

COLEÇÃO **DESAFIOS** DAS **ENGENHARIAS:**

ENGENHARIA QUÍMICA



CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA
(ORGANIZADOR)

Atena
Editora
Ano 2021

COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:

ENGENHARIA QUÍMICA



CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA
(ORGANIZADOR)

Atena
Editora
Ano 2021

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes editoriais

Natalia Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Profª Drª Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa

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. Arnaldo Oliveira Souza Júnior – Universidade Federal do Piauí
 Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
 Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
 Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
 Prof. Dr. Daniel Richard Sant'Ana – Universidade de Brasília
 Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
 Prof^a Dr^a Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
 Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
 Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
 Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
 Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
 Prof. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná
 Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
 Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
 Prof. Dr. José Luis Montesillo-Cedillo – Universidad Autónoma del Estado de México
 Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
 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. Dr. Miguel Rodrigues Netto – Universidade do Estado de Mato Grosso
 Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco
 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. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
 Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí
 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^a Dr^a Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador
 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. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
 Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
 Prof^a Dr^a Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
 Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
 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. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
 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
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra
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. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
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 Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
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
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
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 da Fontoura Custódio Monteiro – Universidade do Vale do Sapucaí
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro

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
 Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
 Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
 Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
 Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
 Prof. Dr. Sidney Gonçalves de Lima – Universidade Federal do Piauí
 Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
 Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
 Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
 Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
 Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo
 Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,
 Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
 Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
 Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
 Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
 Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
 Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Coleção desafios das engenharias: engenharia química

Diagramação: Maria Alice Pinheiro

Correção: Maiara Ferreira

Revisão: Os autores

Organizador: Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C691 Coleção desafios das engenharias: engenharia química /
Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. –
Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-226-2

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.262212307>

1. Engenharia química. I. Paniagua, Cleiseano Emanuel
da Silva (Organizador). II. Título.

CDD 660

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, desta forma não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

APRESENTAÇÃO

O e-book: “Coleção Desafios das Engenharias: Engenharia Química” constituído por dezessete capítulos de livros apresenta trabalhos das mais diversas áreas e que demonstram o quanto à área de Engenharia Química é interdisciplinar.

O primeiro trabalho avaliou a importância de se trabalhar em equipe por meio de projetos que contribuíra para um processo de ensino-aprendizagem mais significativo. No capítulo 2 e 3 são apresentados trabalhos sobre temáticas que geram muita discussão e resistência por parte da sociedade em aceitar: o potencial de contaminação dos cemitérios localizadas dentro do perímetro urbano da cidade e o tratamento de efluentes da indústria farmacêutica.

Os capítulos de 4 a 6 apresentam estudos que objetivam remover classes de contaminantes utilizando processos de adsorção tendo como adsorventes resíduos provenientes de garrafas PET e carvão ativado obtido a partir de ossos bovinos. Além disso, é apresentado um trabalho que avaliou a eficiência de um Processo Oxidativo Avançado (H_2O_2/UV) para remoção do corante verde Malaquita. Já os capítulos 7 e 8 apresentam estudos que utilizam biomassa provenientes do caroço do abacate e da fibra da casca de coco verde com o intuito de melhorar o processo de inibição da corrosão do aço carbono e o galvanizado, aumentando sua durabilidade e reduzindo custos. O capítulo 9 apresenta a aplicação em processos biotecnológicos que visam o isolamento de fungos por intermédio de atividades enzimáticas a partir da utilização de casca de café.

Os capítulos de 10 a 13 apresentam trabalhos que buscaram avaliar a potencialidade de matérias-primas provenientes de fontes naturais para a obtenção de uréia a partir de biogás; obtenção de energia a partir de células combustíveis proveniente de micro-organismos; obtenção de briquetes a partir de co-produtos da agroindústria e caracterização de microplásticos encontrados em ecossistemas aquáticos. Já os capítulos de 14 a 17 tratam de temas bem diversificados: i) caracterização físico-química de briquetes a partir do tratamento térmico; ii) estudo comparativo do calor específico do leite provenientes de diferentes espécies de animais; iii) proposta de um método colorimétrico alternativo e de baixo custo para quantificação de glicose e iv) análise da intensidade do refino sobre as propriedades do papel de fibras de NSBK.

