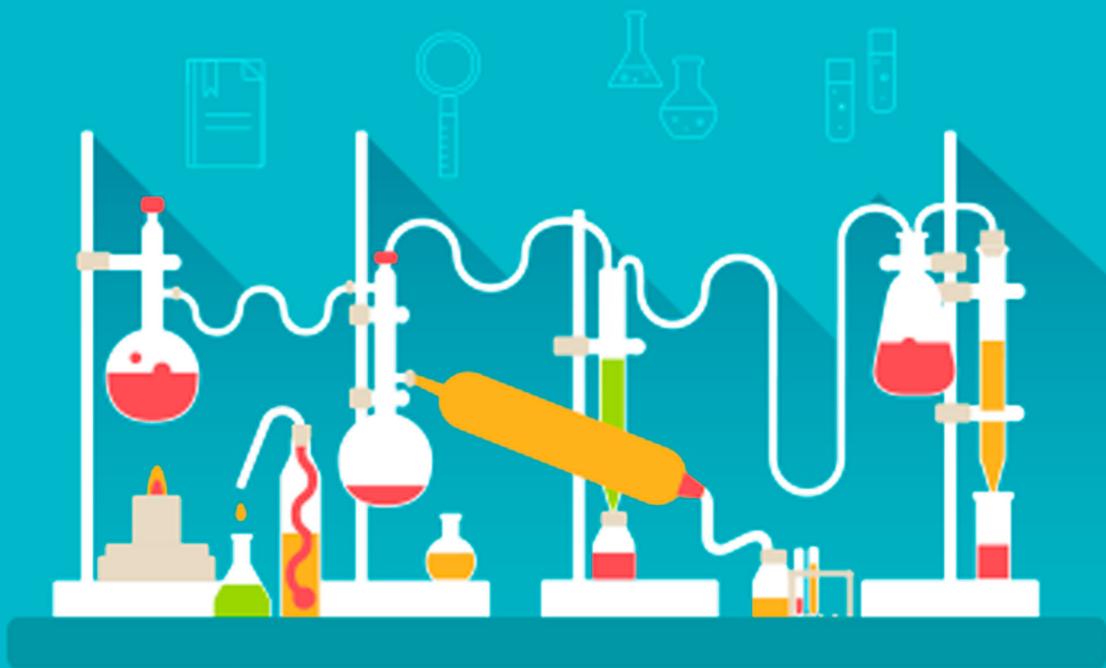


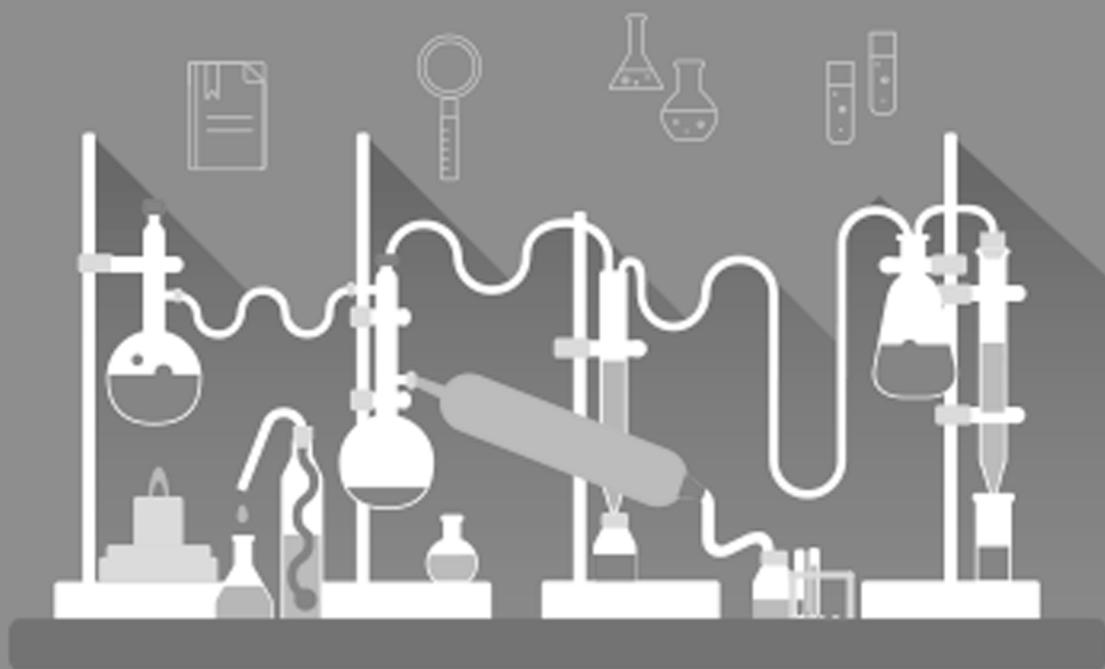
A Química nas Áreas Natural, Tecnológica e Sustentável



