

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^ª Dr^ª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof^ª Dr^ª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Prof^ª Dr^ª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof^ª Dr^ª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Dr^ª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^ª Dr^ª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof^ª Dr^ª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Prof^ª Dr^ª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof^ª Dr^ª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Prof^ª Dr^ª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof^ª Dr^ª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido

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

Ciências Biológicas e da Saúde

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

Prof^ª Dr^ª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

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

Prof^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Prof^ª Dr^ª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Prof^ª Dr^ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

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

Prof^ª Dr^ª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof^ª Dr^ª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

Prof^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Prof^ª Dr^ª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof^ª Dr^ª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^ª Dr^ª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Prof^ª Dr^ª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof^ª Dr^ª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Prof^ª Dr^ª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Prof^ª Dr^ª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Prof^ª Dr^ª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof^ª Dr^ª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

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^ª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^ª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Prof^ª Dr^ª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^ª Dr^ª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Prof^ª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Prof^ª 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^ª 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^ª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Prof^ª Dr^ª 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^ª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Prof^ª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª 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^ª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Prof^ª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof^ª Dr^ª 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^ª 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^ª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Prof^ª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof^ª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Prof^ª 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

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 fomente 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 À COMPÓSITOS 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

CAPÍTULO 6.....	59
LOGÍSTICA REVERSA COMO INSTRUMENTO SUSTENTÁVEL POTENCIALIZADOR PARA DIMINUIR O DESCARTE RESIDUAL	
Fernanda Francine Miranda Braz Maria Clara Pestana Calsa Adriane Mendes Vieira Mota	
DOI 10.22533/at.ed.8062112046	
CAPÍTULO 7.....	73
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	
DOI 10.22533/at.ed.8062112047	
CAPÍTULO 8.....	85
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	
DOI 10.22533/at.ed.8062112048	
CAPÍTULO 9.....	92
PAINÉIS CIMENTO-MADEIRA PRODUZIDOS COM RESÍDUOS DE EUCALIPTO	
Rebeca Fernandes Balsalobre Marcos Rafael Radaelli Fernando Nunes Cavalheiro Gustavo Savaris	
DOI 10.22533/at.ed.8062112049	
CAPÍTULO 10.....	102
REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE MADEIRA NA PRODUÇÃO DE PAINÉIS APLICADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	
Lidianne do Nascimento Farias	
DOI 10.22533/at.ed.80621120410	
CAPÍTULO 11.....	112
ANÁLISE DA RESISTÊNCIA MECÂNICA DE CONCRETO ESTRUTURAL COM ADIÇÃO DE FIBRAS DE CARBONO	
Luiz Fernando Pereira	
DOI 10.22533/at.ed.80621120411	

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 (EU₂O₃): 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

SOBRE A ORGANIZADORA.....	175
ÍNDICE REMISSIVO.....	176

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

Data de aceite: 01/04/2021

Gustavo Souza Silva

Universidade Anhembi Morumbi

Ismael Francisco Dias Junior

Universidade Anhembi Morumbi

Mayra Kethlyn da Silva Nascimento

Universidade Anhembi Morumbi

Victor dos Santos Carneiro

Universidade Anhembi Morumbi

Maria Fernanda Quintana Ytza

Universidade Anhembi Morumbi

RESUMO: A madeira, um dos principais materiais utilizados na construção civil, possui inúmeras vantagens que justificam seu emprego no setor. No Brasil, sua utilização se dá tanto para fins nobres (esquadrias e revestimentos), quanto para fins não nobres (canteiros de obras e fôrmas). No entanto, há incertezas quanto ao seu comportamento mecânico mediante a ação do fogo. Devido a essa problema recorrente, existe uma constante busca de tratamentos que possam reduzir o impacto causado pelo incêndio na estrutura, como o tratamento com tintas ignífugas. Deste modo, através de uma correlação de artigos acadêmicos, foram analisados diferentes ensaios de incêndio de baixo risco com corpos de prova de madeira das espécies *Pinus pinaster* e Cedrinho, a fim de verificar a influência do tratamento ignífugo na madeira, onde constatou-se que o mesmo não é

eficaz quando trata-se de resistência mecânica, porém os resultados obtidos mostram que as seções da madeira tratada sofrem um desgaste um pouco mais retardado em comparação a madeira não tratada.