Neste sentido, a Atena Editora vem trabalhando e buscando cada vez mais a excelência em publicação de livros e capítulos de livros de acordo com os critérios estabelecidos e exigidos pela CAPES para obtenção do *Qualis* L1. Com o compromisso de colaborar e auxiliar na divulgação e disseminação de trabalhos acadêmicos provenientes das inúmeras instituições de ensino públicas e privadas do Brasil e de outros países com acesso gratuito em diferentes plataformas digitais.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

A PERCEPÇÃO DOS ESTUDANTES DO TRABALHO EM EQUIPE NO CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA NA FES ZARAGOZA

Ana Lilia Maldonado Arellano

María Esmeralda Bellido Castaños

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2622123071>

CAPÍTULO 2..... 11

ANÁLISE DA ÁGUA DO LENÇOL FREÁTICO E SOLO DO CEMITÉRIO MUNICIPAL FREI EDGAR – JOAÇABA – SC

José Carlos Azzolini

Daniel Claudino de Mello


Fabiano Alexandre Nienov

Eduarda de Magalhães Dias Frinhani

Adriana Biasi Vanin

Analú Mantovani

Leonardo Henrique de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2622123072>

CAPÍTULO 3..... 27

ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA, MODELAGEM MATEMÁTICA E SIMULAÇÃO DO TRATAMENTO VIA DIGESTÃO ANAERÓBIA DO LODO PROVENIENTE DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DE INDÚSTRIA FARMACÊUTICA


Thalles de Assis Cardoso Gonçalves

Mário Luiz Pereira Souza

João Victor Silva Cardoso

Hugo Lopes Ferreira

Vitor Miller Lima Alves

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2622123073>

CAPÍTULO 4..... 39

ESTUDOS INICIAIS DO USO DE RESÍDUOS DE PET (POLITEREFTALATO DE ETILENO) COMO ADSORVENTE DO ÍON METÁLICO MANGANÊS (Mn²⁺) EM SOLUÇÕES AQUOSAS


Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Vanessa Pires

Priscila Afonso Rodrigues de Sousa

Bruno Elias dos Santos Costa

Luciana Melo Coelho


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2622123074>

CAPÍTULO 5..... 51

ADSORÇÃO DO HORMÔNIO 17 β -ESTRADIOL EM CARVÃO ATIVADO DE OSSO BOVINO

Ramiro Picoli Nippes

Paula Derksen Macruz
Fernando Henrique da Silva
Aline Domingues Gomes
Patricia Lacchi da Silva
Camila Pereira Giroto
Mauricio Khenafes
Mara Heloisa Neves Olsen Scaliante

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2622123075>

CAPÍTULO 6..... 60

AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DO UV/H₂O₂ NA DESCOLORAÇÃO DO CORANTE VERDE DE MALAQUITA


Nayra Fernandes Santos
Ana Beatriz Neves Brito
Carlos Minoru Nascimento Yoshioka

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2622123076>

CAPÍTULO 7..... 71

AVALIAÇÃO DO PÓ DA FIBRA DA CASCA DE COCO VERDE COMO INIBIDOR DE CORROSÃO NATURAL DO AÇO CARBONO EM MEIO ÁCIDO


Stéfany Saraiva Viana
Gabriel Abelha Carrijo Gonçalves
Lhaira Souza Barreto
Miriam Sanae Tokumoto
Fernando Cotting
Vera Rosa Capelossi

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2622123077>

CAPÍTULO 8..... 83

APLICAÇÃO DE FILMES DE SILANO VS/GPTMS MODIFICADOS COM O CAROÇO DO ABACATE PARA A PROTEÇÃO CONTRA A CORROSÃO DO AÇO GALVANIZADO

Luís Gustavo Costa Nimo Santos
Nayara Maria Santos de Almeida
Franco Dani Rico Amado
Fernando Cotting
Isabella Pacifico Aquino
Vera Rosa Capelossi

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2622123078>

CAPÍTULO 9..... 94

ISOLAMENTO DE FUNGOS COM ATIVIDADES ENZIMÁTICAS DE INTERESSE BIOTECNOLÓGICO A PARTIR DA CASCA DE CAFÉ

Flaviana Pena Natividade
Boutros Sarrouh

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2622123079>

CAPÍTULO 10..... 112


TÉCNICAS DE CARACTERIZAÇÃO DE MICROPLÁSTICOS EMPREGADAS EM ECOSISTEMAS AQUÁTICOS BRASILEIROS

Maurício Zimmer Ferreira Arlindo

Andressa Rossatto

Taiana Denardi de Souza

Christiane Saraiva Ogradowski

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.26221230710>

CAPÍTULO 11 118

PIRÓLISE SUAVE DE BRIQUETES DE COPRODUTOS AGROINDUSTRIAIS


Amanda de Araújo Drago

Victória Oliveira Diaz de Lima

Débora Hungaro Micheletti

Aline Bavaresco dos Santos

Adriana Ferla de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.26221230711>

CAPÍTULO 12..... 126

OBTENÇÃO DE UREIA A PARTIR DE BIOGÁS: BALANÇOS MATERIAIS E ENERGÉTICOS

Daniela de Araújo Sampaio

Júlio Sancho Linhares Teixeira Militão

Jeferson Marcos Silva Moraes

Ana Paula Machado Pereira


Antônio Carlos Duarte Ricciotti

Viviane Barrozo da Silva

Hebert Sancho Linhares Garcez Militão

Diogo Kesley Oliveira de Menezes

Avner Vianna Gusmão Vieira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.26221230712>


