

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 Alfnas

Ciências Biológicas e da Saúde

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

Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

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

Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão

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

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

Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra

Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras

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

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

Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco

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

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

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

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

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

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

Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

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

Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto 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

Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª 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

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
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 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

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 (Eu_2O_3): 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

FABRICAÇÃO DE CONCRETO LEVE ESTRUTURAL UTILIZANDO FIBRAS DE CURAUÁ (ANANASERECTIFOLIUS) E RESÍDUOS DE ARGILA CALCINADA COMO AGREGADO

Data de aceite: 01/04/2021

Data de submissão: 05/01/2021

Isnailson Feitosa Pinheiro

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas - IFAM/CMC
Manaus - Amazonas
<http://lattes.cnpq.br/1128237877076025>

Hilderson da Silva Freitas

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas - IFAM/CMC
Manaus - Amazonas
<http://lattes.cnpq.br/7088355331987719>

Samuel Cameli Fernandes

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas - IFAM/CMC
Manaus - Amazonas
<http://lattes.cnpq.br/6190494547323052>

Laerte Melo Barros

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas - IFAM/CMC
Manaus - Amazonas
<http://lattes.cnpq.br/0299419739606476>

RESUMO: Diante do crescimento populacional, muitos países em desenvolvimento têm aderido à verticalização das construções, fazendo com que a os profissionais da construção civil se empenhem cada vez mais em busca de aperfeiçoar os processos construtivos. Dentre os concretos utilizados na construção civil destacam-se os com baixa massa específica, os concretos

leves estruturais. A manutenção da resistência mecânica com redução da massa específica do concreto, reduz o peso próprio da estrutura, das cargas nas fundações, reduzindo o aparecimento de patologias por recalques diferenciais, além da diminuição do custo final da obra. O concreto leve estrutural é uma forma de reduzir a massa específica das estruturas de concreto substituindo o agregado natural pelo agregado leve. Este trabalho tem por objetivo avaliar as propriedades mecânicas de concretos produzidos a partir de agregado graúdo de resíduos de argila calcinada reforçados com fibras de curauá. Neste trabalho as fibras de curauá foram obtidas in natura de um plantio residencial, e foi desenvolvida uma metodologia para beneficiar e tratar as fibras a serem misturadas ao concreto em feixes de 25mm de comprimento com a intenção de suprir a diminuição da resistência à compressão do compósito. Como referência foram moldados corpos de prova cilíndricos de concreto com agregado graúdo de argila expandida sem adição de fibra, e outro lote com adição de fibras de curauá nas proporções 0,5% e 1,0% e agregado de argila calcinada. Foram avaliadas as resistências a compressão das misturas com 7, 14 e 28 dias de cura ao ar livre das duas misturas, e também a resistência a tração por meio do ensaio de tração por compressão diametral. Os resultados revelaram melhorias na resistência tanto a compressão como a tração nos concretos com adição de fibra.

PALAVRAS-CHAVE: Concreto leve; propriedades mecânicas; fibras de curauá; argila calcinada.

MANUFACTURE OF STRUCTURAL LIGHT CONCRETE USING CURAUÁ FIBERS (ANANAS ERECTIFOLIUS) AND CALCINATED CLAY WASTE AS AGGREGATE

ABSTRACT: In the face of population growth, many developing countries have been adhering to the verticalization of constructions, making civil construction professionals more and more committed to seeking to improve construction processes. Among the concretes used in civil construction, those with low specific mass stand out, the light structural concretes. The maintenance of mechanical strength with a reduction in the specific gravity of the concrete, reduces the structure's own weight, of the loads on the foundations, reducing the appearance of pathologies due to differential settlements, in addition to decreasing the final cost of the work. Structural lightweight concrete is a way to reduce the specific mass of concrete structures by replacing the natural aggregate with light aggregate. This work aims to evaluate the mechanical properties of concrete produced from coarse aggregate of calcined clay residues reinforced with curauá fibers. In this work, the curauá fibers were obtained in natura from a residential plantation, and a methodology was developed to benefit and treat the fibers to be mixed with the concrete in bundles of 25mm in length with the intention of supplying the decrease in the compressive strength of the composite. As a reference, cylindrical concrete specimens were molded with coarse expanded clay aggregate without addition of fiber, and another batch with addition of curauá fibers in the proportions 0,5% and 1,0% and calcined clay aggregate. The compressive strengths of the mixtures with 7, 14 and 28 days of open-air curing of the two mixtures were evaluated, as well as the tensile strength through the tensile test by diametrical compression. The results revealed improvements in the resistance to both compression and traction in concretes with added fiber.