PALAVRAS-CHAVE: Cedrinho; *Pinus pinaster*; Resistência; Incêndio; Ignífugo.

ANALYSIS OF THE BEHAVIOR OF IGNIFUGANT TREATED WOOD IN FIRE SITUATIONS

ABSTRACT: Wood, one of the main materials used in civil construction, has numerous advantages that justify its use in the sector. In Brazil, it is used both for noble purposes (wooding frame and cladding) and for non-noble purposes (construction sites and forms). However, there is unpredictability regarding its mechanical behavior through the action of fire. Due to this recurring problem, there is a constant search for treatments that can reduce the harm caused by the fire on the structure, such as treatment with fire retardant paints. Along these lines, through a correlation of academic articles, a series of low risk' fires were conducted with wooden specimens of the *Pinus pinaster* and Cedrinho species, to verify the influence of the fire treatment on wood, where it was found that the treatment it is not effective when it comes to mechanical resistance, however, the results show that the section in the wood which the treatment was applied suffer slightly less damage compared to untreated wood.

KEYWORDS: Cedrinho; *Pinus pinaster*; Resistance; Fire.

1 | INTRODUÇÃO

Apesar dos inúmeros avanços tecnológicos obtidos nas últimas décadas, a madeira, um dos primeiros materiais utilizados na construção civil, permanece sendo amplamente utilizado neste meio apesar das inúmeras alternativas a ela, seja em esquadrias, ferramentas, estruturas, mobiliários, revestimentos ou como fôrma para estruturas (COPAT, 2014).

Em países com clima frio, onde as casas e edifícios baixos necessitam de uma rápida construção e ainda assim uma grande eficiência energética, a madeira costuma ser empregada como material predominante, oferecendo segurança e conforto térmico aos ocupantes, muito pelo fato de possuir um coeficiente de condutividade térmica baixo (REVISTA DA MADEIRA, 2008).

Segundo Meirelles (2007) a madeira é um ótimo material de construção quanto aos aspectos de conforto, plasticidade no projeto, rapidez de montagem e durabilidade, que podem ser explorados nas diferentes aplicações das construções habitacionais.

A madeira também possui características que contribuem para a sustentabilidade ambiental, como a possibilidade de reutilização do material, por ser retirado de reservas renováveis e na economia de recursos hídricos, considerando que não há a utilização de água em seu processo industrial. Além das características sustentáveis, a madeira apresenta um ótimo desempenho em isolamento termoacústico e um bom desempenho mecânico.

No entanto, no Brasil, país onde está localizada a maior floresta tropical do mundo (LEITÃO FILHO, p. 41, 1987), cujo clima predominante se caracteriza por verões quentes e chuvosos e invernos secos e frios, o uso da madeira como peça estrutural ainda causa muita desconfiança, devido ao fato do material ser suscetível à ataques de insetos e, principalmente, por ser inflamável e de alta combustão.

Com isso, aliado à falta de dados concretos, estudos detalhados de entidades específicas e informações referentes à tratamentos eficazes para a madeira, existem incertezas em relação ao comportamento do material sob ação do fogo, contribuindo com a decisão de muitos projetistas do setor construtivo de declinar da opção de projetar e utilizar a madeira como estrutura.

Considerando as preocupações em relação à elementos de madeira em contato com o fogo, este artigo possui como principal objetivo analisar a eficiência do tratamento com tinta ignífuga em peças de madeira das espécies *Pinus pinaster* e Cedrinho, avaliando dados de diferentes materiais bibliográficos, coletando informações e comparando-as acerca do comportamento e a resistência do material após exposição ao fogo com e sem tratamento ignífugante.