CAPÍTULO 13..... 140

INTEGRAÇÃO DE SISTEMA DE ELUTRIAÇÃO EM CÉLULA COMBUSTÍVEL MICROBIOLÓGICA PARA ALIMENTAÇÃO CONTÍNUA DE MATÉRIA ORGÂNICA E GERAÇÃO DE ENERGIA

Ricardo Pereira Branco

Taiana Denardi de Souza

Christiane Saraiva Ogradowski

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.26221230713>

CAPÍTULO 14..... 144

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E ENERGÉTICA DE BRIQUETES DE GUANDU SUBMETIDOS A TRATAMENTO TÉRMICO


Victória Oliveira Diaz de Lima

Débora Hungaro Micheletti

Matheus de Paula Gonçalves

Fernanda Bach Gasparin

Bruno Aldo de Moura Nekel Ribeiro
Aline Bavaresco dos Santos
Valdir Luiz Guerini
Adriana Ferla de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.26221230714>

CAPÍTULO 15..... 152

ESTUDO COMPARATIVO DO CALOR ESPECÍFICO DE LEITE DE DIFERENTES ESPÉCIES ANIMAIS: INFLUÊNCIA DA COMPOSIÇÃO E DA TEMPERATURA

Halissom Clever Sanches
Rodrigo Rodrigues Evangelista
Marcio Augusto Ribeiro Sanches
André Luiz Borges Machado
Ana Lúcia Barretto Penna
Javier Telis Romero

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.26221230715>

CAPÍTULO 16..... 169

DETERMINAÇÃO COLORIMÉTRICA DE GLICOSE ATRAVÉS DA FORMAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS DE OURO SOBRE PAPEL


Jacqueline Arguello da Silva
Bernardo Brito Vacaro
Vladimir Lavayen
Thágor Moreira Klein
Manoelly Oliveira Rocha
Vanessa Cezar Ribas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.26221230716>

CAPÍTULO 17..... 181

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA INTENSIDADE DO REFINO TIPO PFI NAS PROPRIEDADES DO PAPEL DE FIBRAS DE *NORTHERN BLEACHED SOFTWOOD KRAFT* (NBSK)

Gustavo Batista
Rajnish Kumar
Franklin Zambrano
Hasan Jameel
Ronalds Gonzalez
Antonio José Gonçalves da Cruz

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.26221230717>

SOBRE O ORGANIZADOR..... 187

ÍNDICE REMISSIVO..... 188

CAPÍTULO 14

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E ENERGÉTICA DE BRIQUETES DE GUANDU SUBMETIDOS A TRATAMENTO TÉRMICO

Data de aceite: 01/07/2021

Data de submissão: 11/06/2021

Victória Oliveira Diaz de Lima

Universidade Federal do Paraná, Setor
Palotina, Engenharia de Energia
Palotina – PR
<http://lattes.cnpq.br/6616661682554952>

Débora Hungaro Micheletti

Universidade Federal do Paraná, Setor
Palotina, Engenharia de Energia
Palotina – PR
<http://lattes.cnpq.br/7174805762530986>

Matheus de Paula Gonçalves

Universidade Federal do Paraná, Setor
Palotina, Engenharia de Energia
Palotina – PR
<http://lattes.cnpq.br/2434590643385123>

Fernanda Bach Gasparin

Universidade Federal do Paraná, Setor
Palotina, Engenharia de Energia
Palotina – PR
<http://lattes.cnpq.br/3188471370968142>

Bruno Aldo de Moura Nêkel Ribeiro

Universidade Federal do Paraná, Setor
Palotina, Engenharia de Energia
Palotina – PR
<http://lattes.cnpq.br/7656699012786983>

Aline Bavaresco dos Santos

Universidade Federal do Paraná, Setor
Palotina, Departamento de Engenharias e
Exatas
Palotina – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/1098847351310417>

Valdir Luiz Guerini

Universidade Federal do Paraná, Setor
Palotina, Tecnólogo em Biocombustíveis
Palotina – PR
<http://lattes.cnpq.br/2065330764320252>

Adriana Ferla de Oliveira

Universidade Federal do Paraná, Setor
Palotina, Departamento de Engenharia e
Exatas
Palotina – PR
<http://lattes.cnpq.br/8320953119053085>