KEYWORDS: Light concrete; mechanical properties; curauá fibers; calcined clay.

1 | INTRODUÇÃO

O desenvolvimento sustentável tem se destacado como um dos principais objetivos do presente século, despertando a necessidade de busca por métodos produtivos mais enxutos de modo a racionalizar a mão de obra e evitar desperdícios. Dentro deste conceito, o uso de materiais sustentáveis e o reaproveitamento dos resíduos tornam-se temas cada vez mais pertinentes entre as pesquisas do ramo da construção civil.

Segundo Magalhães (2009) a indústria da construção civil geralmente é associada ao emprego materiais que geram grandes impactos ambientais na sua produção, além da elevada produção de resíduos. Essa imagem negativa do setor tem impulsionado as pesquisas para o reaproveitamento destes resíduos, onde podemos citar o resíduo da argila calcinada como também o uso de materiais alternativos de baixo impacto ao meio ambiente como as fibras vegetais.

Dentre os materiais mais utilizados na construção civil, destacam-se os concretos leves estruturais, que se enquadram na categoria de concretos especiais, pois apresentam baixo peso específico e podem exercer função estrutural. Contudo, em Manaus o uso deste material torna-se inviável, uma vez que não existe oferta de agregados leves na proporção

que a as grandes obras demandam. Somente a alteração dos agregados convencionais por agregados leves já provocam uma grande diminuição do peso específico de uma estrutura, e por consequência reduz as cargas nas fundações, e o aparecimento de patologias por recalques diferenciais que são muito comuns na Cidade de Manaus em decorrência do solo de natureza mole característico da região (ROSSIGNOLO & AGNESINI, 2011).

O curauá (*Ananas erectifolius* L. B. Smith) é uma bromélia amazônica cuja principal utilização é na produção de fibras naturais que são empregadas em diversos setores, com um destaque para o setor automobilístico o qual utiliza a fibra natural em substituição à fibra de vidro. Dentre as propriedades desta fibra que a torna o alvo deste estudo estão a resistência mecânica superior às demais fibras naturais e a sua leveza, que favorece a aplicação no concreto leve estrutural (ARAÚJO, 2003).

A argila calcinada por sua vez é um agregado leve artificial utilizado na construção civil que é obtido pela queima da argila vermelha em altas temperaturas num forno de calcinação. Além do baixo peso específico, a argila calcinada apresentar elevada resistência mecânica, e passa por um processo produtivo mais fácil que a argila expandida, uma vez que dispensa a utilização de um forno rotativo.

Os resíduos de argila calcinada foram os materiais perdidos na produção de blocos cerâmicos pela queima excessiva, “chamote”. Sabe-se que o aumento na produção de “chamotes” está diretamente relacionado ao processo de produção dos blocos, pois quanto menor for o controle de qualidade, maior será o percentual de resíduo gerado.

Seye (2003) ao realizar um estudo entre oito olarias dos municípios Iranduba e Manacapuru – AM, concluíram que a perda por queima excessiva dos blocos oscilava entre 3% e 5% da produção, que está dentro da média nacional. Sendo assim, considerando uma massa média de 2 Kg por tijolo queimado e perda 4% em média, são desperdiçados 9600 t/ano de material cerâmico no principal pólo oleiro do Amazonas. Estes resíduos são armazenados nos pátios das olarias, e são posteriormente lançados em estradas vicinais, para proporcionar melhor aderência, ou são depositados em local inadequado, gerando problemas ao meio ambiente.

