

Fontes de Biomassa e Potenciais Usos 2

Leonardo Tullio
(Organizador)



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^a Dr^a 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^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira

Bibliotecário

Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof^a Dr^a 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^a Dr^a 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^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof^a Dr^a 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^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Prof^a Dr^a Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof^a Dr^a Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof^a Dr^a 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^a Dr^a 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^a Dr^a Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof^a Dr^a 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^a Dr^a 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^a Dr^a Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Prof^a Dr^a Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof^a Dr^a Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

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

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

Prof^a Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof^a Dr^a Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^a Dr^a 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
Prof^a Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof^a 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^a Dr^a Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof^a Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Prof^a Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Prof^a 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
Prof^a 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^a Dr^a 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^a 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
Prof^a Dr^a Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Prof^a Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Prof^a Dr^a 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
Prof^a Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Prof^a 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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
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
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

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

APRESENTAÇÃO

A 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

CAPÍTULO 1	1
NANOCELULOSES DE FONTES ALTERNATIVAS: OBTENÇÃO, MORFOLOGIAS E APLICAÇÕES	
Emanoel Igor da Silva Oliveira Silvana Mattedi Nadia Mamede José	
DOI 10.22533/at.ed.0742021071	
CAPÍTULO 2	20
A TECNOLOGIA DA BIOMASSA COMO INSUMO PARA A PRODUÇÃO DE ENERGIA ECOEFICIENTE	
Ana Martha Carneiro Pires de Oliveira Raquel Nazário da Rosa Prado	
DOI 10.22533/at.ed.0742021072	
CAPÍTULO 3	28
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	
DOI 10.22533/at.ed.0742021073	
CAPÍTULO 4	36
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	
DOI 10.22533/at.ed.0742021074	
CAPÍTULO 5	50
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	
DOI 10.22533/at.ed.0742021075	
CAPÍTULO 6	63
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

ÉSTERES GRAXOS DERIVADOS DE ÓLEOS E GORDURAS DE PALMÁCEAS: OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO

Data de aceite: 15/07/2020

Data de submissão: 15/05/2020

Universidade Luterana do Brasil

Canoas – Rio Grande do Sul

<http://lattes.cnpq.br/3862879352853151>

Vinícius Oliveira Batista dos Santos

Fundação de Ciência e Tecnologia

Cachoeirinha – Rio Grande do Sul

<http://lattes.cnpq.br/8825355558433440>

João Vitor Braun

Fundação de Ciência e Tecnologia

Cachoeirinha – Rio Grande do Sul

<http://lattes.cnpq.br/2682296454084846>

Samuel José Santos

Fundação de Ciência e Tecnologia

Cachoeirinha – Rio Grande do Sul

<http://lattes.cnpq.br/8169858276161226>

Rodrigo Eckert Renner

Fundação de Ciência e Tecnologia

Cachoeirinha – Rio Grande do Sul

<http://lattes.cnpq.br/5881424403108262>

Guilherme da Costa Espíndola

Fundação de Ciência e Tecnologia

Cachoeirinha – Rio Grande do Sul

<http://lattes.cnpq.br/6999772148483959>

Luiz Antonio Mazzini Fontoura

Fundação de Ciência e Tecnologia

Cachoeirinha – Rio Grande do Sul

Centro de Pesquisa em Produto e

Desenvolvimento – CEPED

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de
Materiais e Processos Sustentáveis

RESUMO: Biocombustíveis são fontes energéticas derivadas de biomassa empregadas, principalmente, como substituintes parcial ou total para combustíveis fósseis em motores de veículos. Gasolina e diesel encontraram tecnologias consolidadas para substituí-los, como o etanol e o biodiesel, respectivamente. Entre outras vantagens, são biodegradáveis, proporcionam uma combustão mais completa diminuindo emissões de CO, hidrocarbonetos e material particulado, e contribuem de forma a minimizar fenômenos ambientais como o efeito estufa e a chuva ácida. O biodiesel é constituído por uma mistura de ésteres graxos derivados de óleos e gorduras. O bioquerosene pode ser obtido por hidroprocessamento de óleos e gorduras seguido de craqueamento ou por processo Fischer-Tropisch. Biodieseis derivados de óleos e gorduras de palmáceas apresentam cadeias mais curtas que aqueles produzidos de óleos tradicionais como o de soja, e seu uso como substituinte do querosene tem sido sugerido. Neste trabalho, ésteres graxos derivados de óleos de butiá da serra e jervivá, e de gorduras de coco, palmiste e babaçu, e de óleo de soja foram produzidos por transesterificação em

duplo estágio com catálise alcalina seguida de ácida. Os produtos foram caracterizados pelo teor de ésteres graxos, composição, viscosidade, massa específica, poder calorífico, análise térmica e estimativa da oxidabilidade. A curva de destilação obtida na análise térmica sugere que estes combustíveis sejam potenciais substitutos ao querosene. As propriedades estudadas atendem às exigências da resolução 45 da ANP que traz as especificações para o biodiesel. A estimativa da oxidabilidade permite prever uma maior estabilidade a estes produtos, com potencial de se oxidar 20 vezes menor do que o biodiesel de soja.

