



# ENGENHARIAS:

Metodologias e Práticas de  
Caráter Multidisciplinar

4

João Dallamuta  
Henrique Ajuz Holzmann  
Rennan Otavio Kanashiro  
(Organizadores)

# ENGENHARIAS:

Metodologias e Práticas de  
Caráter Multidisciplinar

4

João Dallamuta  
Henrique Ajuz Holzmann  
Rennan Otavio Kanashiro  
(Organizadores)

**Editora Chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Assistentes Editoriais**

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto Gráfico e Diagramação**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

**Imagens da Capa**

Shutterstock

**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.



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

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. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Ivone Goulart Lopes – Instituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido

Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

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

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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 Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras

Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco

Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará

Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

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

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. 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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Linguística, Letras e Artes**

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

### **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. 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. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais  
Prof. Me. Alexandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar

Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná  
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa  
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein  
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará  
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina  
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza  
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social  
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe  
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA  
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia  
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis  
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR

Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Lilians Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Livia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe  
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas  
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos  
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo  
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  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba  
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista



**Editora Chefe:** Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira  
**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Flávia Roberta Barão  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizador:** João Dallamuta  
Henrique Ajuz Holzmann  
Rennan Otavio Kanashiro

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

E57 Engenharia: metodologias e práticas de caráter multidisciplinar 4 / Organizadores João Dallamuta, Henrique Ajuz Holzmann, Rennan Otavio Kanashiro. - Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-889-2

DOI 10.22533/at.ed.892211003

1. Engenharia. I. I. Dallamuta, João (Organizador). II. Holzmann, Henrique Ajuz (Organizador). III. Kanashiro, Rennan Otavio (Organizador). IV. Título.

CDD 620

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

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

## APRESENTAÇÃO

Caro(a) leitor(a)

Como definir a engenharia? Por uma ótica puramente etimológica, ela é derivada do latim *ingenium*, cujo significado é “inteligência” e *ingeniare*, que significa “inventar, conceber”.

A inteligência de conceber define o engenheiro. Fácil perceber que aqueles cujo ofício está associado a inteligência de conceber, dependem umbilicalmente da tecnologia e a multidisciplinaridade.

Nela reunimos várias contribuições de trabalhos em áreas variadas da engenharia e tecnologia. Ligados sobretudo a indústria petroquímica com potencial de impacto nas engenharias. Aos autores dos diversos trabalhos que compõe esta obra, expressamos o nosso agradecimento pela submissão de suas pesquisas junto a Atena Editora. Aos leitores, desejamos que esta obra possa colaborar no constante aprendizado que a profissão nos impõe.

Boa leitura!

João Dallamuta  
Henrique Ajuz Holzmann  
Rennan Otavio Kanashiro

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DE FLEXÃO DE VIGAS DE CONCRETO SIMPLES**

Vinícius Borges de Moura Aquino

Marco Donisete de Campos

**DOI 10.22533/at.ed.8922110031**

### **CAPÍTULO 2..... 18**

#### **SIMULAÇÃO NUMÉRICA DE FLEXÃO DE VIGAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO ARMADO**

Afonso Henrique de Campos Rodrigues

Marco Donisete de Campos

**DOI 10.22533/at.ed.8922110032**

### **CAPÍTULO 3..... 34**

#### **THE USE OF BABASSU COCONUT FIBERS IN THE PRODUCTION OF CONCRETE**

Wilson Alves Oliveira Junior

Maria Elayne Rodrigues Alves

Bruna Leal Melo de Oliveira

João Batista de Oliveira Libório Dourado

Aluska do Nascimento Simões Braga

Valdeci Bosco dos Santos

**DOI 10.22533/at.ed.8922110033**

### **CAPÍTULO 4..... 40**

#### **RECICLAGEM DO POLIPROPILENO PARA OBTENÇÃO DO COMPÓSITO POLIMÉRICO REFORÇADO COM PÓ DE OSTRA**

Terezinha Jocelen Masson

Rafael dos Santos Lima

**DOI 10.22533/at.ed.8922110034**

### **CAPÍTULO 5..... 58**

#### **DESMITIFICANDO A RADIOATIVIDADE**

Leandro Soares da Silva

Déborah Vitória de Souza Silva

Eduardo Mendonça Pereira Cavalcanti

Kauã Felipe Santiago

José Allan da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.8922110035**

### **CAPÍTULO 6..... 66**

#### **PROPOSTA DE SILO GRANELEIRO TEMPORÁRIO PARA FAZENDAS DA FRONTEIRA AGRÍCOLA DO BRASIL**

José Roberto Rasi

Jorge Augusto Serafim

Jonathan Figueiredo Broetto

**DOI 10.22533/at.ed.8922110036**

**CAPÍTULO 7.....84**

**USO DE METANOL E ETANOL NO DIAGNÓSTICO DE FALHAS TÉRMICAS ENVOLVENDO PAPEL KRAFT ISOLANTE**

Helena Maria Wilhelm  
Paulo Oliveira Fernandes  
Geovana Carolina dos Santos  
Maria Letícia Gomes dos Santos  
Thatiane Tamyris Kuczera Pereira  
Laís Pastre Dill  
Daniel da Conceição Aroucha Filho  
Marcelo Luiz de Carvalho Ribeiro  
Arley de Paula Mar  
Pedro José dos Santos Junior