RESUMO: Os danos do aquecimento global podem vir a ser minimizados a partir da utilização de biomassa como fonte de energia. Um dos resíduos lignocelulósicos que podem ser utilizados na produção de briquetes para geração de energia é o guandu, uma leguminosa lenhosa presente em todo o território brasileiro e com grande produção de biomassa. O objetivo deste trabalho foi verificar as propriedades físico-químicas e energéticas de briquetes de guandu (*Cajanus cajan*) *in natura* e torrados. A torrefação foi realizada em reator, colocado em forno mufla com taxa de aquecimento $1,7\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ da temperatura ambiente à temperatura de $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ e mantido durante 30 min. Após a análise imediata nos briquetes torrados observou-se redução no teor de voláteis de 61,6%, enquanto os teores de cinzas e carbono fixo apresentaram um aumento de 6,2% e 55,5%, respectivamente. Para o poder calorífico superior verificou um aumento de $17,15\text{ MJ}\cdot\text{g}^{-1}$ para $27,82\text{ MJ}\cdot\text{g}^{-1}$. A torrefação nas condições empregadas provocou um aumento no poder calorífico dos briquetes.

PALAVRAS - CHAVE: briquete; torrefação; guandu (*Cajanus cajan*).

PHYSICOCHEMICAL AND ENERGY CHARACTERIZATION OF GUANDU BRIQUETS SUBMITTED TO HEAT TREATMENT

ABSTRACT: The damages of global warming can be minimized from the use of biomass as an energy source. One of the lignocellulosic residues that can be used in the production of briquettes for energy generation is pigeon pea, a woody legume present throughout the Brazilian territory and with a large production of biomass. The objective of this work was to verify the physicochemical and energetic properties of fresh and roasted pigeon pea (*Cajanus cajan*) briquettes. Roasting was carried out in a reactor, placed in a muffle furnace with a heating rate of $1.7\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ from room temperature to a temperature of $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ and maintained for 30 min. After the immediate analysis of the roasted briquettes, a reduction in volatile content of 61.6% was observed, while the ash and fixed carbon contents showed an increase of 6.2% and 55.5%, respectively. For the higher calorific value there was an increase from $17.15\text{ MJ}\cdot\text{g}^{-1}$ to $27.82\text{ MJ}\cdot\text{g}^{-1}$. Roasting under the conditions used caused an increase in the calorific value of the briquettes.

KEYWORDS: Biomass, briquette, roasting, guandu (*Cajanus cajan*).

1 | INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento da sociedade e, conseqüentemente, como a evolução dos processos industriais, houve um aumento na demanda energética. Dessa forma, surgiram também grandes impactos ambientais, e por este motivo, iniciaram-se as buscas por alternativas energéticas sustentáveis.

Utilizar a biomassa como fonte de energia pode minimizar os danos do aquecimento global. Essa pode ser obtida através de vegetais não lenhosos, vegetais lenhosos, resíduos orgânicos e biofluidos passando por processos químicos, biológicos ou de combustão direta (PROTÁSIO *et al.*, 2012).

Algumas desvantagens na utilização da biomassa *in natura* como fonte de energia podem ser citadas, como o baixo poder calorífico proveniente da combustão incompleta e a dificuldade no estoque e armazenamento. Por vezes é necessário que ocorra a submissão dessa biomassa a processos como densificação e pirólise para utilizá-la de maneira mais eficaz (CARDOSO, 2012).

A compactação da biomassa lignocelulósica pode ser feita por briquetagem ou peletização a elevadas pressões, aumentando o poder calorífico com unidade de volume. Dessa forma, se favorece o armazenamento, transporte, aumenta-se a densidade e o poder calorífico por unidade de volume (DIAS *et al.*, 2012).

Processos de pirólise tendem ser utilizados para elevar ainda mais o poder calorífico por unidade de massa do material, baseando-se na sua degradação térmica. Esses podem ser aplicados de duas formas, através da torrefação ou da carbonização. A torrefação acontece na faixa de temperatura de 200 à $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ obtendo como produto um intermediário

entre a biomassa in natura e o carvão. Por sua vez, a carbonização ocorre na faixa de temperatura de 250 à 500 °C, obtendo-se uma matéria-prima carbonizada. (LORA *et al.*, 2013; OLIVEIRA, 2018).

Uma das leguminosas lenhosas produzidas em âmbito mundial, encontrada em todo o território brasileiro, é o *Cajanus cajan*, popularmente conhecido como feijão guandu, guisante de Angola, ervilha de Angola e ervilha do Congo (BOTELHO, 2018).

O grão do feijão guandu, desde que passe pelo tratamento adequado, pode ser utilizado para a alimentação humana e animal. Além disso, é uma alternativa para a suplementação de suínos e aves por possuir alto valor nutritivo (BULIAN, 2015).

A partir dessa leguminosa, pode-se obter resíduos de sua colheita, como casca, tocos, cavacos e serragem. Além disso, o caule do feijão guandu é considerado um material de desperdício por não gerar rendimento financeiro, sendo esse um potencial biomassa para sua utilização como fonte de energia térmica (MADALENA, 2019; GANGIL, 2014).

