

# CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS, EXATAS E DA TERRA E SEU ALTO GRAU DE APLICABILIDADE 2

AMÉRICO JUNIOR NUNES DA SILVA  
ANDRÉ RICARDO LUCAS VIEIRA  
(ORGANIZADORES)

 **Atena**  
Editora

Ano 2020

# CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS, EXATAS E DA TERRA E SEU ALTO GRAU DE APLICABILIDADE 2

AMÉRICO JUNIOR NUNES DA SILVA  
ANDRÉ RICARDO LUCAS VIEIRA  
(ORGANIZADORES)

 **Atena**  
Editora

Ano 2020

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

**Editora Chefe:** Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo

**Edição de Arte:** Lorena Prestes

**Revisão:** Os 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. 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.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

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

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

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

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador

Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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  
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. 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  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
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  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **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. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof<sup>a</sup> Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Prof<sup>a</sup> 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  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Prof<sup>a</sup> Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Prof<sup>a</sup> Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Prof<sup>a</sup> 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  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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  
Prof<sup>a</sup> Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof<sup>a</sup> Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
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 Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA  
 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. Me. 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. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
 Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
 Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
C569	<p>Ciências tecnológicas, exatas e da terra e seu alto grau de aplicabilidade 2 [recurso eletrônico] / Organizadores Américo Junior Nunes da Silva, André Ricardo Lucas Vieira. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.</p> <p>Formato: PDF            Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader            Modo de acesso: World Wide Web            Inclui bibliografia            ISBN 978-65-5706-177-0            DOI 10.22533/at.ed.770201407</p> <p>1. Ciências agrárias. 2. Ciências exatas. 3. Tecnologia. I. Silva, Américo Junior Nunes da. II. Vieira, André Ricardo Lucas            CDD 500</p>
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
 contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

O desenvolvimento da ciência e da tecnologia tem acarretado diversas transformações na sociedade contemporânea, refletindo em mudanças nos níveis econômico, político e social. É comum considerarmos ciência e tecnologia motores do progresso que proporcionam não só desenvolvimento do saber humano, mas, também, uma evolução real para o homem.

Sendo assim, precisamos de uma imagem de ciência e tecnologia que possa trazer à tona a dimensão social do desenvolvimento científico–tecnológico, entendido como produto resultante de fatores culturais, políticos e econômicos. Seu contexto histórico deve ser analisado e considerado como uma realidade cultural que contribui de forma decisiva para mudanças sociais, cujas manifestações se expressam na relação do homem consigo mesmo e os outros.

Hoje, estamos vivendo um período, por conta do contexto da Pandemia provocada pelo Novo Coronavírus, onde os olhares se voltam a Ciência e a Tecnologia. Antes de tudo isso acontecer os conhecimentos produzidos em espaços acadêmicos, centros de pesquisa e laboratórios, por exemplo, tem buscado resposta para problemas cotidianos, em busca de melhorar a vida da população de uma forma geral.

É nesse ínterim que este livro, intitulado “Ciências Tecnológicas, Exatas e da Terra e seu Alto Grau de Aplicabilidade”, em seu segundo volume, reúne trabalhos de pesquisa e experiências em diversos espaços, como a escola, por exemplo, com o intuito de promover um amplo debate acerca das diversas áreas que o compõe.

Por fim, ao levar em consideração todos esses elementos, a importância desta obra, que aborda de forma interdisciplinar pesquisas, relatos de casos e/ou revisões, reflete-se nas evidências que emergem de suas páginas através de diversos temas evidenciando-se não apenas bases teóricas, mas a aplicação prática dessas pesquisas.

Nesse sentido, desejamos uma boa leitura a todos e a todas.

Américo Junior Nunes da Silva

André Ricardo Lucas Vieira

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
SERIAM AS FORÇAS FUNDAMENTAIS A ORIGEM DA BIOQUIRALIDADE MOLECULAR?	
Alana Carolina Lima dos Santos Celio Rodrigues Muniz Leonardo Tavares de Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7702014071</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>18</b>
MODELAGEM DAS EQUAÇÕES DO PÊNDULO SIMPLES ATRAVÉS DO SOFTWARE MODELLUS	
Gabriel Freitas Cesarino dos Santos José Hugo de Aguiar Sousa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7702014072</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>25</b>
ABORDAGEM TERMODINÂMICA DA REAÇÃO DE GASEIFICAÇÃO COM ÁGUA SUPERCRÍTICA DO GLICEROL UTILIZANDO SUPERFÍCIES DE RESPOSTA	
Jules Mitoura dos Santos Junior Annamaria Doria Souza Vidotti Reginaldo Guirardello Antônio Carlos Daltro de Freitas	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7702014073</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>39</b>
PRODUÇÃO E FÍSICO-QUÍMICA DE AGUARDENTE DE MANDIOCA (TIQUIRA) POR VIA ENZIMÁTICA	
Thercia Gabrielle Teixeira Martins Gustavo Oliveira Everton Paulo Victor Serra Rosa Rafael Gustavo de Oliveira Carvalho Júnior Danielly Fonseca Dorileia Pereira do Nascimento Hildelene Amélia de Araújo Dantas Laiane Araújo da Silva Souto Victor Elias Mouchrek Filho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7702014074</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>46</b>
ESTUDO DA CAPACIDADE ADSORVENTE DO GENGIBRE ( <i>Zingiber officinale</i> Roscoe) NO TRATAMENTO DE EFLUENTES DA INDÚSTRIA TÊXTIL	
Ana Carolina da Silva Renata Nazaré Vilas Bôas Marcos Antonio da Silva Costa Marisa Fernandes Mendes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7702014075</b>	



**CAPÍTULO 6 ..... 58**

AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIACETILCOLINESTERASE E TOXICIDADE FRENTE À ARTEMIA SALINA DO EXTRATO ETANÓLICO DAS FOLHAS DA *MOMORDICA CHARANTIA L.*

Milena Lira Furtado  
Sônia Maria Costa Siqueira  
Antônia Fádia Valentim de Amorim  
Selene Maia de Moraes  
Jane Eire Silva Alencar de Menezes  
Nádia Aguiar Portela Pinheiro  
Otilia Alves de Alcântara  
Luan Rodrigues Olinda Mendonça  
Renato Almeida Montes  
Artur Moura Fernandes

**DOI 10.22533/at.ed.7702014076**

**CAPÍTULO 7 ..... 64**

CORRELAÇÃO PARA ESTIMATIVA DA TEMPERATURA NORMAL DE EBULIÇÃO DE SUBSTÂNCIAS GRAXAS

Pedro Mendes Corrêa Daud  
Marina Curi Schabbach  
Joaquín Ariel Morón-Villarreyes  
Filipe Velho Costa