Este trabalho tem por objetivo desenvolver um concreto de característica leve estrutural que seja adequado a realidade amazônica, utilizando materiais de baixo impacto ao meio ambiente, que sejam fácil produção e que existam em abundância na região, a fim de que se obtenha um produto aplicável na construção civil local.

2 | CONCRETO LEVE ESTRUTURAL

O concreto é um material constituído essencialmente de um meio ligante nos qual estão envoltos partículas ou fragmentos de agregados. Nesta mistura a pasta de cimento tem a função de envolver os agregados, de modo a preencher os vazios e dar trabalhabilidade ao compósito (MEHTA E MONTEIRO, 2008).

Em seu estado sólido, a pasta de cimento deve transmitir os esforços uniformemente entre os agregados envolvidos, de forma que o atrito entre estes componentes mantenha a estrutura estável. (SCOBAR, 2016)

Como qualquer outro material, o concreto apresenta vantagens e limitações, apesar de o concreto convencional possuir boa resistência à compressão e a trabalhabilidade necessária para ser moldado em diversas formas, o mesmo é conhecido pelo elevado peso próprio, baixa resistência à tração e a fissuração (ALMEIDA, 2002).

O concreto leve estrutural, apresenta-se como um material de construção consagrado em todo o mundo, com aplicação em diversas áreas da construção civil. A ampla utilização desse material é particularmente atribuída aos benefícios promovidos pela redução da massa específica do concreto, tais como a economia com fundações devido à redução nos esforços na estrutura, a economia com fôrmas e cimbramento, e a diminuição dos custos com transporte e montagem de construções pré-fabricadas (CATÓIA, 2012).

Os concretos leves em geral são caracterizados pela redução expressiva da massa específica do compósito, isso é possível pela substituição dos agregados convencionais, mais pesados, por agregados leves, dessa forma este concreto pode assumir características estruturantes. Os concretos leves podem ainda ser obtidos pela incorporação de bolhas de ar à mistura, porém, esse concreto não é interessante como elemento estrutural uma vez que não protege a armadura do aço (ROSSIGNOLO & AGNESINI, 2011).

Segundo o American Concrete Institute (1990), o concreto leve estrutural é um concreto produzido com agregados leves devendo seu peso específico ser aproximadamente igual a dois terços do peso específico do concreto feito com agregado normal. Este concreto deve apresentar função estrutural em todos os sentidos, portanto deve corresponder ao que determina a NBR 8953 (2015), que classifica os concretos estruturais como aqueles que atingem a resistência a compressão superiores a 25 MPa aos 28 dias.

Como os agregados graúdos usualmente representam mais de 50% do volume dos concretos convencionais, a substituição desses agregados convencionais por agregados leves, produz uma brusca redução da massa específica final do compósito, ocasionando alterações significativas em algumas propriedades características importantes do concreto como resistência mecânica, módulo de deformação e absorção de água (ROSSIGNOLO & AGNESINI, 2011).

A argila expandida é uma das poucas opções de agregados leves para a produção de concreto, devido a sua produção estar concentrada em apenas uma fábrica, CINEXPAN, localizada no município de Várzea Paulista, tornando a sua aplicação modesta ante o seu potencial (SANTIS & ROSSIGNOLO, 2014).

A utilização de resíduos de argila calcinada “chamotes” em substituição à argila calcinada se justifica principalmente pelas semelhanças entre as temperaturas de queima dos dois produtos. Segundo Campos (2008) a temperatura de queima ideal para a produção de argila calcinada oscila entre 850°C e 950°C, pois em temperaturas inferiores percebeu-

se um aumento na porosidade do agregado.

As temperaturas máximas de queima de blocos de cerâmica vermelha ficam no patamar 850°C, 950°C e 1050°C. Quando a cerâmica atinge o patamar de 900-1000°C ocorre uma retração de forma brusca, que pode ser atribuída à recristalização de novas fases cerâmicas e concomitante início da vitrificação da massa argilosa. É nesse estágio que ocorre a queima excessiva de parte da produção, pois os blocos que recebem maior incidência de calor mantêm-se a essa temperatura por um tempo maior que os demais (PINHEIRO & HOLANDA, 2010).