Alcântara *et al.* (2000) verificaram alta capacidade do guandu na produção de fitomassa seca, sendo 13.800 kg ha⁻¹ no Sudoeste do Paraná e 13.200 kg ha⁻¹ em Lambari-MG.

Dessa forma, nesse estudo foram submetidos briquetes produzidos a partir de biomassa de guandu (*Cajanus cajan*) à pirólise suave, para avaliar as características físico-químicas e energéticas.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Os procedimentos foram realizados no Laboratório de Química Orgânica e Nutrição, na Universidade Federal do Paraná - Setor Palotina. Os briquetes de guandu (*Cajanus cajan*) utilizados foram produzidos em uma briquetadeira da marca LIPPEL, modelo BL 95/210, Potência 55 kW, com capacidade de produção de 1.200 a 1.800 kg.h⁻¹, sem utilização de aglutinante.

A amostragem aleatória consistiu em três discos de 2 cm de espessura para a torrefação. A serragem produzida no corte desses discos foi utilizada para a caracterização *in natura* dos briquetes.

A torrefação foi realizada com os discos previamente secos em estufa à 105 ± 2 °C durante 4 h, em reator aquecido em forno mufla, segundo metodologia adaptada de Protássio *et al.* (2012) com taxa de aquecimento 1,7 °C.min⁻¹ de temperatura ambiente à temperatura de 300 °C e mantido durante 30 min.

Tanto o resíduo do corte como os briquetes torrados foram moídos em moinho Willey e peneiradas em conjunto de peneiras de 40 - 60 *mesh* para a realização da análise imediata pelo método ASTM D-3.172 até D-3.175 (ASTM, 1983) e poder calorífico superior (PCS) conforme a norma ABNT - NBR 8633/84 (ABNT, 1984) para carvão vegetal.

A partir da metodologia de Wastowski (2018), foram determinados os percentuais

absolutamente secos, além de obter os teores de lignina, de holocelulose e de celulose. Por sua vez, os extrativos por água fria (Eaf), água quente (Eaq) e por NaOH foram determinados a partir da bibliografia de Mello Junior (2010).

A densidade aparente do biocombustível sólido foi determinada pelo método estereométrico adaptado descrito por Protásio *et al.* (2011).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 estão dispostos os valores médios para a análise da química dos briquetes de resíduos de feijão guandu (*Cajanus cajan*) *in natura*.

Percentual absolutamente seco	92,3%
Extrativos em água fria	3,64%
Extrativos em água quente	4,19%
Extrativos em NaOH	14,08%
Lignina	11,57%
Holocelulose	75,12%
Celulose	55,33%

TABELA 1 – Resultados da análise química do material.

O teor de umidade pode influenciar negativamente a ignição do biocombustível, mas para que isso não aconteça, segundo Garcia (2010), o teor de umidade dever ser inferior a 10%. Enquanto o teor de umidade representa a porcentagem de água presente na madeira, o teor absolutamente seco é o inverso e representa a porcentagem de material lenhoso, sendo assim, a afirmação de Garcia (2010) adaptada infere que o percentual absolutamente seco deve ser superior a 90%. No presente estudo, o resultado estimado é de 92,3% encaixando-se no intervalo referenciado pela literatura.

Os valores de extrativos em água fria, quente e NaOH apresentados pelo briquete de guandu foram de 3,64%, 4,19% e 14,08%, respectivamente, ao comparar esses resultados com 3,4%, 5,97% e 15,82%, encontrados para *E. urograndis* por Moreira, Fazon e Ribeiro (2016), o guandu apresentou valores relativamente próximos, entretanto, os extrativos em água quente e NaOH foram menores. Petterson (1984) afirma que o teor de extrativos pode chegar até 20%, o estimado no presente estudo foi de aproximadamente 25,2%, altos valores de extrativos influenciam negativamente no consumo de reagentes nos processos químicos de utilização da madeira e na permeabilidade.

A lignina está relacionada com a quantidade de reagentes a serem utilizados em um processo de produção de celulose, ou seja, quanto maior o teor de lignina maior o consumo desses reagentes. O teor de lignina estimado foi de 11,57% que comparado com valores

encontrados por Magaton *et al.* (20[--]) de 24,7% e 25,3% para *Eucalipto Dunni* e *Eucalipto Nitens*, respectivamente, é um baixo teor resultando em um menor consumo de reagentes sendo um ponto positivo em relação ao eucalipto.

Segundo Santos (2008), a combinação da celulose com a hemicelulose resulta na holocelulose, sendo a maior porção de carboidratos da madeira. O valor determinado para a holocelulose foi de 75,14%, relativamente próximo ao valor encontrado por Marchesan, Mattos e Rosot (2007) 67,33% para *Pinus palustris*.