**DOI 10.22533/at.ed.7702014077**

**CAPÍTULO 8 ..... 73**

TINGIMENTO DE TECIDOS DE ALGGODÃO E VISCOSE COM CORANTE ANÁLOGO DO FENOL

Katiany do Vale Abreu  
Stéphany Swellen Vasconcelos Maia  
Maria Roniele Felix Oliveira  
Ana Luiza Beserra da Silva  
Sara Natasha Luna de Lima  
Maria Tais Da Silva Sousa  
Carlucio Roberto Alves

**DOI 10.22533/at.ed.7702014078**

**CAPÍTULO 9 ..... 79**

PROPOSTA DE RETOMADA E EXPANSÃO PARA UMA MINA DE CALCÁRIO UTILIZANDO EQUIPAMENTO LASER SCANNER TERRESTRE

Tatiane Fortes Pereira  
Luciana Arnt Abichequer  
Luis Eduardo de Souza

**DOI 10.22533/at.ed.7702014079**

**CAPÍTULO 10 ..... 91**

DETERMINAÇÃO DOS LIMITES DE INFLAMABILIDADE DE HIDROCARBONETOS POR MEIO DO CÁLCULO DO EQUILÍBRIO QUÍMICO

Jéssica Ribeiro Galdini  
Luciana Yumi Akisawa Silva

**DOI 10.22533/at.ed.77020140710**

<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>100</b>
ANÁLISE DO DESEMPENHO DO CICLO DE REFRIGERAÇÃO POR ABSORÇÃO UTILIZANDO ALCANOS	
Gabriela Azevedo de Moraes Matheus Ivan Hummel Silva Luciana Yumi Akisawa Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.77020140711</b>	
<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>110</b>
POLIURETANA À BASE DE ÓLEO VEGETAL COM APLICAÇÃO EM REPOSIÇÃO ÓSSEA	
Amanda Furtado Luna Fernando da Silva Reis José Milton Elias de Matos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.77020140712</b>	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>123</b>
PRODUÇÃO DE CARVÃO ATIVADO A PARTIR DA CASCA DE SEMENTES DE PINHÃO da <i>Araucária angustifolia</i>	
Alessandra Stevanato Elizabeth Mello Nebes Murari Elizabeth Mie Hashimoto Cristiana da Silva Délia do Carmo Vieira Janksyn Bertozzi	
<b>DOI 10.22533/at.ed.77020140713</b>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>141</b>
NÚCLEO ATÔMICO E A ENERGIA NUCLEAR: O USO DOS RADIOISÓTOPOS NA MEDICINA	
Gilvana Pereira Siqueira José Antônio de Oliveira Junior	
<b>DOI 10.22533/at.ed.77020140714</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>148</b>
CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA, TOXICIDADE E POTENCIAL MOLUSCICIDA DOS ÓLEO ESSENCIAL DE <i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	
Gustavo Oliveira Everton Paulo Victor Serra Rosa Ana Patrícia Matos Pereira Danielly Fonseca Fernanda Manuela Regina do Lago Valle Lauriane dos Santos Souza Hildelene Amélia de Araújo Dantas Laiane Araújo da Silva Souto Victor Elias Mouchrek Filho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.77020140715</b>	

<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>159</b>
ATIVIDADE LARVICIDA E TOXICIDADE DO ÓLEO ESSENCIAL DE <i>Cinnamomum zeylanicum</i> Blume frente ao <i>Aedes aegypti</i>	
Ana Beatriz da Silva dos Santos	
Gustavo Oliveira Everton	
Paulo Victor Serra Rosa	
Ana Patrícia Matos Pereira	
Jean Carlos Rodrigues da Cunha	
Fernanda Manuela Regina do Lago Valle	
Laiane Araújo da Silva Souto	
Victor Elias Mouchrek Filho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.77020140716</b>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>169</b>
CARACTERIZAÇÃO ELÉTRICA DE UM SENSOR DE PH USANDO UM TRANSISTOR DE EFEITO DE CAMPO COM GATE ESTENDIDO	
Ernando Silva Ferreira	
William Max dos Santos Silva Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.77020140717</b>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>176</b>
OFICINA PEDAGÓGICA DE ELETROQUÍMICA: COMPREENDENDO CONCEITOS ABSTRATOS ATRAVÉS DA PRÁTICA	
João Pedro de Carvalho Silva	
Gilvana Pereira Siqueira	
Rafael Wendel Rodrigues Santana	
Matheus Barros Garcez	
<b>DOI 10.22533/at.ed.77020140718</b>	
<b>SOBRE OS ORGANIZADORES</b> .....	<b>183</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>184</b>

## POLIURETANA À BASE DE ÓLEO VEGETAL COM APLICAÇÃO EM REPOSIÇÃO ÓSSEA

*Data de aceite: 01/07/2020*

### **Amanda Furtado Luna**

Doutoranda em química. Universidade Federal do Piauí – Teresina/PI- Brasil  
amandalunaufpi@gmail.com

### **Fernando da Silva Reis**

Doutorando em química. Universidade Federal do Piauí – Teresina/PI- Brasil  
fsreisquimico@hotmail.com

### **José Milton Elias de Matos**

Doutor em química. Universidade Federal do Piauí – Teresina/PI- Brasil  
jmematos@ufpi.edu.br

**RESUMO:** O tópico deste capítulo certamente exigiria uma enciclopédia inteira para retratar todos os seus detalhes. Portanto, uma seleção de apenas alguns aspectos foi feita e um resumo das características mais relevante é proposto. Os materiais relacionados às poliuretanas à base de óleos vegetais serão considerados neste capítulo. O capítulo está organizado da seguinte maneira. Após uma breve introdução sobre óleos vegetais e a produção de polióis a partir deles para posterior produção de encontram-se resumidos. A necessidade de funcionalização e os tipos são então discutidos, sucedidos das aplicações biomédicas deste material.

Finalmente, é apresentado um método inovador da produção de poliuretanos à base de óleo vegetal sem a obrigatoriedade de funcionalizá-lo, a partir da produção de monoacilglicerol por transformação química, desenvolvida pelos autores e discutida alguns resultados obtidos na composição da poliuretana.

**PALAVRAS-CHAVE:** Óleo vegetal, poliuretana, reposição óssea.

**ABSTRACT:** The topic of this chapter would certainly require an entire encyclopedia to portray all of its details. Therefore, a selection of only a few aspects was made and a summary of the most relevant characteristics is proposed. Materials related to polyurethanes based on vegetable oils will be considered in this chapter. The chapter is organized as follows. After a brief introduction about vegetable oils and the production of polyols from them for later production, they are summarized. The need for functionalization and types are then discussed, followed by the biomedical applications of this material. Finally, an innovative method for the production of polyurethanes based on vegetable oil is presented without the obligation to functionalize it, based on the production of monoacylglycerol by chemical transformation, developed by the authors and discussing some

results obtained in the composition of the polyurethane.