PALAVRAS-CHAVE: biodiesel, biocombustíveis, poder calorífico, análise térmica, palmáceas

FATTY ESTERS FROM PALM TREES FATS AND OILS: OBTAINMENT AND CHARACTERIZATION

ABSTRACT: Biofuels are energy sources obtained from biomass and their main use is as partial or total substituent for fossil fuels in vehicles engines. Gasoline and diesel oil can be substituted with ethanol and biodiesel, respectively. Among other advantages, they are biodegradable, perform a more complete combustion, emitting lower levels of CO, hydrocarbons, and particulates, and contribute in order to minimize greenhouse effect, and the acid rain. Biodiesel is constituted by fatty esters obtained from oils and fats. Biokerosene can be produced from oils and fats by hydro processing followed by cracking, or by Fischer-Tropisch technology. Biodiesel derived from palm trees oils and fats are rich in short chain fatty esters, comparing with soy oil one, and its use has been suggested as substitute to kerosene. In this paper, fatty esters from butia and jeriva oils, babassu, palm kernel and coconut fats, and soy oil were obtained by two steps transesterification process, using alkaline followed by acidic catalysts. Products were characterized by ester content, composition, viscosity, specific mass, heat power, thermal analysis, and oxidisability. The distillations curves observed from the thermal analysis suggest that palm trees biodiesels can be a potential substitute to kerosene. Purity, viscosity, specific mass are in accordance with ANP resolutions. The oxidisability index permit estimating the oxidative stability 20 times higher to the palm biodiesels compared with soy oil one.

KEYWORDS: Biodiesel, biofuels, heat power, thermal analysis, palm

1 | INTRODUÇÃO

Desde a revolução industrial, as principais fontes energéticas têm sido fósseis, como petróleo, carvão e gás natural. Entre outras críticas, o petróleo, além da possibilidade de esgotamento, pode ser responsabilizado por problemas econômicos ou ambientais como o aquecimento global (GASPARATOS et al., 2017; VICHI; MANSOR, 2009). Derivados do petróleo têm sido utilizados como combustíveis principalmente no transporte de cargas e de passageiros. As três principais frações são gasolina, diesel e querosene, as quais se destinam a automóveis, caminhões e aeronaves respectivamente (KOLB; KOLB, 1979; VARTANIAN, 1991). Desde a década de 70, o Brasil vem buscando combustíveis alternativos a partir de

biomassa. O primeiro programa, PROALCOOL, incentivou a produção de etanol, utilizado em veículos com motores com ignição por centelha como substituto da gasolina. Produzindo etanol a partir da cana-de-açúcar, o Brasil rapidamente teve sua tecnologia consolidada (POUSA et al., 2007; SUAREZ; MENEGHETTI, 2007). Em 2018, o país foi o segundo maior produtor mundial de etanol (“BP Statistical Review of World Energy Statistical Review of World”, 2019).

Em 2005, seguindo a tendência de países desenvolvidos, o Brasil introduziu o biodiesel na sua matriz energética. O biodiesel é utilizado em motores com ignição por compressão e seu uso passou a ser obrigatório em 2008 (POUSA et al., 2007; SUAREZ; MENEGHETTI, 2007). Hoje é adicionado em teores de 12 % como mistura ao diesel fóssil (ANP, 2020). É renovável, não contém enxofre, apresenta maior lubrificidade, proporciona maior independência econômica ao país produtor e incentiva a agricultura familiar (DEMIRBAS, 2008; HOEKMAN et al., 2012; OTHMAN et al., 2017) gas and solid fuels predominantly produced from biomass. Biofuels include energy security reasons, environmental concerns, foreign exchange savings, and socioeconomic issues related to the rural sector. Biofuels include bioethanol, biomethanol, vegetable oils, biodiesel, biogas, bio-synthetic gas (bio-syngas. Em 2018, o Brasil foi o segundo maior produtor de biodiesel do mundo, ficando abaixo apenas dos Estados Unidos (STATISTA, 2019). O biodiesel é constituído por uma mistura de ésteres graxos proveniente da transesterificação de triglicerídeos ou esterificação de ácidos graxos (PINTO et al., 2005; RAMOS, et al., 2017; SCHUCHARDT et al., 1998). O biodiesel se assemelha ao diesel no caráter apolar e no tamanho de suas cadeias, as quais apresentam majoritariamente 16 e 18 carbonos (DE OLIVEIRA et al., 2013, KOLB; KOLB, 1979).

A fração do querosene, por sua vez, é composta por cadeias de 12 a 15 carbonos. As gorduras de palmiste e babaçu apresentam triglicerídeos com cadeias mais curtas que os óleos tradicionais, e o uso dos ésteres graxos que delas derivam tem sido sugerido como bioquerosene (LLAMAS et al., 2012a; LLAMAS, et al., 2012b). Os azeites do butiá da serra (*Butia eriospatha*) e do jerivá (*Syagrus ramazona*), palmáceas comuns no Rio Grande do Sul, têm características semelhantes às gorduras de palmiste e babaçu.

O objetivo deste trabalho é obter e caracterizar ésteres graxos etílicos derivados dos azeites de butiá da serra e de jerivá, e das gorduras de palmiste, babaçu e coco. A transesterificação é feita a partir do método TDSP (*Transesterification Doble Step Process*), que consiste em uma catálise básica seguida de uma ácida (GUZZATTO et al., 2012). Os produtos foram caracterizados pelos seguintes ensaios: pureza, composição, viscosidade cinemática, massa específica, análise térmica e poder calorífico. A avaliação da estabilidade à oxidação foi realizada pelo cálculo da oxidabilidade.