3 I INCORPORAÇÃO DE FIBRAS NATURAIS

Os materiais compósitos mais utilizados atualmente são aqueles reforçados com fibras sintéticas e naturais, no concreto, por exemplo, a adição de fibras em pequenas frações, principalmente as de origem sintética, nos compósitos cimentícios muitas vezes tem a finalidade de reduzir a fissuração devido à retração plástica. Entretanto, vêm se levantando estudos que viabilizam a substituição total ou parcial destas fibras sintéticas naturais, seja para prevenir patologias no concreto, seja para dar reforço ao compósito (BORGES, 2017).

O crescente interesse no uso de fibras naturais deve-se, entre outros fatores, pela crescente preocupação mundial com a preservação do meio ambiente, e com o uso de materiais renováveis (DA SILVA, 2008).

Apesar das fibras naturais muitas vezes apresentarem um desempenho inferior em relação às fibras sintéticas, tem-se a necessidade de proteção ao meio ambiente diante das agressões que os processos industriais causam, minimizando a dependência de recursos não renováveis como o petróleo, promovendo dessa forma um desenvolvimento sustentável (LEVY NETO, 2006).

A fibra de curauá é proveniente do desfibramento das folhas da bromélia, processo que é chamado de mucilagem. A planta não tem espinho, o que facilita o manejo e o corte. A máquina para beneficiamento do curauá é a mesma utilizada no sisal, planta do nordeste brasileiro. O composto viscoso que sobra do processo de desfibramento, a mucilagem, permite a fabricação de papel. O soro do curauá contém uma toxina que pode ser utilizada para a produção de um anestésico (ALVES FILHO, 2004).

Para Savastano Jr. (1986), destaca que as fibras provenientes das folhas possuem a função especial na planta de conferir resistência e estabilidade à folha e fornecem ainda o suporte aos vasos de condução de água no interior da folha. Portanto, a aplicação destas fibras em reforço concreto ou em argamassas são perfeitamente viáveis, contando que se tenha atenção com relação a durabilidade da fibra no meio alcalino quando submetida às intempéries.

4 | MATERIAIS E MÉTODOS

A fibra de curauá foi obtida *in natura* em um plantio residencial no município de Autazes, no interior do Amazonas (Figura 1). Os estudos se iniciaram com a escolha do método mais eficiente de beneficiar as fibras de curauá. Vários métodos foram avaliados, sendo eles métodos mecânicos e manuais. Os métodos mais viáveis economicamente foram os manuais, sendo assim foi desenvolvida uma metodologia de modo a tornar a extração da fibra eficiente e com a qualidade exigida.

O processo de extração da fibra é chamado de mucilagem, e consiste basicamente na separação entre a celulose e a fibra interna das folhas. Após ser retirada a maior parte da mucilagem as fibras são lavadas e postas ao ar livre para secar, após seu estado seco as fibras são penteadas e cortadas em dimensões iguais previamente definidas em 20 milímetros (Figura 1).



Figura 1: (a) Planta curauá cultivada em Autazes;(b) Desfibramento; (c) Fibra cortada.

Os resíduos de argila calcinada foram obtidos em duas olarias do pólo oleiro do município de Iranduba, as Olarias Rio Negro e Olaria Eudes, ambas localizadas na rodovia AM-070. Os resíduos coletados foram transportados até as instalações do Instituto Federal do Amazonas onde foram britados até atingirem as dimensões de agregado graúdo (Figura 2).



(a)



(b)

Figura 2: (a) Quebra dos resíduos de argila calcinada;(b) Agregado de Resíduo de Argila Calcinada.

O agregado de argila expandida foi obtido em um comércio local de utensílios para jardinagem e paisagismo nas dimensões máxima de 22 milímetros e mínima de 15 milímetros. Todos os agregados foram caracterizados quanto peso específico através de ensaios conforme as determinações das NBR NM 53 e NBR 9776.

Houve uma preocupação inicial com a absorção de água dos resíduos de argila calcinada por ser um produto de argila vermelha. Ao utilizar refugos cerâmicos provenientes do Pólo oleiro de Iranduba verificou a absorção de água de em torno de 20%, porém com a queima excessiva essa absorção diminui drasticamente. Por isso, foi realizado o ensaio de absorção de água para a agregado de argila calcinada em conjunto com o ensaio de massa específica (Tabela 1).