**DOI 10.22533/at.ed.8922110037**

**CAPÍTULO 8.....97**

**SÍNTESE E AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE UM COMPÓSITO CERÂMICO ZIRCÔNIA E ALUMINA PARA APLICAÇÃO EM PRÓTESE CRANIOMAXILOFACIAL**

José Victor Passos Santiago  
Viviane Silva Gomide

**DOI 10.22533/at.ed.8922110038**

**CAPÍTULO 9.....108**

**SUITABILITY OF INTERNAL TANK COATINGS FOR AROMATIC HYDROCARBONS STORAGE**

Ulysses Ramos  
Aldo Ramos Santos  
Joaquim Pereira Quintela  
Carlos Rene Klotz Rabello  
Cleber Gonçalves Ferreira  
Emmanuelle Sá Freitas

**DOI 10.22533/at.ed.8922110039**

**CAPÍTULO 10.....120**

**DISEÑO DE UN FALDÓN ESTRUCTURAL CIRCULAR DE APOYO PARA UN SILO METÁLICO CON CAPACIDAD DE ALMACENAR 300 M<sup>3</sup> DE CLINKER**

Luis Orlando Cotaquispe Zevallos

**DOI 10.22533/at.ed.89221100310**

**CAPÍTULO 11.....136**

**DETERMINAÇÃO DE DESCARGAS DE LODO DE REATORES UASB COM PÓS-TRATAMENTO AERADO ATRAVÉS DA ANÁLISE DE SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS DO EFLUENTE**

Jane Mary Targino Moreira  
Ruam Magalhães da Silva  
Renata Carlos Freire

**DOI 10.22533/at.ed.89221100311**

<b>CAPÍTULO 12.....</b>	<b>147</b>
AVALIAÇÃO DE ÓLEO VEGETAL ISOLANTE OBTIDO DE UMA NOVA FONTE DE MATÉRIA-PRIMA: AS MICROALGAS	
Helena Maria Wilhelm	
Giorgi Dal Pont	
Claudio Aparecido Galdeano	
Eduardo João de Palma	
Luiz A. Ravaglia	
<b>DOI 10.22533/at.ed.89221100312</b>	
<b>CAPÍTULO 13.....</b>	<b>158</b>
ANÁLISE ESTRUTURAL DO COMPORTAMENTO SÍSMICO DE BARRAGENS DE REJEITO	
Antonio Nilson Zamunér Filho	
Gabriel Gomes Silva	
Wellington Andrade da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.89221100313</b>	
<b>CAPÍTULO 14.....</b>	<b>171</b>
ANÁLISE DE TENSÃO E COMPARAÇÃO DE PROCESSO DE FABRICAÇÃO EM ROD END	
Jói da Silva Theis	
Luiz Carlos Gertz	
André Cervieri	
Antonio Flavio Aires Rodrigues	
Gustavo Pizarro Meneghello	
<b>DOI 10.22533/at.ed.89221100314</b>	
<b>CAPÍTULO 15.....</b>	<b>179</b>
INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA DE TRATAMENTO TÉRMICO NO DESEMPENHO FOTOCATALÍTICO DE FIBRAS DE TiO <sub>2</sub>	
Luana Góes Soares da Silva	
Annelise Kopp Alves	
<b>DOI 10.22533/at.ed.89221100315</b>	
<b>CAPÍTULO 16.....</b>	<b>189</b>
EFEITOS DA PIRÓLISE SUAVE EM PELLETS DE <i>Pinus</i>	
Nathalia Heloisa Dullius	
Anderson Rodrigo Heydt	
Adriana Ferla de Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.89221100316</b>	
<b>CAPÍTULO 17.....</b>	<b>197</b>
ESTUDO DE SISTEMAS ISOLANTES DE REFERÊNCIA USADOS NA DETERMINAÇÃO DA CLASSE TÉRMICA DE NOVOS SISTEMAS ISOLANTES SEGUNDO A NORMA IEEE C57.100	
Helena Maria Wilhelm	
Paulo Oliveira Fernandes	

Leandro Gonçalves Feitosa  
Geovana Carolina dos Santos  
Laís Pastre Dill  
Leonardo Galhardo  
Richard Marek