2 | PARTE TEÓRICA

As três principais frações do petróleo utilizadas como combustíveis para veículos automotivos são a gasolina, o querosene e o diesel. Obtidos por destilação fracionada,

correspondem a intervalos de ebulição diferentes. A Tabela 1 apresenta as principais frações de combustíveis do petróleo e suas propriedades (KOLB; KOLB, 1979).

Fração	Faixa de ebulição (°C)	Composição
Gasolina	30 – 200	C4 – C12
Querosene	200 – 300	C12 – C15
Diesel	300 – 400	C15 – C25

Tabela 1 - Frações do petróleo, suas faixas de ebulição e composição.

Entre as três frações, a gasolina é a faixa mais volátil e encontra uso como combustível em motores do ciclo Otto. Alternativamente, o gás natural tem sido utilizado para o mesmo fim (REAL; VALLE, 2006). O querosene, por sua vez, é utilizado como combustível em turbinas de aeronaves. O diesel, por fim, fração de maior faixa de ebulição, é utilizado em motores por ignição a compressão.

Conforme a legislação brasileira (LEI No 11.097, DE 13 DE JANEIRO DE 2005, 2005), *biocombustível é aquele combustível derivado de biomassa renovável para uso em motores a combustão interna ou, conforme regulamento, para outro tipo de geração de energia, que possa substituir parcial ou totalmente combustíveis de origem fóssil*. Entre outras vantagens, os biocombustíveis são derivados de fontes renováveis, contribuem para a redução da emissão de gases que produzem o efeito estufa, diminuem a dependência do petróleo externo e estimulam a agricultura familiar (DEMIRBAS, 2008).

Óleos e gorduras têm sido empregados como fontes de biocombustíveis, particularmente na produção de biodiesel, bio-óleo e bioquerosene. O primeiro é uma mistura de ésteres graxos obtido por transesterificação de triglicerídeos. O segundo consiste na degradação térmica dos triglicerídeos, com a obtenção de hidrocarbonetos de constituição próxima ao diesel (SUAREZ et al., 2009), Figura 1.

