

# 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 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. Liliani 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>

## PAINÉIS CIMENTO-MADEIRA PRODUZIDOS COM RESÍDUOS DE EUCALIPTO

Data de aceite: 01/04/2021

Data de submissão: 05/01/2021

### **Rebeca Fernandes Balsalobre**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Campus Toledo  
Toledo – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/6562073350421365>

### **Marcos Rafael Radaelli**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Campus Toledo  
Toledo – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/8349384196518764>

### **Fernando Nunes Cavalheiro**

Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Campus Toledo  
Toledo – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/4377061135646010>

### **Gustavo Savaris**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Campus Toledo  
Toledo – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/8016883581345169>

**RESUMO:** Esse trabalho teve como objetivo produzir painéis cimento-madeira utilizando resíduos de madeira de *Eucalypto urograndis*, provenientes de uma indústria moveleira instalada na região oeste do Paraná, e avaliar as propriedades físicas e mecânicas destes painéis, tendo como variáveis as proporções de materiais e a relação água/cimento. Os painéis foram

produzidos com a mistura de madeira, cimento e água, utilizando como acelerador de pega do cimento o cloreto de sódio, moldados em formas e prensados durante as primeiras 24 horas, sendo então desformados e mantidos em temperatura ambiente durante o processo de cura. Após esse período os painéis foram serrados em corpos de prova para determinação das propriedades físicas e mecânicas: inchamento em espessura, massa específica, teor de umidade, resistências à flexão estática e à compressão. Os resultados obtidos apresentaram redução de espessura com o aumento da quantidade de água na mistura, devido à incompressibilidade da água na fase de moldagem dos painéis, porém a quantidade de água não influenciou no inchamento dos painéis. A resistência à compressão e o módulo de ruptura dos painéis não apresentaram variação significativa nos resultados com o aumento da relação água/cimento.

**PALAVRAS-CHAVE:** Reaproveitamento de Resíduos. Madeira-cimento. Painéis.

### WOOD-CEMENT BOARDS MADE FROM EUCALYPTUS RESIDUES

**ABSTRACT:** This study was carried out to produce wood-cement boards with *Eucalyptus urograndis* wood residues, from a furniture industry located at western Paraná State, and evaluate physical and mechanical properties of these boards, produced with variable materials contents and water/cement ratio. The panels were produced with a mixture of wood, cement, water, using calcium chloride as cement setting accelerator, then molded into a form, pressed for 24 hours, and then were kept ambient conditions

during the curing process. After this period, boards were sawn in specimens to determine the physical and mechanical properties: swelling in thickness, specific mass, moisture content, static bending and axial compression strength. The results obtained showed a reduction in thickness with the increase in the amount of water in the composition, due to the incompressibility of water in the molding phase of the boards, however the amount of water did not influence the swelling of the boards. The compressive strength and the module of rupture of the boards did not present significative variation in the results with the increase of the water/cement ratio.

**KEYWORDS:** Reuse of residues. Cement-Wood. Boards.

## 1 | INTRODUÇÃO

O uso da madeira na construção civil no Brasil vem aumentando gradativamente nas últimas décadas, visto que a arquitetura promoveu esse cenário com o uso da madeira em diversos estágios da construção. Em consequência disso, a quantidade de resíduos de madeira, como pó e maravalha, produzidos anualmente em serrarias e em indústrias madeireiras e moveleiras aumentaram. Tais resíduos são muitas vezes descartados de forma inadequada na natureza, afetando diretamente o meio ambiente, ou armazenados sem nenhuma destinação e sem valor agregado. Contudo, parte dos resíduos de madeira apresentam uso energético com a briquetagem, que substitui o uso do carvão e da lenha, para produção de energia térmica ou elétrica, por gaseificação, além da carbonização e a combustão da madeira (TUOTO, 2009).

A reutilização desses resíduos tem suas vantagens sustentáveis, pauta tal que está em alta por todo o mundo. Ao estabelecer novos usos para esses resíduos e agregar valores a eles, empresários e produtores passam a se interessar e valorizar esses subprodutos que estão sempre aos seus alcances e que, por vezes, são considerados um problema. Além disso, produtos que utilizam os resíduos de madeira costumam apresentar excelentes características de resistência mecânica e alta durabilidade, além de ser um material fácil de ser encontrado e trabalhado (LATORRACA, 2003). Por isso, é uma matéria prima com ótimo custo-benefício, tanto para quem produz o resíduo tanto para quem vai utilizá-lo.