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^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. Lilian 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

CAPÍTULO 11

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

Data de aceite: 01/09/2020

Data de submissão: 16/06/2020

Lisete Cristine Scienza

Universidade Federal do Rio Grande do Sul -
UFRGS
Porto Alegre – RS
<http://lattes.cnpq.br/5146642075973511>

Amanda Vecila Cheffer de Araújo

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre - RS
<http://lattes.cnpq.br/2087987768045159>

Hariel Marçal Kops Hubert

UFRGS
Porto Alegre – RS
<http://lattes.cnpq.br/5306593090992653>

Vinicius Martins

Instituto Federal Sul-Riograndense-IFSUL
Sapucaia do Sul – RS
<http://lattes.cnpq.br/4775042747513738>

Luis Henrique Alves Cândido

UFRGS
Porto Alegre – RS
<http://lattes.cnpq.br/5480346734351382>

Ademir José Zattera

Universidade de Caxias do Sul -UCS
Caxias do Sul – RS
<http://lattes.cnpq.br/5764983862728793>

contribuído para o agravamento do efeito estufa e o crescimento exponencial de lixo plástico no mundo. As propostas de desenvolvimento, consumo e reciclagem de materiais poliméricos tem sido incentivadas pela indústria e consumidores com a finalidade de amenizar o problema ambiental existente. No entanto, para que um material reciclado sirva para as mesmas aplicações que um material virgem, é necessário conhecer suas propriedades uma vez que na reciclagem o material pode sofrer algum grau de degradação, comprometendo sua aplicação futura. O Polietileno de Alta Densidade (PEAD) é um dos polímeros termoplásticos mais consumidos no mundo, justificado pela versatilidade de suas propriedades físicas e químicas, constituindo uma parte significativa dos resíduos plásticos produzidos, o que torna sua reciclagem uma operação de extrema importância. O presente estudo avalia o efeito de extrusões sucessivas nas propriedades físicas e mecânicas do PEAD. Após cinco ciclos de extrusão em duas diferentes condições de processamento por extrusão, observou-se alteração na cor, redução da temperatura de fusão, aumento da cristalinidade, rigidez e resistência mecânica e redução na resistência ao impacto, de forma mais intensa no processamento mais severo conduzido em extrusora de duplarrosca. Os resultados sugerem que a cisão da cadeia é o mecanismo predominante no processo termomecânico de degradação do PEAD.

PALAVRAS-CHAVE: PEAD, reprocessamento, extrusão, degradação, propriedades.

