

COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:

ENGENHARIA CIVIL



CARLOS AUGUSTO ZILLI
(ORGANIZADOR)

Atena
Editora
Ano 2021

COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:

ENGENHARIA CIVIL



CARLOS AUGUSTO ZILLI
(ORGANIZADOR)

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 Cremona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

iStock

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.

Open access publication by Atena Editora



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

Profª Drª Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa

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. Arnaldo Oliveira Souza Júnior – Universidade Federal do Piauí
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. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. José Luis Montesillo-Cedillo – Universidad Autónoma del Estado de México
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. Dr. Miguel Rodrigues Netto – Universidade do Estado de Mato Grosso
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco
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. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí
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^a Dr^a Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador
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. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof^a Dr^a Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
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 do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
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
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí
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
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco
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 Federacl 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 da Fontoura Custódio Monteiro – Universidade do Vale do Sapucaí
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie
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
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro

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

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo
Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª 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
Profª Ma. Adriana Regina Vettorazzi Schmitt – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Andrezza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª 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
Profª 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. Carlos Augusto Zilli – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Profª Drª 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. Edson Ribeiro de Brito de Almeida Junior – Universidade Estadual de Maringá
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 Atílio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Prof. Me. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho – Universidade Federal do Cariri
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramirez – 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/UFGA
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
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lúvia 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
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Me. Luiz Renato da Silva Rocha – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª 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. Me. Marcos Roberto Gregolin – Agência de Desenvolvimento Regional do Extremo Oeste do Paraná
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Dr. Pedro Henrique Abreu Moura – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Rafael Cunha Ferro – Universidade Anhembi Morumbi
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Profª 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
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof. Dr. Sullivan Pereira Dantas – Prefeitura Municipal de Fortaleza
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Universidade Estadual do Ceará
Profª 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

Coleção desafios das engenharias: engenharia civil

Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Flávia Roberta Barão
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os autores
Organizador: Carlos Augusto Zilli

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C691 Coleção desafios das engenharias: engenharia civil /
Organizador Carlos Augusto Zilli. – Ponta Grossa - PR:
Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-302-3

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.023211407>

1. Engenharia civil. I. Zilli, Carlos Augusto (Organizador).
II. Título.

CDD 624

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.arenaeditora.com.br
contato@arenaeditora.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; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, desta forma não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

APRESENTAÇÃO

Esta obra, intitulada “Coleção Desafios das Engenharias: Engenharia Civil”, em seu primeiro volume, apresenta 18 capítulos que abordam pesquisas relevantes sobre os desafios enfrentados pela engenharia civil mundo afora, tais como: Otimização e Dimensionamento de Peças Estruturais, Concreto em Situações de Incêndio, Confiabilidade Estrutural, Prevenção de Danos em Estruturas, Estudos de Materiais Alternativos para Construção Civil, Concreto Ecológico e Descarte de Resíduos.

Desta forma, esta obra se mostra potencialmente disponível para contribuir com discussões e análises aprofundadas acerca de assuntos atuais e relevantes, servindo como base referencial para futuras investigações relacionadas à estruturas de concreto armado e materiais de construção civil.

Deixo, aos autores dos capítulos, um agradecimento especial, e aos futuros leitores, anseio que esta obra sirva como fonte inspiradora e reflexiva.

Esta obra é indicada para os mais diversos leitores, tendo em vista que foi produzida por meio de linguagem fluída e abordagem prática, o que favorece a compreensão dos conceitos apresentados pelos mais diversos públicos, sendo indicada, em especial, aos amantes da área de engenharia.

Carlos Augusto Zilli

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

DIMENSIONAMENTO OTIMIZADO DE LAJES NERVURADAS, UTILIZANDO ALGORITMO GENÉTICO

Jessyca Priscylla de Almeida Nunes

Giuliana Furtado Franca Bono

Gustavo Bono

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0232114071>

CAPÍTULO 2..... 16

DIMENSIONAMENTO DE VIGAS DE CONCRETO ARMADO EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO CONFORME MÉTODO TABULAR E PRINCÍPIO DE CÁLCULO DAS ZONAS

Diogo Raniere Ramos e Silva

Maria de Lourdes Teixeira Moreira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0232114072>

CAPÍTULO 3..... 28

CONSIDERAÇÕES SOBRE PUNÇÃO EM LAJES PLANAS DE CONCRETO ARMADO

Ailton Queiroz Junior

Aurélio de Almeida Abdoral Neto

Eduardo Emilio Martins Pinheiro Câmara

Elsimar Souza Santos

Felipe Vieira Ladislau

Janiele Moreira Roland

Kevin de Matos Costa

Luiz Alfredo Franco Pinheiro

Paola de Kácia de Souza Pinto Silva

Pedro Ignácio Lima Gadêlha Jardim

Raíssa Coelho Almeida

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0232114073>

CAPÍTULO 4..... 43

CONFIABILIDADE ESTRUTURAL DE PÓRTICOS PLANOS DE AÇO

Danilo Luiz Santana Mapa

Marcílio Sousa da Rocha Freitas

Ricardo Azoubel da Mota Silveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0232114074>

