

# FORÇA, CRESCIMENTO E QUALIDADE DA ENGENHARIA CIVIL NO BRASIL 3



**FRANCIELE BRAGA MACHADO TULLIO  
(ORGANIZADORA)**

**Atena**  
Editora  
Ano 2021

# FORÇA, CRESCIMENTO E QUALIDADE DA ENGENHARIA CIVIL NO BRASIL 3



**FRANCIELE BRAGA MACHADO TULLIO  
(ORGANIZADORA)**

**Atena**  
Editora  
Ano 2021

**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 Alfnas

### **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. Aleksandro 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> Lívia 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

## Força, crescimento e qualidade da engenharia civil no Brasil 3

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Mariane Aparecida Freitas  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizadora:** Franciele Braga Machado Tullio

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

F697 Força, crescimento e qualidade da engenharia civil no Brasil 3 / Organizadora Franciele Braga Machado Tullio. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-980-6

DOI 10.22533/at.ed.806211204

1. Engenharia civil. I. Tullio, Franciele Braga Machado (Organizadora). II. Título.

CDD 624

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

A obra “Força, Crescimento e Qualidade na Engenharia Civil no Brasil 3” contempla trinta e um capítulos com pesquisas sobre temas gerais da engenharia civil.

A engenharia civil é uma importante ferramenta social, pois através dela é possível apresentar propostas de edificações com fins sociais, bem como levar saneamento básico para comunidades vulneráveis.

Muitos estudos buscam trazer soluções sustentáveis através da engenharia civil. A aplicação de diversos tipos de resíduos pode gerar novos produtos aplicados na construção civil e pavimentação.

Conhecer o comportamento de materiais de construção, bem como o desenvolvimento de novos produtos, bem como a análise do comportamento de estruturas em diversos métodos construtivos auxilia os profissionais e estudantes a avaliar suas escolhas.

Por fim, apresentamos um estudo sobre o, ainda presente, preconceito que a mulher sofre na área de engenharia civil.

Desejo que esta obra proporcione uma agradável leitura e fomenta novas pesquisas, contribuindo para a força, o crescimento e a qualidade da engenharia civil no Brasil.

Franciele Braga Machado Tullio

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **A INFLUÊNCIA DO USO DE RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DE PEDRAS ORNAMENTAIS NAS PROPRIEDADES DE CONCRETOS E ARGAMASSAS**

Ana Flávia Ramos Cruz  
Cláudia Valéria Gávio Coura  
Arthur Ferreira de Paiva  
Lucas Machado Rocha  
Matheus Pereira Mendes

**DOI 10.22533/at.ed.8062112041**

### **CAPÍTULO 2..... 17**

#### **ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE CONCRETOS PRODUZIDOS COM SUBSTITUIÇÃO PACIAL DO AGREGADO MIÚDO PELO RCD**

Lara Guizi Anoni  
Ana Paula Moreno Trigo

**DOI 10.22533/at.ed.8062112042**

### **CAPÍTULO 3..... 25**

#### **APROVEITAMENTO DE REJEITO DE MINÉRIO DE FERRO COMO ADIÇÃO MINERAL ÀS COMPOSTOS CIMENTÍCIOS**

Bruna Silva Almada  
Alex Sovat Cancio  
Marlo Souza Duarte  
Fernanda Galvão de Paula  
Nara Linhares Borges de Castro  
Abner Araújo Fajardo  
White José dos Santos

**DOI 10.22533/at.ed.8062112043**

### **CAPÍTULO 4..... 39**

#### **AVALIAÇÃO DE MICROESTRUTURA DE PASTAS CIMENTÍCIAS COM ADIÇÃO DE REJEITO DE MINÉRIO DE FERRO DEPOSITADOS EM BARRAGEM DE LAMAS**

Nara Linhares Borges de Castro  
Laura Guimarães Lage  
Carlos Augusto de Souza Oliveira  
White José dos Santos

**DOI 10.22533/at.ed.8062112044**

### **CAPÍTULO 5..... 52**

#### **ESTUDO DA VIABILIDADE DA SUBSTITUIÇÃO DE AGLOMERANTE POR RESÍDUOS VÍTREOS NA PRODUÇÃO DE PAVIMENTO INTERTRAVADO DE CONCRETO**