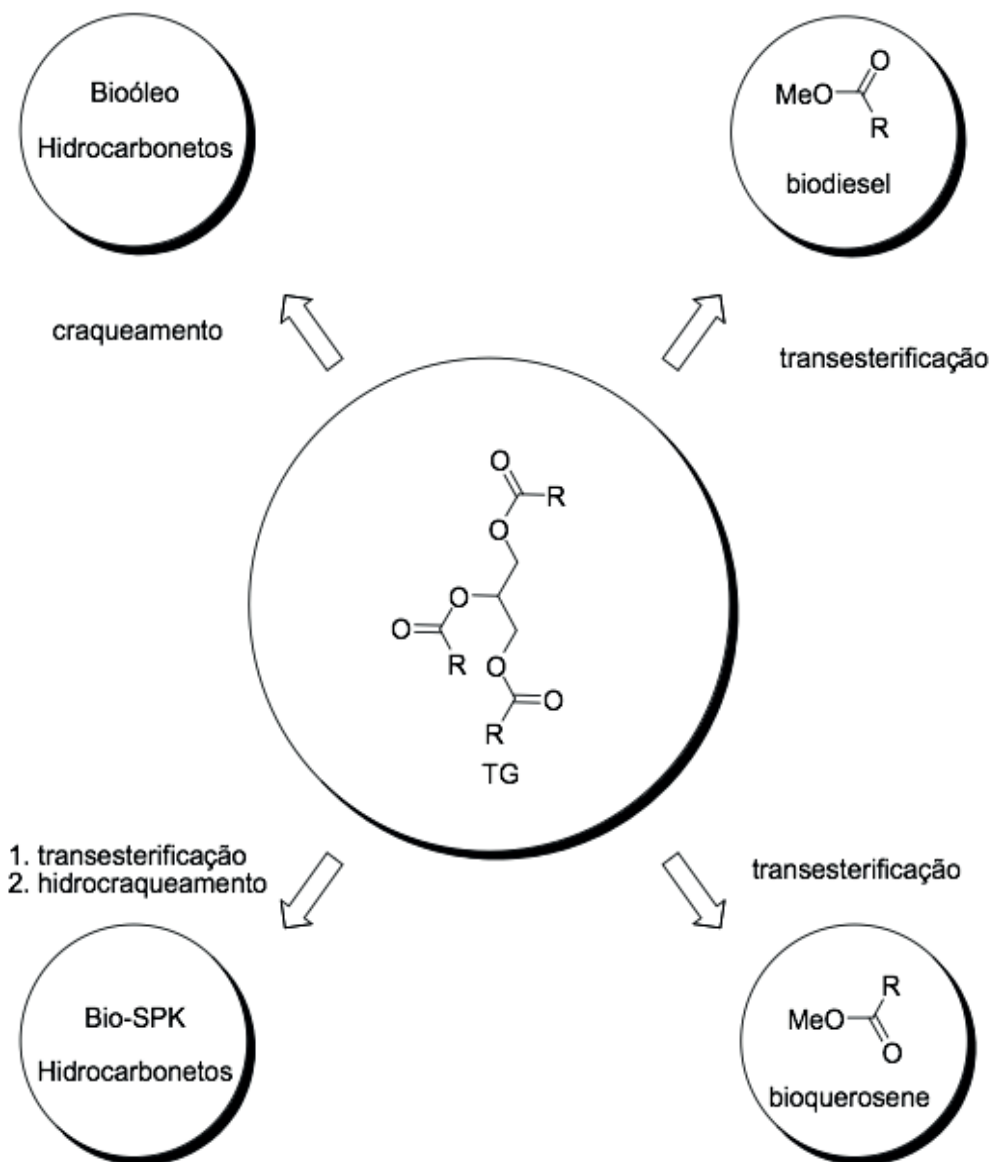


Figura 1 - Processos de conversão de triglicerídeos em biocombustíveis

Mais recentemente, tem crescido o interesse e os esforços na busca de alternativas renováveis também para o querosene de aviação (QAv) e soluções semelhantes as do diesel têm sido estudadas. Atualmente existem duas tecnologias de produção de combustíveis renováveis para aviação. O HEFA, querosene parafínico sintético derivado do craqueamento térmico ou catalítico de óleos e gorduras, é obtido através do hidrocessamento de triglicerídeos e ácidos graxos para a obtenção de produtos com cadeias entre 8 e 22 carbonos. Após esta etapa, estas cadeias são craqueadas e isomerizadas para a redução do número de carbonos até a faixa de ebulição referente às parafinas do querosene. O HEFA é constituído em sua totalidade por *i*-alcanos (90 %) e alcanos (10 %). Outra forma de obtenção de bioquerosene é através do processo de Fischer-Tropsch. Chamado de FT-SPK, este combustível é obtido através do gás de síntese derivado da pirólise de biomassa, incluindo óleos e gorduras. É composto pelos mesmos componentes do QAv, porém em teores diferentes (CHENG; BREWER, 2017; CREMONEZ et al., 2015; HERNÁNDEZ, 2017; KALLIO et al., 2014).

Alternativamente, Llamas e colaboradores (2012a; 2012b; 2013) obtiveram ésteres

graxos metílicos derivados de babaçu e camelina, e de coco e de palmiste, para testar suas propriedades em blendas com QAv. A obtenção dos ésteres graxos foi através do método clássico de transesterificação com metanol e catálise básica homogênea. O produto da gordura de babaçu foi previamente destilado a vácuo e a fração com ponto de ebulição mais baixo foi misturada com querosene comercial do tipo *Jet A-1*. As misturas dos ésteres de camelina ao *Jet A-1* foi realizada sem nenhum tipo de destilação prévia. Biodieseis de coco e palmiste foram misturados com querosene *Jet A-1* e outro produto de destilação atmosférica do querosene mineral. Em 2016, Vieira e colaboradores obtiveram os ésteres graxos derivados do óleo do *Butiá capitata* e sugeriram, também seu uso como potencial substituto ao querosene fóssil (VIEIRA et al., 2016).

3 | PARTE EXPERIMENTAL

As gorduras de coco (De Nez Produtos Alimentícios), palmiste (Azevedo S/A) e babaçu (Azevedo S/A), e o óleo de soja (Violeta) comerciais foram usados sem tratamento prévio. As sementes de butiá da serra e jerivá foram adquiridas da empresa *Rose Sementes*, de Santa Catarina.

3.1 Obtenção dos óleos de butiá da serra e jerivá

Para a extração, as sementes de butiá foram quebradas. As amêndoas foram separadas, moídas no liquidificador e secas na temperatura de 60 °C por 20 min. Os caroços de jerivá, por sua vez, foram moídos em um moinho de disco com a casca e secos da mesma forma. As extrações foram realizadas em aparelho de Soxhlet e em extrator sólido-líquido Marccone. Heptano foi utilizado como solvente (Química Moderna). Uma amostra de 142 g de semente de butiá foi submetida à extração por 6 h. Para o jerivá, 1,5 kg. Os extratos foram filtrados após a extração, e o solvente foi eliminado e recuperado em rotavapor.

3.2 Índice de acidez

Os índices de acidez dos óleos de butiá da serra e jerivá foram determinados por titulação ácido-base com NaOH 0,01 mol L⁻¹ na presença de fenolftaleína. As demais matérias primas, por serem comerciais, não tiveram o índice de acidez estimados.

3.3 Transesterificação

As transesterificações foram realizadas segundo o protocolo TDSP, *Transesterification Doble Step Process* (GUZZATTO et al., 2012). As reações foram conduzidas sob refluxo em balão de 100 mL, com aquecimento em banho-maria e agitação magnética. O balão foi carregado com 25 mL de matéria-prima fundida a 65 °C, seguidos de 30 mL solução de KOH 17 mg mL⁻¹ em etanol. A mistura foi deixada em agitação vigorosa nesta temperatura por 30 min. A seguir, na temperatura de 85 °C e com agitação, uma mistura de 15 mL do álcool e

1 mL de H₂SO₄ 18 mol L⁻¹ foi adicionada. A mistura foi deixada nas mesmas condições por 2h30min adicionais. Após isto, foi filtrada e levada ao rotavapor para a eliminação do etanol excedente. A mistura foi, então, transferida para um funil de separação. A fase inferior, a glicerina, foi separada e o produto lavado com água a 90 °C (2 x 25 mL). Após a lavagem, o produto foi mais uma vez levado ao rotavapor para eliminação da umidade.