CAPÍTULO 5..... 64

PROJETO ÓTIMO DE VIGAS DE CONCRETO ARMADO COM SEÇÃO T UTILIZANDO OTIMIZAÇÃO POR ENXAME DE PARTÍCULAS

Rubens Silva Correia

Giuliana Furtado Franca Bono

Gustavo Bono

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0232114075>

CAPÍTULO 6..... 79

A SIMULAÇÃO NUMÉRICA NA RESOLUÇÃO DE DESAFIOS DA ENGENHARIA ESTRUTURAL

Tainá Mascarenhas Borghi

Ana Lucia Homce de Cresce El Debs

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0232114076>

CAPÍTULO 7..... 93

EXPERIÊNCIAS PARA A PREVENÇÃO DE DANOS NAS ESTRUTURAS DE CONCRETO PÓS-TENSIONADO

Sergio Gavilán

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0232114077>

CAPÍTULO 8..... 108

EMPREGO DE ENSAIOS DE DURABILIDADE EM CONCRETOS COM SINTOMAS DE EXPANSÃO EM FUNDAÇÕES DE SUBESTAÇÕES E LINHAS DE TRANSMISSÃO EM MINAS GERAIS

Marina Munaretto Copetti

Cristiane Carine dos Santos

Ana Paula Maran

Silvane Santos da Silva

Régis Luís Wagner Mallmann

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0232114078>

CAPÍTULO 9..... 125

ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS, FÍSICAS E DE DURABILIDADE DO CONCRETO POLÍMERO DESENVOLVIDO A PARTIR DA UTILIZAÇÃO DE RESINA POLIURETANA VEGETAL

Alexandre Rodriguez Murari

Giovanna Jacomelli

Victor José dos Santos Baldan

Eduvaldo Paulo Sichieri

Javier Mazariegos Pablos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0232114079>

CAPÍTULO 10..... 138

AVALIAÇÃO DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO CIMENTO PORTLAND POR CINZAS DE OLARIAS NO COMPORTAMENTO MECÂNICO DO CONCRETO ESTRUTURAL

Larissa Barbosa de Lima

Jozilene de Souza

Júlio César Damasceno

José Edivandro de Sousa Júnior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.02321140710>

CAPÍTULO 11..... 151

ESTUDO DO USO DE MATERIAIS ALTERNATIVOS NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO

CIVIL BRASILEIRA

Marcos David dos Santos
Marco Antônio Assis de Oliveira
Danylo de Andrade Lima
Marcelo Laédson Morato Ferreira
Hosana dos Santos Lima
Jaciera Isabelle Medeiros de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.02321140711>

CAPÍTULO 12..... 162

ARTEFATOS DE CONCRETO LEVE E PERMEÁVEL COM A UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E POLIESTIRENO EXPANSÍVEL

Mariana Venturini
Gabriel Salvador
Carlos Henrique Costa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.02321140712>

CAPÍTULO 13..... 169

ANÁLISE COMPARATIVA DE MITIGAÇÃO UTILIZANDO OS CIMENTOS CPII – F 32, CPII E-40, CPIV E CPV COM METACAULIM EM AGREGADOS POTENCIALMENTE REATIVOS

Marina Munaretto Copetti
Cristiane Carine dos Santos
Ana Paula Maran
Silvane Santos da Silva
Régis Luís Wagner Mallmann

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.02321140713>

CAPÍTULO 14..... 189

ANÁLISE PRELIMINAR DO COMPORTAMENTO DE PASTAS E ARGAMASSAS DE CIMENTO PORTLAND INCORPORADAS COM PÓ À BASE DE CACTO

Gabriella Cavalcante Souza
João Victor de Paiva Rodrigues
Yasmim Medeiros Rocha
Heber Sivini Ferreira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.02321140714>

CAPÍTULO 15..... 201

UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS COMPÓSITOS (POLÍMEROS REFORÇADOS POR FIBRAS) NAS PESQUISAS EXPERIMENTAIS EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO REFORÇADAS AO CISALHAMENTO