Entre a vasta utilização dos resíduos de madeira, estão os painéis de cimento-madeira. Esses painéis são constituídos de cimento, partículas e fibras de madeira, água e alguns aditivos, mas também podem incluir outros elementos na mistura, como a areia (MACÊDO et al., 2011). Sua produção se dá inicialmente com a mistura desses materiais, a moldagem deles no tamanho desejado, a prensagem e o tempo de cura, devido ao uso do cimento na sua composição. Dentre as características vantajosas deste material estão a alta resistência aos esforços mecânicos, à umidade, ao ataque de agentes biodegradadores e ao fogo, além de apresentar propriedades isolantes térmica e acústica (MOSLEMI, 1974).

Eles são muito utilizados na Europa, na Ásia e na América do Norte, estando consolidados há muitas décadas no meio construtivo e sendo produzidos em escala

industrial (LATORRACA, 2003). Entretanto, no Brasil, a construção civil é bem estabelecida com o uso de blocos e tijolos, materiais acessíveis e fáceis de encontrar, dessa forma, acaba diminuindo o interesse da população por outros materiais. Isso também se deve pela dificuldade de encontrar esses painéis, sendo assim, são desconhecidos pela maior parte da população que não tem acesso as informações sobre eles.

Os painéis de cimento-madeira vêm sendo estudados no Brasil nos últimos anos (LATORRACA, 2003; MATOSKI e IWAKIRI, 2007; DE SÁ et al., 2012; CASTRO et al., 2015; POMARICO, 2013; IWAKIRI et al., 2017), analisando principalmente suas propriedades físicas e mecânicas em função de diversas relações cimento/madeira e com as mais diversas espécies de madeiras encontradas no território nacional.

Dessa forma, esse trabalho buscou definir dosagens de materiais para produção de painéis cimento-madeira, produzidos com maravalhas de *Eucalypto urograndis* de uma indústria madeireira da região oeste do Paraná, avaliando suas propriedades físicas e mecânicas variando-se a relação água-cimento da mistura.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização dessa pesquisa foi escolhido o aglomerante de origem hidráulica Cimento Portland Composto com Fíler (CP II-F). O aditivo utilizado como acelerador de endurecimento foi o Cloreto de Cálcio ( $\text{CaCl}_2$ ), pois segundo Latorraca (2000) e Iwakiri et al. (2017), ele apresenta maior eficácia como acelerador do endurecimento e da pega do cimento em relação a outros materiais. A água tratada utilizada foi fornecida pela companhia de saneamento do Paraná (SANEPAR) do município de Toledo-PR.

Os resíduos de madeira utilizados nessa pesquisa foram da espécie *Eucalyptus urograndis*, coletados em uma serraria, que beneficia madeira para indústrias de móveis, instalada no município de Altônia-PR. Essa espécie de madeira é híbrida das espécies *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus grandis*, sendo muito encontrada na região noroeste do Paraná e no estado do Mato Grosso do Sul.

Inicialmente o resíduo foi seco em estufa a 105°C por 24 horas e em seguida peneirado para retirar as partículas maiores que 4,76 mm. Para caracterização foi realizado o ensaio de determinação da composição granulométrica, segundo a NBR NM 248 (ABNT, 2003), obtendo a curva granulométrica apresentada na Figura 1, e o ensaio de massa específica, de acordo com a NBR 11941 (ABNT, 2003), obtendo como resultado 1,19 g/cm<sup>3</sup>.

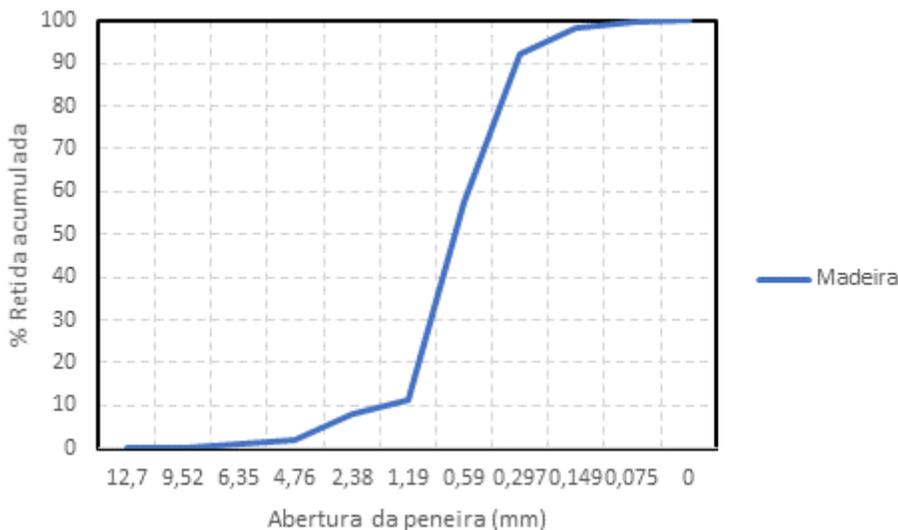


Figura 1 - Curva granulométrica do resíduo de madeira

Fonte: Autoria própria (2020).