2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A construção civil é um dos setores onde há mais evidências de impactos ambientais no planeta, tanto pela extração, fabricação e utilização de recursos naturais, quanto pela geração de resíduos. O cimento, por exemplo, é prejudicial ao meio ambiente desde a extração do calcário até a queima de combustível nos fornos, resultando em uma alta emissão de dióxido de carbono (CO₂), um dos gases responsáveis pelo efeito estufa (MAURY; BLUMENSCHHEIN, 2012, p. 78). Com base nisso, países desenvolvidos como Canadá, EUA e países da Europa estão investindo em construções com recursos renováveis, como forma da diminuição destes impactos ao meio ambiente.

Na América do Norte e Europa, países onde o clima é predominantemente frio, é muito comum nos depararmos com estruturas feitas totalmente de madeira, material rústico e de fácil acesso na natureza, podendo ser reutilizado e o principal: renovável e de baixo consumo energético (IPT, 2009). No entanto, no Brasil, país de clima quente e tropical, há muitas incertezas e inseguranças quanto ao uso da madeira em estruturas, muito pelo fato de ser um material sólido inflamável, com mais facilidade de incêndio quando comparada ao concreto.

No Brasil, há muitas espécies de madeiras utilizadas na construção, seja para construção de telhados, decks para piscinas, portas e janelas, formas para concreto, mas no que se refere à estrutura, podemos citar três principais espécies: Eucalipto, Pinho-do-Paraná e Cedrinho.

A verdade é que, a madeira, quando dimensionada e tratada de forma correta, pode trazer a mesma confiabilidade mecânica do concreto e, ainda, resistir melhor à incêndios.

Quando um elemento de madeira é exposto ao fogo, ocorre a carbonização de suas faces externas, diminuindo a seção da peça e, conseqüentemente, reduzindo a resistência mecânica (compressão e flexão), todavia, a área carbonizada é somente externa, sua seção interior ao redor do centro de gravidade, permanece intacto, fazendo com que em muitos casos a estrutura permaneça de pé (MARTINS, 2016).

Permeabilidade, condutibilidade térmica, espécie da madeira e, principalmente, teor de umidade e densidade da espécie, são fatores que influenciam diretamente no comportamento da peça de madeira quando exposta ao fogo. Além disso, tratamento com ignífugantes e isolamento térmico com gesso, podem fazer com que a absorção de calor pela madeira seja mais lenta, contribuindo para que haja evacuação de edifícios em casos de incêndio.

3 | METODOLOGIA

Após pesquisas realizadas sobre o tema, notou-se que não há um procedimento normatizado para ensaios de simulações de incêndio em madeira. Devido à importância deste conhecimento para a análise, os dados e experimentos utilizados como base na

elaboração deste artigo foram baseados em artigos nacionais, com métodos definidos por Copat (2014) e Oliveira (2012), e em artigos internacionais com dados e ensaios realizados por Laranjeira (2012) e Anastácio (2010).

Os resultados e discussões se dão através das análises e comparações elaboradas a partir dos dados obtidos nos ensaios realizados por estes autores, onde as informações são correlacionadas para que seja possível aproximar-se de uma conclusão em relação à eficácia do tratamento com ignifugantes em madeiras expostas ao incêndio.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Quando se trata de elementos de madeira, existem algumas preocupações referentes à estrutura da peça, como por exemplo:

- Preservação do material;
- Resistência ao incêndio;
- Acabamento superficial da peça;

Este artigo tem como objetivo analisar a eficácia de tratamentos voltados à redução dos impactos causados pela ação do incêndio na madeira.

No que se refere à tratamento contra incêndio, existem diversas técnicas e produtos utilizados a fim de garantir maior segurança e estabilidade da estrutura, como por exemplo a aplicação de produtos intumescentes e não intumescentes.