Material	Volume de água dm ³	Volume final dm ³	Massa de agregado Kg	Massa específica Kg/dm ³
Argila expandida	0,420	0,845	0,335	0,79
Argila calcinada	0,5	0,920	1,0	2,38
Areia lavada	0,2	0,390	0,5	2,63

Tabela 1: Massa específica dos agregados

Para a elaboração do traço a ser utilizado foi seguida a mesma metodologia que GRASSI (2016). Grassi, em seu estudo trabalhou com o mesmo traço em volume, porém utilizando agregados de diferentes tipos: argila expandida, brita e poliestireno expandido moído. Ao trabalha com agregados com massa específica muito reduzida se torna inviável utilizar o mesmo traço em massa que o utilizado para agregados convencionais. A solução é fixar um traço em volume e após, convertê-lo para massa utilizando a massa específica de cada elemento (Tabela 2).

Traço unitário em volume		1:2,22:3,25	
Composições	REF	T1	T2
	Expandida	Calcinada 0,5%	Calcinada 1,0%
Traço unitário em massa: cimento: areia: agregado: adição	1:1,97:0,92	1:1,97:2,84	1:1,97:2,84
Cimento (kg)	1,00	1,00	1,00
Areia (kg)	2,06	2,06	2,06
Argila Expandida (kg)	0,92	-	-
Argila Calcinada (kg)	-	2,84	2,84
Fibra de Curauá (sobre a massa de cimento)	-	0,5%	1,0%
Aditivo Plastificante (sobre a massa de cimento)	0,8%	0,8%	0,8%
Relação água/cimento	0,55	0,55	0,55

Tabela 2: definição de traços

O agregado miúdo utilizado foi a areia proveniente de dragagem do leito do Rio Japurá, foi realizado o ensaio de caracterização da areia quanto a distribuição granulométrica descrito na NBR 7217, do qual foram extraídos o módulo de finura igual a 1,55.

Os corpos de prova de concreto foram moldados de acordo com o que determina a NBR 5738, o traço calculado demonstrou uma proporção de argamassa próxima do mínimo, o que favoreceu a redução de massa do concreto produzido. Após a moldagem os corpos de prova postos ao ar livre onde permaneceram sem tratamento de cura até as idades de ruptura.

Foram avaliadas as propriedades do concreto no estado fresco através do ensaio de abatimento do tronco de cone (NBR NM 67) e massa específica no estado endurecido bem como suas propriedades mecânicas através da resistência a compressão axial (NBR 5739) e a tração por compressão diametral (NBR 7222) (Figura 3).



(a)



(b)

Figura 3: Ensaio de abatimento; (b) moldagem dos corpos de prova

5 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os traços de argila calcinada com adição de fibra demonstraram melhor desempenho mecânico do que os produzidos com argila expandida. Mesmo a argila expandida sendo um dos melhores agregado leves existentes, o traço de referência teve sua resistência prejudicada pela falta de tratamento de cura. Segundo Silva (2011), a ausência de tratamento de cura prejudica em até 50% a resistência mecânica do concreto. Ao adicionar fibras ao concreto, seja ela natural ou sintética, evitamos que o concreto sofra fissuração nas primeiras idades, preservando a resistência mecânica à compressão e por consequência tem-se o aumento na resistência à tração.

A massa específica dos concretos produzidos foi calculada em seu estado endurecido. Com a massa dos corpos de prova é possível encontrar a massa específica do concreto, visto que o volume pode ser facilmente determinado. Os corpos de prova de Argila calcinada com adição de fibra alcançaram o peso médio de 3,342 Kg, resultando em uma massa específica de 2,12 Kg/dm³. Já os corpos de prova de argila expandida obtiveram peso médio de 2,486 Kg e massa específica 1,58 Kg/dm³ (Tabela 3).