RESUMO: Ao longo de décadas a fabricação e descarte de materiais poliméricos tem

EFFECT OF REPROCESSING CONDITIONS ON DEGRADATION OF HIGH DENSITY POLYETHYLENE

ABSTRACT: For decades, the manufacture and disposal of polymeric materials has contributed to the worsening of the greenhouse effect and the exponential growth of plastic waste in the world. The proposals for the development, consumption and recycling of polymeric materials have been encouraged by industry and consumers in order to relieve the existing environmental problem. However, for a recycled material to serve the same applications as a virgin material, it is necessary to know its properties since in recycling the material may suffer some degree of degradation, compromising its future application. High Density Polyethylene (HDPE) is one of the most consumed thermoplastic polymers in the world, justified by the versatility of its physical and chemical properties, constituting a significant part of the plastic waste produced, which makes its recycling an extremely important operation. The present study evaluates the effect of successive extrusions on the physical and mechanical properties of HDPE. After five extrusion cycles in two different extrusion processing conditions, a change in color was observed, reduced melting temperature, increased crystallinity, rigidity and mechanical strength and reduced impact resistance, more intensely in the most severe processing conducted in double-screw extruder. The results suggest that chain scission is the predominant mechanism in the thermomechanical process of degradation of HDPE.

KEYWORDS: HDPE, reprocessing, extrusion, degradation, properties.

1 | INTRODUÇÃO

Muitas atividades da vida moderna dependem inteiramente de produtos plásticos devido às suas propriedades e ao seu baixo custo de produção. Polímeros sintéticos tradicionais, como polipropileno e polietileno, são derivados de petroquímicos e causam preocupações ambientais devido a sua natureza não biodegradável. Assim, o uso de matérias-primas não renováveis na produção de materiais poliméricos ocasiona a redução de estoques de combustíveis fósseis, além de propiciar poluição ambiental devido à geração de CO₂ durante a sua manufatura e problemas de degradação após serem descartados. Estes fatores, associados ao aumento de preço do petróleo, tem incentivado o emprego de processos de reciclagem.

A reciclagem de materiais poliméricos é considerada a maneira mais fácil de amenizar a quantidade de lixo plástico existente no mundo, bem como a preservação dos recursos naturais; e o polietileno está entre os polímeros reciclados por um maior número de empresas recicladoras (CANTO, 1995; SPINACÉ e DE PAOLI, 2005). As indústrias que optam por utilizar polímeros reciclados para a fabricação dos seus produtos ganham em competitividade e produtividade, pois o custo da matéria-prima – no caso o material reciclado e não a resina virgem – é menor.

Os processos de reciclagem dos polímeros termoplásticos são: Reciclagem Mecânica (Primária e Secundária), Reciclagem Química (Terciária), Reciclagem Energética (Quaternária) e Reutilização (Ordem Zero). A reciclagem mecânica é tradicional e a mais utilizada devido a seu custo operacional relativamente baixo comparado a outros processos de reciclagem. Na reciclagem mecânica primária ocorre o aproveitamento de peças defeituosas, aparas e rebarbas da linha de produção da própria fábrica. A limitação crítica para o excessivo uso da reciclagem primária consiste na necessidade de manter as propriedades do polímero acima do limite mínimo exigido, assegurando as especificações requeridas para os produtos intermediários e finais.

Entretanto, para que um material reciclado possa ter o seu uso incentivado dentro da indústria de artefatos plásticos e proporcione as mesmas aplicações onde um material não-reciclado é utilizado, torna-se necessário conhecer suas propriedades (mecânicas, químicas, ópticas e térmicas) e seu limite de reprocessabilidade (quantidade de vezes que o material sofreu o processo de reciclagem) para que se consiga gerar produtos sem que sua qualidade final fique comprometida (MORES, 2013).

Os polímeros termoplásticos são frequentemente afetados pelas propriedades da matéria-prima utilizada e por fatores inerentes ao processo de transformação utilizado. Em outras palavras pode-se afirmar que toda operação de transformação na qual um polímero é submetido envolve, individualmente ou de forma combinada, temperatura, pressão e esforços mecânicos, capazes ocasionar a degradação do material polimérico. A degradação é o conjunto de reações que envolvem a quebra de ligações primárias da cadeia principal do polímero e que ocasiona geralmente mudanças na estrutura química e alteração na massa molar do material, com consequentes mudanças nas suas propriedades.