**KEYWORDS:** Vegetable oil, polyurethane, bone replacement.

## INTRODUÇÃO

A substituição de poliuretanos tradicionais, à base de solvente de matéria - prima fóssil, por de base biológica (polímeros biológicos) foi um crescente avanço para reduzir a dependência de hidrocarbonetos à base de petróleo e a ameaça à saúde por emissão de compostos orgânicos voláteis (DUMONT, *et al*, 2013; LIANG, *et al.*2018).

Os óleos vegetais apresentam-se como um dos recursos biológicos utilizado como uma alternativa renovável e sustentável para a substituição potencial de recursos fósseis, além de ser uma alternativa de combustível menos poluente (MAISONNEUVE, *et al*, 2016). Eles são mais vantajosos que outros materiais bio-renováveis, como a celulose, proteína, lignina, amido e açúcar, devido a fácil disponibilidade, renovação anual, elevado grau de pureza, biodegradabilidade inerente, baixa toxicidade e biodegradabilidade (RAYCHURA, *et al.*, 2018; PFISTER, *et al.*,2011).

A obtenção dos óleos podem ser feita pelo processo de prensagem a frio de sementes ou extração com n – hexano (PACIOREK-SADOWSKA , *et al.*, 2018), podendo ser exemplificado os óleos de soja, bacuri, pequi ,babaçu, buriti, palma, amendoim, castor, milho, linhaça, oliva, colza, girassol, canola, coco, algodão, etc (KOOLEN, *et al.*, 2013; ZHANG, *et al.*, 2017).

Esses óleos vegetais são constituídos por triacilglicérideos, produto da esterificação do glicerol com três ácidos graxos de cadeia longa de diferentes composições. Os ácidos graxos mais comuns encontrados em óleos vegetais são: caprílico (C<sub>8</sub>H<sub>16</sub>O<sub>2</sub>), palmítico (C16:0), esteárico (C18:0), oleico (C18:1) linoleico (C18:2), linolênico (C18:3) e ricinoléico (C18:1OH) (ZHANG, *et al.*, 2017). Geralmente, contêm entre 12 a 22 átomos de carbono e 0 a 3 ligações duplas carbono-carbono, tais composições resultam em diferentes propriedades físicas e químicas, as quais são dependentes do comprimento da cadeia e do número de ligações duplas dos ácidos graxos (ZHANG, *et al.*, 2014), que variam de acordo com o estado físico e a composição do óleo, pois há influência da área geográfica, do tipo de semente, das condições climáticas e do tipo de solo (PETROVIĆ, 2008).

Neste contexto, abordaremos a os óleos vegetais como uma fonte de matéria-prima renovável para a obtenção do material de partida na síntese de polímeros, como os polióis, que são iniciadores essenciais para a síntese de polímeros industrialmente importantes, como os poliuretanos.

## ÓLEOS VEGETAIS

Fontes sustentáveis de óleos vegetais estão disponíveis em todo o mundo, podendo ser extraído em quase todas as plantas, principalmente pelas sementes (WOOL, *et al.*, 2002). Os óleos mais relatados na literatura são os de soja, palma e colza, devido ao seu volume de produção global e os mais econômicos para utilização em larga escala em produtos comerciais (PETROVIĆ, 2008).

O óleo vegetal é uma fonte de matéria-prima alternativa abundante, renovável e amplamente investigada para materiais poliméricos. Apresentam como principal constituinte o triacilglicerídeo, representado na Figura 1, que são ésteres formados por glicerol e diferentes ácidos graxos (ZHANG, *et al.*, 2017).

As estruturas dos ácidos graxos mais comuns encontrados nos óleos vegetais contém de 8 a 24 átomos de carbono e entre 0 e 7 ligações duplas de carbono-carbono, dependendo do tipo de planta e das condições climáticas de crescimento (BELGACEM & GANDINI, 2008; PFISTER, *et al.*, 2011), elas estão localizadas entre o 9º e o 16º átomo de carbono. A composição de ácidos graxos presentes e o seu comprimento na cadeia, a estereoquímica das ligações duplas e o grau de insaturação especificam o tipo de óleo vegetal (ALAM & CHISHOLM, 2011).

O número de ligações duplas é descrito na própria nomenclatura (C x:y), ou seja, x representa o número de átomos de carbono presentes na cadeia e y o número de ligações duplas carbono-carbono (VARATHARAJAN & CHERALATHAN, 2012) podemos representá-los com os seguintes exemplos de ácidos graxos: ácido oléico (C18:1), ácido linoléico (C18:2) ácido linolênico (C18:3) (WILLIAMS, HILLMYER, 2008; (QUIRINO, *et al.*, 2014). A insaturação é quantificada a partir dos valores de iodo (VI), é um método que verifica a quantidade de iodo absorvido por grama de amostra. Quanto maior a quantidade de iodo, maior o número de insaturação (ABDELMALIK, *et al.*, 2011).

A presença de ligações duplas entre carbono indica a reatividade dessas espécies, se elas não forem conjugadas são menos reativas, pois os radicais estarão presos pelo hidrogênio alil localizados no grupo metil entre as ligações duplas (PETROVIĆ, 2008). Entretanto, em determinados óleos há a presença de ligações duplas conjugadas, as quais apresentam alta atividade de polimerização, como o ácido  $\alpha$ -eleostárico, principal ácido graxo do óleo tung (JOHNSON & AYORINDE, 2011).

Os ácidos graxos podem apresentar outras composições, como a presença de grupos éster, hidroxila ou epóxi indicando locais altamente reativos (MEIER, *et al.*, 2007; GUNER, *et al.*, 2006; LLIGADAS, ET AL., 2010; ZLATANIC, *et al.*, 2004).

Oferecendo diferentes propriedades físicas e químicas e funcionalidades distintas tanto no óleo quanto na produção de materiais poliméricos (CAYLI & KUSEFOG, 2010). Por exemplo, o ácido ricinoléico possui um grupo hidroxila e é o ácido graxo mais abundante no óleo de mamona (MUTLU & MEIER, 2010); o ácido vernólico tem um grupo epóxi e é

rico em óleo de vernonia (JOHNSON & AYORINDE, 2011).

## POLÍMEROS DE BASE DE ÓLEO VEGETAL (PSBOV)

É importante iniciar o tópico diferenciando dois termos: polímeros de base biológica e biopolímeros. O primeiro diz respeito a qualquer polímero derivado de organismos vivos, como plantas, árvores e algas e o segundo a qualquer polímero aplicável a biomateriais (RAGAUSKAS, *et al.*, 2006), são termos que costumam ser confundidos. O enfoque será dado aos polímeros que apresentam como base biológica os óleos vegetais.