Isabelle Aparecida Costa  
Ricardo Schneider

**DOI 10.22533/at.ed.8062112045**

<b>CAPÍTULO 6.....</b>	<b>59</b>
LOGÍSTICA REVERSA COMO INSTRUMENTO SUSTENTÁVEL POTENCIALIZADOR PARA DIMINUIR O DESCARTE RESIDUAL	
Fernanda Francine Miranda Braz Maria Clara Pestana Calsa Adriane Mendes Vieira Mota	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8062112046</b>	
<b>CAPÍTULO 7.....</b>	<b>73</b>
FABRICAÇÃO DE CONCRETO LEVE ESTRUTURAL UTILIZANDO FIBRAS DE CURAUÁ (ANANASERECTIFOLIUS) E RESÍDUOS DE ARGILA CALCINADA COMO AGREGADO	
Isnailson Feitosa Pinheiro Hilderson da Silva Freitas Samuel Cameli Fernandes Laerte Melo Barros	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8062112047</b>	
<b>CAPÍTULO 8.....</b>	<b>85</b>
INTERFERÊNCIA DA CURA TÉRMICA NA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO EM FORMULAÇÕES A BASE DE EGAF E FGD	
Eduarda Pyro Magesk Desilvia Machado Louzada Alessandra Savazzini dos Reis Viviana Possamai Della Sagrillo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8062112048</b>	
<b>CAPÍTULO 9.....</b>	<b>92</b>
PAINÉIS CIMENTO-MADEIRA PRODUZIDOS COM RESÍDUOS DE EUCALIPTO	
Rebeca Fernandes Balsalobre Marcos Rafael Radaelli Fernando Nunes Cavalheiro Gustavo Savaris	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8062112049</b>	
<b>CAPÍTULO 10.....</b>	<b>102</b>
REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE MADEIRA NA PRODUÇÃO DE PAINÉIS APLICADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	
Lidianne do Nascimento Farias	
<b>DOI 10.22533/at.ed.80621120410</b>	
<b>CAPÍTULO 11.....</b>	<b>112</b>
ANÁLISE DA RESISTÊNCIA MECÂNICA DE CONCRETO ESTRUTURAL COM ADIÇÃO DE FIBRAS DE CARBONO	
Luiz Fernando Pereira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.80621120411</b>	

**CAPÍTULO 12..... 118**

**ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DA MADEIRA TRATADA COM IGNIFUGANTES EM SITUAÇÕES DE INCÊNDIO**

Gustavo Souza Silva  
Ismael Francisco Dias Junior  
Mayra Kethlyn da Silva Nascimento  
Victor dos Santos Carneiro  
Maria Fernanda Quintana Ytza

**DOI 10.22533/at.ed.80621120412**

**CAPÍTULO 13..... 128**

**ESTUDO DE DOSAGEM DE CONCRETO LEVE COM RESISTÊNCIA PARA FINS ESTRUTURAIS**

Lucas Antônio Morais Oliveira  
Ingride Escaño  
Ana Lúcia Homce de Cresce El Debs

**DOI 10.22533/at.ed.80621120413**

**CAPÍTULO 14..... 142**

**INVESTIGAÇÃO DE REQUISITOS PARA ALVENARIA ESTRUTURAL**

Rayza Beatriz Rosa Araújo  
Walter Ladislau de Barros Ribeiro

**DOI 10.22533/at.ed.80621120414**

**CAPÍTULO 15..... 155**

**PRODUÇÃO DE COMPOSTOS COM ÓXIDO DE EURÓPIO (EU<sub>2</sub>O<sub>3</sub>): DOPAGEM POR ALUMÍNIO (Al), FERRO (Fe), CARBONO (C), COBRE (Cu) E TITÂNIO (Ti) POR DEPOSIÇÃO DE VAPOR IÔNICO (ARC-PVD)**

Felipe Corrêa Ribeiro  
Célio Marques  
Daniel Rodrigues de Oliveira Novaes  
Gilmar de Souza Dias  
Isabelle Pereira Souza Dias  
Isac Rossi Sylvestre  
João Paulo Tailor de Matos Salvador  
Júllia Sttefane de Oliveira  
Lorena Silva Castello  
Maykon Elias Batista  
Rodrigo Vieira Rodrigues  
Tales Costa de Freitas

**DOI 10.22533/at.ed.80621120415**

**CAPÍTULO 16..... 165**

**A INFLUÊNCIA DAS PONTES TÉRMICAS NO DESEMPENHO TÉRMICO, ENERGÉTICO E NAS ESTRUTURAS DAS EDIFICAÇÕES DA BAIXADA SANTISTA**

Edmar Nascimento Lopes  
Rodrigo Onofre de Oliveira  
Itamar Gonçalves da Silva

Rodrigo Coelho Roberto

DOI 10.22533/at.ed.80621120416

<b>SOBRE A ORGANIZADORA.....</b>	<b>175</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>176</b>

## REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE MADEIRA NA PRODUÇÃO DE PAINÉIS APLICADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Data de aceite: 01/04/2021

Data de submissão: 05/03/2021

**Lidianne do Nascimento Farias**

Universidade Estadual de Feira de Santana  
Feira de Santana, Bahia  
<https://orcid.org/0000-0003-0719-8892>