**DOI 10.22533/at.ed.89221100317**

**CAPÍTULO 18.....209**

**DESENVOLVIMENTO DE MADEIRA PLÁSTICA: COMPÓSITOS HÍBRIDOS  
POLIPROPILENO/PÓ DE MADEIRA/FIBRA NATURAL**

Terezinha Jocelen Masson  
Leila Figueiredo de Miranda  
Antonio Hotêncio Munhoz Junior

**DOI 10.22533/at.ed.89221100318**

**CAPÍTULO 19.....220**

**AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE EXTRATO DE LIGNINA OBTIDO A  
PARTIR DA HIDRÓLISE ALCALINA DA CASCA DE CAFÉ**

Beatriz Leite  
Daniel Vieira Mendes  
Matheus de Souza Santos  
Thiago Wilker Souza do Carmo  
Renata Carolina Zanetti Lofrano  
Boutros Sarrouh

**DOI 10.22533/at.ed.89221100319**

**CAPÍTULO 20.....233**

**ANÁLISE DA PERCEPÇÃO DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL COM PROFESSORES E  
ALUNOS, NA ZONA RURAL DO MUNICÍPIO BREU BRANCO-PA**

Beatriz Souza da Silveira  
Enayle Maria de Freitas Silva  
Marcelo Melo dos Santos

**DOI 10.22533/at.ed.89221100320**

**CAPÍTULO 21.....245**

**O BISCOITO ARTESANAL DE VITÓRIA DA CONQUISTA E O SEU POTENCIAL PARA  
REGISTRO COMO UMA INDICAÇÃO GEOGRÁFICA**

Valdir Silva da Conceição  
Dayana Ferraz Silva  
Angela Machado Rocha  
Marcelo Santana Silva

**DOI 10.22533/at.ed.89221100321**

**CAPÍTULO 22.....259**

**EXTENSÃO INTERDISCIPLINAR NAS PRÁTICAS DE CUIDADOS – CENOPOESIA E  
AQUARELA NA SAÚDE MENTAL**

Midiã Kaddja Nunes de Souza

Maria Aridenise Macena Fontenelle

**DOI 10.22533/at.ed.89221100322**

<b>SOBRE OS ORGANIZADORES .....</b>	<b>273</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>274</b>



## EFEITOS DA PIRÓLISE SUAVE EM PELLETS DE *Pinus*

Data de aceite: 01/03/2021

Data de submissão: 05/01/2021

### **Nathalia Heloisa Dullius**

Universidade Federal do Paraná  
Palotina – Paraná

<http://lattes.cnpq.br/0147531707407774>

### **Anderson Rodrigo Heydt**

Universidade Federal do Paraná  
Palotina – Paraná

ID Lattes: 041507595918150

### **Adriana Ferla de Oliveira**

Universidade Federal do Paraná  
Palotina – Paraná

<http://lattes.cnpq.br/8320953119053085>

**RESUMO:** Os pellets são biocombustíveis sólidos de características energéticas favoráveis para a utilização na geração de energia. A sua eficiência energética pode ser melhorada através da pirólise, que concentra carbono e eleva consideravelmente o poder calorífico. Objetivou-se, neste trabalho, a avaliação do efeito da torrefação nas propriedades físico – químicas e energéticas de pellets de *Pinus* de madeira reflorestada. A torrefação dos pellets foi realizada a temperaturas de 225 °C, 250 °C e 275 °C com taxa de aquecimento de 5,5 °C min<sup>-1</sup>, mantido por 60 minutos. Os pellets foram caracterizados por densidade, análise gravimétrica e análise imediata. O tratamento submetido a 225°C, apresentou o melhor resultado de rendimento gravimétrico, com valor igual a 89,44 (± 2,53)

g, contribuindo para maior fixação de carbono e eliminação de voláteis, aumentando o poder calorífico. O processo da torrefação é uma alternativa promissora aos pellets, contribuindo para um menor gasto energético durante a combustão.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biocombustível sólido, torrefação, biomassa.

### EFFECTS OF MILD PYROLYSIS IN *Pinus* PELLETS

**ABSTRACT:** Pellets are solid biofuels with favorable energy characteristics for use in power generation. Energy efficiency may be improved through pyrolysis, which concentrates carbon and raises the calorific value considerably. This research aimed to evaluate the effect of torrefaction on the physico - chemical and energetic properties of reforested wood *Pinus* pellets. The torrefaction of the pellets was made at temperatures of 225 °C, 250 °C e 275 °C with heating rates 5,5 °C min<sup>-1</sup> for 60 minutes. The pellets were characterized by density, gravimetric analysis and immediate analysis. The treatment submitted to 225 °C, presented the best result of gravimetric yield, with a value equal to 89,44 (± 2,53) g, contributing to greater carbon fixation and elimination of volatiles, increasing the calorific value. The torrefaction process is a promising alternative to pellets, contributing to a lower energy expenditure during combustion.