Devido à sua disponibilidade universal, biodegradabilidade inerente e baixo preço, os óleos vegetais tornaram-se uma área de grande interesse para a pesquisa acadêmica e industrial como produtos químicos de plataforma para materiais poliméricos (MIAO, *et al.*, 2014)

E isso tem despertando grandes esforços para o desenvolvimento de tecnologias que possam transformar triacilglicerídeos em novos monômeros e polímeros com propriedades comparáveis ou superiores as de seus equivalentes químicos base de petróleo (GUO, *et al.*, 2000; HUSIC, *et al.*, 2005), como é o caso de polímeros hidrofóbicos, que complementam bem outros bio-recursos, como carboidratos e proteínas que são naturalmente hidrofílicos ou polímeros de alto desempenho são preparados por reticulação desses bio-monômeros e incorporação de componentes rígidos em cadeias poliméricas (MIAO, *et al.*, 2014).

A maioria dos óleos vegetais exige modificações antes do uso como monômeros valiosos para a síntese de polímeros, o que pode ser alcançado através da modificação química dos locais reativos de ocorrência natural encontrados nos triglicerídeos (*por exemplo*, grupos éster e ligações duplas carbono-carbono) (PETROVIĆ, 2008; (MOSIEWICKI & ARANGUREN, 2013; DESROCHES, *et al.*, 2012).

As propriedades do polímero final sofrem grandes influências do peso molecular do poliálcool utilizado para sua obtenção, do ponto de vista estrutural molecular em dois grupos os polióis podem ser divididos: os de baixos pesos moleculares unitários e concretos, como: etilenoglicol, propilenoglicol, neopentilglicol e glicerol. O outro grupo com polióis de baixo peso molecular (oligômeros com um peso molecular máximo de 10.000 Da) com grupos hidroxila terminais caracterizados por um peso molecular médio (GUO, *et al.*, 1999).

Normalmente, os polióis com grupos OH secundários são mais apropriados para produção de espumas flexíveis e elastômeros possuem cadeia longas com peso molecular entre 1000 e 6000 e baixa funcionalidade entre 1,8 e 3,0, já os com grupos OH primários, polióis de cadeia curta (250<1000) e alta funcionalidade (3 a 12) produzem cadeias rígidas com alto teor de ligações cruzadas (PETROVIĆ, 2008), além de serem mais reativos com o isocianato, o que os torna mais aptos para formulações rígidas de espuma de poliuretano (KIRPLUKS, *et al.*, 2018).



A seção a seguir apresentará diferentes polímeros derivados de óleos vegetais ou monômeros à base de óleo vegetal.

## POLIURETANO

Os poliuretanos (PUs) são uma das classes de polímeros amplamente empregados em aplicações de revestimentos, adesivos, espumas, elastômeros, e na área da saúde, como dispositivos biomédicos (LLIGADAS, ET AL., 2010; . (De ESPINOSA & MEIER, 2011; DESROCHES, *et al.*, 2012).

Eles são obtidos a partir da reação de (poli)adição de (poli)-isocianato (geralmente um di-isocianato) e polióis, como ilustrado na Figura 1. As características das PUs dependem do tipo de poliól e isocianato utilizado, por exemplo, PUs com segmentos flexíveis são resultantes de poliól amorfo, enquanto que PUs com segmentos duros, dotado de resistência mecânica é resultado da utilização de isocianatos cíclicos (ZHANG, *et al.*, 2017). Essas estruturas de domínio segmentado fornecem uma combinação equilibrada de propriedades e desempenho para as PUs, incluindo elasticidade, resistência mecânica, resistência e degradação (DATTA & GLOWINSKA, 2014).

A depender do tipo de aplicação específica do material as estruturas dos polímeros resultantes podem ser adaptadas selecionando componentes de reação apropriados em proporções adequadas, como exemplo, a utilização de extensores de cadeia usados para aumentar o peso molecular (ZHANG, *et al.*, 2017).

Apenas alguns poliisocianatos estão disponíveis comercialmente, como o HDI; MDI; 2,4TDI; 2,6 TDI, etc (CHATTOPADHYAY & WEBSTER, 2009), enquanto uma variedade de polióis está disponível. Portanto, a escolha do poliól geralmente determina as propriedades da PU criada (ZHANG, *et al.*, 2013). Os polióis podem ser obtidos tanto de fonte sintética (poliéster ou poliéter-poliol) quanto de fonte natural (óleo de mamona) (HUSIC, *et al.*, 2005; ABDELMALIK, *et al.*, 2011; LIANG, *et al.* 2018).

Dentre os polióis existente direcionaremos neste tópico aos que são produzidos a partir de óleos vegetais, assunto supracitado neste capítulo. Como mencionado anteriormente, de todos os óleos vegetais comuns, apenas o óleo de mamona contém naturalmente grupos hidroxila, o que o torna adequado para a produção de PUs.

No entanto, os demais óleos vegetais apresentam locais reativos (geralmente ligações duplas de carbono e éster) presentes nos triglicerídeos, fornecendo uma plataforma apropriada para introduzir grupos OH reativos nas cadeias acila, formando monômeros a partir de matérias-primas naturais e biodisponíveis (PFISTER, *et al.*, 2011; (LLIGADAS, ET AL., 2010). As principais reações para a obtenção desses polióis a partir de óleos vegetais serão descritas, com maior detalhes no tópico a seguir.



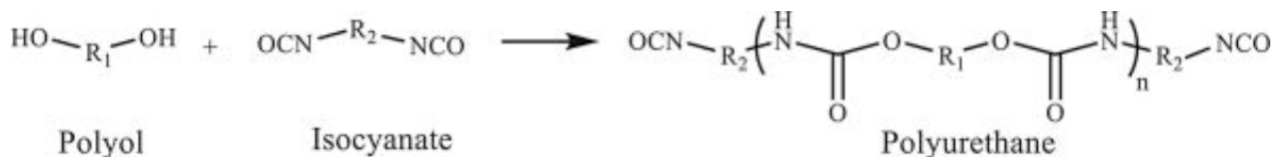


Figura 1. Reação típica entre polióis e isocianatos durante a síntese de poliuretano.

## ROTAS SINTÉTICAS PARA A PRODUÇÃO DE POLIÓIS NATURAIS

Os polióis à base de óleo vegetal têm sido solução inovadora e tem despertado um interesse significativo em todo o mundo porque são candidatos promissores a monômeros verdes para sintetizar poliuretanos (PUs), no entanto, é necessário que as moléculas do óleo vegetal sejam modificadas quimicamente para obter grupos hidroxilas (SHARMA & KUNDU, 2008).

Plantas como a mamona (família Euforbiáceas) e lesquerella (família Brassicaceae) que apresentam grupos hidroxilas na sua estrutura, além da vernonia (família Asteraceae) que possui grupo epóxis são usadas diretamente na polimerização, apesar disso, suas aplicações são limitadas devido à baixa funcionalidade (quantidade de hidroxilas) do óleo (MIAO, *et al.*, 2013; GU & YAG, 2006). Portanto, boa parte dos óleos vegetais requer modificação química dos sítios reativos naturais, antes de serem usados como monômeros para a síntese de polímeros.