3.4 Composição

Para a determinação da composição dos biodieseis, foi utilizado um cromatógrafo gasoso GC 2010 Shimadzu equipado com detector por ionização em chama (FID), injetor automático AOC 20i e coluna OPTIMA 5 (30 m x 25 mm x 0,25 µm). O seguinte programa de temperatura foi empregado: temperatura inicial de forno, 80 °C, 2 min; taxa de aquecimento, 10 °C min⁻¹; temperatura final de forno, 230 °C por 8 min. Um volume de 1,0 µL foi injetado automaticamente no modo split (20:1). O gás de arraste utilizado foi He com vazão de 2,5 mL min⁻¹. A composição foi determinada por normalização de áreas com correção por fatores de resposta (VISENTEINER, 2012).

3.5 Pureza

As purezas dos biodieseis foram estimadas por ressonância magnética nuclear de hidrogênio. Os espectros foram obtidos em um espectrômetro Varian Mercury operando a 400 MHz em CDCl₃ (Aldrich). A pureza foi estimada pela conversão da reação determinada pela Equação 1.

$$C_{EE} = \frac{A_{4,15}}{A_{2,30}} \quad (1)$$

Onde, C_{EE} = conversão, A_{4,15} = integral do quarteto a 4,15 ppm e A_{2,30} = integral do tripleto a 2,30 ppm (GUZATTO et al., 2012).

3.6 Viscosidade cinemática e massa específica

As viscosidades cinemáticas a 40 °C foram estimadas em tubo Cannon-Fenske no 75 (ASTM INTERNATIONAL, 2006). As massas específicas foram estimadas em balão volumétrico de 10 mL.

3.7 Índice de oxidabilidade

O índice de oxidabilidade (OX) foi calculado a partir da composição a partir da equação 2 (YAAKOB et al., 2014).

$$OX = 0,2 \times C_{C18:1} + C_{C18:2} + 2 \times C_{C18:3} \quad (2),$$

onde $C_{C18:1}$ é a concentração de oleato, $C_{C18:2}$ é a concentração de linoleato e $C_{C18:3}$ é a concentração de linolenato.

3.8 Poder calorífico e análise térmica

Os poderes caloríficos foram determinados em um calorímetro PARR mod 1281 automático (ASTM INTERNATIONAL, 2020). As análises termogravimétricas foram realizadas em uma termobalança Perkin Elmer TGA 7. Cerca de 30 mg de amostra foram pesados e aquecido em atmosfera de N_2 na faixa de 30 a 400 oC com uma taxa de aquecimento de 10 °C min⁻¹.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Extração e transesterificação dos óleos

Os óleos de jervá e butiá da serra foram obtidos por extração com heptano com rendimentos de 10 e 30 % respectivamente. Óleos límpidos foram obtidos com coloração amarelada e com viscosidades características. Os índices de acidez foram estimados em 2,2 e 2,8 mg KOH g⁻¹ de amostra, suficientemente baixos para uma posterior transesterificação alcalina.

O protocolo TDSP foi escolhido devido às suas vantagens, entre as quais a rapidez e a elevada taxa conversão. A inversão do *pH* na segunda etapa permite a esterificação dos ácidos graxos obtidos a partir do sabão formado na etapa alcalina. A metodologia foi aplicada a quatro matérias-primas comerciais refinadas e a dois óleos brutos. Nenhuma diferença na execução do procedimento foi observada. A transesterificação metélica leva a duas fases imiscíveis, que são os ésteres graxos e a glicerina, facilmente separados. Contudo, nas reações etélicas, observa-se ao final da reação uma fase somente. A separação da glicerina ocorre após a evaporação do álcool não consumido. Os rendimentos brutos foram estimados na faixa de 88 a 91 %.

4.2 Composição e pureza

A Tabela 2 apresenta as composições dos biodieseis como percentual de ésteres graxos determinadas por cromatografia gasosa. Ao contrário da mistura derivada do óleo de soja, as demais se apresentaram ricas em cadeias mais curtas (C8 a C14), cujo somatório varia entre 59 % para o jervá e 74% para o coco. Outro dado importante é o teor de ésteres graxos saturados. Entre os biodieseis obtidos, os que apresentam maior concentração de cadeias saturadas são o de coco e babaçu, superior a 80 %. O biodiesel de óleo de jervá apresenta alto teor de oleato (C18:1), 29 %, superior, até mesmo, ao de óleo de soja. Nos biodieseis das demais palmáceas, este teor varia na faixa de 10 a 20 %. O biodiesel de soja se caracteriza por suas cadeias longas, 85 % delas insaturadas.

	jerivá	butiá	coco	palmiste	babaçu	soja
C8:0 (%)	6,4	8,9	6	2,8	4,8	
C10:0 (%)	6,1	13,2	4,9	3	4,8	
C12:0 (%)	36,9	37,9	44,8	48,8	45,7	
C14:0 (%)	9,3	7,9	18,2	15,5	16,9	0,1
C16:0 (%)	6,8	5,3	9,8	8,1	9	10,5
C18:1 (%)	29,3	19,9	10,3	18,1	15,4	26,1
C18:2 (%)	2,7	3,4	2,6	2,4	2	53,7
C18:3 (%)	-	-	-	1,2	1,3	5,3
outros	2,5	3,5	3,4	0,1	0,1	4,3
SSCFE (%)	58,7	67,9	73,9	70,1	72,2	0,1
SSFE (%)	65,5	73,2	83,7	78,2	81,2	12,6
SPUFE (%)	2,7	3,4	2,6	3,6	3,3	59,0
P (%)	97,3	99,1	99,1	98,2	99,4	99,9

Tabela 2 – Purezas (P) e composições dos biodieseis de óleos de jerivá, butiá da serra e soja e das gorduras de coco, palmiste e babaçu.