A escolha da proporção de materiais para produção dos painéis foi feita com base na literatura. Segundo Iwakiri et al. (2017), a relação madeira:cimento pode variar entre 1:2,5 e 1:3, com relação água/cimento entre 0,4 e 0,6. Para este estudo optou-se por utilizar a relação madeira:cimento igual a 1:3 com o fator água:cimento variando em 0,5, 0,7 e 0,9 e a quantidade de aditivo  $\text{CaCl}_2$  fixada em 3% da massa de cimento. Na Tabela 1, são apresentadas as proporções dos materiais (em massa) utilizadas para produção dos painéis.

Painel	Madeira	Cimento	Água	Aditivo
P1	1	3	1,5	0,09
P2	1	3	2,1	0,09
P3	1	3	2,7	0,09

Tabela 1: Proporção de materiais para produção dos painéis (kg).

Fonte: Autoria própria (2020).

Após pesagem dos materiais foi realizada a mistura de forma manual, devido ao pequeno volume produzido, misturando inicialmente os resíduos de madeira com o cimento para homogeneização e, em seguida, acrescentando a água com o  $\text{CaCl}_2$  diluído.

Para cada proporção de materiais foram moldados dois painéis iguais de cada traço

(denominados “a” ou “b”), a fim de obter-se o número de corpos de prova necessários, utilizando uma caixa formadora com dimensões 35x35x5cm, posicionada sobre uma chapa de alumínio com dimensões de 40x40 cm (FIGURA 2). A caixa formadora foi preenchida com a massa de madeira-cimento e pré-compactada manualmente



Figura 2. Processo de moldagem do painel

Fonte: Autoria própria (2020).

Nas laterais dos painéis foram colocadas barras de aço de seção retangular (1,5x1,5 cm), atuando como delimitadores da espessura final do painel, sendo posicionada uma chapa de alumínio sobre este e realizada a prensagem em prensa hidráulica sob pressão de 1 MPa. Após a prensagem os painéis foram grampeados com sarrafos e barras de aço, permanecendo sob pressão e a temperatura ambiente (23°C) por 24 horas, quando então foram desmoldados e mantidos ao ar por 28 dias para complementação do processo de cura.

Encerrado o período de cura os painéis foram serrados para retirar corpos de prova para o ensaio de flexão elástica, compressão, absorção de água e inchamento em espessura, massa específica e teor de umidade, conforme norma D1037 (ASTM, 1999).

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com as três proporções de materiais utilizadas foram obtidos painéis sem desagregação de partículas, conforme apresentado na Figura 3, variando no aspecto estético e uniformidade da superfície, tendo o aumento da quantidade de água resultado em superfícies mais porosas (painéis 2 e 3). Após a cura os painéis 1, 2 e 3 apresentaram teor de umidade de 12,01%, 14,77% e 16,09%, respectivamente, e para massa específica,

determinada após secagem dos corpos de prova por 24 horas em estufa a 105°C, obtiveram-se os valores de 0,836 g/dm<sup>3</sup>, 0,849 g/dm<sup>3</sup> e 0,84 g/dm<sup>3</sup>, respectivamente.



Figura 3. Painéis após o processo de cura: a) P1; b) P2; c) P3.

Fonte: Autoria própria (2020).

### Inchamento em espessura

De cada painel foram serradas duas amostras, com 150 mm x 150 mm, para o ensaio de inchamento, totalizando 4 amostras por composição de materiais. As espessuras das amostras foram medidas em 5 pontos: nos 4 cantos, a uma distância de 15 mm das bordas, e no centro, calculando-se então o valor da espessura média dos painéis, como apresentado na Tabela 2. Este procedimento foi realizado para os painéis com umidade natural, logo após a cura, e após a saturação por submersão em água durante 48 horas. O aumento da quantidade de água na mistura resultou em redução da espessura final do painel, devido à maior retração do material durante a secagem. Entretanto a variação de espessura com a saturação do painel foi pequena (inferior a 3%) para todas as composições.