As transformações químicas ocorrem nos grupos éster e nas ligações duplas carbono-carbono (PETROVIĆ, 2008; DESROCHES, *et al.*, 2012; (MOSIEWICKI & ARANGUREN, 2013). Na estrutura da maioria dos óleos vegetais as ligações duplas carbono-carbono estão localizadas entre o nono e o décimo sexto átomo de carbono e não conjugada, que demonstra apresentar baixa reatividade para serem polimerizadas diretamente por radicais, isso ocorre devido à presença de hidrogênios alílicos, que são boas armadilhas radicalares (OYMAN, *et al.*, 2005). Os principais processos químicos podem ser classificados como: epoxidação, hidroformilação, ozonólise, fotoquímica tio-enol e transesterificação (RAYCHURA, *et al.*, 2018; CHEN, *et al.*, 2018).

### Epoxidação

A funcionalização dos ácidos graxos insaturados para a síntese de polióis de base biológica pode ser realizada com a abertura do anel epóxi com diferentes agentes químicos, tais como gás hidrogênio, ácidos orgânicos, aminas, haloácidos ou alcoóis. A natureza do reagente utilizado para a abertura do anel de epóxidos influencia nas propriedades do polioliol ((KIRPLUKS, *et al.*, 2018; CHEN, *et al.*, 2018; ZHANG, *et al.*, 2015).

### Hidroformilação dos óleos vegetais

A hidroformilação pode ser aplicada com sucesso a óleos vegetais insaturados.

Consiste na adição de um grupo formilo uma ligação dupla usando gás de síntese, primeiramente, convertidas em aldeídos na presença de catalisadores, como ródio ou cobalto (VANBESIEN, *et al.*, 2013; GU, *et al.*, 2002)

### *Ozonólise*

Polióis com funcionalidade primária de álcool terminal podem ser obtidos a partir ácidos graxos insaturados a partir da reação de ozonólise e hidrogenação (YUE & NARINE, 2007). A ozonólise é um tipo de reação eficiente para a oxidação de um composto insaturado com clivagem oxidativa de ligações duplas. Ela ocorre entre um alceno e um ozônio (O<sub>3</sub>), como agente oxidante. A seguir ocorre a sua hidrólise ao reagir com a água (H<sub>2</sub>O) em presença de zinco (Zn) como catalisadores, formando aldeídos, seguida de hidrogenação para formar álcoois primários (DUMONT, *et al.*, 2013).

### *Reação fotoquímica tio-enol*

Obtenção de polioliol a partir do óleo de rícino, por exemplo, é realizada na presença de um fotoiniciador, principalmente, o 2-hidroxi-2-metilpropiofenona, que inicialmente é decomposto pela luz UV em dois radicais livres. Eles ligam-se aos grupos tiol para formar radicais tiliicos. O processo se repete com grupos tiol formando um novo radical tilla, dando sequência a reação em cadeia radical. A formação do polioliol ocorre com a adição 2-mercaptoetanol às ligações duplas do óleo (ALAGI, P. *et al.* 2018).

### *Transesterificação*

Outra abordagem para obter polióis a partir de óleos naturais é realizar a transesterificação das ligações éster de triglicerídeos de ácidos graxos usando diferentes álcoois polifuncionais (KIRPLUKS, *et al.*, 2018). Os poliois de base biológica podem ser sintetizados a partir de óleo vegetal com dietanolamina (DEA), trietanolamina (TEA) e glicerol (GL) em diferentes propores molares na presença de acetato de zinco como catalisador (STIRNA, *et al.*, 2012).

Além da produção de polióis naturais, também é possível a síntese de isocianatos. No entanto, a síntese de multi-isocianatos gera preocupações à saúde devido à química do isocianato. O método mais utilizado industrialmente é a reação utilizando fosgênio gasoso (altamente tóxico), em que são utilizadas aminas ou seus sais correspondentes (MIAO, *et al.*, 2014).

## **BIOMATERIAIS**

Encontrar um material que se assemelhe ao tecido vivo, de maneira que o organismo possa reconhecê-lo como parte de sua estrutura e não como um agressor ao seu meio, revela um constante desafio no estudo de biomateriais.

Os biomateriais podem ser provenientes da natureza ou de laboratório a partir de vários métodos químicos (MOHANTY, *et al.*, 2002; GANDINI, 2008). Neste último caso, há uma atenção especial às investigações da produção desses materiais a partir de polímeros à base de óleo vegetal (PBOV), utilizando, por exemplo, óleos de linhaça, soja, buriti, peixe, etc (LLIGADAS, ET AL., 2010; MIAO, *et al.*, 2014; GUO, *et al.*, 2011).

Materiais compósitos de alto desempenho também são inseridos no contexto de utilização de matrizes de biopolímeros melhoradas com cargas orgânicas e inorgânicas (partículas, fibras, etc) de fontes sintéticas ou naturais. Eles podem ser planejados para apresentarem propriedades multifuncionais, como por exemplo, propriedades dielétricas ou antibacterianas (QUIRINO, *et al.*, 2014; BELGACEM & GANDINI, 2008) ao quais podem ser utilizados em sensores, retardantes de chamas, carreador de fármacos, que utilizam polímeros de base biológica (ZHANG, *et al.*, 2017).

Dentre os biomateriais utilizados na medicina destacam-se os dispositivos médicos desenvolvidos a partir de poliuretanas, devido a sua biocompatibilidade, propriedades mecânicas e propriedades versáteis. Neste contexto, será elucidado o trabalho de pesquisa do próprio autor, como forma de exemplificação de uma aplicação na área de reposição óssea, utilizando o óleo de buriti (*Mauritia flexuosa*) como uma matéria-prima promissora para produção de polímeros verdes devido à sua natureza multifuncional e as cadeias longas dos ácidos graxos, alta concentração de ácido graxos monoinsaturado (ácido oleico), tocoferóis e carotenos (OYMAN, *et al.*, 2005; KIRPLUKS, *et al.*, 20018)

O método de síntese utilizado foi a glicerólise, para a produção de monoacilglicerídeo de base biológica (derivado do óleo de buriti), sob baixas condições de temperatura, visando manter as propriedades bioativas do óleo. Para a produção da poliuretana foi utilizado como isocianato o hexametileno diisocianato (HDI). Algumas técnicas de caracterizações de materiais foram utilizadas para confirmação desses produtos, são elas: espectroscopia de ressonância magnética nuclear (RMN  $^1\text{H}$  e  $^{13}\text{C}$ ) e espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR).