**RESUMO:** A recuperação de resíduos é uma das principais estratégias econômicas e ambientais, visto que o seu acúmulo indevido pode causar grandes impactos ao meio ambiente. Este trabalho mostra que o cenário com os resíduos provenientes da madeira não é diferente, nesse sentido, visa potencializar estudos que apresentaram os resíduos provenientes do processamento da madeira como alternativa para fabricação de novos produtos, em destaque para a sua utilização na produção de painéis particulados, conforme os seus padrões de produção. Observou-se que alinhado ao setor da construção civil, que é um grande consumidor de recursos naturais, painéis de madeira produzidos com resíduos têm sido uma excelente alternativa de reaproveitamento e vêm ganhando espaço de utilização. Com base nas pesquisas identificadas, é possível concluir que os painéis fabricados podem atender as normativas exigidas, em vista do potencial técnico para serem aplicados em obras e edificações.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resíduos de madeira; Painéis de partículas; Painéis OSB; Painéis aglomerados.

### REUSE OF SOLID WOOD WASTE IN THE PRODUCTION OF PANELS APPLIED IN CIVIL CONSTRUCTION

**ABSTRACT:** The recovery of waste is one of the main reduction of efficiency and environmental, since its improper accumulation can cause great impacts to the environment. This work shows that the scenario with residues from wood is no different, in this sense, it aims to enhance studies that dissipate residues from wood processing as for the manufacture of new products, especially for their use in the production of particulate panels, according to your production standards. It was observed that aligned with the civil construction sector, which is a major consumer of natural resources, wood panels purchased with waste have been an excellent alternative for reuse and have been gaining space for use. Based on the research identified, it is possible to conclude that panels with wood residues can meet the required standards, in view of the technical potential for communications in works and buildings.

**KEYWORDS:** Wood waste; Particle boards; OSB panels; Agglomerated panels.

### 1 | INTRODUÇÃO

A situação dos resíduos sólidos gerados pelos mais diferenciados setores industriais deve ser caracterizada pelo interesse em relação à reciclagem, recuperação e reaproveitamento. Em todo o mundo, o grande avanço no descarte de resíduos sólidos seja proveniente da indústria, construção civil ou agrícolas, aumenta as preocupações em relação à poluição

ambiental (BAHRAMI *et al.*, 2016).

Em relação à indústria madeireira, provenientes das formas do processamento da madeira, resíduos são produzidos em diferentes tipos e quantidades (TOP; ADANUR; OZ, 2018). Há um grande impacto causado ao meio ambiente quando não há um programa adequado de gestão de resíduos nessas indústrias. Esses resíduos são, na maioria das vezes, descartados inadequadamente ou queimados (ALMEIDA, 2013).

Conforme Negrão *et al.* (2014) e Cetiner e Shea (2018), um indicador para a utilização de resíduos de madeira é agregar valor às empresas, pois reduz o uso de energia e liberação de dióxido de carbono, promovendo vantagem econômica e ambiental, ao invés de simplesmente descartá-los. Dessa forma, entre as formas de reaproveitamento, a utilização de resíduos de processamento da madeira visa alternativas interessantes para a fabricação de painéis particulados, que podem ser aplicados na construção civil em vedações como divisórias, em esquadrias como portas e janelas, além de pisos.

Algumas pesquisas se baseiam no reaproveitamento de resíduos de madeira na fabricação e avaliação de painéis particulados, estudos como: LIMA (2012), MACEDO *et al.* (2016), CETINER e SHEA (2018), NEGRÃO *et al.*, (2014), PIERRE; BALLARIN; PALMA (2014), HELLMEISTER (2017), entre outros. Nesse contexto, o objetivo do presente estudo foi verificar a situação atual sobre o reaproveitamento de resíduos da atividade madeireira, identificando a possibilidade da inserção desses resíduos na fabricação de painéis aplicados na construção civil.

## 2 | A UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE MADEIRA

A construção civil é um grande consumidor de recursos naturais, além disso, o setor gera grande quantidade de resíduos que contribuem para a elevada taxa de resíduos sólidos urbanos (ÂNGULO; FIGUEIREDO, 2011). Adicionalmente, a utilização da madeira no meio urbano, por meio da construção civil, representa um volume expressivo de resíduos de madeira dos pequenos aos grandes centros urbanos.

Segundo a Associação da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente – ABIMCI (2016), o Brasil possui a segunda maior extensão florestal tropical do mundo com 12% da reserva mundial e em torno de 58% do seu território coberto por florestas, ficando atrás apenas da Rússia. São cerca de 485,8 milhões de hectares de florestas nativas (89,1% de área de produção) e cerca de 7,8 milhões de florestas plantadas (10,9% de área de produção).

As florestas plantadas no Brasil (7,8mi) são compostas de eucalipto – *Eucalyptus spp.* (72%) e pinus – *Pinus spp.* (20%), as demais espécies se dividem entre os 8% restantes. Sua produção é destinada à indústria de papel e celulose, carvão vegetal, madeira serrada, produtos de madeira sólida e madeira processada, além da borracha (ABIMCI, 2016; CNA, 2016). Como uma consequência dessa grande produção, o setor madeireiro é considerado

altamente gerador de resíduos, isso inclui os resíduos de madeira que são encontrados pelo meio urbano ou desperdiçados pela utilização na construção civil.