Maicon de Freitas Arcine
Nara Villanova Menon

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.02321140715>

CAPÍTULO 16.....	223
CONCRETO ECOLÓGICO: SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DA AREIA PELO PÓ DE VIDRO Rafael Dantas Ribeiro  https://doi.org/10.22533/at.ed.02321140716	
CAPÍTULO 17.....	237
RESÍDUO DESCARTADO PELA SIDERÚRGICA DE CORUMBÁ-MS COMO POTENCIAL PARA REAPROVEITAMENTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL Manoela da Silva Carvalho Fábio Kroll de Lima Felipe Fernandes de Oliveira Robson Fleming Ribeiro  https://doi.org/10.22533/at.ed.02321140717	
CAPÍTULO 18.....	253
REDES NEURAIS ARTIFICIAIS APLICADAS NA MODELAGEM DA DIFUSÃO DE CO ₂ NO CONCRETO Emerson Felipe Felix Renan do Vale Leonel de Assis  https://doi.org/10.22533/at.ed.02321140718	
SOBRE O ORGANIZADOR.....	272
ÍNDICE REMISSIVO.....	273

CAPÍTULO 10

AVALIAÇÃO DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO CIMENTO PORTLAND POR CINZAS DE OLARIAS NO COMPORTAMENTO MECÂNICO DO CONCRETO ESTRUTURAL

Data de aceite: 01/07/2021

Data de submissão: 04/06/2021

Larissa Barbosa de Lima

Aluna de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Natal – Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/9376835379853536>

Jozilene de Souza

Professora de Construção Civil do Instituto Federal do Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/7406174367813289>

Júlio César Damasceno

Professor de Construção Civil do Instituto Federal do Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/6566084011752120>

José Edivandro de Sousa Júnior

Aluno de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/3303283904975413>

RESUMO: Este artigo objetivou avaliar o efeito da substituição parcial do cimento Portland por cinzas de olaria em concretos estruturais. Os materiais utilizados foram cimento Portland CP V ARI, agregado miúdo, agregado graúdo, água e aditivo plastificante. Após os ensaios de caracterização foi realizado um estudo de dosagem que possibilitou um traço igual a 1:1,2:1,5:0,45 (Cimento:Areia:Brita:Água, em massa), além de um teor de 12,5 ml de aditivo por quilo de cimento. Na sequência moldou-se corpos

de prova cilíndricos dos traços: convencional (T0), com substituição parcial de 5% do Cimento pela cinza (TC5) e com substituição parcial de 10% do Cimento pela cinza (TC10), realizando-se ensaios de absorção e resistência à compressão simples, após cura. A escolha do percentual de cinzas foi realizada seguindo os parâmetros da NBR 11578:1991 que limita o percentual de filler em 10%, já que as cinzas estudadas classificam-se como um material dessa classe. Analisando os resultados obtidos observou-se que houve um acréscimo da absorção dos traços com cinzas em relação ao traço convencional, provavelmente devido à cinza apresentar estrutura porosa. Em relação a resistência a compressão ocorreu decréscimo em relação ao traço convencional, com redução de 3% e 16% para os traços TC5 e TC10, respectivamente. Diante dos dados apresentados conclui-se que a substituição do cimento por cinzas de olarias é viável desde que se respeite o teor máximo igual a 5%, uma vez que esse teor não apresentou redução significativa na resistência a compressão do concreto.

PALAVRAS-CHAVE: Concreto; cinzas de olaria; filler.

EVALUATION OF THE PARTIAL REPLACEMENT OF PORTLAND CEMENT BY POTTERY ASHES ON THE MECHANICAL BEHAVIOR OF STRUCTURAL CONCRETE

ABSTRACT: This paper aimed to evaluate the effect of the partial replacement of Portland cement by potash ash in structural concretes. The materials used were Portland cement CP V ARI,

small aggregate, large aggregate, water and plasticizing additive. After the characterization tests, a dosage study was carried out that allowed a trace equal to 1: 1,2: 1,5: 0,45 (Cement: Sand: Brita: Water, in mass), besides a content of 12, 5 ml of additive per kg of cement. Afterwards, it was molded cylindrical specimens of the traces: conventional (T0), with partial replacement of 5% of the cement by the ash (TC5) and with partial replacement of 10% of the cement by the ash (TC10). Absorption and simple compressive strength after curing. The percentage of ash was chosen according to the parameters of NBR 11578: 1991, which limits the percentage of filler to 10%, since the ashes studied are classified as a material of this class. Analyzing the obtained results it was observed that there was an increase in the absorption of the traces with ashes in relation to the conventional trait, probably due to the ash present a porous structure. In relation to the compressive strength, there was a decrease in relation to the conventional trait, with a reduction of 3% and 16% for the traces TC5 and TC10, respectively. In view of the data presented, it is concluded that the substitution of cement by potash ash is viable, provided that the maximum content is equal to 5%, since this content did not show a significant reduction in the compressive strength of the concrete.

KEYWORDS: Concrete; pottery ashes; filler.