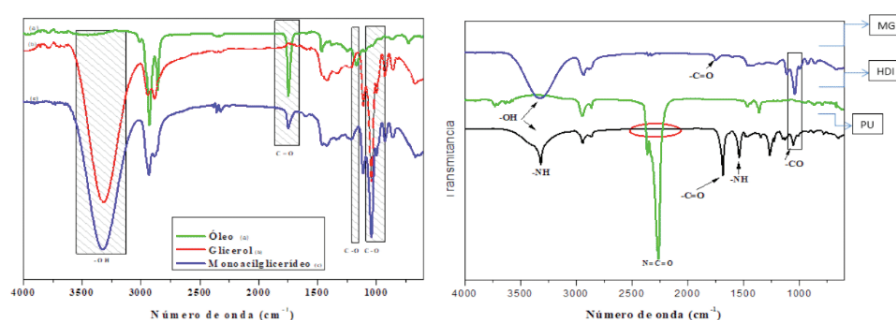
A Figura 2a mostra o espectro FTIR que revela a formação do poliálcool do óleo de buriti e da poliuretana do óleo de buriti (PU-OB), Figura 2b, a partir de vibrações características de cada molécula. O monoglicerídeo mostrou-se reativo com o hexametileno di-isocianato, já que o espectro FTIR não apresentou grupos isocianatos livres e identificou-se a presença de grupos  $-\text{C}=\text{O}$  de grupos uretanos.

Baseado nessas informações e com propósitos de amenizar as limitações nas correções ou tratamentos defeitos ósseos, a pesquisa desenvolvida na Universidade Federal do Piauí (UFPI) visou um PU a partir do óleo de buriti para aplicações na reposição óssea. Para isso foi necessário realizar um defeito ósseo em ratos e preenchido o local com PU-OB e após 120 dias da eutanásia dos ratos o estudo histológico foi feito, mostrando excelentes propriedades osteoindutoras.

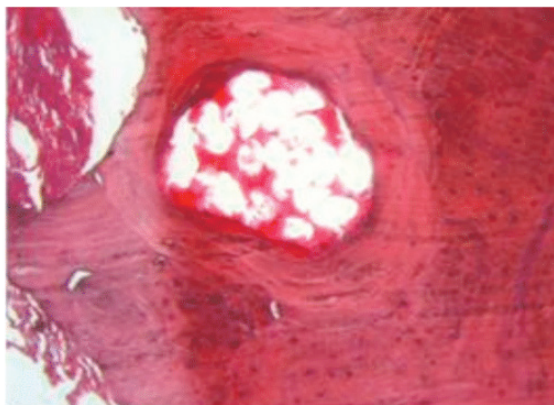
Atualmente, em clínicas de terapia restauradora para a regeneração óssea utilizam-

se ossos autólogos, aloenxertos, osso heterólogo desmineralizado ou substitutos ósseos (ALAGI, *et al.*,2018). Embora esses procedimentos clínicos sejam os mais comuns ainda apresentam inúmeras desvantagens, como o aumento do tempo de cirurgia, a dor no local doado, a colheita óssea é traumática e, muitas vezes, resulta em complicações além de provocar novas fraturas. Portanto, uma reconstrução de defeito ósseo pode se beneficiar enormemente de fontes alternativas.

A partir das caracterizações da PU o material foi submetido a teste *in vivo* em ratos (*Rattus norvegicus*) adultos machos, com 3 a 4 meses de idade, ao final do período experimental (120 dias do ato cirúrgico) os cortes histológicos foram examinados. A Fotomicrografia de defeito ósseo realizado em calvária de rato (Figura 3), preenchido com polímero de buriti, mostrando presença de tecido conjuntivo circundando as partículas do polímero e quantidade considerável de osso neoformado, projetando-se para região central mostrando um tecido conjuntivo rico em fibroblastos e partículas de polímero de buriti. Suas características, apresentava-se ora denso, ora frouxo, porém bem organizado e com presença de matriz osteóide e osteoblastos, sem presença de células inflamatórias em nenhuma das espécimes. Observando os cortes longitudinais, observa-se os defeitos preenchidos por tecido ósseo neoformado permeado por partículas de polímero de buriti, algumas bem delimitadas e circundadas por osteoblastos (Figura 3). A presença de tecido ósseo lamelar é evidente no contorno dos defeitos caracterizando neoformação óssea. Com base em nossa pesquisa, previmos que o PU a partir óleo e uma fonte promissora na aplicação com repositor ósseo.



**Figura 1:** (a) Espectro de FT-IR da formação do poliálcool do óleo de buriti. (b) Espectro de FT-IR da poliuretana a partir do óleo do buriti.



**Figura 2:** Fotomicrografia de defeito ósseo realizado em calvária de rato

## CONCLUSÃO

Os polímeros à base de óleo vegetal são alternativas atraentes aos polímeros à base de petroquímicos, pois se trata de uma matéria-prima bastante versátil. No entanto, o grande desafio é produzir um polímero à base de óleo vegetal que tenha propriedades iguais ou superiores aos obtidos a partir de petróleo convencionais. A partir da utilização de óleos vegetais na produção de poliuretanas, classe de polímeros que apresentam diferentes estruturas, exibem diferentes características a depender das condições associadas à sua formação, sendo utilizadas em vários contextos industriais, como por exemplo, termoplásticos lineares e termofixos reticulados. Muitos deles são utilizados como biomateriais devido apresentarem propriedades funcionais. Quando aplicados como biomateriais apresentam excelente biocompatibilidade, como destacado neste capítulo. Em síntese, as perspectivas para poliuretanas à base de óleo vegetal continuam promissoras, dadas as necessidades de uma fonte alternativa aos polímeros à base de petróleo a longo prazo.

## REFERÊNCIAS

- ABDELMALIK AA, FOTHERGILL JC, DODD SJ, ABBOTT AP, HARRIS RC. Effect of sidechains on the dielectric properties of alkyl esters derived from palm kerneloil. In: 2011 IEEE International Conference on Dielectric Liquids. 2011, 4 pp.,<http://hdl.handle.net/2381/10332> [accessed Aug 2016].
- ALAGI, P. *et al.* Functional soybean oil-based polyols as sustainable feedstocks for polyurethane coatings. *Ind. Crops Prod.* **113**, 249–258 (2018).
- ALAM S, CHISHOLM BJ. Coatings derived from novel, soybean oil-based polymers produced using carbocationic polymerization. *J Coat Technol Res*, 2011;8:671–83.
- BELGACEM MN, GANDINI A. Materials from vegetable oils: major sources, properties and applications. In: Belgacem MN, Gandini A, editors. *Monomers, polymers and composites from renewable resources*. Amsterdam: Elsevier Ltd; 2008. p. 17–39.

CAYLI G, KUSEFOG˘LU S. A simple one-step synthesis and polymerization of plant oil triglyceride iodo isocyanates. *J Appl Polym Sci* 2010;116(4):2433–40.

CHATTOPADHYAY DK, WEBSTER DC. Thermal stability and flame retardancy of polyurethanes. *Prog Polym Sci* 2009;34:1068–133.