**KEYWORDS:** Solid biofuel, torrefaction, biomass.

## 1 | INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta uma oferta interna de energia oriunda de fontes renováveis equivalente a 43,5 % conforme dados apresentados pelo Balanço Energético Nacional do Ministério de Minas e Energia – EPE (2017), sendo a biomassa a principal fonte contribuinte com 17,5 %, seguida da hidráulica 12,6 %, lenha e carvão 8,0 % e outras renováveis 5,4 %.

Segundo o Balanço Energético Nacional (2017), a biomassa para fins energéticos é considerada uma fonte de energia primária, originária de matéria orgânica tanto animal quanto vegetal, tendo como armazenamento de energia a energia química. A biomassa que vem ganhando grande destaque para a produção de energia térmica e diminuição da emissão de poluentes é a biomassa florestal.

Garcia *et al.* (2016 b), definem os pellets como biocombustíveis sólidos produzidos através de resíduos agroflorestais, os quais podemos citar serragem, casca de arroz, bagaço de cana e maravalha de madeira. No processo de compactação dos pellets, eles devem estar com um baixo teor de umidade inferior a 10 %, garantido uma elevada densidade energética.

De acordo com Garcia-Marver *et al.* (2014) e Garcia *et al.* (2016 a), as características energéticas dos pellets são responsáveis pelo grande interesse na sua utilização, pois apresentam elevado poder calorífico, homogeneidade de formas e alta densidade energética, melhorando assim a eficiência energética e facilitando a operação automatizada.

Segundo Tavares e Tavares (2015) no Brasil, o consumo e a produção dos pellets são recentes, apresentando um número baixo de empresas, com uma produção de aproximadamente 30.000 toneladas por ano, onde a matéria-prima mais utilizada é a madeira de *Pinus*.

Para Stelt *et al.* (2011), a combinação de peletização e torrefação permite a obtenção de granulados com maior densidade energética. A torrefação é um tratamento térmico, em temperaturas que normalmente variam de 200 a 300 °C, em ambientes com concentrações mínimas ou até mesmo com ausência de oxigênio.

De acordo com Bersch *et al.* (2018), para a determinação do potencial energético dos pellets são necessárias algumas análises como poder calorífico, teor de materiais voláteis, carbono fixo e cinzas. Segundo Santos *et al.* (2012), a quantidade de calor liberado na queima completa por unidade de massa é considerada poder calorífico sendo influenciado pela quantidade de extrativos e lignina presente. Teores elevados de carbono fixo são responsáveis em ocasionar a queima mais lenta, já maiores teores de voláteis contribuem para a degradação acelerada dos pellets. Bersch *et al.* (2018) afirmam que as cinzas presentes são constituídas de materiais inorgânicos desfavoráveis ao processo, auxiliando em um baixo poder calorífico do biocombustível.

O presente trabalho tem por objetivo avaliar o efeito da torrefação nas propriedades físico – químicas e energéticas de pellets de madeira reflorestada de *Pinus*.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Química Orgânica pertencente à Universidade Federal do Paraná, Setor Palotina. Foram utilizados pellets de *Pinus* obtidos em uma empresa localizada na cidade de Cascavel - PR. Os pellets são fabricados a partir de pó de *Pinus* de reflorestamentos. Em todas as análises realizadas, foram desenvolvidas em triplicata, afim de garantir maior precisão dos dados e diminuição de possíveis erros.

### 2.1 Densidade a granel e densidade aparente

A densidade a granel dos pellets antes e após a torrefação foi determinada utilizando-se a metodologia estabelecida pela norma ABNT NBR 6922, para carvão vegetal. Adaptou-se a norma, utilizando-se uma proveta de 0,1 L, que foi preenchido até a borda com os pellets e, sua massa, obtida numa balança analítica com precisão de 0,001 g. Foram realizadas cinco repetições para cada material.

Entretanto, a densidade aparente dos pellets *in natura* foi realizada segundo Protásio *et al.* (2011) pelo método estereométrico. Determinou-se o volume considerando a forma cilíndrica da amostra, onde foram aferidos o comprimento e o diâmetro de cada pellet. Enquanto a massa dos pellets foi determinada em balança analítica com precisão de 0,0001 g.

As densidades, aparente e real, foram obtidas a partir da Equação (1).

$$d = \frac{m}{v} \quad (1)$$

### 2.2 Determinação da composição da biomassa *in natura* e após torrefação

As amostras foram previamente secas em estufa a 75 °C por 72 horas e moídas em um moinho de facas com peneira de abertura de 0,59 mm. Em seguida, o material moído foi peneirado, em conjunto de peneiras de abertura de 0,42 mm e 0,250 mm, sendo utilizados o material retido na peneira de 0,250 mm.

