

# Fontes de Biomassa e Potenciais Usos 2

Leonardo Tullio  
(Organizador)



 **Atena**  
Editora  
Ano 2020

# Fontes de Biomassa e Potenciais Usos 2

Leonardo Tullio  
(Organizador)



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:** Karine de Lima  
**Edição de Arte:** Luiza Batista  
**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, inclusive não representam 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. Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

#### **Editora Chefe**

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira

#### **Bibliotecário**

Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

#### **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. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia  
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. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará  
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 Internazionale 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 – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
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  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

#### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves -Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

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  
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
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  
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 Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
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  
Profª Drª 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  
Profª Drª. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª 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

#### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí  
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
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. 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. 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. 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. 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. 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  
Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
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  
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

## Fontes de biomassa e potenciais de uso 2

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
**Bibliotecário:** Maurício Amormino Júnior  
**Diagramação:** Karine de Lima  
**Edição de Arte:** Luiza Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizador:** Leonardo Tullio

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
F683	Fontes de biomassa e potenciais de uso 2 [recurso eletrônico] / Organizador Leonardo Tullio. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader. Modo de acesso: World Wide Web. Inclui bibliografia ISBN 978-65-5706-207-4 DOI 10.22533/at.ed.074202107  1. Biocombustíveis. 2. Biomassa – Pesquisa – Brasil. I. Tullio, Leonardo.  CDD 333.9539
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

**Atena Editora**  
Ponta Grossa – Paraná – Brasil  
Telefone: +55 (42) 3323-5493  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br



## APRESENTAÇÃO

A obra “Fontes de Biomassa e Potências de Uso” aborda em seu segundo Volume uma apresentação de 9 capítulos, no qual os autores tratam as mais recentes e inovadoras pesquisas voltadas para a área de energias alternativas. Tema tratado com abordagem sistemática envolvendo o desenvolvimento de técnicas e métodos de aproveitamento da biomassa.

Pesquisar sobre a obtenção de energia com o menor impacto ambiental é sem dúvida o objeto central de estudo global. Com o crescimento populacional novos problemas aparecem, um deles é sem dúvida sobre o reaproveitamento de biomassa como fonte de energia com o menor impacto ambiental. Adotar energias renováveis seria uma das estratégias mais eficientes para esse problema, bem como o reaproveitamento dos recursos limitados.

Assim, necessitamos de inovações tecnológicas que representem impactos positivos no desenvolvimento das cidades. Avaliar a capacidade de geração energética através de diversas fontes serão apresentados nesta obra, resultados promissores na área.

Neste sentido, conhecer casos de sucesso e estudar sobre futuras pesquisas é o propósito deste e-book, levar conhecimento também é ser sustentável, desenvolver estratégias é superar fronteiras e cada vez mais pensar no futuro.

Seja diferente, pense diferente e comece agora, agir com propósitos claros pensando nas gerações futuras. Bons estudos.

Leonardo Tullio

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
NANOCELULOSES DE FONTES ALTERNATIVAS: OBTENÇÃO, MORFOLOGIAS E APLICAÇÕES	
Emanoel Igor da Silva Oliveira Silvana Mattedi Nadia Mamede José	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0742021071</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>20</b>
A TECNOLOGIA DA BIOMASSA COMO INSUMO PARA A PRODUÇÃO DE ENERGIA ECOEFICIENTE	
Ana Martha Carneiro Pires de Oliveira Raquel Nazário da Rosa Prado	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0742021072</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>28</b>
AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE PRODUÇÃO ENERGÉTICA DO BIODIGESTOR ALIMENTADO COM RESÍDUOS DOMÉSTICOS EM UM RESIDENCIAL NO MUNICÍPIO DE LAGES/SC	
Lucas de Bona Sartor Taciana Furtado Ribeiro Mariáh de Souza Lais Sartori Bruna da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0742021073</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>36</b>
OTIMIZAÇÃO DA REAÇÃO DE TRANSESTERIFICAÇÃO METÉLICA DO ÓLEO DE SOJA CATALISADA POR SILICATO DE SÓDIO DERIVADO DAS CINZAS DE CASCA DE ARROZ	
Guilherme Canto da Rosa Samuel José Santos Matheus Nunes Claro Rodrigo Eckert Renner João Vitor Braun Luize Kehl Bickel Vinícius Oliveira Batista dos Santos Luiz Antonio Mazzini Fontoura	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0742021074</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>50</b>
ÉSTERES GRAXOS DERIVADOS DE ÓLEOS E GORDURAS DE PALMÁCEAS: OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO	
Vinícius Oliveira Batista dos Santos João Vitor Braun Samuel José Santos Rodrigo Eckert Renner Guilherme da Costa Espíndola Luiz Antonio Mazzini Fontoura	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0742021075</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>63</b>
CATALISADORES UTILIZADOS NA REAÇÃO DE HIDRODESOXIGENAÇÃO PARA MELHORIA DO BIO-ÓLEO DE PROCESSAMENTO DA BIOMASSA: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	
Maria Luiza Andrade da Silva	

Maria Carolina Granja Correia  
Milena Argollo de Mendonça  
Milena Maria Ferreira dos Santos

**DOI 10.22533/at.ed.0742021076**

**CAPÍTULO 7 ..... 76**

REMOÇÃO DOS CORANTES AZUL ÍNDIGO E PRETO REATIVO 5 DO MEIO AQUOSO UTILIZANDO A CASCA DA CANA DE AÇÚCAR E A CASCA DE MILHO COMO BIOADSORVENTES

Ana Nery Furlan Mendes  
Isabella Ramos Silva  
Drielly Goulart  
Ana Paula Oliveira Costa  
Christiane Mapheu Nogueira  
Vivian Chagas da Silveira

**DOI 10.22533/at.ed.0742021077**

**CAPÍTULO 8 ..... 93**

PONTO DE FLUIDEZ, VISCOSIDADE E DENSIDADE DE BIODIESEIS METÁLICOS DERIVADOS DE ÓLEOS E GORDURAS

Ismael Barbosa Paulino  
Joselaine dos Santos Dias  
Rodrigo Schneider  
Samuel José Santos  
Bruno Levandosky Coelho dos Santos  
Luan Weber dos Santos  
Luiz Antonio Mazzini Fontoura

**DOI 10.22533/at.ed.0742021078**

**CAPÍTULO 9 ..... 105**

ABSORÇÃO DE IMPACTO EM PAINÉIS HONEYCOMB DE BAMBU

Wellington Bazarim Verissimo  
Pedro Franchi Ruiz  
Felipe Frizon  
Sullivam Prestes de Oliveira  
Bruno Bellini Medeiros  
Fabiano Ostapiv

**DOI 10.22533/at.ed.0742021079**

**SOBRE O ORGANIZADOR..... 111**

**ÍNDICE REMISSIVO ..... 112**

## CATALISADORES UTILIZADOS NA REAÇÃO DE HIDRODESOXIGENAÇÃO PARA MELHORIA DO BIO-ÓLEO DE PROCESSAMENTO DA BIOMASSA: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