CHEN, M. *et al.* Full substitution of petroleum-based polyols by phosphorus- containing soy-based polyols for fabricating highly flame-retardant polyisocyanurate foams. *Polym. Degrad. Stab.* **154**, 312–322 (2018).

DATTA J, GLOWINSKA E. Chemical modifications of natural oils and examples of their usage for polyurethane synthesis. *J Elastom Plast* 2014;46:33–42.

De ESPINOSA LM, MEIER MAR. Plant oils: the perfect renewable resource for polymer science? *Eur Polym J* 2011;47:837–52.

DESROCHES M, ESCOUVOIS M, AUVERGNE R, CAILLOL S, BOUTEVIN B. From vegetable oils to polyurethanes: synthetic routes to polyols and main industrial products. *Polym Rev* 2012;52:38–79.

DUMONT, M., KHARRAZ, E. & QI, H. Production of polyols and mono-ols from 10 North-American vegetable oils by ozonolysis and hydrogenation : A characterization study. *Ind. Crop. Prod.* **49**, 830–836 (2013).

GANDINI A. *Polymers from Renewable Resources: A Challenge for the Future of Macromolecular Materials*

GU, F. S. & YAG, Y. *Polymers from triglyceride oils.* **31**, 633–670 (2006).

GUNER FS, YAGCI Y, ERCIYES AT. *Polymers from triglyceride oils.* *Prog Polym Sci* 2006;31(7):633–70.

GUO A, JAVNI I, PETROVIC Z. Rigid polyurethane foams based on soybean oil. *J Appl Polym Sci* 2000;77:467–73.

GUO B, CHEN Y, LEI Y, ZHANG L, ZHOU WY, RABIE ABM, *et al.* Biobased poly (propylene sebacate) as shape memory polymer with tunable switching temperature for potential biomedical applications. *Biomacromolecules* 2011;12(4):1312–21.

GUO, A., DEMYDOV, D., ZHANG, W. & PETROVIC, Z. S. Polyols and Polyurethanes from Hydroformylation of Soybean Oil. **10**, 49–52 (2002).

GUO, A., FULLER, R., JAVNI, I. & PETROVIC, Z. S. Thermal Stability of Polyurethanes Based on Vegetable Oils. 1723–1734 (1999).

HUSIC S, JAVNI I, PETROVIC ZS. Thermal and mechanical properties of glass reinforced soy-based polyurethane composites. *Compos Sci Technol*, 2005;65:19–25.

JOHNSON NS, AYORINDE FO. Vernonia oil: conversion to a mixture of tertiary amines including N,N-dimethyl-(12S,13R)-epoxy-cis-9-octadecenyl amine. *J Am Oil Chem Soc* 2011;88(9):1425–30.

KIRPLUKS, M., KALNBUNDE, D., BENES, H. & CABULIS, U. Industrial Crops & Products Natural oil based highly functional polyols as feedstock for rigid polyurethane foam thermal insulation. *Ind. Crop. Prod.* **122**, 627–636 (2018).

KOOLEN, H. H. F., FELIPE, M. A., GOZZO, F. C., SOUZA, A. Q. L. DE & SOUZA, A. D. L. DE. Antioxidant , antimicrobial activities and characterization of phenolic compounds from buriti ( *Mauritia fl exuosa L . f .* ) by UPLC – ESI-MS / MS. *FRIN* **51**, 467–473 (2013).

LIANG, H. *et al.* Industrial Crops & Products Bio-based cationic waterborne polyurethanes dispersions prepared from different vegetable oils. *Ind. Crop. Prod.* **122**, 448–455 (2018).



LLIGADAS G, RONDA JC, GALIA M, CADIZ V. Plant oils as platform chemicals for polyurethane synthesis: current state-of-the-art. *Biomacromolecules* 2010;11:2825–35.

MAISONNEUVE, L., CHOLLET, G., GRAU, E. & CRAMAIL, H. Les nouvelles perspectives de l'oleochimie europeenne Vegetable oils : a source of polyols for polyurethane materials. **23**, (2016).

MEIER MA, METZGER JO, SCHUBERT US. Plant oil renewable resources as Green alternatives in polymer science. *Chem Soc Rev* 2007;36(11):1788–802.

MIAO, S, WANG P, SU, Z, ZHANG, S. Vegetable-oil-based polymers as future polymeric biomaterials. *Acta Biomaterialia* 10 (2014) 1692–1704.

MOHANTY A, MISRA M, DRZAL L. Sustainable bio-composites from renewable

MOSIEWICKI MA, ARANGUREN MI. A short review on novel biocomposites based on plant oil precursors. *Eur Polym J* 2013;49:1243–56.

MOSIEWICKI, M. A. & ARANGUREN, M. I. A short review on novel biocomposites based on plant oil precursors. *Eur. Polym. J.* (2013). doi:10.1016/j.eurpolymj.2013.02.034

MUTLU H, MEIER MAR. Castor oil as a renewable resource for the chemical industry. *Eur J Lipid Sci Tech* 2010;112(1):10–30.

OYMAN, Z. O., MING, W. & LINDE, R. VAN DER. Oxidation of drying oils containing non-conjugated and conjugated double bonds catalyzed by a cobalt catalyst. **54**, 198–204 (2005).

PACIOREK-SADOWSKA, J., BOROWICZ, M., TOMASZEWSKA, E. & LISZKOWSKA, J. Industrial Crops & Products *Oenothera biennis* seed oil as an alternative raw material for production of bio-polyol for rigid polyurethane-polyisocyanurate foams. **126**, 208–217 (2018).

PETROVIĆ, Z. S. Polyurethanes from Vegetable Oils Polyurethanes from Vegetable Oils. *Polymer Reviews*, 48:1, 109-155, (2008).

PFISTER, D. P., XIA, Y. & LAROCK, R. C. Recent Advances in Vegetable Oil-Based Polyurethanes. **50011**, 51–52 (2011).

QUIRINO RL, GARRISON TF, KESSLER MR. Matrices from vegetable oils, cashewnut shell liquid, and other relevant systems for biocomposite applications. *Green Chem* 2014;16:1700–15.

RAGAUSKAS AJ, WILLIAMS CK, DAVISON BH, BRITOVSEK G, CAIRNEY J, ECKERT CA, ET AL. The path forward for biofuels and biomaterials. *Science* 2006;311(5760):484–9.

RAYCHURA, A. J., JAUHARI, S., PRAJAPATI, V. S. & DHOLAKIYA, B. Z. Synthesis and performance evaluation of vegetable oil based wood finish polyurethane coating. *Bioresour. Technol. Reports* **3**, 88–94 (2018).

SHARMA, V. & KUNDU, P. P. Condensation polymers from natural oils. *Prog. Polym. Sci.* **33**, 1199–1215 (2008).