A Figura 1 mostra os tipos de resíduos gerados a partir do processamento mecânico da madeira e cada percentual encontrado de acordo com o estudo de Monteiro; Lima e Trugilho (2012).

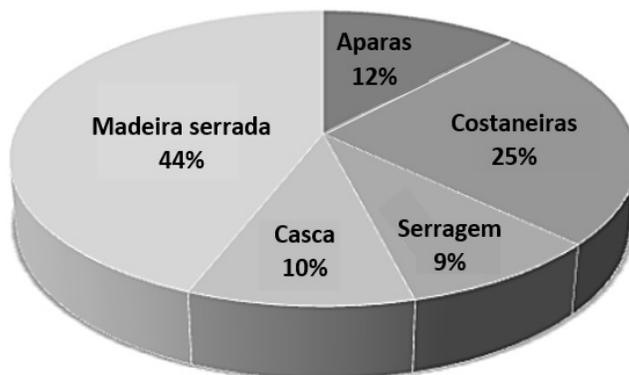


Figura 1 Percentuais de resíduos sólidos obtidos a partir do processamento da madeira

Fonte: Adaptado de Monteiro; Lima e Trugilho (2012)

Conforme a FAO (2020), a produção de resíduos de madeira no ano de 2019 no Brasil ficou em torno de 19 milhões de metros cúbicos. A frente da Rússia, que possui atualmente a maior reserva florestal e produziu em 2019 em torno de 9 milhões de m<sup>3</sup> o mesmo tipo de resíduo, e dos Estados Unidos com 15 milhões de m<sup>3</sup> nesse mesmo ano. Levando em consideração as atuais preocupações ambientais do país, os valores mostrados acima demonstram índices incabíveis.

Dessa forma, o reaproveitamento de resíduos de madeira vem como contribuição para a racionalização da exploração florestal e traz como recompensa o adequado gerenciamento de resíduos sólidos industriais. A fim de explorar a viabilidade técnica e destinação econômica dos resíduos de madeira, estudos começaram a utilizar os resíduos das indústrias madeireiras para a fabricação de painéis à base de madeira, produção de tijolo maciço cerâmico, na produção de painéis madeira-cimento, além de ser utilizado na produção de combustíveis (ALMEIDA, 2013; RONQUIM *et al.*, 2014).

No entanto, embora o resíduo de madeira seja uma fonte renovável, além de sustentável, na produção de combustíveis para geração de energia, o processo de incineração gera grandes quantidades de cinzas desses resíduos, que se não manejadas adequadamente, podem resultar em graves danos ambientais. Autores como Castrillón

e Gil (2020) e Ramos; Matos e Coutinho (2013) buscaram alternativas de utilização para o resíduo de madeira em forma de cinzas em compostos cimentícios. Ramos; Matos e Coutinho (2013) utilizaram as cinzas de madeira de eucalipto (CME) em argamassas como substituto parcial do cimento e identificaram boa atividade pozolânica. Há indicações para que o uso de cinzas residuais de madeira possa contribuir em um concreto mais verde.

Dantas Filho (2004) utilizou o resíduo de madeira (*Pinnus caribaea*) em compostos cimentícios, mas desta vez, em forma de pó, e o avaliou como substituto parcial do agregado miúdo na confecção de blocos de concreto. Identificando que o resíduo proporcionou boas condições térmicas a vedação. Nesses cenários apresentados, verificam-se as potencialidades de resíduos de madeira para além da sua utilização em painéis.

## 2.1 Resíduos de madeira empregados em painéis

A prática de utilização de resíduos industriais madeireiros na indústria de painéis reconstituídos é bastante comum no exterior, sobretudo na Europa. Como matérias-primas para a produção dos painéis aglomerados são empregados resíduos industriais de madeira, resíduos da exploração florestal, madeiras de qualidade inferior, não industrializáveis de outra forma, madeiras provenientes de florestas plantadas e reciclagem de madeira sem serventia (PIERRE; BALLARIN; PALMA, 2014, p. 1).

No Brasil, segundo ABIMCI (2016) e Pierre, Ballarin e Palma (2014), as madeiras de florestas plantadas, maioria compostas das espécies *Eucalyptus* e *Pinus* como já mencionadas, também se destinam à produção dos painéis aglomerados, atualmente, como principal fonte de matéria-prima.

A aplicação dos painéis de madeira fabricados estão usualmente associados aos segmentos da construção civil e moveleiro. Eles são utilizados de acordo com suas propriedades físicas e mecânicas. As características técnicas para o seu uso e aplicação envolvem as propriedades de resistência mecânica, estabilidade dimensional, entre outras, tem-se a avaliação da uniformidade da superfície e resistência à fixação de parafusos (ABIMCI, 2016).