SSFE – somatório dos ésteres graxos saturados de cadeias curtas; SSFE – somatório dos ésteres graxos saturados; SPUFE – somatório dos ésteres graxos poli-insaturados.

Os teores de ésteres graxos foram estimados no intervalo de 97,3 e 99,9 %, superiores, portanto, à pureza mínima estabelecida pela ANP, que é 96,5 % (ANP, 2014). A cromatografia gasosa com detector por ionização em chama com padronização interna e quantificação por um ponto é a técnica recomendada pela ANP. A norma EN14103:2011 não prevê o uso de fatores de resposta, o que é necessário no caso de biodieseis de palmáceas (COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION, 2011).

A Tabela 3 apresenta as viscosidades (ν), massas específicas (ρ), oxidabilidade (OX) e poderes caloríficos (PC) dos seis biodieseis. A massa específica do biodiesel é uma consequência de sua composição. A densidade diminui com o aumento do tamanho da cadeia, e cresce com o teor de cadeias insaturadas (HOEKMAN et al., 2012; KNOTHE; RAZON, 2017; RAMÍREZ-VERDUZCO et al., 2012; SAJJADI et al., 2016). As massas específicas foram encontradas nos intervalos de 0,8627 a 0,8728 para os biodieseis de palmáceas. O de soja, rico em cadeias poli-insaturadas, como esperado, é ligeiramente superior. Estes valores estão dentro da especificação da ANP para o biodiesel (ANP, 2014).

A viscosidade (n) é a resistência à vazão que um líquido apresenta quando submetido à ação da gravidade. A viscosidade cresce com o tamanho da cadeia do éster graxo e com o grau de insaturação. Dentre as misturas estudadas, a mais viscosa é do jerivá, e a menos viscosa é a de gordura de babaçu. Os resultados estão de acordo com as especificações da ANP (2014) para o biodiesel. A média das viscosidades dos óleos comerciais é de 34 cSt. As viscosidades dos ésteres etílicos são aproximadamente dez vezes menores do que a dos óleos. Uma alta viscosidade ocasiona heterogeneidade na combustão do biodiesel, devido a diminuição da eficiência da atomização na câmara de combustão, ocasionando a deposição de resíduos nas partes internas do motor (SAJJADI et al., 2016).

	jerivá	butiá	coco	palmiste	babaçu	soja	lim.
r (kg m ⁻³)	0,8627	0,8640	0,8641	0,8721	0,8728	0,8791	0,85-0,90
n (cSt)	4,06	3,69	3,97	3,12	3,04	4,58	3-6
OX	3,3	3,8	2,8	5,2	4,9	64,8	-
PC (MJ kg ⁻¹)	38,705	38,245	38,395	38,835	38,665	-	-

Tabela 3 - propriedades dos biodieseis de jerivá, butiá, coco, palmiste, babaçu e soja: massa específica (r), viscosidade cinemática (n), oxidabilidade (OX) e poder calorífico (PC).

Um parâmetro utilizado para expressar a tendência relativa à oxidação é a oxidabilidade (OX). Este parâmetro é calculado com base nas velocidades relativas de oxidação dos ésteres mono, di e tri-insaturados. A tendência à oxidação é maior nas cadeias que apresentam posições *bis*-alílicas, as quais formam radicais livres com facilidade (YAAKOB et al., 2014). Os biodieseis de palmáceas, pobres em linoleato (C18:2) e linolenato (C18:3), baseado nas estimativas das suas oxidabilidades, são cerca de 10 a 20 vezes menos suscetíveis à oxidação do que o biodiesel de óleo de soja.

O poder calorífico (PC) é definido como a energia liberada na queima por unidade de massa. O poder calorífico do diesel é de 43,8 MJ kg⁻¹ (MARCHETTI et al., 2007) O do biodiesel, em média, 38,5 MJ kg⁻¹, aproximadamente 10 % inferior ao do diesel. O etanol e o biodiesel possuem poder calorífico menor que os combustíveis derivados do petróleo, isso porque contêm carbonos parcialmente oxidados.

A Figura 2 apresenta os termogramas dos biodieseis de palmáceas e de soja.