STIRNA, U., FRIDRIHSONE, A. & LAZDIN, B. Biobased Polyurethanes from Rapeseed Oil Polyols : Structure , Mechanical and Thermal Properties. (2012). doi:10.1007/s10924-012-0560-0

VANBESIEN, T., HAPIOT, F. & MONFLIER, E. Hydroformylation of vegetable oils and the potential use of hydroformylated fatty acids. **25**, 175–178 (2013).

VARATHARAJAN K, CHERALATHAN M. Influence of fuel properties and composition on NO<sub>x</sub> emissions from biodiesel powered diesel engines: a review. *RenewSust Energ Rev* 2012;16:3702–10.

WILLIAMS CK, HILLMYER MA. Polymers from renewable resources: a perspective for a special issue of polymer reviews. *Polym Rev* 2008;48:1–10.

WOOL RP, KHOT SN, LASCALA JJ, BUNKER SP, LU J, THIELEMANS W, et al. Affordable composites and plastics from renewable resources: Part I: Synthesis of monomers and polymers. In: Lankey RL, Anastas PT, editors. *Advancing sustainability through green chemistry and engineering*. ACS Symp., vol 823. Washington, DC: American Chemical Society; 2002. p. 177–204.

YUE, J. & NARINE, A. S. S. Separation and Quantification of Vegetable Oil Based Polyols by High Performance Liquid Chromatography with Evaporative Light Scattering Detection. 803–807 (2007). doi:10.1007/s11746-007-1113-x

ZHANG CQ, XIA Y, CHEN RQ, HUH S, JOHNSTON PA, KESSLER MR. Soy-castor oil based polyols prepared using a solvent-free and catalyst-free method and polyurethanes therefrom. *Green Chem* 2013;15:1477–84.

ZHANG, C., DING, R. & KESSLER, M. R. Reduction of Epoxidized Vegetable Oils: A Novel Method to Prepare Bio-Based Polyols for Polyurethanes. *Macromol. Rapid Commun.* **2014**, *35*, 1068–1074.

ZHANG, C., GARRISON, T. F., MADBOULY, S. A. & KESSLER, M. R. Recent advances in vegetable oil-based polymers and their composites. *Prog. Polym. Sci.* **71**, 91–143 (2017).

ZHANG, C., MADBOULY, S. A. & KESSLER, M. R. Biobased Polyurethanes Prepared from Different Vegetable Oils. (2015). doi:10.1021/am5071333

ZLATANIC A, LAVA C, ZHANG W, PETROVIC ZS. Effect of structure on properties of polyols and polyurethanes based on different vegetable oils. *J Polym Sci Pol Phys* 2004;42(5):809–19.



## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Abordagem Termodinâmica 25, 26

Ácidos Graxos 27, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 111, 112, 115, 116, 117

Adsorção 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 124, 125, 127, 128, 129, 130, 133, 134, 135, 136, 137, 139

Aguardente 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45

Alaranjado de Metila 46, 47, 48, 49, 52, 53, 54, 55, 56, 57

Antiacetilcolinesterase 58, 59, 61, 62, 63

Artemia Salina 58, 59, 60, 62, 63, 149, 151, 155, 156, 160, 163, 164, 165

Azo-Composto 73, 74, 75

### B

Bioquiralidade 1, 2, 4, 8, 9, 11, 12, 13, 14

### C

Canela 159, 160, 165, 167

Carvão Ativado 48, 49, 56, 123, 124, 126, 127, 128, 129, 130, 132, 137, 138, 139

Casca da Semente de Pinhão 124, 129, 131, 137

Ciclo de Refrigeração Por Absorção 100, 101, 102, 103, 104, 107, 108

Citrus Sinensis 148, 149, 150, 151, 153, 154, 155, 156, 157, 158

Coefficiente de Desempenho 100, 101, 103

Combustão 91, 92, 93, 94, 96, 97

Corante 46, 48, 49, 50, 51, 53, 54, 56, 57, 73, 74, 137

### D

Delineamento Fatorial 124, 130

### E

Egfet 169, 170, 171, 172, 174, 175

Eletroquímica 14, 176, 177, 178, 179, 180, 182

Energia 1, 2, 4, 8, 11, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 27, 50, 51, 54, 70, 91, 93, 94, 101, 103, 107, 127, 141, 143, 144, 145, 146, 177, 178, 180

Energia Nuclear 141, 143, 145, 146

Equilíbrio Químico 30, 91, 93, 98

## F

Fécula 40, 41

Fermentação 3, 39, 40, 42, 43, 44, 45

## G

Gengibre 46, 47, 48, 49, 52, 53, 54, 55, 56, 57

Glicerol 25, 26, 28, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 111, 112, 113, 116

## I

Interações Fundamentais 2, 6, 11

## L

Larvicida 155, 157, 159, 160, 162, 163, 165, 166, 167, 168

Laser Scanner Terrestre 79, 80

Limites de Inflamabilidade 91, 92, 93, 97, 98

## M

Maximização de Entropia 25, 26, 29, 32

Medicina Nuclear 141, 143, 145, 146, 147

Modellus 18, 19, 20, 21, 22

Modelo Geológico 79, 81, 85

Momordica Charantia 58, 59, 63

## N

N-Butano 100, 101, 102, 104, 105, 106, 108

N-Octano 100, 101, 102, 104, 105, 106, 108, 109

Núcleo Atômico 141, 143, 145, 146

## O

Oficina Pedagógica 176, 177

Óleo Essencial 46, 48, 57, 148, 149, 150, 157, 158, 159, 160, 162, 167

Óleo Vegetal 110, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 119

## P

Pêndulo Simples 18, 19, 20, 21

Ph 169

Planejamento Mineiro 79, 84

Poliuretana 110, 117, 118

## R

Radioisótopos 141, 142, 143, 144, 145, 146

Reposição Óssea 110, 117

## S

Sacarificação 40, 42, 44

Sensor De 169, 170

## T

Temperatura 25, 26, 27, 28, 29, 32, 33, 34, 35, 36, 41, 42, 47, 49, 50, 51, 53, 54, 55, 56, 64, 65, 67, 68, 69, 70, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 91, 92, 93, 94, 95, 97, 98, 100, 101, 102, 104, 105, 106, 107, 108, 117, 123, 125, 126, 127, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 151, 153, 156

Temperatura Adiabática da Chama 91, 93, 94, 95, 97, 98

Temperatura Normal de Ebulição 64, 65, 67, 68, 69, 70

Termodinâmica Química 64

Toxicidade 58, 59, 60, 61, 62, 75, 100, 102, 111, 148, 149, 150, 151, 152, 155, 156, 157, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167

# CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS, EXATAS E DA TERRA E SEU ALTO GRAU DE APLICABILIDADE 2

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

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

@atenaeditora 

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

Atena  
Editora

Ano 2020

# CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS, EXATAS E DA TERRA E SEU ALTO GRAU DE APLICABILIDADE 2

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

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

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

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

Atena  
Editora

Ano 2020