A degradação mecânica em polímeros refere-se à cisão de cadeias ocasionada por qualquer tipo de indução mecânica. As macromoléculas são estendidas por cisalhamento na direção do movimento a que são submetidas e a cisão tende a ocorrer no interior da cadeia polimérica (COAQUIRA, 2004; RAUWENDAAL, 2001). Quando um polímero é exposto a temperaturas elevadas ocorre o rompimento de ligações em sua cadeia, gerando radicais livres que catalisam o processo de degradação. A oxidação é um tipo comum de degradação química em polímeros que, por muitas vezes, ocorre na extrusão de polímeros, onde o material em estado fundido encontra-se em elevada temperatura, rompendo algumas ligações de sua cadeia, formando radicais livres capazes de reagir com o oxigênio atmosférico (COAQUIRA, 2004; RAUWENDAAL, 2001; RABELLO, 2000).

Um mecanismo de degradação termo-oxidativa, apresentado resumidamente por Andersson et al. (2004), envolve a formação de radicais livres (R^*) através da

ruptura de ligações covalentes, seguida pela reação com oxigênio para formar hidroperóxidos (ROOH) em uma reação em cadeia:



A decomposição de hidroperóxidos gera produtos oxigenados, os quais podem ser alcoóis, aldeídos, cetonas, ácidos e ésteres.

Assim, a degradação durante o processamento em extrusão do PEAD pode ocorrer por um ou mais mecanismos de degradação: cisão de cadeia, ramificação, reticulação e oxidação (DE PAOLI, 2008; CUADRI e MARTIN-ALFONSO, 2017). Segundo Mendes et al. (2011), mais de um mecanismo de degradação pode estar envolvido no processamento do PEAD havendo a predominância de deles, dependendo da estrutura do material e das condições de processamento.

Com a finalidade de analisar as alterações que sucessivos ciclos de processamento podem ocasionar durante a reciclagem primária do PEAD, o presente estudo consistiu em submeter o PEAD a extrusões sucessivas em duas diferentes condições de processamento (Processamento 1 – extrusora de monorroscas, 180 °C e 36 rpm; e Processamento 2 - extrusora de duplarrosca, 220 °C e 200 rpm), avaliando o efeito do reprocessamento nas propriedades físico-químicas e mecânicas do polímero.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Poliétileno de Alta Densidade (PEAD) na forma de *pellets* foi fornecido pela Braskem S.A., com densidade de 0,951 g/cm³ e índice de fluidez de 0,35 g/10min (190 °C; 5 kg) foi submetido cinco ciclos de processamento em duas condições diferentes de extrusão, conforme apresentado na Tabela 1.

	Processamento 1	Processamento 2
Equipamento	Extrusora de monorroscas	Extrusora de duplarrosca
Marca/Modelo	SEIBT ES35	MH-COR 20-46-LAB
Razão L/D	35	46
Velocidade	36 rpm	200 rpm
Nº de zonas	5	12
Perfil de temperaturas	90 °C a 180 °C	80 °C a 220 °C

Tabela 1. Equipamentos e condições de processamento

As amostras foram identificadas conforme as condições de processamento

empregadas, a saber: PEAD-0 refere-se ao polietileno de alta densidade virgem, e PEAD-5-M e PEAD -5-D para 5 ciclos de processamento em extrusora de monorroscas (Processamento 1) e de duplarrosca (Processamento 2), respectivamente.

As análises térmicas de calorimetria exploratória diferencial (DSC) foram realizadas de acordo com ASTM E794, empregando um calorímetro por fluxo de calor da marca Shimadzu, modelo DSC-60, na faixa de temperaturas de 30 °C a 220 °C, com taxa de 10 °C/min, sob a atmosfera de nitrogênio (vazão de 50 mL/min). A massa inicial das amostras foi de aproximadamente 10 mg. O índice de cristalinidade (X_c) foi calculado a partir do pico endotérmico mostrado pela análise DSC pela Eq. (1):

$$X_c = \Delta H_f \div \Delta H_f^0 \quad (1)$$

sendo que X_c é o índice de cristalinidade, ΔH_f é o calor de fusão da amostra, ou seja, o valor da área do pico de fusão da amostra e ΔH_f^0 é o calor do polímero hipoteticamente 100% cristalino. Para estes cálculos, tomou-se o valor 293 J/g para o PEAD puro (CANEVAROLO, 2003).