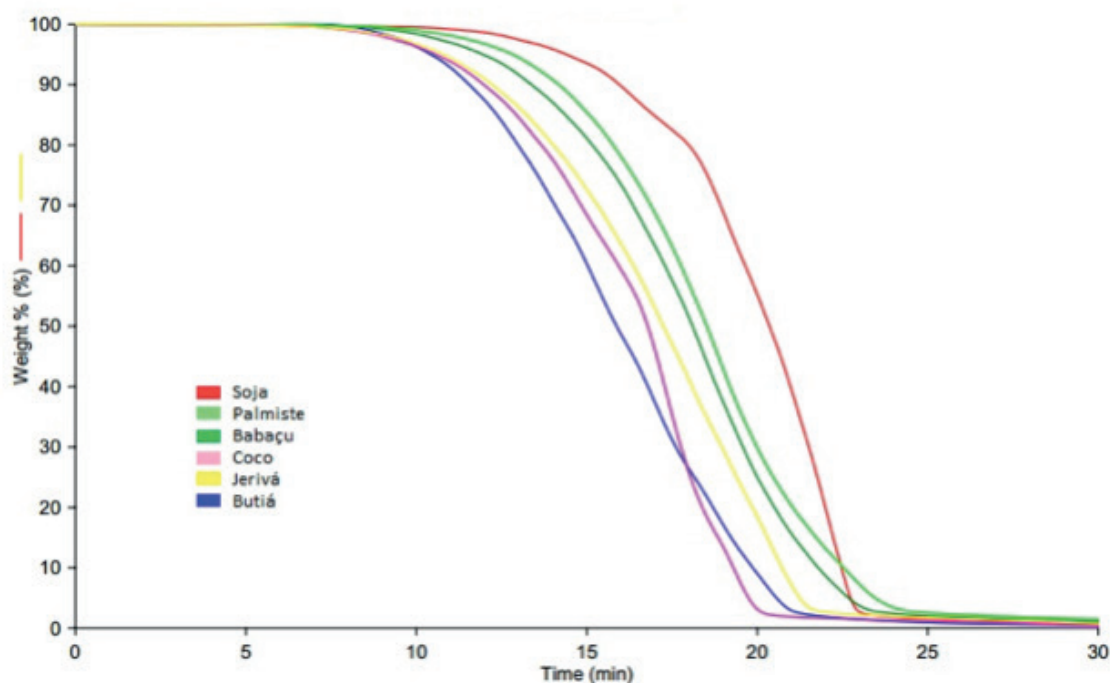


Figura 2 - Análise termogravimétrica dos biodieseis de óleos de butiá da serra, jerivá, coco, soja, palmiste, babaçu: perda de massa versus tempo

A perda de massa corresponde ao processo de destilação. Por se tratar de uma mistura de ésteres, a destilação ocorre em intervalo amplo de temperatura. Nas curvas dos biodieseis

das palmáceas, nota-se que a temperatura inicial de destilação é menor comparado com o de soja, devido à presença de cadeias mais curtas. Faixas de temperatura e percentual de perda de massa são apresentados na Tabela 4. A faixa de destilação dos biodieseis de palmáceas foi observada entre 120 °C e 240 °C e o biodiesel de soja de 190 a 270 °C.

Dm (%)	T (oC)					
	Butiá	Jerivá	Coco	Soja	Palmiste	Babaçu
5	121	130	125	193	133	123
25	160	177	173	226	174	168
50	187	207	202	248	198	195
75	210	231	218	262	208	208
95	233	250	239	270	224	225

Tabela 4 - Análise termogravimétrica dos biodieseis de óleos de butiá da serra, jerivá, coco, palmiste, babaçu e soja: perda de massa (Dm) versus temperatura (T).

A análise térmica também pode ser utilizada para avaliar a pureza. A principal impureza do biodiesel é o óleo. O resíduo de massa observado acima de 300 °C, em todos os casos, foi de 0,1%, o que assegura que os produtos têm uma pureza elevada.

5 | CONCLUSÃO

As amêndoas de butiá da serra e jerivá forneceram óleos com rendimentos de 30 e 10 %, respectivamente, os quais foram transesterificados por rota etílica com catálise alcalina seguida de ácida. O mesmo procedimento foi aplicado a gorduras comerciais de palmiste, babaçu e coco, além do óleo de soja. Em todos os casos, purezas superiores a 97 % foram observadas. Os biodieseis derivados de óleos e gorduras de palmáceas são compostos por ésteres graxos com cadeias majoritariamente curtas (14 carbonos ou inferiores) e saturadas, com baixas tendências à cristalização e oxidação, portanto. A estimativa da oxidabilidade permite prever uma maior estabilidade a estes produtos, com potencial de se oxidar 20 vezes menor do que o biodiesel de soja. A curva de destilação obtida na análise térmica sugere que estes combustíveis sejam potenciais substitutos ao querosene. As propriedades estudadas atendem as exigências da resolução 45 da ANP que traz as especificações para o biodiesel.

REFERÊNCIAS

ANP. **Evolução do percentual de teor de biodiesel presente no diesel fóssil no Brasil**. <http://www.anp.gov.br/biocombustiveis/biodiesel>, acessado em maio de 2020.

_____. **RANP 45 - 2014**. <http://legislacao.anp.gov.br/?path=legislacao-anp/resol-anp/2014/agosto&item=ranp-45-2014>, acessado em maio de 2020.

ASTM INTERNATIONAL. **D445-06 Standard Test Method for Kinematic Viscosity of Transparent and Opaque Liquids (and Calculation of Dynamic Viscosity)**. ASTM: West Conshohocken, 2006.

_____. **Standard Test Method for Heat of Combustion of Liquid Hydrocarbon Fuels by Bomb Calorimeter (Precision Method)**. ASTM: West Conshohocken, 2020.

BP Statistical Review of World Energy Statistical Review of World 2019. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2019-full-report.pdf>, acessado em maio de 2020.

CHENG, F.; BREWER, C. E. **Producing jet fuel from biomass lignin : Potential pathways to alkyl-benzenes and cycloalkanes**. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 72, p. 673-722, 2017.

COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION. **Fat and oil derivatives – Fatty Acid Methyl Esters (FAME) – Determination of ester and linolenic acid methyl ester contents**. CEN: Bruxelas, 2011.

CREMONEZ, P. A.; et al. **Biofuels in brazilian aviation : current scenario and prospects**. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 43, p. 1063–1072, 2015.

DE OLIVEIRA, D. M. et al. **Obtenção de biodiesel por transesterificação em dois estágios e sua caraterização por cromatografia gGasosa: óleos e gorduras em laboratório de química orgânica**. *Química Nova*, v. 36, n. 5, p. 734–737, 2013.