Lote de Concreto	Estado fresco	Estado endurecido						
	Abatimento (mm)	Massa específica (kg/dm ³)	Resistência a Compressão (MPa)			Resistência a Tração (MPa)		
			7 dias	14 dias	28 dias	7 dias	14 dias	28 dias
Argila Expandida	65	1,58	12,5	11,92	13,2	1,37	1,8	1,93
Argila Calcinada 0,5%	85	2,22	18,17	19,79	21,91	2,79	2,72	2,96
Argila Calcinada 1,0%	70	2,12	17,24	17,68	19,57	2,29	2,86	3,08

Tabela 3: Propriedades dos concretos produzidos

Os concretos produzidos com resíduo de argila calcinada e fibra de curauá demonstraram variação de consistência inversamente proporcional ao aumento ao aumento da adição de fibra. Em contrapartida, a massa específica sofreu reduções significativas por conta do aumento da adição de fibra.

A resistência a compressão dos concretos com fibra apresentou variação com o aumento da proporção de fibra. A resistência a compressão axial atingiu maiores valores com a proporção de 0,5% de fibra, o aumento da proporção de fibra causou diminuição da resistência (Figura 4).

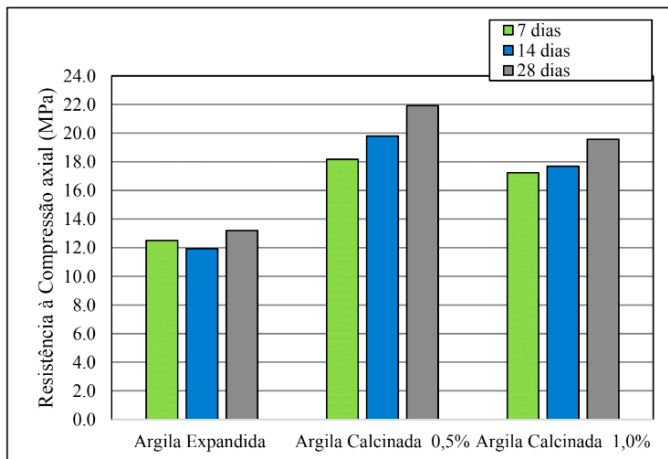


Figura: Resistência a compressão axial dos corpos de prova

Os comportamentos dos concretos no ensaio de tração por compressão diametral demonstraram a capacidade da fibra de curauá em reforçar o concreto quando submetido ao esforço de tração. Price (1991) afirma que a resistência a tração dos concretos de baixa resistência varia de 10% a 11% da resistência a compressão, já os concretos produzidos com fibra superaram 15% (Figura 5).

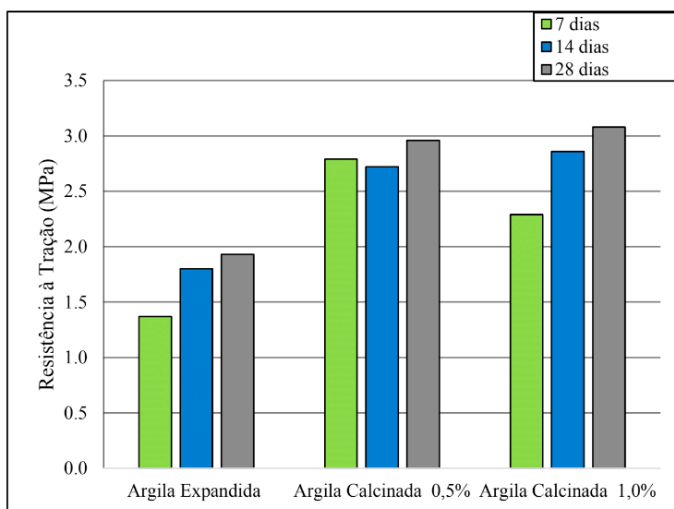


Figura: Resistência a tração dos corpos de prova

6 | CONCLUSÕES

Os resíduos de argila calcinada apresentaram características físicas apreciáveis para um agregado convencional, tendo absorvido 3,6% da própria massa em água no ensaio de determinação da absorção, porém inviável para a produção de concreto leve, uma vez que o peso próprio supera e limite aceitável para ser classificado como agregado leve.