A grande vantagem da utilização dos painéis provenientes das partículas de madeira está associada ao custo final, pois sua produção será proveniente das toras e resíduos de madeira que seriam descartados. Segundo a Associação Brasileira da Indústria de Painéis de Madeira – ABIPA (2014), o Brasil é um dos principais produtores de painéis de madeira (industriais). Os materiais mais fabricados são: MDF (*Medium Density Fiberboard*), HDF (*High Density Fiberboard*), MDP (*Medium Density Particleboard*) e chapas de fibra (*Hardboard*).

No entanto, a prática da utilização de resíduos de madeira para a produção de painéis ainda não tem sido implantada em grande escala no país, mesmo que as primeiras indústrias instauradas tenham tido esse propósito. Dessa forma, a utilização de resíduos

de madeira em fabricação de painéis tem sido foco de pesquisas.

Lima (2012) produziu painéis de madeira aglomerada a partir dos resíduos de serragem provenientes de três espécies de madeiras da Amazônia (conhecidas como Cumarurana, Cumaru e Amapá-doce) e utilizou como aglutinante, uma resina poliuretana à base de óleo de mamona. O autor avaliou as propriedades físicas e mecânicas dos painéis produzidos e confirmou a viabilidade de fabricação de painéis com o uso dos resíduos entre todas as espécies de madeira estudadas.

Negrão *et al.* (2014) avaliaram o potencial de painéis aglomerados confeccionados com resíduos provenientes da mistura de quatro diferentes espécies tropicais, mas objetivando verificar a influência de três tipos de resinas como aglutinantes. Confirmando melhor potencial de aplicação como adesivo a resina à base de mamona.

Almeida (2013) apresenta a confecção de painéis EGP, ou melhor, os chamados painéis de madeira colada lateralmente, para serem utilizados como vedação vertical em edificações ou na fabricação de móveis. Utilizou-se seis espécies tropicais (*Pterogyne nitens*, *Patagonula sp.*, *Tabebuia spp.*, *Hymenaea spp.*, *Astronium lecointei* e *Couratari spp.*). Segundo a autora, os resultados obtidos na pesquisa indicam um bom potencial para a produção desses painéis em escala industrial.

Na construção civil, os painéis OSB (*Oriented Strand Board*) já são muito utilizados em produção de paredes, divisórias estruturais, pisos, vigas e forro. Hellmeister (2017) produziu painéis OSB com resíduo de madeira Balsa (*Ochroma Pyramidale*), aglomerados com resinas uréia-formaldeído, fenol-formaldeído e poliuretana à base de óleo mamona, e os caracterizou por meio de ensaios termo-físico-mecânicos e microestruturais. Os resultados mostraram o satisfatório atendimento aos requisitos estabelecidos para painéis OSB de Classe 1 de uso interno e não-estrutural.

Macedo *et al.* (2016) determinaram propriedades físico-mecânicas de painéis OSB fabricados com *strands* de madeiras provenientes da espécie *Pinus sp.*, utilizando adesivo à base de óleo de mamona. Os painéis produzidos foram classificados em OSB Classe 4 devido as propriedades físicas obtidas e OSB 1 devido ao módulo de elasticidade e ruptura na flexão.

### 3 | PRODUÇÃO E AVALIAÇÃO DOS PAINÉIS DE RESÍDUOS DE MADEIRA

Os painéis de partículas são produzidos a partir de resíduos de madeira ou outros materiais lignocelulósicos. Esses painéis criam forma ao serem prensados juntamente com a aplicação de algum tipo de resina e aditivos. As resinas têm a função de aglomerar as partículas. Desse modo, esse processo deve incluir calor, pressão e catalisadores (RACHTANAPUM *et al.*, 2012).

Segundo Hellmeister (2017), a indústria de painéis de madeira, em sua maioria, utiliza como aglutinante em suas produções a resina uréia-formaldeído (UF) para produção

de painéis não estruturais e ambientes internos, e resinas fenol-formaldeído (FF) em ambientes externos devido uma melhor capacidade de adesão à madeira em relação à umidade.

Um fator que impacta na produção dos painéis de madeira é a influência do teor de umidade da própria madeira. De acordo com Iwakiri (2005), esse teor de umidade está associado diretamente com o ritmo de adsorção do adesivo líquido pela madeira, ou seja, pela qualidade que é formada a ligação adesiva. O autor confere o teor de umidade da madeira à taxa de absorção, velocidade de cura e solidificação da resina ou outro tipo de aglutinante utilizado.