Segundo Anastácio (2010), um produto intumescente pode ser definido como um material reativo, ou seja, constitui-se como um material de proteção passiva contra o fogo que reage com o calor e atua só em caso de se produzir um incêndio. Sob a ação do calor de um incêndio reage, inchando e criando uma barreira de espuma isolante do fogo, com espessura de até 40 vezes a sua espessura original aplicada, impedindo assim que a madeira atinja a temperatura de ignição, promovendo a inibição da ação do fogo sobre o material protegido e garantindo assim a segurança contra incêndio procurada.

Quando se trata de produtos não intumescentes, conhecidos como ignifugantes, a proteção se dá pelo fato de que os gases liberados pela madeira em contato com o fogo, se tornam não inflamáveis devido à ação do material aplicado, baixando a temperatura do local e retardando o processo de ignição da madeira.

Sua aplicação é indicada para ambientes internos e ocorre na fase de acabamento da construção, onde é realizada através de pincéis, pulverizadores ou por equipamentos mecânicos, garantindo que atinja a espessura necessária (normalmente entre 200-300g/m²) para que o tratamento se torne eficaz.

De acordo com Anastácio (2010), a espessura resultante do rendimento acima indicado pode assegurar-nos uma estabilidade de temperatura do substrato à volta de 130° C, quando o sistema estiver submetido a aproximadamente 1000°C, durante um tempo de

90 minutos.

A proteção da madeira com ignifugantes, tende a se degradar ao longo do tempo, salvo informação contrária por parte do fabricante.

A madeira ignifugada, normalmente, é mais sensível à umidade e pode descolorar, também pode ser mais corrosiva e as suas propriedades mecânicas podem ser inferiores às da madeira sem tratar.

Afim de analisar a variação destas propriedades mecânicas da madeira comparando dados de peças com e sem tratamento com ignifugante, Copat (2014) utilizou – devido à inexistência de ensaios normatizados para análise de madeira em situações de incêndio – o método elaborado por Oliveira (2012), onde foram utilizados corpos de prova da espécie Cedrinho em uma simulação de incêndio de baixo risco. O experimento consistia em:

- a) Posicionamento do recipiente de aço de 50 x 40 x 5 cm de altura sobre o piso;
- b) Empilhamento da carga de incêndio sobre o recipiente de aço;
- c) Colocação da grelha com os corpos de prova a 75 cm do piso;
- d) Posicionamento dos termopares na cobertura, corpos de prova e carga de incêndio;
- e) Disposição de 1 litro de combustível de ignição no recipiente metálico, e posterior ignição;
- f) No instante da ignição, inicia-se a cronometragem para obter o tempo de ensaio requerido;
- g) Ao atingir o tempo necessário para o ensaio (2,5; 5,0; 7,0; 10,0; 12,5; 15,0; 17,5 e 20 minutos), extingue-se o incêndio;
- h) Repetição dos ensaios listados, com diferentes corpos de prova, nova carga de incêndio e diferentes tempos de exposição;
- i) Rompimento dos corpos de prova;
- j) Análise dos resultados dos ensaios de flexão e compressão paralela às fibras, calculando-se em seguida as resistências características;

Após a realização dos procedimentos, foram registradas as cargas fornecidas pela prensa e convertidas em resistência característica com base na NBR 7190 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1997a, p.48), para que, dessa forma, fosse possível comparar os dados dos ensaios de flexão e compressão paralelamente às fibras da madeira com e sem tratamento, onde foram obtidos os seguintes valores expostos nas Figuras 2 e 3, respectivamente:

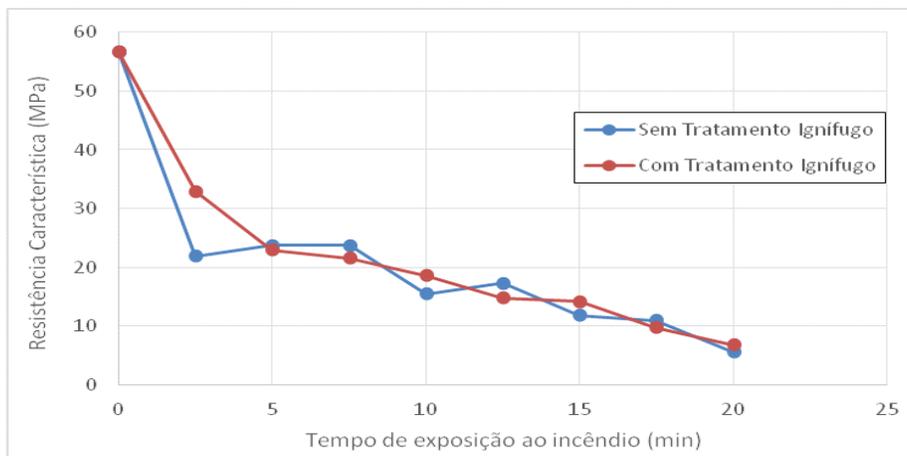


Figura 2 – Comparação da resistência à flexão das amostras com e sem tratamento ignífugo

Fonte: Copat (2014, p. 64)

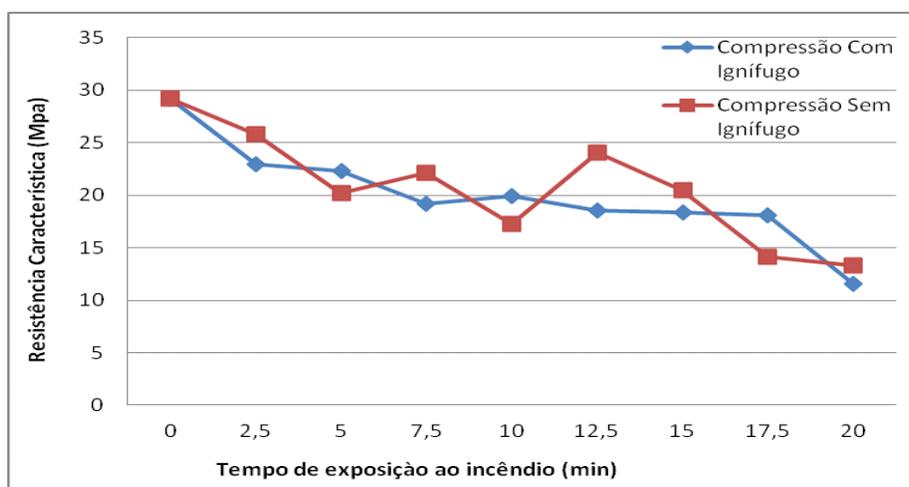


Figura 3 – Comparação das resistências à compressão das amostras com e sem tratamento ignífugo

Fonte: Copat (2014, p. 61)

Analisando os dois gráficos, notou-se que não há um padrão de comportamento para as amostras, considerando que, em alguns momentos, as amostras da madeira tratada obtiveram resultados superiores às amostras não tratadas, porém, em outros momentos, a situação foi inversa.

É importante destacar que, no ensaio à flexão, ambas as madeiras apresentaram padrões próximos e constantes quanto à perda de resistência mecânica em função do

tempo de exposição ao fogo. Já no ensaio de compressão, constatou-se que o tratamento com tinta ignífuga contribuiu para uma menor variabilidade dos resultados.

Copat (2014) esperava, como hipótese de sua pesquisa, que as amostras tratadas com tinta ignífuga apresentassem resistência característica 30% maior que as amostras não tratadas, porém, essa teoria só se confirmou no minuto 2,5 do ensaio de flexão, obtendo superioridade em cerca de 33%.

Os resultados obtidos por Copat, corroboram com a análise feita por Anastácio (2010), onde o mesmo afirma que o tratamento com tinta ignífuga não garante uma melhor resistência mecânica para a madeira exposta ao fogo.