As análises termogravimétricas (TGA) foram realizadas de acordo com ASTM E1131, em equipamento da marca Perkin Elmer, modelo Thermogravimetric Analyser TGA 4000, na faixa de temperaturas 30 °C a 550 °C, com taxa de 20 °C/min, sob atmosfera de ar (vazão de 20 mL/min). A massa inicial das amostras foi de aproximadamente 18 mg.

Para a confecção dos corpos-de-prova para os ensaios mecânicos, os polímeros foram previamente secos em estufa a 80°C por 2 h e obtidos por injeção a 180°C e 60 rpm em uma injetora da marca Himaco Hidráulicos, modelo LHS 150-80. Os corpos-de-prova para o ensaio de tração seguiram a norma ASTM D 638 para o tipo 1, nas dimensões apresentadas na Figura 1. A confecção dos corpos-de-prova do ensaio de impacto seguiu a norma ASTM D256, tendo as seguintes medidas: Espessura= 3,17 mm; Largura= 12,7 mm; Comprimento= 64 mm e Entalhe= 2,5 mm, 45°.

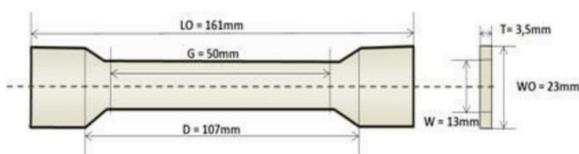


Figura 1. Corpo-de-prova para o ensaio de tração conforme ASTM D 638

O ensaio de tração foi realizado conforme a ASTM D 638, em máquina universal de ensaios da marca EMIC modelo DL 2000 com célula de carga Trd 26, ajustada para aplicar uma carga sobre o corpo de prova com uma velocidade de 10 mm/min. Foram ensaiados sete corpos-de-prova para cada amostra. Os ensaios de Impacto tipo Izod com entalhe foram realizados conforme ASTM D 256, com 8 repetições para cada amostra, em equipamento da marca CEAST, modelo Resil 25, com pêndulo de 2 J na velocidade de 3,46 m/s. Os ensaios de Dureza Shore tipo D foram em durômetro, da marca Bareiss, modelo BS 61 II, utilizando mola com força de 44450 mN e pressão de contato de 5000 g, conforme ASTM D2240.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após o processamento as amostras apresentaram alteração visível na cor em relação ao polímero virgem, como mostra a Figura 2. Nota-se claramente que houve amarelecimento e escurecimento em ambas as condições de processamento empregadas após cinco ciclos de extrusão, de forma mais intensa para o Processamento 2 (condição mais severa). Segundo Nardi (2004), o escurecimento de polímeros após processamentos sucessivos pode estar relacionado com o aparecimento de alguma espécie que proporcione o aumento da absorção da luz, sugerindo a formação de compostos oriundos da degradação da cadeia polimérica, que estaria ocorrendo de forma mais intensa no Processamento 2.

As análises térmicas foram realizadas com o objetivo de avaliar o efeito da elevação de temperatura na degradação do PEAD, identificando alguns dados físico-químicos importantes em relação às diferentes condições de processamento. As curvas de DSC para o PEAD virgem e reprocessado são mostradas na Figura 3 e os valores obtidos apresentados na Tabela 2; e na Figura 4 (a) e (b) são mostradas as curvas TG e DTG, respectivamente.



Figura 2. Aspecto dos corpos de prova após o processamento.