O processo de beneficiamento dos resíduos de madeira e fabricação de painéis aglomerados se dá por processos simples. Negrão *et al.* (2014) apresentaram em sua metodologia os seguintes passos: i) as toras de madeiras reaproveitadas foram dimensionadas em partículas com comprimentos de até 0,5 cm, através do processamento em um moinho de facas (Figura 2a). ii) após serem processadas, as partículas foram secas em estufa à temperatura de 60°C, para que pudessem atingir um teor de umidade de aproximadamente 5%. Com o teor de umidade desejado, iniciou-se o processo para preparação do colchão de partículas (Figura 2b). iii) adicionou-se as resinas e realizou-se a prensagem. O procedimento realizado propiciou uma aproximação entre as partículas e a consequente formação dos painéis (Figura 2c).



Figura 2 Produção do painel a) Processamento de resíduos de madeira, b) Colchão de partículas, c) Painel aglomerado

Fonte: Negrão *et al.* (2014)

Na produção de painéis OSB, a partir de resíduos sólidos de madeira, Hellmeister (2017) utilizou resíduos de madeira Balsa processados em um moinho de disco para produção das lascas de madeira (*strands*) (Figura 3a). Após o processamento, as partículas de madeira Balsa foram secas em estufa a 60°C, durante 48 horas, de forma a atingir o teor de 12% de umidade. Para formação do painel, foi formado um colchão de partículas, com aplicação das resinas, em três camadas de partículas (Figura 3b) e realizada a prensagem em prensa termo-hidráulica com uma variação de temperatura entre 90-160 °C (Figura 3c).



Figura 3 Produção do painel OSB a) Strands, b) Colchão de partículas, c) Painel OSB

Fonte: Hellmeister (2017)

Em um outro tipo de estudo, Cetiner e Shea (2018) forneceram um maior entendimento sobre a aplicação de resíduos de madeira em painéis com base no seu desempenho térmico. Os autores utilizaram resíduos em partículas de 1-4mm (Figura 4a). Os resíduos foram colocados em molduras de madeira e coberto com uma folha OSB e selado (Figura 4a) para medições de condutividade térmica do medidor de fluxo de calor (Figura 4b). O estudo identificou que vedações com resíduos de madeira podem ser eficazes em aplicações como material isolante na construção civil, esses materiais devem ser empregados para redução de energia.

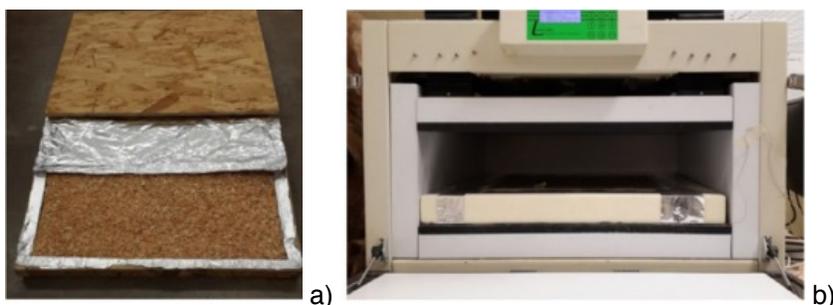


Figura 4 Desempenho térmico de painéis a) Resíduos de madeira em molduras OSB, b) Medição de condutividade térmica do painel.

Fonte: Cetiner e Shea (2018)

Para dar continuidade a análise do aproveitamento de resíduos de madeira na fabricação de painéis, também é preciso levar em conta as suas avaliações microestruturais e as avaliações físico-mecânicas após produção. A avaliação microestrutural dos resíduos de madeira incluem a análise por Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR), Difração de Raios-x (DRX) e pela Termogravimetria (TG).

As propriedades físico-mecânicas geralmente avaliadas são: densidade aparente,

absorção de água, inchamento em espessura, módulo de elasticidade na flexão (MOE), módulo de resistência na flexão (MOR), adesão interna (AI) e resistência à tração perpendicular (RTP). As propriedades analisadas devem estar em conformidade com as seguintes normas:

Normas técnicas	Órgão responsável/ Ano de publicação
ABNT NBR 14810	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2006)
ASTM D-1037	AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (2020)
CS236-66	COMMERCIAL STANDARD (1968)
ANSI A208.1	AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE (2009)
EN 312	EUROPEAN STANDARD (2010)
DIN 52362	NORMEN FÜR HOLZFASERPLATEN SPANPLATTEN SPERRHOLZ (1982)

Tabela 1. Normas de avaliação de painéis de madeira

Entre os autores citados ao longo deste trabalho (LIMA (2012), MACEDO *et al.* (2016), CETINER e SHEA (2018), NEGRÃO *et al.* (2014), PIERRE; BALLARIN; PALMA (2014), HELLMEISTER (2017) e ALMEIDA (2013)) foi consenso a obtenção de desempenhos físico-mecânicos satisfatórios em suas produções, que atendem aos requisitos mínimos entre as normas estabelecidas (Tabela 1), bem como é indicada a utilização dos resíduos provenientes entre as diversas espécies de madeiras avaliadas na produção de painéis, seja painéis de madeira aglomerada, painéis OSB e/ou painéis EGP.