O teor de celulose é referente a rigidez e firmeza das plantas, sendo o elemento majoritário das plantas. Magaton *et al.* (20[--]) encontrou valores de 54,4% e 51,2% para *Eucalipto dunnis* e *Eucalipto grandis*, respetivamente, enquanto no presente trabalho encontrou-se um valor de 55,33%, sendo um valor coerente e resultando em uma planta com maior rigidez.

Na tabela 2, estão dispostos os resultados obtidos das densidades dos briquetes. Conforme Pinto (2016), a briquetagem para a compactação do material, resulta em uma matéria-prima de fácil transporte e com maior densidade energética. Os resultados obtidos das densidades foram aproximadamente 1,2 g cm⁻³ que de acordo com os valores obtidos por Souza e Vale (2016) para briquetes de *Pinus* e Silva *et al.* (2015) para briquetes de Eucalipto, 1,19 g cm⁻³ e 0,92 g cm⁻³, respectivamente, é uma densidade alta, diminuindo o volume de ocupação e aumentando o poder calorífico. O valor da densidade encontrado está de acordo com os limites estabelecidos por Embrapa (2012), que são de 0,5 a 1,2 g.cm⁻³.

	Briquete de guandu	Briquete de Pinus (Souza e Vale, 2016)	Briquete de Eucalipto (Silva <i>et al.</i> 2015)
Densidade (g cm ⁻³)	1,21	1,19	0,92

Tabela 2: Resultado da densidade do briquete

Na tabela 3, estão organizados os resultados da análise imediata dos briquetes *in natura* e torrados. Observando os resultados constatou-se que após o tratamento térmico houve uma diminuição no teor de voláteis e um aumento no teor de cinzas e carbono fixo em relação a amostra *in natura* como esperado, visto que Paula (2014), afirma que, em geral, após se submeter um material à torrefação obtém-se um briquete com menor teor de materiais voláteis e teores de carbono fixo e cinzas superiores aos iniciais.

Amostra	Teor de voláteis (%)		Teor de cinzas (%)		Teor de carbono fixo (%)		Poder calorífico (MJ.g ⁻¹)	
	<i>In natura</i>							
	81,87	78,69*	1,51	0,18*	16,53	21,03*	17,15	17,88*
Torrada	20,24 (CV 1,83)	52,11*	7,70 (CV 3,29)	9,7*	72,03 (CV 0,99)	38,2*	28,15	24,40*

Tabela 3: Resultados da análise imediata e poder calorífico das amostras comparados à Paula *et al.* (2011).

* valores da literatura

Para a análise imediata Paula *et al.* (2011) determinaram para briquetes de resíduos de serragem de madeira *in natura* 78,69%, 0,18% e 21,03% para teores de materiais voláteis, de cinzas e de carbono fixo, respectivamente. De acordo com Felfli *et al.* (2000) para amostras de madeira torrada, com 1h de retenção e uma faixa de temperatura de 270 °C, foram encontrados valores de 52,1%, 9,7% e 38,2% para teores de voláteis, de cinzas e de carbono fixo, respectivamente. As diferenças observadas entre os teores obtidos e os encontrados na literatura estão relacionadas com a origem do material, o tempo de retenção e a faixa de temperatura.

O poder calorífico está relacionado com o teor de cinzas, ou seja, um alto teor de cinzas resulta em um baixo poder calorífico, devido materiais minerais não participarem do processo de combustão (GONÇALVES *et al.*, 2009). Na tabela 3, estão representados os valores de poder calorífico da amostra *in natura* e das torradas, notou-se uma proximidade entre os dados estimados com valores para de *Eucalyptus grandis* encontrados por Müzel *et al.* (2014) para a biomassa *in natura* e por Santos (2012) para a biomassa torrada de 17,88 MJ.g⁻¹ e 24,40 MJ.g⁻¹. Há várias características das partículas que podem comprometer o poder calorífico, tais como: teor de umidade, composição elementar e teor de cinzas, além de outras variáveis (RODRIGUES, 2010).

4 | CONCLUSÃO

Conclui-se que os resíduos de guandu possuem características próximas ou superiores a biomassas usualmente comercializadas, como serragem de madeira, *Eucalyptus grandis* e Pinus, assim o mesmo é uma boa alternativa para produção de energia.

A partir dos estudos realizados concluiu-se que a torrefação proporcionou um aumento considerável no potencial energético dos briquetes. A torrefação nas condições empregadas provocou uma diminuição de 61,63% no teor de voláteis, enquanto os teores de cinzas e carbono fixo apresentaram um aumento de 6,2% e 55,5%, respectivamente. Para o poder calorífico verificou um aumento de 17,15 MJ.g⁻¹ para 27,82 MJ.g⁻¹.