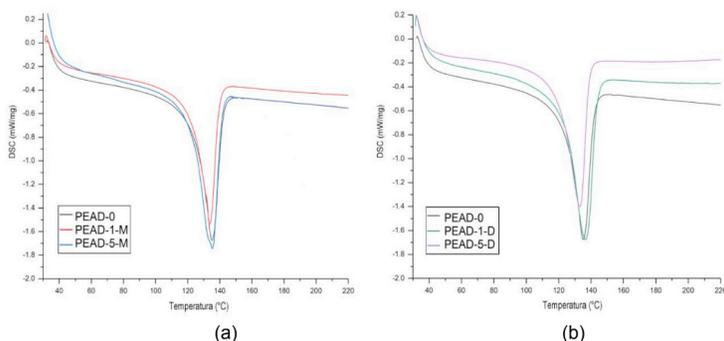


Figura 3. Termogramas de DSC para o PEAD virgem (PN-0) e após 1 e 5 ciclos de processamento em extrusora de (a) monorrosca (Processamento 1) e (b) duplarrosca (Processamento 2).

A Tabela 2 apresenta os valores utilizados para determinar o início e término do pico de fusão do material (T_{onset} e T_{endset} , respectivamente), a temperatura (T_f) e a entalpia (H_f) de fusão do material. Constatou-se que as amostras de PEAD reprocessado não apresentaram significativa alteração no seu ponto de fusão em comparação ao polímero virgem. Contudo, o início da degradação (T_{onset}) diminuiu de forma mais acentuada para o processamento na extrusora de duplarrosca. O decréscimo na temperatura inicial de degradação está associado à presença de cadeias poliméricas mais curtas. A variação observada no grau de cristalinidade calculado (X_c) mostrou aumento da cristalinidade nas duas condições de processamento após cinco ciclos de extrusão processamento, indicando que a reciclagem promoveu uma degradação onde predomina a degradação por cisão de cadeia.

Amostra	T _{onset} (°C)	T _{endset} (°C)	T _i (°C)	ΔH _i (J/g)	Xc (%)
PEAD-0	126	141	135	88,12	30
PEAD-1-M	128	139	133	78,98	27
PEAD-5-M	122	141	135	114,93	39
PEAD-1-D	123	143	136	132,13	45
PEAD-5-D	119	138	133	109,36	37

Tabela 2. Dados de DSC obtidos a partir do 1º ciclo de aquecimento

Os termogramas obtidos (Figura 4-a) mostram um comportamento semelhante ao encontrado na literatura para o PEAD (CANEVAROLO, 2003). As amostras (virgem e reprocessadas) apresentaram perda de massa inferior a 1% até próximo a 300 °C e, a partir dessa temperatura, observa-se uma diminuição acentuada de sua massa inicial até cerca de 480 °C. Nas curvas DTG para as amostras reprocessadas (Figura 4-b) observa-se a existência de dois picos, um menor e outro maior que indicam a ocorrência de reações de degradação de fragmentos menores simultaneamente com a reação principal. As temperaturas de máxima (T_{máx}) degradação ficaram próximas a 461 °C para o polímero virgem, 465 °C para a amostra processada na extrusora de duplarrosca (Processamento 2), e em torno de 456 °C para a amostra processada na extrusora de monorrosca (Processamento 1). Estes resultados apontam para um mecanismo de degradação predominante baseado na cisão de cadeia, corroborando com os estudos de Pinheiro et al. (2006), que concluíram ser este o mecanismo de degradação preferência de polietilenos obtidos a partir do catalisador Ziegler-Natta, como o caso do polímero em estudo.