A análise imediata foi conduzida de acordo com o método ASTM D-3 172-75 determinando os teores de umidade, materiais voláteis, carbono fixo e cinzas.

A umidade foi determinada levando-se as amostras em cadinhos destampados à estufa por 1 hora a 110 °C e repetindo-se o procedimento por 30 minutos até obter-se massa constante.

O teor de materiais voláteis foi determinado a partir das amostras secas, levando-se cadinhos tampados à mufla aquecida a 850 ± 20 °C por 6 minutos.

A análise de cinzas foi realizada a partir de uma rampa de aquecimento, colocando os cadinhos destampados na mufla fria. O aquecimento da mufla foi realizado a uma taxa de 8 °C min<sup>-1</sup> até atingir 500 °C e a taxa de 4 °C min<sup>-1</sup> até atingir 750 °C sendo mantida nessa temperatura por duas horas. O teor de carbono fixo foi obtido por diferença de massa.

## 2.3 Torrefação das amostras

A torrefação foi realizada em uma mufla adicionando aproximadamente 20 g de pellets, livres de umidade, em cadinhos. As amostras foram submetidas a temperaturas de 225 °C, 250 °C e 275 °C, com taxa de aquecimento de 5,5 °C min<sup>-1</sup>. Para cada temperatura realizaram-se três repetições.

## 2.4 Determinação da composição da biomassa após a torrefação

As amostras foram maceradas em almofariz com auxílio de um pistilo, de modo a obter-se um pó homogêneo. Para cada tratamento, foram obtidas 2 amostras de aproximadamente 2 g. As amostras foram secas em estufa a 110 °C, até massa constante.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme apresentado na Tabela 1, podemos observar os dados referentes as características químicas e físicas dos pellets de *Pinus in natura*, afim de comparar com os dados após o processo de torrefação. O desvio-padrão para os dados obtidos, indicam baixa variabilidade dos resultados encontrados.

Teor de umidade (% b.s.)	Carbono fixo (% b.s.)	Voláteis (% b.s.)	Teor de cinzas (%b.s.)	Densidade aparente (kg m <sup>-3</sup> )
8,64 ± 0,02	15,76 ± 0,09	83,82 ± 0,07	0,42 ± 0,02	563,40 ± 0,01

b.s. – Base seca

Tabela 1 – Características químicas e físicas dos pellets de *Pinus in natura*

O teor de umidade segundo a norma ISO 17225 (2014) deve ser inferior a 10 %, podemos assim observar na Tabela 1 que o valor do teor de umidade para pellet de *Pinus* é de 8,64 % respeitando assim a normatização. Protásio *et al.* (2015) ao realizar caracterização energética de pellets de madeira residual de *Pinus* apresentou um teor de umidade para pellet *in natura* de 8,0 %. A umidade presente nos pellets influencia diretamente na quantidade de energia, pois quanto maior a umidade, mais energia será gasta para realizar o processo de vaporização (SPANHOL *et al.*, 2015).

De acordo com Soares *et al.* (2014) e Protásio *et al.* (2015), uma característica que pode afetar diretamente o poder calorífico do material é o teor de carbono fixo, onde que pellets com maiores teores de carbono fixo queimam lentamente, e com isso apresentam uma estabilidade térmica maior demandando uma elevada temperatura de ignição. O resultado obtido para teor de carbono fixo é de 15,76 %, quando comparado com Protásio *et al.* (2015) que obteve o valor de 15,2 % para pellet *in natura* de *Pinus*, nota-se uma similaridade quanto aos resultados. Já Garcia *et al.* (2018) apresentou valores de 17,97 %

de teor de carbono fixo também ao realizar a caracterização energética de pellets de *Pinus*.

Os teores de voláteis são inversamente ao de teor de carbono fixo, sendo assim quanto maior o teor de carbono fixo menor é o teor de voláteis. Podemos observar na Tabela 1 que o teor de voláteis é de 83,82 %, sendo considerado um valor alto, mas à medida que os pellets são submetidos ao processo de torrefação eles tendem a diminuir, onde o aumento da temperatura acarreta na liberação dos voláteis diminuindo sua porcentagem.

A presença de cinzas nos pellets é indesejada, pois sua composição é basicamente de matéria inorgânica, sendo assim podemos observar na Tabela 1 que o valor para pellet de *Pinus in natura* é de 0,42 %. Segundo a organização Österreichisches Normungsinstitut (2000), na norma austríaca ÖNORM M 7135 o teor de cinzas deve apresentar valor máximo de 0,5 %, já a organização Deutsches Institut Für Normung (1996) apresentou que na norma alemã DIN 51731 é admitido que os teores possam atingir no máximo 1,5 %. Na norma sueca SS 18 71 20, os pellets do grupo 1, são aceitáveis com valores de no máximo 0,7 % de teor de cinzas, segundo Swedish Standards Institute (1999). Sendo assim, podemos observar que o pellet de *Pinus* estudado, atende neste quesito, todas as normas mencionadas.