*Data de aceite: 15/07/2020*

*Data de submissão: 09/04/2020*

### **Maria Luiza Andrade da Silva**

Universidade Federal da Bahia, Instituto de Química  
Salvador – Bahia  
<http://lattes.cnpq.br/1800701779754857>

### **Maria Carolina Granja Correia**

Universidade Salvador, Escola de Arquitetura, Engenharia e TI  
Salvador – Bahia  
<http://lattes.cnpq.br/2192584422693889>

### **Milena Argollo de Mendonça**

Universidade Salvador, Escola de Arquitetura, Engenharia e TI  
Salvador - Bahia  
<http://lattes.cnpq.br/2697319982911506>

### **Milena Maria Ferreira dos Santos**

Universidade Salvador, Escola de Arquitetura, Engenharia e TI  
Salvador - Bahia  
<http://lattes.cnpq.br/5347540301972802>

**RESUMO:** A utilização de fontes de energia renováveis é uma consequência do crescente consumo de combustíveis fósseis. Atualmente, a biomassa se destaca como a principal fonte de energia renovável. Dessa forma, é possível obter biocombustível por meio do processamento da

biomassa a partir de métodos como a pirólise. No entanto, o bio-óleo gerado é um combustível de baixa qualidade e, por isso, deve passar por processos de melhoria como a reação de hidrodessoxigenação (HDO). No presente trabalho foi feita uma revisão bibliográfica sobre os catalisadores utilizados na reação de HDO, destacando os catalisadores baseados em metais nobres e metais de transição utilizados nessa reação. Com base nos estudos desenvolvidos, é desejável que os catalisadores utilizados na reação HDO sejam heterogêneos multifuncionais e possuam considerável grau de acidez, porosidade e estabilidade térmica e química.

**PALAVRAS-CHAVE:** biomassa; bio-óleo; hidrodessoxigenação; biorrefinarias.

### CATALYSTS USED IN THE HYDRODEOXYGENATION REACTION TO IMPROVE THE BIO-OIL OF BIOMASS PROCESSING: A BIBLIOGRAPHICAL REVIEW

**ABSTRACT:** The use of renewable energy sources is a consequence of the growing consumption of fossil fuels. Currently, biomass is considered the main source of renewable energy. In this way, it is possible to obtain biofuel through the processing of biomass using methods such as pyrolysis. However, the bio-oil

produced is a low quality fuel and, therefore, must undergo improvement processes such as the hydrodeoxygenation reaction (HDO). In the present work, a bibliographical review was done on the catalysts used in the HDO reaction, highlighting the catalysts based on noble metals and transition metals used in this reaction. Based on the studies developed, it is desirable that the catalysts used in the HDO reaction are multifunctional heterogeneous and have a considerable degree of acidity, porosity and thermal and chemical stability.

**KEYWORDS:** biomass; bio-oil; hydrodeoxygenation; biorefineries.

## 1 | INTRODUÇÃO

A grande demanda de energia proveniente do crescimento populacional e dos setores industriais e de transporte trouxe como consequência a busca por fontes de energias alternativas aos combustíveis fósseis. Além de contribuírem para a poluição ambiental, esses combustíveis são consumidos mais rapidamente do que o tempo necessário para serem regenerados. Diante disso, a substituição parcial dos derivados de petróleo por fontes de energia renováveis pode acarretar na solução desse problema, uma vez que diminuiria a dependência dos combustíveis fósseis e melhoraria a questão relacionada à poluição ambiental (TAVARES, 2013; MACHADO, 2018).

Atualmente, a biomassa se destaca entre as diversas fontes de energia renováveis por ser considerada a única fonte sustentável disponível em praticamente todos os países. Além disso, a biomassa apresenta baixo custo, uma vez que é, principalmente, proveniente de resíduos da agricultura, silvicultura e alimentação (ASADIERAGHI *et al.*, 2015; TAVARES, 2013). O processamento da biomassa para obtenção de energia pode ser feito através de técnicas como pré-tratamento seguido de hidrólise, gaseificação e pirólise. Dentre eles, o método mais utilizado é a pirólise, por meio do qual a biomassa lignocelulósica é degradada termicamente na ausência de oxigênio, gerando bio-óleo, biocarvão e gás (CHOI *et al.*, 2014; DE *et al.*, 2015).

Apesar de o bio-óleo gerado pela pirólise rápida da biomassa ser atrativo como substituto dos combustíveis fósseis na geração de energia, ele apresenta alguns aspectos negativos, como elevada acidez, viscosidade, corrosividade e presença de muitos grupos funcionais oxigenados como, por exemplo, aldeídos, cetonas, fenóis e ácidos. Além disso, o bio-óleo é instável e imiscível em combustíveis fósseis (DEMIRAL; KUL, 2014; MUKARAKATE *et al.*, 2014). Alguns métodos como a hidrogenólise, a hidrogenação, a descarbonilação, a descarboxilação e a hidredesoxigenação foram propostos para melhoria do bio-óleo. Atualmente, a reação de hidredesoxigenação é considerada o método mais eficaz na redução do grau de polimerização e remoção de oxigênio do bio-óleo. No entanto, é necessário o estudo de catalisadores mais eficientes para esse processo (DE *et al.*, 2015; RUNNEBAUM *et al.*, 2012).

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo a realização de um estudo bibliográfico acerca de catalisadores utilizados na reação de hidredesoxigenação, visando,

dessa forma, a melhoria do bio-óleo e de outros intermediários de processamento da biomassa.

## 2 | BIORREFINARIAS E BIO-ÓLEO

Atualmente, grandes quantidades de recursos fósseis são utilizadas como fonte de energia e na obtenção de diversos materiais para atender às demandas básicas da sociedade. No entanto, os níveis atuais de consumo causam o esgotamento do estoque desses recursos bem como a emissão de gases de efeito estufa e outros poluentes, que afetam a qualidade do ecossistema em nível global. Dessa forma, os problemas ambientais causados pela utilização de combustíveis fósseis não renováveis (petróleo bruto, carvão e gás natural) têm incentivado a busca por fontes alternativas de energia, bem como novas fontes para a produção de importantes intermediários químicos, atualmente derivados do petróleo. Nesse contexto, há uma crescente ênfase dentro da química verde para a substituição de recursos fósseis não renováveis por biomassa renovável, e seu uso como matéria-prima sustentável para a fabricação de produtos e combustíveis. O uso da biomassa renovável como matéria-prima, em substituição ao material fóssil, pode proporcionar uma redução benéfica do teor de carbono emitido ao meio ambiente (INGRAO *et. al.*, 2018; IMHOF e VAN DER WAAL, 2013; PETRE, SELISTEANU e ROMAN, 2020).