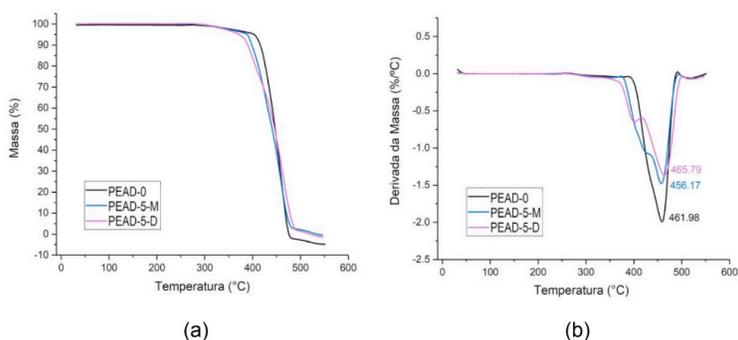


Figura 4. Curvas de (a) TG e (b) DTG para o PEAD virgem (PEAD-0) e após 5 ciclos de processamento em extrusora de monorrosca (PEAD-5-M) e de duplarrosca (PEAD-5-D)

Uma vez que o processamento é capaz de ocasionar variações estruturais

nos polímeros, a análise do efeito nas propriedades mecânicas torna-se essencial, em especial, quando o material é submetido a ciclos consecutivos de processamento, o que é muito comum na reciclagem primária.

Os resultados dos ensaios mecânicos são apresentados na Tabela 3. Um aumento na resistência mecânica foi observado para o PEAD processado na condição mais severa (Processamento 2), com base na tensão máxima (limite de resistência à tração). Nesta condição o polímero também apresentou um aumento sutil no módulo de elasticidade, o que caracteriza uma maior rigidez do polímero, e menor resistência ao impacto. Este comportamento pode ser explicado pelo aumento da cristalinidade e corrobora com o trabalho de Oblak et al. (2015), que também constataram um aumento de cristalinidade associado a um pequeno incremento no módulo de elasticidade nos primeiros ciclos de processamento. Estes resultados são um indicativo de que o mecanismo de cisão de cadeia prevalece sobre o de reticulação nos primeiros ciclos de reprocessamento de PEAD. Pelos valores apresentados na Tabela 3 é possível observar ainda que a variação de dureza superficial é muito pequena, pois o polímero virgem foi de aproximadamente 58, enquanto que o material processado ficou em torno de 62. Conforme a ASTM D2240, que classifica o PEAD, os valores encontrados na escala Shore D caracterizam os termoplásticos rígidos e estão de acordo com o que é esperado para o PEAD.

Amostra	Tensão Máxima (Mpa)	Tensão na Ruptura (Mpa)	Módulo de Elasticidade (Mpa)	Resistência ao Impacto (KJ/m ²)	Dureza (Shore D)
PEAD-0	22,43 ± 0,44	4,68 ± 2,30	456 ± 11,88	31,14 ± 1,50	58 ± 0,5
PEAD-1-M	23,00 ± 0,36	8,04 ± 0,75	478 ± 10,51	30,44 ± 2,13	62 ± 1,3
PEAD-5-M	22,66 ± 0,24	4,56 ± 1,90	438 ± 11,42	35,16 ± 2,14	61 ± 0,9
PEAD-1-D	24,13 ± 0,15	6,41 ± 2,21	469 ± 13,41	37,94 ± 8,29	62 ± 0,5
PEAD-5-D	24,87 ± 0,21	10,99 ± 1,97	502 ± 12,77	20,28 ± 17,58	62 ± 0,4

Tabela 3. Dados obtidos nos ensaios mecânicos

Como o polietileno é considerado um polímero muito estável, um número expressivo de ciclos de reprocessamento (mais de dez) deve ser realizado para resultar em alterações importantes das propriedades mecânicas, como resistência ao impacto. Oblak e colaboradores (2015) descobriram que a reciclagem mecânica causava evidente deterioração das propriedades mecânicas do PEAD somente após o 10º ciclo de reprocessamento. Eles também enfatizaram que mesmo após 100 ciclos de reciclagem do PEAD foi possível reter 80% de suas propriedades

mecânicas iniciais. Os resultados obtidos no presente estudo indicam que as alterações estruturais possivelmente ocorridas durante o processamento não alteraram significativamente as propriedades mecânicas do PEAD nas condições de processamento a que foi submetido, o que sugere que este polímero permanece com suas propriedades mecânicas conservadas após procedimentos de reciclagem.