Portanto, é de grande importância a busca por novos biocombustíveis e a aplicação de tratamentos térmicos.

REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, F. A.; FURTINI NETO, A. E.; PAULA, M. B.; MESQUITA, H. A.; MUNIZ, J. A. **Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo vermelho-escuro degradado**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 35, p. 277-288, 2000.

ASTM - American Society for Testing Materials. ASTM D 1762: **Standard method for chemical analyses of wood charcoal**. Philadelphia: ASTM International, 1977. 1042 p.

ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D-3.172-73 até D-3.175-73: Standard Methods for proximate analysis of coal and coke**, 1983.

BOTELHO, C. S. **Farmacopédia Zootécnica Do Cerrado**. Trabalho de Conclusão de Curso, Graduação em Ciências Agrárias, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Unai, 2018. 48 p.

BULIAN, A. A. L. **Leguminosas alternativas como fontes proteicas na alimentação de suínos**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias. 2015.

CARDOSO, B. M. **Uso da Biomassa como Alternativa Energética**. Projeto de Graduação, Curso de Engenharia Elétrica, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012. 94 p.

FELFLI, F. E. F.; LUENGO, C. A.; SOLER, P. B. **Torrefação de Biomassa: Características, Aplicações e Perspectivas**. 3º ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, Campinas, 2000, p.5.

FILHO, A. C.; STORCK, L. **Estatísticas de avaliação da precisão experimental em ensaios de cultivares de milho**. Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v. 42, n. 1, p.17-24, jan. 2007.

GANGIL, S. **Beneficial transitions in thermogravimetric signals and activation energy levels due to briquetting of raw pigeon pea stalk**. Fuel, v. 128, n. 15, p. 7-13, jul. 2014.

GONÇALVES, J. E.; SARTORI, M. M. P.; LEÃO, A. L. **Energia de briquetes produzidos com rejeitos de resíduos sólidos urbanos e madeira de Eucalyptus grandis**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 13, n. 5, p. 657-661, 2009.

MADALENA, L. C. S. **Análise físico-química e energética de briquetes de feijão guandu (*Cajanus cajan*) silg 2009 submetidos à torrefação**. Dissertação (mestrado), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura, Cascavel, 2019. 90 f.

MELLO JUNIOR, J. A. **Polpação kraft e kraft/AQ da madeira de híbrido de Eucalyptus urograndis destinada à produção de polpa para dissolução**. Dissertação de Mestrado. Dissertação (mestrado), Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia, Guaratinguetá, 2010. 105 f.

MÜZEL, S. D.; DE OLIVEIRA, K. A.; HANSTED, F. A. S.; PRATES, G. A.; GOVEIA, D. **Poder calorífico da madeira de eucalyptus grandis e da hevea brasiliensis**. Brazilian Journal of Biosystems Engineering, v. 8, n. 2, p. 166-172, 2014.

OLIVEIRA, A. F. de. **Biocombustíveis sólidos: definição e conceitos**. 2018. p. 11.

PAULA, L. E. de R. **Efeito da Torrefação e Briquetagem nas Propriedades Energéticas de Resíduos Agroindustriais**. Tese (doutorado), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014. 88 p.

PAULA, L. E. R.; TRUGILHO, P. F.; REZENDE, R. N.; ASSIS, C. O.; BALIZA, A. E. R. **Produção e avaliação de briquetes de resíduos lignocelulósicos**. Pesquisa Florestal Brasileira, Colombo, v. 31, n. 66, p. 103-112, abr./jun. 2011.

PINTO, Q. M. A. **Análise do Desempenho Energético de Briquetes de Resíduos Agroindustriais gerados no Distrito Federal**. Trabalho (graduação), Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, 2016.

PRINS, M. J.; PTASINSKI, K. J.; JANSSEN, F. J. J. G. **Torrefaction of wood. Part 2: Analysis of products**. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, v. 77, n. 1, p. 35-40, 2006.

PROTÁSIO, T. P.; BUFALINO, L.; MENDES R. F.; RIBEIRO, M. X.; TRUGILHO, P. F.; LEITE, E. R. S. **Torrefação e carbonização de briquetes de resíduos do processamento dos grãos de café**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.16, n.11, Campina Grande, nov. 2012.

RODRIGUES, V. A. J. **Valorização energética de lodo biológico da indústria de polpa celulósica através da briquetagem**. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010. 117 f.

SANTOS, J. R. S. **Estudo da Biomassa Torrada de Resíduos Florestais de Eucalipto e Bagaço de Cana-de-Açúcar para Fins Energéticos**. Dissertação (mestrado), Programa de Pós-Graduação em Recursos Florestais, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2012. 85 p.