Na viabilidade técnica de produção de painéis a partir de sobras de materiais, que na maioria das vezes seriam descartados, são identificadas vantagens econômicas, técnicas e sociais/ambientais. Com um menor custo de produção, os painéis provenientes de resíduos possuem propriedades suficientes para diversas utilidades, além de minimizarem impactos ambientais. Fatores que fazem com que o produto ganhe espaço no mercado para utilização como material de construção, vedações e mobiliário.

## 4 | CONCLUSÃO

Os resíduos de madeira provenientes do processamento primário e secundário da madeira são adequados para a confecção de painéis, visto que painéis aglomerados e OSB produzidos com resíduos, que se não manejados adequadamente seriam descartados e causariam poluição ambiental, podem atender satisfatoriamente normativas estabelecidas

e, ocasionalmente, as exigências de mercado.

Entre os estudos mencionados, não foram encontrados impactos negativos nas características físico-mecânicas dos painéis, para que fossem mencionados nesta revisão de literatura. Dessa forma, se confirma a potencialidade do resíduo de madeira para produção de painéis aglomerados, painéis OSB e/ou painéis EGP, demonstrando a possível empregabilidade ao setor da construção civil, possibilitando atender à sua demanda em vista de vantagens técnicas, econômicas, ambientais e sociais.

## REFERÊNCIAS

ABIMCI – Associação da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente. **Estudo Setorial 2016 – Ano base 2015**. Curitiba, 2016.

ABIPA – Associação Brasileira da Indústria de Painéis de Madeira. **ABIPA 2014**. Disponível em: <http://www.abipa.org.br>. Acesso em: 08 de agosto de 2018.

ALMEIDA, V.C. **Avaliação do potencial de uso de resíduos de madeira tropical para produção de painéis colados lateralmente – EGP**. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

ÂNGULO, S. C; FIGUEIREDO, A. D. **Concreto: ciência e tecnologia**. IBRACON, 2011.

BAHRAMI, A. *et al*. Development of metal-matrix composites from industrial/agricultural waste materials and their derivatives, critical reviews. **Environmental Science and Technology**, Easton, v. 46, p. 2, 2016.

CASTRILLÓN, J. J.; GIL, H. Mechanical properties of mortars modified with wood waste ash. **Journal of the Indian Academy of Wood Science**. 2020.

CETINER, I; SHEA, A. D. Wood waste as an alternative thermal insulation for buildings. **Energy & Buildings**, v. 168, p. 374-384, 2018.

DANTAS FILHO, F. P. **Contribuição ao estudo para aplicação do pó de serra da madeira em elementos de alvenaria de concreto não estrutural**. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2004.

FAO – **Forestry Production and Trade. Food and Agriculture Organization of the United Nations**. 2020. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/FO>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2021.

HELLMEISTER, V. **Painel OSB de resíduo de madeira Balsa (*Ochroma Pyramidale*)**. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Materiais. Universidade de São Paulo. Pirassununga, 2017. 144p.

IWAKIRI, S. **Painéis de madeira reconstituída**. Curitiba: FUPEF. 2005. 254p.

LIMA, M. D. F. **Utilização de Resíduos das Espécies *Dipterix polyphylla* (Cumaruana), *Dipterix odorata* (Cumaru) e *Brosimum parinarioides* (Amapá) na Produção de Painéis de Madeira Aglomerada Com Resina Poliuretana à Base de Óleo de Mamona**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Amazonas, Amazonas, 2012.

MACEDO, L.B. *et al.* Painéis OSB de madeira *Pinus* sp. com adição de partículas de polipropileno biorientado. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 44, n. 112, p. 887-894, 2016.

MONTEIRO, T.C.; LIMA, J.T.; TRUGILHO, P.F. Energia Armazenada nos Resíduos do Desdobro de Toras de *Eucalyptus Grandis*. **Ciência da Madeira**, v.3, n.1, p.33-42, 2012.

NEGRÃO, W. H.; SILVA, S. A. M. DA; CHRISTOFORO, A. L.; LAHR, F. A. R. Painéis aglomerados fabricados com mistura de partículas de madeiras tropicais. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 3, p. 103-112, 2014.

PIERRE, F. C.; BALLARIN, A. W.; PALMA, L. Caracterização física de painéis aglomerados de *Eucalyptus grandis* com adição de resíduos industriais madeireiros. **Cerne**, Lavras, v. 20, n. 2, p. 321-328, abr./jun. 2014.

RACHTANAPUN, P.; SATTAYARAK, T.; KETSAMAK, N. Correlation of density and properties of particleboard from coffee waste with urea–formaldehyde. **Journal of Composite Materials**, v. 46, n. 15, p. 1839–1850, 2012.

RAMOS, T., MATOS, A. M., COUTINHO, J. S. Mortar with wood waste ash: Mechanical strength carbonation resistance and ASR expansion. **Construction and Building Materials**, v. 49. p. 343–351, 2013.