DEMIRBAS, A. **Biofuels sources, biofuel policy, biofuel economy and global biofuel projections**. *Energy Conversion and Management*, v. 49, n. 8, p. 2106–2116, 2008.

GASPARATOS, A. **Renewable energy and biodiversity: Implications for transitioning to a Green Economy**. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 70, p. 161–184, 2017.

GUZATTO, R. et al. **Transesterification double step process modification for ethyl ester biodiesel production from vegetable and waste oils**. *Fuel*, v. 92, n. 1, p. 197–203, 2012.

HERNÁNDEZ, S. **A review on the production processes of renewable jet fuel**. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 79, n. January, p. 709–729, 2017.

HOEKMAN, S. K. et al. **Review of biodiesel composition, properties, and specifications**. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 16, p. 143–169, 2012.

KALLIO, P. et al. **Renewable jet fuel**. *Current Opinion in Biotechnology*, v. 26, p. 50–55, 2014.

KNOTHE, G.; RAZON, L. F. **Biodiesel fuels**. *Progress in Energy and Combustion Science*, v. 58, p. 36–59, 2017.

KOLB, D.; KOLB, K. **Petroleum chemistry**. *Journal of Chemical Education*, v. 56, n. 7, p. 465–469, 1979.

LEI No 11.097, DE 13 DE JANEIRO DE 2005. https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra;jsessionid=2094C590D2C5ACBDD108674C27A021F4.node1?codteor=437007&filename=LegislacaoCitada+-PL+204/2007, acessado em maio de 2020.

LLAMAS, A. et al. **Biokerosene from babassu and camelina oils : production and properties of their blends with fossil kerosene**. *Energy & Fuels*, v. 26, p. 5968–5976, 2012a.

LLAMAS, A. et al. **Biokerosene from coconut and palm kernel oils : Production and properties of their blends with fossil kerosene**. *Fuel*, v. 102, p. 483–490, 2012b.

LLAMAS, A. et al. **Oxygen Extended Sooting Index of FAME Blends with Aviation Kerosene**. *Energy & Fuels*, v. 27, p. 6815–6822, 2013.

- MARCHETTI, J. et al. **Possible methods for biodiesel production.** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 11, p. 1300–1311, 2007.
- OTHMAN, M. F. et al. **Green fuel as alternative fuel for diesel engine: a review.** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 80, n. May, p. 694–709, 2017.
- PINTO, A. C.; et al. **Biodiesel: an overview.** *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v. 16, n. 6 B, p. 1313–1330, 2005.
- POUSA, G. P. A. G. et al. **History and policy of biodiesel in Brazil.** *Energy Policy*, v. 35, p. 5393–5398, 2007.
- RAMÍREZ-VERDUZCO, L. F. et al. **Predicting cetane number , kinematic viscosity , density and higher heating value of biodiesel from its fatty acid methyl ester composition.** *Fuel*, v. 91, p. 102–111, 2012.
- RAMOS, L. P. et al. **Biodiesel: raw materials, production technologies and fuel properties.** *Revista Virtual de Quimica*, v. 9, n. 1, p. 317–369, 2017.
- REAL, S. K. R.; VALLE, M. **Novos combustíveis.** 1. ed. Rio de Janeiro: e-papers, 2006.
- SAJJADI, B. et al. **A comprehensive review on properties of edible and non-edible vegetable oil-based biodiesel : Composition , specifications and prediction models.** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 63, p. 62–92, 2016.
- SCHUCHARDT, U. et al. **Transesterification of vegetable oils: a review.** *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v. 9, n. 1, p. 199–210, 1998.
- STATISTA. **Leading countries based on biofuel production in 2018.** <https://www.statista.com/statistics/274168/biofuel-production-in-leading-countries-in-oil-equivalent/>, acessado em maio de 2020.
- SUAREZ, P. A. Z. et al. **Biocombustíveis a partir de óleos e gorduras: desafios tecnológicos para viabilizá-los.** *Química Nova*, v. 32, n. 3, p. 768–775, 2009.
- SUAREZ, P. A. Z. et al. **70º aniversário do biodiesel em 2007: evolução histórica e situação atual no Brasil.** *Química Nova*, v. 30, n. 8, p. 2068–2071, 2007.
- VARTANIAN, P. F. **The chemistry of modern petroleum product additives.** *Journal of Chemical Education*, v. 68, n. 12, p. 1015–1020, 1991.
- VICHI, F. M.; MANSOR, M. T. C. **Energia, meio ambiente e economia: o Brasil no contexto mundial.** *Química Nova*, v. 32, n. 3, p. 757–767, 2009.
- VIEIRA, B. M. et al. **The synthesis and characterization of Butia capitata seed oil as a FAME feedstock.** *Fuel*, v. 184, 2016.
- VISENTEINER, J. V. **Aspectos analíticos da resposta do detector de ionização em chama para ésteres de ácidos graxos em biodiesel e alimentos.** *Química Nova*, v. 35, n. 2, p. 274–279, 2012.
- YAAKOB, Z. et al. **A review on the oxidation stability of biodiesel.** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 35, p. 136–153, 2014.

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

 contato@atenaeditora.com.br

 @atenaeditora

 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Fontes de Biomassa e Potenciais Usos 2

 www.atenaeditora.com.br

 contato@atenaeditora.com.br

 @atenaeditora

 www.facebook.com/atenaeditora.com.br