SILVA, D. A.; YAMAJI, F. M.; BARROS, J. L.; RÓZ, A. L.; NAKASHIMA, G. T. **Caracterização de Biomassas para Briquetagem**. Revista Floresta, v. 45, n. 4, p. 713-722, 2015.

SOUZA, F.; VALE, A.T. **Densidade energética de briquetes de biomassa lignocelulósica e sua relação com os parâmetros de briquetagem**. Pesquisa Florestal Brasileira, Colombo, v. 36, n. 88, p. 405-413. 2016.

WASTOWISK, A. D. **Química de madeira**. 1ª Ed. Editora intercência, 2018.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aço Carbono 11, 71

Adsorção 9, 10, 39, 41, 43, 44, 45, 46, 47, 49, 51, 52, 53, 54, 56, 57, 58, 61, 78, 157

Adsorvato 43, 44, 46

Adsorvente 10, 39, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 49, 51, 52, 53, 54, 58

Agroindustriais 12, 73, 74, 78, 110, 111, 118, 119, 124, 125, 151

Agronegócio 119, 124, 153

Águas Subterrâneas 11, 12, 13, 14, 15, 23, 24, 25, 26

Analito 39, 45, 46, 47

Ânodo 84, 141

Atividade Enzimática 94, 102, 106, 107

B

Bactérias 12, 15, 29, 141, 142

Biocatalisadores 96

Biocombustível 119, 120, 122, 123, 147

Bioconversão 94, 96

Biodegradáveis 41, 71, 73, 76, 86

Biofilme 141, 142

Biogás 9, 12, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 126, 127, 128, 130, 131, 132, 133, 134, 137, 138

Biomassa 9, 119, 120, 122, 123, 124, 125, 138, 144, 145, 146, 149, 150, 151

Biotecnologia 94, 95, 100, 110

Briquetes 9, 12, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 144, 146, 147, 148, 149, 150, 151

C

Carbonização 120, 125, 145, 146, 151

Carvão Ativado 9, 10, 48, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58

Cátodo 141

Células Combustíveis 9, 141

Celulose 61, 78, 98, 100, 106, 123, 147, 148, 181, 182, 183

Combustíveis Fósseis 126, 141

Contaminação Ambiental 60

Corante 9, 11, 49, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 106

Corpo Humano 12, 14, 41

Corpos Hídricos 41

Corrosão 9, 11, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 83, 84, 85, 86, 87, 89, 91, 93, 170

D

Desreguladores endócrinos 52, 59

E

Efluentes Líquidos 12

Eletrodo 71, 75, 84, 86, 88, 91, 141, 142, 171

Enzimas 14, 94, 95, 98, 99, 100, 101, 103, 108, 109, 155, 171

F

Fibras 9, 13, 61, 86, 97, 101, 181, 182, 183, 184, 185

Fungos 9, 11, 94, 99, 100, 102, 103, 104, 105, 107, 109, 110, 122

G

Galvanização 84

Grupos Funcionais 42, 44, 47, 86, 115, 170

H

Hormônio 10, 51, 52, 53, 58, 98

I

Impacto Ambiental 12, 13, 41

Isotermas de adsorção 53, 57

L

Lençol Freático 10, 11, 13, 14, 15, 25

M

Materiais Renováveis 94

Meio Ambiente 14, 17, 25, 26, 28, 29, 41, 48, 49, 52, 59, 80, 84, 92, 95, 142

Metabólitos 95

Metais Pesados 11, 26, 41, 49

Micro-Organismos 9, 95, 99, 155

Micropoluentes Inorgânicos 11

N

Nanopartículas 13, 169, 170, 171, 174

Necrochorume 11, 12, 13, 14, 15, 25, 26

O

Oxidação Fotoquímica 60

Oxirredução 41, 71, 92

P

Peletização 145

Pirólise 12, 118, 119, 120, 124, 145, 146

Potabilidade 41

Processos Biotecnológicos 9, 69, 94, 95, 100, 109

Processos Químicos 72, 95, 127, 129, 145, 147

R

Recursos Hídricos 13

Resíduos Lignocelulósicos 94, 101, 144, 151

S

Silanos 83, 84, 85, 87, 88, 89, 90, 91, 92

Sistema de elutriação 12, 140, 141

Solo 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 41, 98, 99

Superfície Metálica 85

T

Torrefação 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 144, 145, 146, 148, 149, 150, 151

Toxicidade 48, 61, 73, 84

Tratamento de efluentes industriais 41

COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA QUÍMICA



www.atenaeditora.com.br



contato@atenaeditora.com.br



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



facebook.com/atenaeditora.com.br

COLEÇÃO **DESAFIOS** DAS **ENGENHARIAS:**

ENGENHARIA QUÍMICA



www.atenaeditora.com.br



contato@atenaeditora.com.br



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



facebook.com/atenaeditora.com.br