A biorrefinaria visa mudar o atual consumo de combustíveis fósseis, substituindo grande parte dessa energia por biocombustíveis e bioprodutos, tais como biogás, biodiesel, bio-etanol, bio-metanol, bio-hidrogênio e óleo vegetal. A biomassa lignocelulósica é considerada uma matéria-prima promissora sustentável e a principal rota de energia verde para o bio-refino, por ser o recurso natural mais abundante (BARAL, *et al.*, 2019; BÓRAWSKI, *et al.*, 2019). Ainda assim, o impacto ambiental é um dos aspectos que causam preocupação com a aplicação da biorrefinaria em larga escala, sendo levantadas questões sobre alimentos versus combustível. Com isso, a biorrefinaria que utiliza resíduos como matéria-prima tem sido foco de atuais estudos para a produção de biocombustíveis (CHANDEL, *et. al.*, 2018).

Os processos básicos que envolvem a conversão da biomassa lignocelulósica em combustível, produtos químicos, calor, entre outros, em uma biorrefinaria está representado no fluxograma da Figura 1. Nesse bioprocessos, a biomassa é pré-tratada e hidrolisada formando açúcares que serão convertidos em biocombustíveis ou produtos químicos. A proteína é um metabólico secundário e, através de técnicas de processamento integrado, pode ser utilizada para produzir alimentos ou rações. Se a matéria-prima utilizada no processo de bio-refino for a biomassa lignocelulósica, após o pré-tratamento e a hidrólise, a lignina é separada dos açúcares e convertida em energia de potência ou calor. A água utilizada no processo pode ser reciclada, dando ênfase a ideia de sustentabilidade (YAMAKAUA, QIN e MUSSATTO, 2018).

Diversos produtos podem ser obtidos a partir das biorrefinarias, explorando ao máximo o potencial da biomassa, aumentando assim sua rentabilidade. Os biocombustíveis de

segunda geração têm maior vantagem econômica por serem derivados de resíduos, tais como bagaço de cana, palha de arroz, palha de milho, entre outros, que de outra forma seriam simplesmente descartados. Portanto, esses combustíveis não provocam um aumento nos preços dos alimentos, em comparação com os de primeira geração que são derivados de culturas alimentares, além do benefício ambiental, diminuindo a emissão dos gases estufa. Dessa forma, os produtos bio-refinados podem substituir diversas fontes de energias não-renováveis, como os combustíveis fósseis, e contribuem com a redução dos problemas ambientais (RAUD, *et. al.*, 2019; TAVARES, 2013; UBANDO, *et. al.*, 2019).

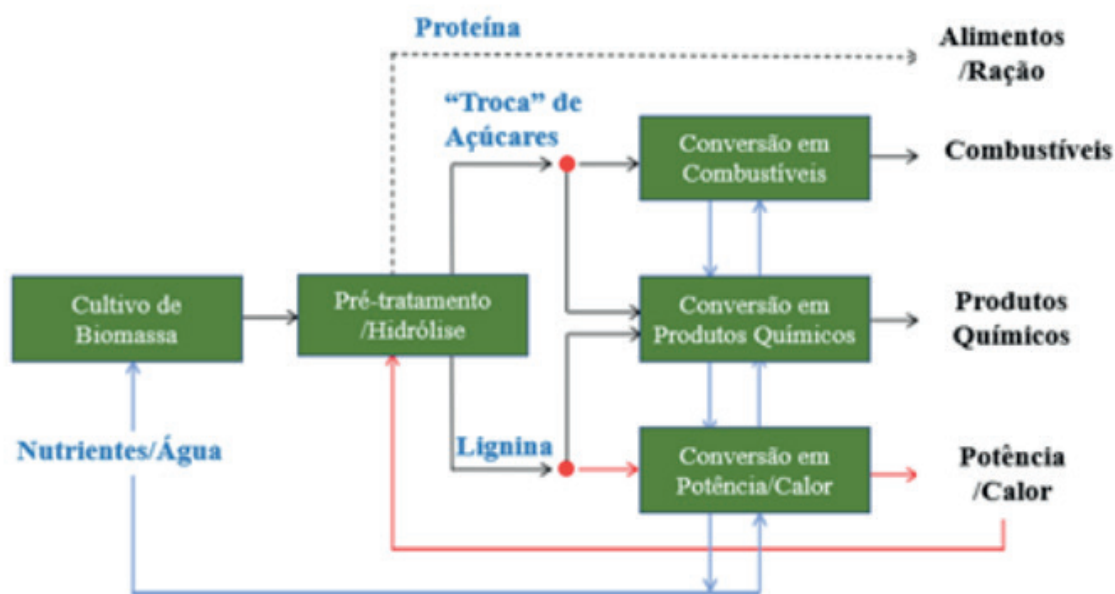


Figura 1: A cadeia de processos básicos para a conversão de biomassa lignocelulósica em diferentes produtos valiosos em um contexto de biorrefinaria. Fonte: Adaptado de YAMAKAUA, QIN e MUSSATTO, 2018.

A tecnologia termoquímica comumente empregada para gerar combustíveis a partir da biomassa é a pirólise, onde envolve a degradação de seus componentes, como desidratação, descarboxilação, descarbonilação, hidrogenação, isomerização, aromatização, despolimerização e carbonização, na ausência de oxigênio e em condição específica de aquecimento (BRIDGWATER, 2012; KUMAR, *et al.*, 2020; MACHADO, 2018). O bio-óleo, também conhecido como alcatrão pirolítico, é um produto originário da pirólise rápida da biomassa, e seu rendimento depende da composição da matéria-prima (fração de celulose, hemicelulose e lignina) e das condições do processo. No entanto, ainda que de diferentes fontes, a fração de água, a viscosidade e os conteúdos em cinzas do bio-óleo são superiores aos dos combustíveis de petróleo (NUNES, CAUSER e CIOLKOSZ, 2020; YOUNG, 2014). O teor de água presente no bio-óleo pode variar entre 15 a 30%, diminuindo a temperatura adiabática da chama e a temperatura de aquecimento, reduzindo as taxas de reação da combustão e a taxa de vaporização das gotículas, causando um atraso na ignição. Além disso, sua viscosidade o torna imiscível aos óleos convencionais (HAN, *et al.*, 2019; KUMAR, *et al.*, 2020; LIMA, 2017; YOUNG, 2014).