Uma vez que evidenciada a suposta ineficácia da tinta ignífuga em relação ao ganho de resistência mecânica da madeira, optamos por verificar o comportamento da madeira tratada em relação à propagação de fogo e fumaça, com base na dissertação de Laranjeira (2012), da Universidade Técnica de Lisboa.

Para que fosse possível realizar essa análise, o autor elaborou ensaios com provetes de madeira da espécie *Pinus pinaster* sem tratamento (Amostra A) e comparou os valores com amostras tratadas com dois produtos não-intumescentes: um impregnante (Amostra B) e um verniz (Amostra C), obtendo os seguintes resultados:

Sistema de pintura	Propagação de chama (mm)				Tempo de ligação (s)	Tempo de extinção da chama (s)
	600 s	1200 s	1800 s	Máximo		
A	480	0	0	490	123	881
B	100	0	0	140	123	863
C	310	0	0	350	122	912

Tabela 1: Parâmetros de reação ao fogo avaliados no ensaio do painel radiante

Fonte: Adaptado de Laranjeira (2012, p. 67)

Sistema de pintura	Produção total de fumo (%.min)
A	57,93
B	25,46
C	52,48

Tabela 2: Parâmetros de avaliação do fumo no ensaio do painel radiante

Fonte: Adaptado de Laranjeira (2012, p. 68)

Sistema de pintura	Seção original (cm ²)	Seção residual (cm ²)					
		A (0 cm)	B (10 cm)	C (20 cm)	D (30 cm)	E (40 cm)	F (50 cm)
A	45,8	2,4	2,9	22,9	32,7	38,6	40,2
B	-	-	-	-	-	-	-
C	51,8	25,8	27,6	35,5	45,8	51,7	49,9

Tabela 3: Seções dos provetes da campanha, antes e após o ensaio do painel radiante

Fonte: Adaptado de Laranjeira (2012, p. 68)

Após analisar os resultados obtidos nos ensaios, notou-se que as amostras tratadas com impregnantes ignífugos (amostra B), obtiveram resultados superiores em comparação aos demais, onde foi possível constatar uma melhoria significativa deste tratamento em relação a propagação de fogo, fumaça e estabilidade de sua seção.

5 | CONCLUSÕES

De maneira geral, podemos concluir que a utilização da madeira na construção civil é satisfatória, levando em consideração suas diversas possibilidades de uso. Suas características intrínsecas ofuscam a maioria de suas deficiências, porém sua inflamabilidade ainda causa muita desconfiança.

O estudo vigente permitiu verificar a variação do comportamento da madeira dos tipos *Pinus pinaster* e Cedrinho mediante à exposição ao incêndio, quando as mesmas estão ou não submetidas ao tratamento ignífugo. A análise foi efetuada com base em dados obtidos em trabalhos acadêmicos de outros autores, que nos proporcionaram valores e resultados que podem ser comparados a fim de comprovar a eficiência do tratamento.

Através dos resultados e considerações encontrados nos materiais analisados, constatou-se que os tratamentos com tintas ignífugas, mesmo quando aplicado da maneira correta e com equipamentos específicos, não trazem uma melhora na resistência mecânica da madeira, visto que em todos os tempos de ensaio analisados, a madeira tratada apresentou resultados superiores apenas em um instante. No entanto, quando falamos de resistência ao fogo (tempo de combustão, propagação da chama e propagação da fumaça), as peças tratadas apresentam uma vantagem em relação às peças não tratadas, porém, percebe-se que existem tratamentos mais úteis que outros. Neste caso, o impregnante ignífugo (Amostra B) apresentou resultados melhores que o verniz (Amostra C).

Contudo, devemos reforçar que os artigos usados como referência possuem inúmeras limitações, como o fato de ter sido utilizado apenas as madeiras das espécies

Pinus pinaster e Cedrinho, deixando em aberto a possibilidade de outras espécies apresentarem resultados divergentes a estes. Além disso, a inexistência de um ensaio normatizado com tratamentos ignífugos dentro da NBR 7190 e da NBR 14432, dificulta a análise dos resultados.