Segundo Protásio *et al.* (2012), o teor de cinzas presente nos pellets está ligado diretamente com o potencial energético e são aconselhados baixos valores. Elevados teores tendem a diminuir o poder calorífico do material, tendo em vista que as cinzas são compostas por elementos minerais, os quais não participam do processo de combustão.

A densidade pode ser considerada o principal índice de qualidade para o uso energético dos combustíveis de biomassa, pois influencia diretamente a densidade energética. Conforme a norma ISO 17225 (2014) a densidade a granel pode variar de 583,6 kg m<sup>-3</sup> até 710,0 kg m<sup>-3</sup>, sendo assim, o valor apresentado na Tabela 1 que é igual a 563,40 kg m<sup>-3</sup> não está de acordo com a norma, onde este valor é inferior ao intervalo. Protásio *et al.*, (2015) ao realizar a caracterização energética de pellets *in natura* e torreficadas de madeira de *Pinus* obteve o valor de 639 kg m<sup>-3</sup> se encontrando dentro do intervalo conforme a norma ISO 17225. Conforme apresentado, a baixa densidade a granel encontrada, está atrelada a perdas, pois será necessário transportar uma maior quantidade de pellets com menor massa.

Na Tabela 2, é possível observar os dados da densidade aparente após o processo de torrefação, com as temperaturas de 225 °C e 250 °C, apresentando valores respectivos de 474,57 kg m<sup>-3</sup> e 486,47 kg m<sup>-3</sup>. A perda de massa dos pellets está atrelada a diminuição da densidade após o processo de torrefação em elevadas temperaturas, que se dão devido a liberação dos extrativos, água e pela degradação parcial de hemicelulose.

Temperatura (°C)	Condensáveis (g)	Massa Torrada (g)	Rendimento Gravimétrico (g)	Densidade aparente (kg m <sup>-3</sup> )
225	0,0165 ± 0,01	16,64 ± 0,33	89,44 ± 2,53	474,57 ± 0,01
250	0,0196 ± 0,01	15,40 ± 3,23	82,91 ± 17,43	486,47 ± 0,02
275	0,0030 ± 0,01	9,28 ± 1,64	49,96 ± 8,79	-

Tabela 2 – Características químicas e físicas dos pellets de *Pinus* após a torrefação em diferentes temperaturas.

Conforme Macedo *et al.* (2014), os condensáveis em exceção da água, são encontrados em cerca de 8 % do balanço global após o processo de torrefação, onde as indústrias químicas vêm buscando realizar a sintetização para a produção de produtos químicos. Conforme a Tabela 2, podemos observar que os valores para condensáveis após o processo da torrefação a temperaturas de 225 °C, 250 °C e 275 °C foram respectivamente de 0,0165 g, 0,0196 g e 0,0030 g, quando tratados em porcentagem eles apresentam valores de 0,09 %, 0,1 % e 0,02 %.

Segundo Rodrigues e Rousset (2009) e Medic *et al.* (2010), os subprodutos da torrefação podem ter seu rendimento e qualidade influenciada devido a composição da biomassa, temperatura do processo, tempo de residência, taxa de aquecimento e tamanho da partícula.

O rendimento gravimétrico está atrelado com a massa torrada, onde podemos observar que para as temperaturas de 225 °C, 250 °C e 275 °C apresentaram valores de massa torrada respectivamente iguais a 16,64 g, 15,40 g e 9,28 g, e para o rendimento gravimétrico apresentou valores respectivos de 89,4 %, 82,9 % e 49,96 %, com isso podemos observar que quanto maior a temperatura do processo da torrefação menor o rendimento gravimétrico e a quantia de massa torrada. Pereira *et al.* (2016) ao realizar torrefação de cavacos de eucalipto para fins energéticos para temperaturas de 200 °C, 250 °C e 300 °C obteve respectivamente valores de 99,40 %, 98,78 % e 60,06 %, onde quando comparado com o *Pinus* teve uma diferença, mas estes estão atrelados a composição química do pellet. De acordo com Araújo *et al.* (2012), o fato de o aumento da temperatura influenciar tanto na perda de massa quanto no rendimento gravimétrico é explicado pela degradação da composição da madeira, mais exclusivamente a hemicelulose presente.

## 4 | CONCLUSÃO

O uso de pellets de *Pinus* para geração de calor vem crescendo, onde grande parte dos pellets são produzidos em base de resíduos agroflorestais.

Ao analisarmos os pellets de *Pinus in natura*, podemos observar que apresentam densidade aparente inferior aos valores encontrados na literatura, o que acaba acarretando em uma necessidade de uma maior quantidade de pellets para obter a mesma quantidade

de calor quando comparado com pellets com densidade superiores.