A presença de oxigênio nas substâncias que compõem o bio-óleo, tais como álcoois, ácidos, aldeídos, ésteres, cetonas, fenóis e oligômeros derivados da lignina, é responsável pelo pH ácido, o que leva a problemas de corrosão nos equipamentos de transporte e armazenamento, além de torná-lo inadequado para uso em turbinas ou motores de combustão. Esses compostos oxigenados tornam o bio-óleo pouco estável, ou seja, ao variar a temperatura, algumas reações químicas continuam acontecendo, alterando as propriedades físico-químicas do bio-óleo. As cinzas presentes contribuem com sua característica corrosiva, por conter metais alcalinos como sódio e potássio que se aglomeram com outras partículas inorgânicas formando um lodo (KUMAR, *et al.*, 2020; LIMA, 2017; XIU e SHAHBAZI, 2012; ZHANG, *et al.*, 2013). Dessa forma, o bio-óleo não pode ser usado diretamente como combustível, sendo necessária a remoção do oxigênio, ou seja, o melhoramento (“upgrading”) desse bioproduto. Ainda assim, o bio-óleo possui várias vantagens como uma possível alternativa aos combustíveis fósseis, uma vez que é renovável e causa um impacto ambiental menor por não emitir enxofre, e por emitir quantidades inferiores de gases estufa, como o CO<sub>2</sub>, e até 50% menos NO<sub>2</sub> (SARKAR, *et al.*, 2015).

A hidrodessoxigenação, o craqueamento catalítico, a mistura com diesel e a reforma a vapor são os processos mais utilizados para melhorar as propriedades desfavoráveis do bio-óleo. O craqueamento catalítico é um dos principais desses processos; no entanto, resulta na formação de uma quantidade significativa de coque, causando a diminuição no rendimento do biocombustível. Por esse motivo, os estudos recentes estão concentrados na reação catalítica de hidrodessoxigenação (HDO) como um hidrotreatamento promissor para o melhoramento do bio-óleo originário da biomassa (HAN, *et al.*, 2019; TAVARES, 2013).

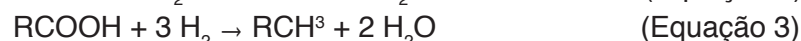
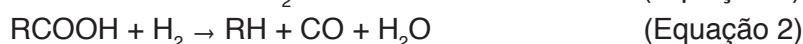
### 3 | REAÇÃO DE HIDRODESOXIGENAÇÃO

A hidrodessoxigenação (HDO) é um processo que consiste na eliminação dos compostos oxigenados presentes no bio-óleo a partir da reação com hidrogênio, gerando água (RUDDY *et al.*, 2014). Apesar de esse método ser considerado o mais eficiente na melhoria do bio-óleo e de outros intermediários de processamento da biomassa, a reação HDO apresenta algumas dificuldades. Dentre elas, a obtenção de uma alta remoção de oxigênio por meio de um consumo mais baixo de hidrogênio e o estudo de catalisadores eficientes devido à variedade de grupos oxigenados existentes no bio-óleo (MORTENSEN *et al.*, 2011; UNER, 2017). Diferente dos compostos nitrogenados e sulfurados, os compostos oxigenados não causam problemas ambientais, porém, de acordo com GANDARIAS (2008), a sua presença interfere nas propriedades do produto, podendo ocasionar alta viscosidade, corrosividade, instabilidade térmica, baixo poder calorífico e polimerização durante a estocagem e transporte do mesmo.

Segundo Freitas Júnior (2015), para realizar o processo de hidrodessoxigenação de óleos e gorduras vegetais, primeiramente é necessário converter os triglicerídeos em ácidos graxos e, posteriormente, remover o oxigênio utilizando o processo de descarboxilação



(Equação 1), descarbonilação (Equação 2) ou hidrogenação/desidratação (Equação 3), conforme reações demonstradas a seguir.



Assim, na reação de descarboxilação, ao remover o grupo carboxila presente no ácido graxo, uma molécula de dióxido de carbono é liberada e ocorre a formação de uma molécula de hidrocarboneto parafínico (SOUSA, 2013). Já através da reação de descarbonilação, a remoção do oxigênio leva à formação de monóxido de carbono e água (FREITAS JÚNIOR, 2015). Por fim, segundo esse mesmo autor, a rota de hidrogenação/desidrogenação é a única das três que mantém o número de carbono igual ao do ácido graxo correspondente ao formar o hidrocarboneto. Apesar de haver poucos estudos acerca da reação de HDO, os catalisadores utilizados nestas são os mesmos estudados nas reações de hidrodessulfurização (HDS) (FERDOUS *et al.*, 2007; DHANDAPANI *et al.*, 1998; MURTI *et al.*, 2005). Além disso, é recomendado que os catalisadores sejam heterogêneos multifuncionais, tendo em vista que eles se adaptam ao processo requerido e podem ser recuperados ao final deste, sendo também importante possuírem características relacionadas à acidez, porosidade e estabilidade térmica e química (SANTOS *et al.*, 2017).

#### 4 | CATALISADORES UTILIZADOS NA REAÇÃO DE HIDRODESOXIGENAÇÃO

A avaliação de catalisadores para a reação de hidrodessoxigenação foi principalmente, estudada através da utilização de compostos modelo de lignina do bio-óleo. Os estudos desenvolvidos mostraram que os metais nobres combinados a suportes ácidos funcionavam como catalisadores seletivos para a reação HDO e catalisadores bimetálicos formados por metais nobres e metais não nobres apresentavam alta seletividade na remoção de oxigênio (LIMA *et al.*, 2017; RUNNEBAUM *et al.*, 2012).

O estudo de catalisadores para a reação HDO depende fortemente da escolha do suporte. Hellinger e colaboradores (2015), por exemplo, estudaram o efeito do suporte na conversão e seletividade da reação HDO do guaiacol. Para isso, foram utilizados catalisadores de platina suportados em sílicas e zeólitas. O trabalho mostrou que a seletividade do catalisador mudou conforme o suporte utilizado. Dessa forma, o catalisador suportado em sílica obteve principalmente metoxiciclohexanol, enquanto o catalisador suportado em zeólita teve o ciclohexano como produto principal. Além disso, outros estudos da literatura tem mostrado que a utilização de suportes ácidos proporciona melhorias na dispersão da fase ativa e na presença de sítios ácidos dos catalisadores. As zeólitas e materiais mesoporosos se destacam dentre os suportes ácidos devido, principalmente, à alta área superficial específica e acidez moderada, que promove uma boa dispersão da fase metálica e evita que haja formação de coque nos locais ácidos (HITA *et al.*, 2019; PLATA *et al.*, 2019; RAMESH *et al.*, 2019). Por

outro lado, a zircônia sulfatada também apresenta sítios ácidos fortes e tem sido estudada como suporte ácido para a reação HDO. Além de possuir alta eficiência, baixa toxicidade e facilidade de manipulação, o óxido de zircônio sulfatado proporciona a isomerização de alcanos leves a temperaturas mais baixas. Isso se deve à forte acidez desse sólido proveniente de grupos sulfatos presentes na superfície (LI et al., 2018; SARAVANAN et al., 2014).