Conclui-se, desta forma, que apesar de o tratamento com ignífugante não se mostrar vantajoso para garantir uma maior resistência mecânica da madeira, sua utilização retarda o desgaste de suas seções pelo fato de proporcionar uma menor propagação de fogo e fumaça, permitindo assim que, em edificações com estruturas ou grandes concentrações de madeira, a segurança da mesma e dos residentes não seja comprometida de imediato, uma vez que o tempo de evacuação se torna maior.

REFERÊNCIAS

ANASTÁCIO, R. S. A. **Especificação de Proteção Fogo para Estruturas de Madeira**. Universidade do Porto, Portugal. 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190: projeto de estruturas de madeira**. ABNT, Rio de Janeiro. 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14432: exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações**. ABNT, Rio de Janeiro. 2001.

BARREIRA, L.; FONSECA, E. **Cálculo da espessura carbonizada em estruturas de madeira quando submetidas à ação do fogo**. Instituto Politécnico de Bragança, Bragança. Portugal. 2008.

CARRASCO, E. V. M. et al. **Análise Numérica da Transferência de Calor em Madeiras Brasileiras em Situação de Incêndio**. Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2010.

COPAT, G. P. **Madeira Tratada com Ignífugos: análise da resistência mecânica após exposição ao fogo**. 72f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2014.

FIGUEROA, Manuel. J. Manriquez; MORAES, Poliana Dias de. **Comportamento da madeira a temperaturas elevadas**. UFRGS, Porto Alegre. 2009.

GALDINO, Danilo Soares. **Análise das Propriedades da madeira de estrutura de telhado após a ocorrência de um incêndio**. UNESP, Itapeva. 2012.

GOUVEIA, P. J. V. **Resistência ao fogo de estruturas em madeira com e sem proteção**. : Instituto Técnico de Bragança, Bragança, Portugal. 2018.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT. **Madeira: uso sustentável na construção civil**. 2. ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2009.

LARANJEIRA, J. P. S. **Reação ao Fogo da Madeira Antiga Protegida com Revestimentos Retardadores de Combustão**. Universidade Técnica de Lisboa, Portugal. 2012.

LEITÃO FILHO, H. F. **Considerações Sobre a Florística de Florestas Tropicais e Sub-Tropicais do Brasil**. UNICAMP - Instituto de Biologia, Campinas. 1987.

MANFRINATO, Maria E. **Estudo sobre o uso da madeira para fins estruturais e arquitetônicos**. 2015. 88f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) UTFPR. Campo Mourão, 2015.

MARTINS, G. C. A. **Análise Numérica e Experimental de Vigas de Madeira Laminada Colada em Situação de Incêndio**. USP, São Carlos. 2016.

MAURY, M. B.; BLUMENSCHIEIN, R. N. **Produção de Cimento: Impactos à saúde e ao meio ambiente**. *Sustentabilidade em Debate*, Brasília, v. 3, n. 1, p. 75-96, 2012.

MORAES MADY, F. T. **A condutividade térmica da madeira**. *REMADE - Revista da Madeira*, n. 112. 2008. Disponível em: <<https://diz.ae/zFliD>> Acesso em: 27 mar. 2020.

OLIVEIRA, K. **Resistência Mecânica da Madeira: estudo da variação mediante ação do fogo**, 2012. 59f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2012.

OZAKI, S. K.; IMAMURA, I.; SOUZA, M. F. **Efeitos do Tratamento da Madeira com Álcool Furfurílico combinado com Compostos de Boro**. USP, São Carlos. 1999.

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



contato@atenaeditora.com.br



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



www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena
Editora

Ano 2021

FORÇA, CRESCIMENTO E QUALIDADE DA ENGENHARIA CIVIL NO BRASIL 3



www.atenaeditora.com.br



contato@atenaeditora.com.br



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



www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena
Editora

Ano 2021