É visível observar que o processo da torrefação em diferentes temperaturas influência nos pellets de *Pinus*, que de acordo com o aumento da temperatura tem-se um aumento na perda de massa e rendimento gravimétrico.

Com os dados podemos observar que o processo de torrefação é visto com uma alternativa para os pellets, sendo a torrefação uma pirólise leve onde ocorre a vaporização dos voláteis e eliminação de umidade, auxiliando assim em um gasto menor de energia para estes.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, S. O., VITAL, B. R., MENDOZA, Z. M. S. H., VIEIRA, T. A., & CARNEIRO, A. C. O. **Propriedades de madeiras termoretificadas de *Eucalyptus grandis* e SP.** *Scientia Forestalis*, v. 40, n. 95, p. 327-336, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6922: carvão vegetal.** Rio de Janeiro, 1983.

BERSCH, A. P., BRUN, E. J., PEREIRA, F. A., SILVA, D. A., DE BARBA, Y. R., & JUNIOR, J. R. D. **Caracterização energética da madeira de três materiais genéticos de *Eucalyptus* sp.** *Floresta*, v. 48, n. 1, p. 87-92, 2018.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. **DIN 51731: testing of solid fuels: compressed untreated wood, requirements and testing.** Berlin, 1996. 4 p.

EPE. **BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL:** Ano base 2016. Empresa de Pesquisa Energética. – Rio de Janeiro: EPE, 2017.

GARCIA, D. P., CARASCHI, J. C., VENTORIM, G., VIEIRA, F. H. A., & DE PAULA PROTÁSIO, T. **Comparative Energy Properties of Torrefied Pellets in Relation to Pine and Elephant Grass Pellets.** *BioResources*, v. 13, n. 2, p. 2898-2906, 2018.

GARCIA, D. P.; CARASCHI, J. C.; VENTORIM, G. **Decomposição térmica de pellets de madeira por TGA.** *Holos*, Natal, v. 1, n. 32, p. 1-13, 2016a.

GARCIA, D. P.; CARASCHI, J. C.; VENTORIM, G.; VIEIRA, F.H.A. **Trends and challenges of origin brazilian agroforestry pellets industry.** *Cerne*, v. 22, n. 3, p. 233-240, 2016b.

GARCIA-MARAVER, A.; ZAMORANO, M.; FERNANDES, U.; RABAÇAL, M.; COSTA, M. **Relationship between fuel quality and gaseous and particulate matter emissions in a domestic pellet-fired boiler.** *Fuel*, Amsterdam, v. 119, p. 141-152, 2014.

ISO 17225-2: 2014 - **Solid biofuels - Fuels specification and classes - Part 2 - Graded pellets.** Brussels, 2014.

MACEDO, L. A.; ROUSSET, P. L. A.; VALE, A. T. **Influência da composição da biomassa no rendimento em condensáveis da torrefação de resíduos vegetais.** *Pesquisa Florestal Brasileira*, v. 34, n. 80, p. 417-424, 2014.

MEDIC, D.; DARR, M.; POTTER, B.; SHAH, A. **Effect of torrefaction process parameters on biomass feedstock upgrading.** In: ANNUAL INTERNATIONAL MEETING BY ASABE, 2010. Pittsburgh. Papers... Pittsburgh: ASABE, 2010. 17 p. Paper n. 1009316.

ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT. **ÖNORM M 7135: compressed wood or compressed bark in natural state: pellets and briquettes: requirements and test specifications.** Wien, 2000. 10 p.

PEREIRA, M. P. D. C. F., COSTA, E. V. S., PEREIRA, B. L. C., CARVALHO, A. M. M. L., CARNEIRO, A. D. C. O., & COSTA, A. **Torrefação de cavacos de eucalipto para fins energéticos.** *Pesquisa Florestal Brasileira*, v. 36, n. 87, p. 269-275, 2016.

PROTÁSIO, T. D. P., TRUGILHO, P. F., DE SIQUEIRA, H. F., DE MELO, I. C. N. A., ANDRADE, C. R., & JUNIOR, J. B. G. **Caracterização energética de pellets in natura e torreficados produzidos com madeira residual de Pinus.** *Pesquisa Florestal Brasileira*, v. 35, n. 84, p. 435-442, 2015.

PROTÁSIO, T. P.; ALVES, I. C. N.; TRUGILHO, P. F.; SILVA, V. O.; BALIZA, A. E. R. **Compactação de biomassa vegetal visando à produção de biocombustíveis sólidos.** *Pesquisa Florestal Brasileira*, v.31, p.273-283, 2011.

PROTÁSIO, T.P.; BUFALINO, L.; MENDES, R.F.; RIBEIRO, M.X.; TRUGILHO, P.F.; LEITE, E.R. **Torrefação e carbonização de briquetes de resíduos do processamento dos grãos de café.** *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 16, n. 11, p. 1252-1258, 2012.