4 | CONCLUSÕES

Os resultados mostraram que a degradação de um material polimérico depende das condições de processamento a que são submetidos. Extrusões sucessivas do PEAD ocasionaram alterações visuais (alteração da cor) e estruturais no polímero, ocorrendo de forma mais intensa conforme a severidade das condições de processamento. A degradação por cisão da cadeia polimérica mostrou ser o mecanismo predominante, repercutindo na diminuição da temperatura de fusão e no aumento do grau de cristalinidade do polímero.

Os processamentos sucessivos, em ambas as condições de processamento estudadas, não comprometeram apreciavelmente as propriedades mecânicas (dureza, resistência à tração e ao impacto) do PEAD, embora um pequeno aumento na rigidez dos polímeros tenha sido constatada em relação ao polímero virgem sob condições de processamento severo (Processamento 2).

AGRADECIMENTOS

Os autores são gratos ao CNPq, UFRGS, UCS, IFSul e BRASKEM pelo apoio dado a esta pesquisa.

REFERÊNCIAS

1. ANDERSON, T.; STÅLBOM, B.; WESSLÉN, B. Degradation of polyethylene during extrusion. II. Degradation of low-density polyethylene, linear low-density polyethylene, and high-density polyethylene in film extrusion. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 91, n. 5, p. 1525–1537, 2004.
2. CANEVAROLO, S. V. *Técnicas de Caracterização de Polímeros*. São Paulo: Artliber, 2003.
3. CANTO, E. L. **Plástico: bem supérfluo ou mal necessário**, Moderna, São Paulo, 1995.
4. COAQUIRA, C. A. **Grau de Cisão de Cadeia na Degradação Termomecânica de Polímeros sob Múltiplas Extrusões**. Dissertação de Mestrado. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2004.
5. CUADRI, A. A.; MARTIN-ALFONSO, J. E. The effect of thermal and thermo-oxidative degradation conditions on rheological, chemical and thermal properties of HDPE. **Polymer Degradation and Stability**, v. 141, P. 11-18, 2017.

6. DE PAOLI, M. A. **Degradação e Estabilização de Polímeros**. 2ª Ed., Artliber, 2009.
7. MENDES, A. A.; CUNHA, A. M.; BERNARDO, C. A. Study of degradation mechanisms of polyethylene during reprocessing. **Polymer Degradation and Stability**, v. 96, p. 1125-1133, 2011.
8. MORES, G. D. **Inovação e Sustentabilidade na Cadeia Produtiva do Plástico Verde**. Dissertação de Mestrado. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2013.
9. NARDI, D. T. **Estudo da Formação de Cor em Polímeros Irradiados com Feixe de Elétrons**. Dissertação de mestrado. São Paulo: IPEN/USP, 2004.
10. OBLAK, P.; GONZALEZ-GUTIERREZ, J.; ZUPANCIC, B.; AULOVA, A.. Processability and mechanical properties of extensive recycled high density polyethylene. **Polymer Degradation and Stability**, v. 114, p. 133-145, 2015.
11. PINHEIRO, L.; CHINELATTO, M.; CANEVAROLO, S. Evaluation of Philips and Ziegler-Natta high density polyethylene degradation during processing in an internal mixer using the chain scission and branching distributing function analysis. **Polymer Degradation and Stability**, v. 91, p. 2324-2332, 2006.
12. RABELLO, M. **Aditivção de Polímeros**. Artliber Editora, São Paulo, 2000.
13. RAUWENDAAL, C. **Polymer Extrusion**. 4ª Edição. Hanser Publishers, Munich, 2001.
14. SPINACÉ, M. A., DE PAOLI, M. A. A Tecnologia da Reciclagem de Polímeros. **Química Nova**, v. 28, p. 65-72, 2005.

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



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