#### 4.1 Catalisadores baseados em metais nobres

Segundo Lima (2017), Runnebaum e colaboradores (2012), os catalisadores de metais nobres costumam apresentar elevadas atividades de hidrogenação e têm se mostrado eficientes em reações de HDO de compostos modelo como guaiacol. Dentre os metais nobres estudados estão a platina, ródio, paládio, rutênio, ouro, entre outros. Catalisadores de ródio, paládio e platina monometálicos e bimetálicos, suportados em zircônia, foram estudados por Gutierrez e colaboradores (2009) para a reação de HDO utilizando o guaiacol como composto modelo do bio-óleo. Neste trabalho, foi observado que dentre os catalisadores monometálicos (Rh, Pt e Pd) suportados em zircônia, o  $\text{RhZrO}_2$  apresentou maior atividade, obtendo uma conversão de 98,9%, enquanto que a conversão de  $\text{Pt/ZrO}_2$  foi de 10% e  $\text{PdZrO}_2$  foi de 13,7%. O trabalho identificou também que a presença do ródio aumentou significativamente a conversão dos catalisadores bimetálicos  $\text{RhPd/ZrO}_2$  e  $\text{RhPt/ZrO}_2$ , sendo 32,7% e 98,7% respectivamente.

Catalisadores de Rh suportados em  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$  e carbono ativado acidificado com ácido nítrico (NAC) foram estudados na hidredesoxigenação do guaiacol por Lee e colaboradores (2012). O trabalho identificou que os catalisadores  $\text{Rh/Al}_2\text{O}_3$  e  $\text{Rh/NAC}$  apresentaram rendimento de 25% e 20% de ciclohexano respectivamente, além de formação de ciclohexanol, ciclohexanona e 2-metoxiciclohexanol. O catalisador  $\text{Rh/SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$  obteve o maior rendimento com 57% de ciclohexano e não houve formação de outras moléculas oxigenadas ao final da reação. Além disso, o estudo mostrou que a acidez dos catalisadores seguiu a ordem  $\text{Rh/SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3 > \text{Rh/Al}_2\text{O}_3 > \text{Rh/NAC}$ , o que pode justificar o maior rendimento de ciclohexano utilizando o catalisador  $\text{Rh/SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ .

O trabalho realizado por Karakhanov e colaboradores (2018) estudou também a reação de HDO do guaiacol utilizando catalisadores bimetálicos (PtPd) e monometálico (Ru) suportados em aluminossilicato mesoporoso do tipo Al-HMS(X), com diferentes frações de Si/Al (X), e em zircônia mesoporosa modificada com sílica ( $\text{m-ZrO}_2\text{-SiO}_2$ ), em presença de metanol como solvente. Foi observado que o catalisador  $\text{PtPd/m-ZrO}_2\text{-SiO}_2$  obteve uma conversão maior que  $\text{PtPd/Al-HMS}$  devido ao maior número de sítios ácidos na superfície do catalisador. No entanto, a fração pesada de subprodutos indesejados também foi maior. O trabalho identificou também que os catalisadores a base de Ru apresentaram altas atividade catalítica e seletividade em relação a produtos como ciclo-hexano e metilciclohexano na reação HDO em presença de metanol.

## 4.2 Catalisadores baseados em metais não nobres

O estudo de catalisadores de metais não nobres foi uma alternativa para os catalisadores de metais nobres. Isso ocorre devido ao alto custo dos metais nobres que torna inviável o desenvolvimento desses catalisadores em escala industrial (DE LIMA *et al.*, 2018; LIMA, 2017). Dessa forma, foram realizados estudos de reação HDO empregando catalisadores de metais de transição, como níquel, cobalto, cobre, tungstênio, ferro e molibdênio (MACHADO, 2018; ZHANG *et al.*, 2013).

A literatura tem mostrado que os catalisadores a base de níquel são promissores para as reações de HDO, devido ao menor custo, quando comparado a outros metais, e alta atividade (JIN *et al.*, 2014). Este estudo mostrou que o catalisador contendo 10% de Ni em massa suportado em  $\text{SiO}_2$  obteve uma alta atividade na reação HDO, utilizando anisol como composto modelo do bio-óleo, e seletividade maior que 95% para produtos desoxigenados. Também foi identificado que a combinação de cobre a catalisadores de níquel otimiza a atividade catalítica (ARDIYANTI *et al.*, 2012). Trindade e colaboradores (2018), por exemplo, realizaram estudos de reação HDO do benzaldeído utilizando catalisadores à base de níquel e cobre suportados em Hbeta. Foi observado que o benzaldeído foi convertido em álcool benzílico, tolueno e benzeno. O catalisador Ni<sub>10</sub>Cu<sub>7,5</sub>/Hbeta (10% de NiO em massa e 7,5% de CuO em massa) apresentou conversão de 84,7%, com seletividade para tolueno em torno de 91%, apresentando maior seletividade a produtos desoxigenados que o catalisador com maior teor metálico, Ni<sub>10</sub>Cu<sub>10</sub>/Hbeta (10% de NiO em massa e 10% de CuO em massa). Os catalisadores bimetálicos foram mais ativos que os monometálicos de Ni e Cu. Dessa forma, a adição do Cu pode melhorar o desempenho dos catalisadores de Ni/Hbeta na reação de HDO.

Por outro lado, De Lima e colaboradores (2018) avaliaram tungstatos de cobre e cobalto ( $\text{CuWO}_4$ ,  $\text{CoWO}_4$ ,  $\text{Cu}_{0,5}\text{Co}_{0,5}\text{WO}_4$ ) como catalisadores na reação de HDO utilizando também o benzaldeído como modelo de bio-óleo. Foi observado que  $\text{CoWO}_4$  apresentou a maior atividade catalítica e a maior seletividade a tolueno e álcool benzílico.  $\text{CuWO}_4$  e  $\text{Cu}_{0,5}\text{Co}_{0,5}\text{WO}_4$  apresentaram menores seletividades a álcool benzílico, e consequentemente, maior seletividade a HDO. Esses resultados mostram que os tungstatos de cobre e cobalto podem contribuir para a melhoria de biocombustíveis via desoxigenação do bio-óleo.

O estudo realizado por SANTOS e colaboradores (2017) avaliou o desempenho de catalisadores compostos por Ni e Mo suportados em sílica mesoporosa do tipo MCM-41, zeólita ZSM-5 e alumina na reação HDO para a produção de diesel verde. Os autores utilizaram espécies ativas de Ni e Mo com teores de 15% e 5%, respectivamente, e para depositá-los na superfície do suporte foi utilizado o método de impregnação aquosa com a adição do etilenoglicol. A pesquisa aponta que, ao utilizar esse método, espécies de Ni foram formadas em escala nanométrica ( $\pm 7\text{nm}$ ), fator que contribui para a eficiência do catalisador, tendo em vista que quanto menor o tamanho da partícula maior a atividade catalítica do mesmo. Além disso, foi observado que o suporte com característica mais ácida (NiMo/ZSM) apresentou um melhor desempenho, sugerindo, assim, que a acidez é fundamental para

alcançar uma boa atividade catalítica.