RONQUIM, R. M. *et al.* Physical and mechanical properties of wood-cement composite with lignocellulosic grading waste variation. **International Journal of Composite Materials**, Rosemead, v. 4, p. 2, p. 69-72, 2014.

TOP, Y.; ADANUR, H.; OZ, M. Type, quantity, and re-use of residues in the forest products industry in Trabzon, Turkey. **Bio Resources**, v. 13, n. 1, p. 1745-1760, 2018.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Adição mineral ao cimento 25

Agregado leve 73, 75, 83, 128, 131, 133, 136, 138, 140

Agregados reciclados 17, 21, 23, 24

Alvenaria estrutural 51, 142, 143, 144, 145, 146, 149, 153, 154

Aproveitamento de resíduos 1, 25, 42, 108

Argila calcinada 73, 74, 75, 76, 78, 79, 80, 81, 83, 84, 140

Argila expandida 73, 75, 76, 79, 80, 81, 84, 128, 130, 131, 132, 133, 134, 137, 138, 139, 140

### C

Cedrinho 118, 119, 120, 122, 125, 126

Cimentos com adições 25

Concreto estrutural 17, 112, 113, 128, 129, 138, 140

Concreto leve 73, 75, 76, 83, 84, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140

Concretos especiais 74, 112, 117

Construção civil 1, 2, 3, 4, 15, 17, 22, 23, 25, 26, 36, 37, 39, 41, 43, 52, 53, 58, 73, 74, 75, 76, 84, 86, 93, 94, 102, 103, 104, 105, 106, 108, 110, 113, 118, 119, 120, 125, 126, 129, 139, 142, 143, 167

Cura térmica 85, 87, 88, 89

Custo 14, 52, 57, 61, 73, 93, 105, 109, 112, 117, 129, 143, 157

### D

Demolição 17, 23, 24

Dosagem de concreto 128, 133, 134

### E

Educação ambiental 59, 61, 63, 64, 65, 68, 70, 71, 72

Erros 142, 143, 146, 147, 153

Execução 33, 142, 143, 144, 145, 154

### F

Fibra de carbono 112, 113, 114, 117

Fibras de curauá 73, 78, 83

## **G**

Gerenciamento de resíduos 59, 104

Gesso FGD 85, 86, 87

## **I**

Ignífugo 118, 123, 125

Incêndio 30, 118, 120, 121, 122, 125, 126, 127

## **M**

Madeira-cimento 92, 96, 104

Materiais de construção 1, 15, 22, 43, 87

Meio ambiente 2, 50, 52, 58, 59, 60, 62, 63, 64, 66, 68, 74, 75, 77, 90, 93, 101, 102, 103, 120, 127

Microestrutura 35, 39, 41, 42, 44, 45, 46, 50, 84, 132, 140

## **O**

Óleo vegetal usado 59, 66

## **P**

Painéis 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 113

Painéis aglomerados 102, 105, 106, 107, 109, 110, 111

Painéis de partículas 102, 106

Painéis OSB 102, 106, 107, 109, 110, 111

Pasta 10, 27, 30, 31, 33, 35, 39, 41, 42, 44, 47, 48, 49, 75, 76, 83, 85, 88, 89, 91, 137, 138, 140

*Paver* 52, 53, 55, 56, 57

*Pinus pinaster* 118, 119, 124, 125, 126

Propriedades mecânicas 17, 23, 28, 36, 49, 57, 73, 80, 84, 87, 112, 113, 122, 133

## **R**

Reaproveitamento de resíduos 59, 85, 92, 102, 103, 104

Rejeito de mineração de ferro 25, 43, 49

Rejeito de minério de ferro 25, 37, 39

Requisitos 16, 90, 106, 109, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 153, 166

Resíduos de construção 17, 23, 24

Resíduos de madeira 92, 93, 94, 95, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110

Resíduos industriais 1, 2, 58, 85, 86, 87, 105, 111

Resíduos vítreos 52, 53, 58

Resistência 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 33, 34, 35, 36, 37, 41, 44, 48, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 73, 75, 76, 77, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 87, 88, 89, 90, 92, 93, 99, 100, 105, 109, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 131, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 168

Resistência mecânica à compressão 81, 128

Rochas 1, 2, 3, 4, 5, 15, 16, 113, 130

## **S**

Substituição de aglomerante 52

Sustentabilidade 17, 39, 52, 59, 60, 72, 119, 127, 130

# FORÇA, CRESCIMENTO E QUALIDADE DA ENGENHARIA CIVIL NO BRASIL 3



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



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



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



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

**Atena**  
Editora

Ano 2021

# FORÇA, CRESCIMENTO E QUALIDADE DA ENGENHARIA CIVIL NO BRASIL 3



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



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



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



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

**Atena**  
Editora

Ano 2021