Amostra	Natural					Média (mm)	Saturado					Média (mm)
	1 mm	2 mm	3 mm	4 mm	5 mm		1 mm	2 mm	3 mm	4 mm	5 mm	
P1A	14,9	14,8	15,2	15,3	15,0	15,0	15,0	14,9	15,3	15,6	15,5	15,3
P1B	15,5	15,4	15,6	15,5	15,4	15,5	15,9	15,8	16,0	15,8	15,7	15,8
P1C	14,0	14,9	14,0	14,4	14,9	14,4	14,5	15,1	15,4	14,7	15,1	15,0
P1D	15,3	15,6	15,3	15,0	15,4	15,3	15,4	15,7	15,3	15,2	15,5	15,4
P2A	13,5	13,6	14,9	14,6	13,8	14,1	14,9	15,5	13,5	14,7	14,0	14,5
P2B	14,5	14,1	13,3	13,2	13,8	13,8	13,5	14,6	14,6	13,5	13,8	14,0
P2C	12,9	12,2	12,7	12,8	13,0	12,7	12,9	12,5	13,3	13,4	13,0	13,0
P2D	13,4	13,3	12,3	13,0	12,9	13,0	13,3	13,5	13,2	12,5	13,3	13,2

P3A	14,8	14,8	13,0	13,0	13,5	13,8	13,2	14,3	14,7	13,2	14,9	14,1
P3B	10,5	12,8	12,5	11,6	12,5	12,0	12,5	12,0	11,5	13,0	13,0	12,4
P3C	11,9	10,7	10,8	11,9	11,9	11,4	10,9	11,9	12,0	11,0	11,5	11,5
P3D	11,5	11,0	10,8	11,2	11,0	11,1	11,0	11,3	11,6	10,9	11,4	11,2

Tabela 2. Medições de espessura dos painéis nas condições natural e saturado.

Fonte: Autoria própria (2020).

Utilizando o teste t foram comparadas as médias, constando-se variação significativa na espessura entre as composições, porém entre os estados natural e saturado as médias são estatisticamente iguais, como pode ser observado na Tabela 3, onde letras iguais indicam médias iguais.

Painel	Natural (mm)		Saturado (mm)		Variação $e_{sat} / e_{nat}$ (%)
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	
P1	15,07 <sup>a</sup>	0,48	15,37 <sup>a</sup>	0,40	1,99
P2	13,39 <sup>b</sup>	0,73	13,68 <sup>b</sup>	0,81	2,13
P3	12,09 <sup>c</sup>	1,27	12,29 <sup>c</sup>	1,26	1,70

Tabela 3. Espessura média e desvio padrão dos painéis com umidade natural e após saturação.

## Módulo de ruptura

Os valores do módulo de ruptura dos painéis foram obtidos no ensaio de flexão estática, com três amostras serradas de cada painel, medindo 47,5 mm x 250 mm, sendo apresentados na Tabela 4.

Painel	Amostra	Módulo de ruptura (MPa)	Média (MPa)	Desvio padrão (MPa)
1A	1	0,647	1,183	0,34
	2	1,115		
	3	1,195		
1B	1	1,65	1,183	0,34
	2	1,400		
	3	1,091		

	1	0,975		
2A	2	1,340		
	3	1,060		
			1,317	0,32
2B	1	1,453		
	2	1,857		
	3	1,221		
3A	1	0,748		
	2	1,545		
	3	0,956		
3B	1	0,885	1,153	0,41
	2	1,631		
	3	3,738*		

Tabela 4. Módulo de ruptura

Fonte: Autoria própria (2020).

Após uma análise estatística o resultado da amostra 3 do painel 3B foi considerado atípico e descartado. Com os demais resultados obtidos foi realizada uma análise de variância, obtendo-se o valor-F calculado, igual a 0,35, superior ao valor-F crítico, de 3,73707, e portanto os valores do módulo de ruptura dos painéis podem ser considerados estatisticamente iguais.

### Resistência à compressão

A resistência à compressão paralela à superfície foi determinada utilizando três corpos de prova de cada painel, medindo 15 mm x 100 mm, sendo os resultados apresentados na Tabela 5.

Painel	Amostra	Resistência à compressão (MPa)	Média (MPa)	Desvio padrão (MPa)
1A	1	2,378		
	2	1,838		
	3	2,352	2,403	0,31
1B	1	2,605		
	2	2,732		
	3	2,510		

	1	1,734		
2A	2	0,893		
	3	1,602		
	1	3,597	2,219	0,99
2B	2	2,953		
	3	2,533		
	1	2,097		
3A	2	1,394		
	3	1,767		
	1	2,020	2,138	0,77
3B	2	3,626		
	3	1,922		

Tabela 5. Resistência à compressão.