O formato angular do agregado de argila calcinada proporcionou melhor aderência entre a argamassa e o agregado verificada pela ruptura dos agregados na mesma linha que a argamassa. Nos concretos produzidos com agregados leves a ruptura não ocorre devido à diferença de deformações entre pasta de cimento e agregado, mas devido ao colapso da argamassa, sendo os agregados atravessados pela linha de ruptura.

O desempenho mecânico dos concretos produzidos com argila calcinada e fibra de curauá apesar de superar o traço de referência não atingiu os níveis mínimos para ser classificado como estruturante, pois estes têm nível mínimo de resistência a compressão de 25 MPa aos 28 dias

REFERÊNCIAS

ABNT NBR 5738/15. **Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova.** Rio de Janeiro, 2015.

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

ABNT NBR 7222:2011 - **Concreto e argamassa - Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos**, 2011.

ABNT NBR 8953: 2015 - **Concreto para fins estruturais - Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência**, 2015.

NBR 9776/87 Agregados - **Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco de Chapman** - Método de ensaio, 1987.

NBR NM 53/03 Agregado graúdo - **Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água**, 2003

ALMEIDA, Luiz Carlos de. **Fundamentos do concreto armado.** 2002.

ALVES FILHO, MANUEL. Material extraído de planta amazônica substitui fibra de vidro com vantagens. *Jornal da Unicamp* (245), 4, 2004.

ARAÚJO, C. R. **Cinética de decomposição térmica de compósitos poliméricos com fibras de curauá.** Tese (Doutorado em tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) Escola Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2003.

- BORGES, A. P. **Estudo das propriedades de concretos com adição de fibras vegetais e de polipropileno para uso em paredes estruturais**. Universidade Federal de Uberlândia (Dissertação de Mestrado), 2017.
- CAMPOS, A. M. L. da S. **O efeito da temperatura de queima no agregado sintético de argila calcinada, aplicado em concreto asfáltico**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2008.
- CATÓIA, T. **Concreto Ultraleve estrutural com pérolas de EPS: caracterização do material e estudo de sua aplicação em lajes**. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos - SP. 2012.
- DA SILVA, R. I. **Desenvolvimento de um compósito laminado híbrido com fibras natural e sintética**. Revista Matéria, 154-161, 2008.
- LEVY NETO, F. **Compósitos estruturais: ciência e tecnologia**. São Paulo: Blucher, 2006
- MAGALHÃES, A. C. **Estudo de fibras vegetais , mucilagem de cactoe gesso em componentes construtivos**. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, 2009.
- MEHTA, K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Microestrutura, propriedades e materiais**. São Paulo, IBRACON, 2008.
- PINHEIRO. R.; HOLANDA C. **Efeito da temperatura de queima em algumas propriedades mecânicas de cerâmica vermelha**. Cerâmica 56, (pp. 237-243), 2010.
- PRICE, W. H. **Factors influencing Concrete Strength**. J. Am. Concrete Institute. 1991.
- ROSSIGNOLO, J. A., & AGNESINI, M. V. **Concreto leve estrutural**. In: **Concreto: ciência e tecnologia**. São Paulo: Instituto Brasileiro do Concreto, 2011.
- ROSSIGNOLO, J.A.; Agnesini, M.V.C.; Morais, J.A. **Properties of high-performance LWAC for precast structures with Brazilian ligh tweight aggregates**. **Cement & Concrete composites**, v.25, 2003.
- SANTIS, B. C., & ROSSIGNOLO, J. A. **Influência da agregados leves de argila calcinada nas propriedades mecânicas de concretos estruturais**. Revista Matéria artigo 11608, pp.399-406, 2014.
- SAVASTANO Jr., H. **Fibas vegetais para a construção civil: a fibra de coco**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1986.
- SCOBAR, RenanLuna. **Concreto Leve Estrutural: substituição do agregado graúdo convencional por argila expandida**. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2016.
- SILVA, E. S; MIRANDA, P. S. T; SILVA, S. A, et al. **Influência da Cura na Resistência do Concreto à Compressão**. Anais 53º Congresso Brasileiro de Concreto, Novembro de 2011.

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