## 5 | CONCLUSÕES

Em virtude do que foi analisado neste trabalho, constata-se que a biomassa, por ser um recurso natural renovável, é uma alternativa promissora para a substituição do combustível fóssil. Apesar disso, ainda há necessidade de melhorias no bio-óleo obtido a partir da pirólise da biomassa, principalmente em relação à quantidade de grupos oxigenados existentes e ao ajuste da razão hidrogênio/carbono. Dessa forma, o presente trabalho reúne alguns dos catalisadores utilizados na reação de hidredesoxigenação (HDO), método que tem sido bastante eficiente na redução de  $O_2$ . Com base nos estudos desenvolvidos, é desejável que os catalisadores utilizados na reação de HDO sejam heterogêneos multifuncionais e possuam considerável grau de acidez, porosidade e estabilidade térmica e química. Alguns catalisadores nobres foram analisados por Gutierrez e colaboradores (2009) e foi constatado que entre o ródio, paládio e platina monometálicos e bimetálicos, o que obteve uma maior conversão (98,9%) foi o  $RhZrO_2$  suportado em zircônia. Já em relação aos metais não nobres, SANTOS *et al.* (2017) comparou catalisadores compostos por Ni e Mo suportados em sílica mesoporosa do tipo MCM-41, zeólita ZSM-5 e alumina e foi observado que o suporte com característica mais ácida (NiMo/ZSM) apresentou um melhor desempenho, ratificando a importância da acidez para que haja um bom desempenho catalítico. Nesse contexto, pode-se constatar que a pesquisa científica visando desenvolver novos catalisadores para a reação HDO é de suma importância.

## REFERÊNCIAS

- ARDIYANTI, A., KHROMOVA, S. A., VENDERBOSCH, R. H., et al., **Catalytic hydrotreatment of fast-pyrolysis oil using non-sulfided bimetallic Ni-Cu catalysts on a  $\delta-Al_2O_3$  support**. Applied Catalysis B: Environmental, v. 117, p. 105-117, 2012.
- ASADIERAGHI, M.; DAUD, W. M. A. W.; ABBAS, H. F. **Heterogenous catalysts for advanced bio-fuel production through catalytic biomass pyrolysis vapor upgrading: A Review**. Royal Society of Chemistry Advances, v. 5, p. 22234-22255, 2015.
- BARAL, N.R., SUNDSTROM, E.R., DAS, L., GLADDEN, J., EUDES, A., MORTIMER, J.C., SINGER, S.W., MUKHOPADHYAY, A., SCOWN, C.D. **Approaches for More Efficient Biological Conversion of Lignocellulosic Feedstocks to Biofuels and Bioproducts**. ACS Sustainable Chemistry & Engineering, v. 7, n. 10, p. 9062-9079, 2019.
- BÓRAWSKI, P., BÓRASWSKA, A. B., SZYMANSKA, E.J., JANKOWSKI, K.J., DUBIS, B., DUNN, J.W. **Development of renewable energy sources market and biofuels in The European Union**. Journal of Cleaner Production, v. 228, p. 467-484, 2019.
- BRIDGWATER, A.V. **Review of fast pyrolysis of biomass and product upgrading**. Biomass and Bioenergy, v. 38, p. 68-94, 2012.
- CHANDEL, A.K., GARLAPATI, V.K., SINGH, A.K., ANTUNES, F.A.F., SILVA, S.S. **The path forward for**

**lignocellulose biorefineries: bottlenecks, solutions, and perspective on commercialization.** Bioresource Technology, v. 264, p. 370-381, 2018.

CHOI, Y. S.; JOHNSTON, P. A.; BROWN, R. C.; SHANKS, B. H. **Detailed characterization of red oak-derived pyrolysis oil: integrated use of GC, HPLC, IC, GPC and Karl-Fischer.** Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, v. 110, p. 147-154, 2014.

CLARK, J.H. **Green biorefinery technologies based on waste biomass.** Green Chemistry, v. 21, n. 6, p. 1168-1170, 2019.

DE, S.; SAHA, B.; LUQUE, R. **Hydrodeoxygenation processes: advances on catalytic transformations of biomass-derived platform chemicals into hydrocarbon fuels.** Bioresource Technology, v. 178, p. 108–118, 2015.

DE LIMA, R. O. P.; MALONCY, M. L.; BATISTA, M.S. **Upgrade de biocombustíveis usando hidrodessoxigenação catalítica de benzaldeído.** Revista da Universidade Vale do Rio Verde, vol. 16, n. 1, 2018.

DEMIRAL, I.; KUL, Ş. Ç. **Pyrolysis of apricot kernel shell in a fixed-bed reactor: Characterization of bio-oil and char.** Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, v. 107, p. 17-24, 2014.

DHANDAPANI, B., CLAIR, T. S., OYAMA, S. T. **Simultaneous hydrodesulfuration, hydrodeoxygenation, and hydrogenation with molybdenum carbide.** Applied Catalysis A: General, v. 168, p. 219-228, 1998.

FERDOUS, D., BAHSHI, N. N., DALAI, A. K., ADJAYE, J. **Synthesis, characterization and performance of NiMo catalysts supported on titania for the hydroprocessing of different gas oils derived from Athabasca bitumen.** Applied Catalysis B: Environmental, v. 72, p. 118-128, 2007.

FIGUEIREDO, J. L.; RIBEIRO, F. R. **Catálise Heterogênea.** Fundação Calouste Gulbenkian: Lisboa, 2007.

FORAITA, S.; LIU, Y.; HALLER, G. L.; BARÁTH, E.; ZHAO, C.; LERCHER, J. A. **Controlling hydrodeoxygenation of stearic acid to n-heptadecane and n-octadecane by adjusting the chemical properties of Ni/SiO<sub>2</sub>-ZrO<sub>2</sub> catalyst.** ChemCatChem, v. 9, n. 1, p. 195-203, 2016.

FREITAS JÚNIOR, A. M. D. **Reações de hidrodessoxigenação aplicadas à produção de biocombustíveis parafínicos de cadeia longa a partir de óleos e gorduras.** Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Instituto de Química, 2015.

GANDARIAS, I., BARRIO, V. L., REQUIES, J., ARIAS, P. L., CAMBRA, J. F., GUEMEZ, M. B. **From biomass to fuel: Hydrotreating of oxygenated compounds.** Journal of Hydrogen Energy, v. 33, p. 3485-3488, 2008.

GUTIERREZ, A.; KAILA, R. K.; HONKELA, M. L.; SLIIOOR, R.; KRAUSE, A. O. I. **Hydrodeoxygenation of guaiacol on noble metal catalysts.** Catalysis Today, v. 147, n. 3-4, p. 239-246, 2009.

HAN, Y., GHOLIZADEH, M., TRANC, CC., KALIAGUINEC, S., LID, CZ., OLARTEE, M., PEREZ, M. G. **Hydrotreatment of pyrolysis bio-oil: A review.** Fuel Processing Technology, v. 195, 2019.