Fonte: Autoria própria (2020).

Realizando-se uma análise de variância com os resultados agrupados por composição o valor-F calculado resultou em 0,19, sendo superior ao valor-F crítico, de 3,3823, e desta forma a resistência à compressão dos painéis pode ser considerada estatisticamente igual.

## 4 | CONCLUSÕES

Neste trabalho foi avaliada a produção de painéis madeira:cimento utilizando resíduos de uma serraria instalada na região oeste do Paraná para três diferentes relações água-cimento. Com base nos resultados obtidos as seguintes conclusões podem ser estabelecidas:

Com os resíduos de *Eucalyptus urograndis* podem ser produzidos painéis madeira:cimento, dentro da faixa granulométrica empregada neste trabalho, na proporção de 1:3, com relações água/cimento entre 0,5 e 0,9, sendo necessária a utilização de cloreto de cálcio como agente acelerador de pega do cimento.

Os painéis produzidos não apresentaram desagregação das partículas após a secagem, tendo o aumento da quantidade de água resultado em superfícies mais porosas, entretanto não foram observadas variações na estabilidade dimensional.

Os painéis produzidos apresentaram resistência à compressão e módulo de ruptura em torno de 2,2 e 1,2 MPa, respectivamente, não havendo variação significativa nos resultados com o aumento da relação água/cimento.

## REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR NM 248: Agregados - Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro, 2003.

ABNT. **NBR 11941: Madeira – Determinação da densidade básica.** Rio de Janeiro, 2003.

ASTM – American Society for Testing Materials. **ASTM D 1037 – 99 – Standar Test Methods for Evaluating Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials.** West Conshohocken, 1999.

CASTRO, V. G.; BRAZ, R. L.; AZAMBUJA, R. R.; LOYOLA, P. L.; IWAKIR, S.; MATOS, J. L. M. **Painéis cimento-madeira de Eucalyptus saligna com diferentes aditivos químicos e métodos de formação.** FLORESTA, Curitiba, v. 45, n. 2, p. 349-360, 2015.

DE SÁ, V. A.; BUFALINO, L.; ALBINO, V. C. S.; CORRÊA, A. A.; MENDES, L. M.; ALMEIDA, N. A. **Mistura de três espécies de reflorestamento na produção de painéis cimento-madeira.** REVISTA ÁRVORE, Viçosa, v. 36, n. 3, p. 549-557, 2012.

IWAKIRI, S.; TRIANOSKI1, R.; WEBER, A.M.; JUNIOR, E.A.B.; PEREIRA, G.F.; BUENO, J.A.; CECHIN, L.; RAIA, R.Z. **Efeitos do tratamento de partículas e aceleradores de endurecimento na produção de painéis cimento-madeira de Hevea brasiliensis.** FLORESTA, Curitiba, PR, v. 47, n. 3, p. 289 - 296, jul. / set. 2017.

LATORRACA, J.V.F. **Eucalyptus spp. Na Produção De Painéis De Cimento-Madeira.** TESE APRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL À OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM CIÊNCIAS FLORESTAIS. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, ano 2000.

LATORRACA, J.V.F. **Painéis de cimento-madeira: características e aplicações.** REVISTA DA MADEIRA, 2003, n. 71, abr. 2003.

MACÊDO, A.N.; LIMA, A.M.; FONSECA, F.O.; LAVÔR, B.V.A.; Revista Matéria, v. 16, n. 2, pp. 658 – 667, 2011

MATOSKI, A; IWAKIRI, S. **Avaliação das propriedades físico-mecânicas de painéis de cimento-madeira utilizando farinha de madeira com granulometria controlada.** FLORESTA, Curitiba, PR, v. 37, n. 2, mai./ago. 2007.

MOSLEMI, A. A. **Particleboard.** Illinois: Southern Illinois University, 1974. 244p.

POMARICO, F.A. **Potencial de utilização da madeira de clones de eucalipto na produção de painéis cimento-madeira.** In: POMARICO, FERNANDA ALVARENGA. POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE CLONES DE EUCALIPTO NA PRODUÇÃO DE PAINÉIS CIMENTO-MADEIRA. Orientador: Dr. Lourival Marin Mendes. 2007. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2013.

TUOTO, M. **Levantamento sobre geração de resíduos provenientes da atividade madeireira e proposição de diretrizes para políticas, normas e condutas técnicas para promover o seu uso adequado.** Ministério do meio ambiente. Secretária de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental. Secretaria de Biodiversidade e Florestas Projeto PNUD BRA 00/20. Curitiba-PR, 2009.

## 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