RODRIGUES, T. O.; ROUSSET, P. **Effects of torrefaction on energy properties of Eucalyptus grandis wood.** *Cerne*, Lavras, v. 15, p. 446-452, 2009.

SANTOS, L. C.; CARVALHO, A. M. M. L.; PEREIRA, B. L. C.; OLIVEIRA, A. C.; CARNEIRO, A. de C. O.; TRUGILHO, P. F. **Propriedades da madeira e estimativas de massa, carbono e energia de clones de Eucalyptus plantados em diferentes locais.** *Revista Árvore*, Viçosa, v. 36, n. 5, p. 971-980, 2012.

SOARES, C. V., BIANCHI, M. L., TRUGILHO, P. F., JÚNIOR PEREIRA, A., & HÖFLER, J. **Correlações entre as propriedades da madeira e do carvão vegetal de híbridos de eucalipto.** *Revista Árvore*, v. 38, n. 3, p. 543-549, 2014. DOI: 10.1590/S0100-67622014000300017.

SPANHOL, A.; NONES, D. L.; KUMABE, F. J. B.; BRAND, M. A. **Qualidade dos pellets de biomassa florestal produzidos em Santa Catarina para a geração de energia.** *Floresta*, v. 45, n. 4, p. 833-843, 2015.

SWEDISH STANDARDS INSTITUTE. **SS 187180: biofuels and peat: determination of mechanical durability of pellets and briquettes, pellets.** Stockholm, 1999.

TAVARES, M.; TAVARES, S. R. L. **Perspectivas para a participação do Brasil no mercado Internacional de pellets.** *Holos*, v. 5, p. 292 - 306, 2015.



## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Alumina 97, 99, 100, 101, 102, 105, 106, 107

Ansys 3, 17, 18, 120, 132, 135, 176

Armazenagem de grãos 66, 67, 68, 69, 81, 82, 83

### B

Barragens de rejeito 158, 159, 164, 169, 170

Biomateriais 97, 98, 99, 106, 107

### C

Concreto 1, 2, 3, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 23, 26, 27, 31, 32, 33, 35, 39, 66, 69, 71, 75, 76, 80, 81, 82, 121, 170

Concreto armado 1, 2, 17, 18, 19, 33, 71, 76, 82

### D

Descarte de lodo 136, 137, 139

Diseño 120, 121, 123, 124, 125, 128

### E

Energia nuclear 58, 61

Ensaio de flexão de três pontos 1, 9, 16

Estabilidade 2, 99, 100, 136, 137, 147, 148, 149, 151, 153, 154, 156, 158, 159, 163, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 192

Estructuras 82, 120, 123, 128

Etanol 84, 85, 87, 89, 94, 95, 212, 222, 226, 231

Extensômetro 171

### F

Falhas térmicas 84, 85, 86, 87, 93

Fibra de coco babaçu 35

Flexión 120, 130, 131

Forjamento 172, 174, 178

Frequência de descarga 136, 142

### G

Gases de falha 85

## **M**

Metanol 84, 85, 87, 89, 94, 95, 224

Método numérico 2, 18

Microalgas 147, 148, 149, 156

Microfundido 172, 175, 178

## **O**

Óleo isolante 84, 85, 86, 87, 92, 147

## **P**

Pandeo 120, 134, 135

Papel kraft isolante 84, 85, 87, 198

Pó de ostra 40, 42, 44, 45, 46, 47, 49

Polipropileno 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 49, 50, 52, 54, 55, 56, 57, 209, 211, 217, 218, 219

Popularização da ciência 58

Preservação ambiental 40, 42

Propriedades mecânicas 26, 35, 39, 97, 101, 102, 202, 203, 204, 211

Prótese craniomaxilofacial 97

## **R**

Reforço 35, 40, 45, 48, 56, 209, 210, 212, 219

Resistencia à compressão 35

Rigidez 45, 120, 127, 128, 153, 209, 223

Rod end 171, 172, 173, 174, 175, 178

## **S**

Silo horizontal 66, 71, 72, 75, 76

Simulação numérica 1, 18, 19, 23, 31, 32, 33, 171, 176

Sismicidade 158, 159, 162, 167, 170

Sólidos sedimentáveis 136, 138, 139, 141, 145

## **T**

Teatro científico 58, 59

Trabalhabilidade 35

## **V**

Viga cilíndrica 18, 19, 20, 22, 27

## **Z**

Zircônia 97, 100, 101, 102, 105, 107

# ENGENHARIAS:

Metodologias e Práticas de  
Caráter Multidisciplinar

4

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

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

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

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

# ENGENHARIAS:

Metodologias e Práticas de  
Caráter Multidisciplinar

4

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

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

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

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