HELLINGER, M.; CARVALHO, H. W. P.; BAIER, S.; WANG, D.; KLEIST, W.; GRUNWALDT, J. D. **Catalytic hydrodeoxygenation of guaiacol over platinum supported on metal oxides and zeolites.** Applied Catalysis A: General, v. 490, p. 181-192, 2015.

HITA, I.; LANZAC, T. C.; BONURA, G.; CANNILLA, C.; ARANDES, J. M.; FRUSTERI, F.; BILBAO, J. **Hydrodeoxygenation of raw bio-oil towards platform chemicals over FeMoP/zeolite catalysts.** Journal of Industrial and Engineering Chemistry, v. 80, p. 392-400, 2019.

IMHOF, P.; VAN DER WAAL, J. C. **Catalytic Process Development for Renewable Materials.** Weinheim:

INGRAO, C.; BACENETTI, J.; BEZAMA, A.; BLOK, V.; GOLGIO, P.; KOUKIOS, E. G.; LINDNER, M.; NEMECEK, T.; SIRACUSA, V.; ZABANIOTOU, A.; HUISINGH, D. **The Potential Roles of Bio-Economy in the Transition to Equitable, Sustainable, Post Fossil-Carbon Societies: Findings from this virtual special issue.** *Journal of Cleaner Production*, v. 204, p. 471-488, 2018.

ISLAM, M. K., WANG, H., REHMAN, S., DONG, C., HSU, H.Y., LIN, C. S. K., LEU, S. T. **Sustainability metrics of pretreatment processes in a waste derived lignocellulosic biomass biorefinery.** *Bioresource Technology*, v. 298, 2019.

JIN, S., XIAO, Z., LI, C., et al. **Catalytic hydrodeoxygenation of anisole as lignin model compound over supported nickel catalysts.** *Catalysis Today*, v. 234, p. 125-132, 2014.

KARAKHANOV, E.A.; NARANOV, E.R.; MAXIMOV, A. L.; ROLDUGINA, E.A. **Hydrodeoxygenation of guaiacol as a model compound of bio-oil in methanol over mesoporous noble metal catalysts.** *Applied Catalysis A, General*, v. 553, p. 24–35, 2018.

KUMAR, B., BHARDWAJ, N., AGRAWAL, K., CHATURVEDI, V., VERMA, P. **Current perspective on pretreatment technologies using lignocellulosic biomass: An emerging biorefinery concept.** *Fuel Processing Technology*, v. 199, 2020.

KUMAR, R., STRWZOV, V., WELDEKIDAN, H., ELE, J., SINGH, S., KAN, T., DASTJERDI, B. **Lignocellulose biomass pyrolysis for bio-oil production: A review of biomass pre-treatment methods for production of drop-in fuels.** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 123, 2020.

LE, T.H., CHANG, Y., HESARY, F. T., YOSHINO, N. **Energy insecurity in Asia: A multi-dimensional analysis.** *Economic Modelling*, 2019.

LEE, C. R., YOON, J. S., SUH, Y. W., CHOI, J. W., HA, J. M., SUH, D. J., PARK, Y. K. **Catalytic roles of metals and supports on hydrodeoxygenation of lignin monomer guaiacol.** *Catalysis Communications*, v. 17, p. 54-58, 2012.

LI, S.; SONG, H.; HU, Y.; LI, F.; CHEN, Y. **A novel method for the synthesis of highly stable nickel-modified sulfated zirconia catalysts for n-pentane isomerization.** *Catalysis Communications*, v. 104, p. 57-61, 2018.

LIMA, R. W. S. **Hidrodessoxigenação de bio-óleos utilizando catalisadores níquel e molibdênio suportados em sílica mesoporosa SBA-15.** Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Química, 2017.

MACHADO, M. A. **Produção de biocombustíveis a partir da hidrodessoxigenação de moléculas derivadas da pirólise da biomassa empregando Mo<sub>2</sub>C suportado.** Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Programa de Engenharia Química, 2018.

MERCURE, J.F., PAIM, M.A., BOCQUILLON, P., LINDNER, S., SALAS, P., MARTINELLI, P., BERCHIN, I., GUERRA, J. A., DERANI, C., JUNIOR, C. A. **System complexity and policy integration challenges: the Brazilian Energy Water-Food Nexus.** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 105, p. 230-243, 2019.

MORTENSEN, P.M.; GRUNWALDT, J.-D.; JENSEN, P.A.; KNUDSEN, K.G.; JENSEN, A.D. **A review of catalytic upgrading of bio-oil to engine fuels.** *Applied Catalysis A: General*, v. 407, n. 1, p.1-19, 2011.

MURTI, S. D. S., CHOI, K-H., SAKANISHI, K., OKUMA, O., KORAI, Y., MOCHIDA, I. **Analysis and removal of heteroatom containing species in coal liquid distillate over NiMo catalysts.** *Fuel*, v. 84, p. 135-142, 2005.

MUKARAKATE, C.; ZHANG, X.; STANTON, A. R.; ROBICHAUD, D. J.; CIESIELSKI, P. N.; MALHOTRA, K.; DONOHOE, B. S.; GJERSING, E.; EVANS, R. J.; HEROUX, D. S.; RICHARDS, R.; IISA, K.; NIMLOS, M. R.. **Real-time monitoring of the deactivation of HZSM-5 during upgrading of pine pyrolysis vapors.** Green Chemistry, v. 16, p. 1444-1461, 2014.

PETRE, E.; SELISTEANU, D.; ROMAN, M. **Control schemes for a complex biorefinery plant for bioenergy and biobased products.** BioresourceTechnology, v. 295, 2020.

PLATA, D. B.; MOLINA, A. I.; CASTELLÓN, E. R. **Study of bifunctionality of Pt/SBA-15 catalysts for HDO of Dibenzofuran reaction: Addition of Mo or use of an acidic support.** Applied Catalysis A: General, v. 580, p. 93-101, 2019.

RAMESH, A.; TAMIZHDURAI, P.; SHANTI, K. **Catalytic hydrodeoxygenation of jojoba oil to the green-fuel application on Ni-MoS/Mesoporous zirconia-silica catalysts.** Renewable Energy, v. 138, p. 161-173, 2019.

RAUD, M., KIKAS, T., SIPPULA, O., SHURPALI, N. **Potentials and challenges in lignocellulosic biofuel production technology.** Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 111, p. 44-56, 2019.

RUDDY, D. A., SCHAIDLE, J. A., FERRELL III, J. R., WANG, J., MOENS, L., HENSLEY, J. E. **Recent advances in heterogenous catalysts for bio-oil 162 upgrading via 'ex situ catalytic fast pyrolysis: catalyst development through the study of model compounds,** Green Chemistry, v. 16, p. 454-490, 2014.

RUNNEBAUM, R. C.; NIMMANWUDIPONG, T.; BLOCK, D. E.; GATES, B. C. **Catalytic Conversion of Compounds Representative of Lignin-derived Bio-oils: A Reaction Network for Conversion of Guaiacol, Anisole, 4- Methylanisole, and Cyclohexanone Catalyzed by Pt/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.** Catalysis Science & Technology, v. 2, p. 113–118, 2012.

SANTOS, V. C. dos; SAMPAIO, B. L.; COSTA, G. A. da; SCHULTZ, E. L.; SOARES, I. P. **Uso de catalisadores multifuncionais à base de Ni e Mo para a produção de diesel verde pelo processo de hidrodessoxigenação a partir de materiais residuais da produção de biodiesel.** IV Encontro de Pesquisa e Inovação da Embrapa Agroenergia, 2017.

SARAVANAN, K.; TYAGI, B.; BAJAJ, H. **Catalytic activity of sulfated zirconia solid acid catalyst for esterification of myristic acid with methanol.** Indian Journal of Chemistry, v. 53, p. 799-805, 2014.

SARKAR, O., AGARWAL, M., KUMAR, A. N. e MOHAN, S. V. **Retrofitting hetrotrophically cultivated algae biomass as pyrolytic feedstock for biogas, bio-char and bio-oil production encompassing biorefinery.** Bioresource Technology, v. 178, p. 132–138, 2015.

SOUSA, L. A. **Hidrotratamento de óleo de girassol e ácidos graxos empregando carbeto de molibdênio suportado em alumina.** Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Programa de Engenharia Química, 2013.

TAVARES, E. C. G. **Hidrodessoxigenação catalítica de fenol visando o upgrade de bio-óleo para produção de biocombustível.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São João Del-Rei, Programa de Pós-Graduação em Tecnologias para o Desenvolvimento Sustentável, 2013.

TRINDADE, B. A.; BELLIDO, J. D. A.; NAVES, F. L.; BASTON, E. P. **Catalisadores à base de Ni e Cu suportados sobre Hbeta - Avaliação na hidrodessoxigenação do Benzaldeído.** Matéria (Rio de Janeiro), v. 22, 2018.

UBANDO, A.T., RIVERA, D.R.T., CHEN, W.H., CULABA, A.B. **A comprehensive review of life cycle assessment (LCA) of microalgal and lignocellulosic bioenergy products from thermochemical processes.** Bioresource Technology, v. 29, 2019.

UNER, D. **Advances in refining catalysis.** Chemical Industries. CRC Press Book: New York, 2017.

XIU, S., SHAHBAZI, A., **Bio-oil production and upgrading research: A review**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 16, n. 7, p. 4406-4414, 2012.

YAMAKAWA, C.K., QIN, F., MUSSATTO, S.I. **Advances and opportunities in biomass conversion technologies and biorefineries for the development of a bio-based economy**. Biomass and Bioenergy, v. 119, p. 54-60, 2018.

YAN, K., GUOSHENG, W., LAFLEUR, T., JARVIS, C. **Production, properties and catalytic hydrogenation of furfural to fuel additives and value-added chemicals**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 38, p. 663-676, 2014.

YOUNG, N. S. **Application of bio-oils from lignocellulosic biomass to transportation, heat and power generation - A review**, Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 40, p. 1108–1125, 2014.

ZHANG, X.; ZHANG, Q.; WANG, T.; MA, L.; YU, Y.; CHEN, L. **Hydrodeoxygenation of lignin-derived phenolic compounds to hydrocarbons over Ni/SiO<sub>2</sub>-ZrO<sub>2</sub> catalysts**. Bioresource Technology, v. 134, p. 73-80, 2013.



## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Adsorção 76, 77, 78, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 88, 89, 90, 91, 92

Anaeróbio 35

Análise Térmica 7, 51, 52, 57, 60

Aterros 25, 28, 30, 35

### B

Bioadsorventes 76, 77, 78, 80, 81, 82, 83, 86, 88, 89, 91, 92

Biocombustíveis 20, 24, 25, 26, 35, 37, 47, 50, 51, 53, 54, 62, 65, 70, 72, 73

Biodiesel 24, 36, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 65, 74, 91, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 100, 101, 102, 103, 104

Biodigestor 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35

Biogás 23, 24, 26, 28, 29, 30, 31, 33, 34, 35, 65

Biomassa 2, 6, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 36, 38, 50, 52, 53, 54, 63, 64, 65, 66, 67, 71, 73, 76, 93, 105, 111, 112, 113

Bio-Óleo 53, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 74

Biorrefinarias 26, 63, 65

### C

Celulose 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 15, 24, 66, 79, 92

Cogeração 22, 27

Colmos de Bambu 105, 107, 109

Corantes 76, 77, 78, 79, 81, 82, 83, 84, 87, 88, 89, 90, 91, 92

Crescimento Populacional 29, 64

### E

Efeito Cinético 3

Efeito Estufa 20, 23, 24, 30, 50, 53, 65, 95

Efluentes 1, 2, 5, 21, 22, 41, 76, 77, 78, 91

Energia 5, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 33, 34, 35, 53, 59, 62, 63, 64, 65, 107, 109

### F

Fibra de Vidro 105, 107, 108

### G

Gorduras 37, 38, 50, 52, 53, 54, 55, 58, 60, 61, 62, 67, 72, 93, 94, 95, 96, 97, 100, 101, 102, 103

## H

Hidrodesoxigenação 63, 64, 67, 68, 69, 71, 72, 73, 74

## M

Morfologia 2, 4, 7, 9, 10

## N

Nanocelulose 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 15

Nanopartículas 1, 2, 4, 13

## O

Óleos 24, 30, 37, 38, 50, 52, 53, 54, 55, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 66, 67, 72, 73, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 100, 101, 102, 103

## P

Painéis “Honeycomb” 105

Palmáceas 50, 51, 52, 57, 58, 59, 60, 96

Poder Calorífico 51, 52, 57, 59, 67

Ponto de Fluidez 93, 94, 95, 98, 99, 100, 101

Processos 1, 5, 7, 8, 9, 22, 23, 25, 36, 50, 54, 63, 65, 66, 67, 78, 90, 93, 107

Produção 3, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 38, 48, 52, 53, 54, 65, 70, 72, 73, 74, 78, 83, 91, 92, 94, 95, 109

## Q

Queima 22, 24, 25, 31, 59

## R

Recursos Renováveis 20

Regenerar 21

Resíduos 2, 3, 5, 7, 8, 9, 14, 15, 20, 21, 22, 23, 25, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 38, 58, 64, 65, 66, 76, 77, 78, 92, 98

Resina 105, 106, 107, 108, 109, 110

## S

Silicato de Sódio 36, 37, 38, 42, 43, 44, 45, 47, 48

Sustentabilidade 27, 28, 35, 65, 105

## T

Toxicidade 4, 69

Transesterificação 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 45, 50, 52, 53, 55, 57, 61, 94, 96, 97, 103

## V

Viscosidade 51, 52, 56, 58, 59, 64, 66, 67, 93, 94, 98, 99, 101, 102

# Fontes de Biomassa e Potenciais Usos 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)

# Fontes de Biomassa e Potenciais Usos 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)