1 | INTRODUÇÃO

A discussão sobre o desenvolvimento sustentável tem ganhado cada vez mais espaço na atualidade, cabe enfatizar que esta temática está presente no discurso da Organização das Nações Unidas (ONU) desde os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM) e Agenda 21 até a proposta mais recente dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e Agenda 2030, elaborada em 2015 com a designação das 17 metas globais para os próximos 15 anos, visando o futuro da sociedade e também do planeta.

A proposta é embasada no equilíbrio das esferas econômica, social e ambiental em um modelo de desenvolvimento, conhecido como “*triple bottom line*” que em português se refere à tríade ou tripé da sustentabilidade (SOUZA, 2016). No entanto, existem diversos desafios que precisam ser enfrentados para a resolução dos problemas de uma sociedade submersa em várias crises.

Neste cenário, a construção civil é uma das áreas que ganham destaque, por possuir grande representatividade na economia, além de promover melhorias para a vida em sociedade, mas o grande entrave é o impacto gerado por essa indústria ao meio ambiente. Logo, ampliar o conhecimento de práticas, materiais e metodologias com viés sustentável neste âmbito são de fundamental importância, pois representam maneiras de avançar rumo ao propósito traçado.

Em se tratando dos materiais utilizados para a produção de obras de engenharia, sabe-se que o concreto se destaca devido a inúmeros fatores como facilidade de manipulação, custo-benefício e durabilidade (TRINDADE, 2017). Todavia, ele contribui negativamente ao meio ambiente por possuir o cimento em sua composição

Rodgers (2018) aponta que se a indústria do cimento fosse um país ela seria o

terceiro maior emissor de dióxido de carbono (CO₂) do mundo, destacando que em 2016 a produção mundial deste material gerou cerca de 2,2 bilhões de toneladas do poluente.

Diante disso, tem-se a necessidade de estudos no âmbito da construção civil que possuam o objetivo de entender o comportamento do concreto quando o percentual de cimento for diminuído, resultando menor impacto ambiental. Dessa forma, novos materiais podem ser incorporados na mistura em substituição e, por vezes, o resultado final se apresenta de maneira a assegurar a capacidade técnica do concreto e até promover economia na sua produção.

Levando em consideração os dados apresentados, foram buscados possíveis insumos que poderiam ser acrescentados no traço de concreto e notou-se a abundância de cinzas do processo de queimas de olarias na região do estudo, sendo elas descartadas inadequadamente. Com isso, a presente pesquisa pretende estudar o comportamento mecânico do concreto estrutural com substituição parcial em teores de 5 e 10% do cimento por cinzas de olarias.

1.1 Problema analisado

A região de São Gonçalo do Amarante/RN/Brasil possui grande parte de sua atividade econômica voltada ao artesanato e a produção de artefatos cerâmicos, uma vez em que é aproveitado o fato do solo predominante ser rico em argila.

Estima-se que no entorno da cidade existem 11 empresas que são voltadas para a fabricação de peças como tijolos, telhas e lajotas. Cabe destacar que no processo de fabricação desses produtos é gerado um resíduo proveniente da queima da madeira, nomeado como cinza de olaria, sendo este material objeto de estudo da presente pesquisa. Analisou-se, especificamente, a cinza de olaria oriunda da queima do cajueiro.

A grande problemática presente consiste em não existir, na maioria das vezes, o descarte adequado. Observou-se que a forma mais comum de destinação desses resíduos é o acúmulo ao ar livre em valas abertas no próprio terreno, conforme exibido na figura 01. O que representa poluição atmosférica como afirma Melo (2012) e demais entraves.



Figura 01 – Descarte das cinzas na olaria em São Gonçalo do Amarante/RN. (foto do autor).

Outra destinação realizada pelas empresas descarte é o lançamento ao ar através de bombas como a representada na figura 02, então além da fumaça liberada no processo de queima, tem-se a possibilidade de inalação desse resíduo que pode provocar diversos agravantes à saúde dos trabalhadores e da população.



Figura 02 – Bomba para lançar as cinzas ao ar utilizadas em São Gonçalo do Amarante/RN. (foto do autor).

Em virtude do problema analisado, buscou-se utilizar essas cinzas como substituição parcial ao cimento, uma vez em que na literatura é vista essa forma de inserção em diversos trabalhos, a exemplo estudos com as cinzas da casca de arroz (CCA) como realizado por Meta e Monteiro (2008).

Sabe-se que a cinza de olaria aqui discutida não possui atividade pozolânica

comprovada com base em Silva et. Al (2015), portanto elas foram utilizadas como filler em teores que não ultrapassem 10% conforme a recomendação da NBR 11578:1991.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.2 Materiais

Para o desenvolvimento desta pesquisa foram utilizados os materiais ilustrados na figura 03, abaixo. Sendo eles:

- a. Cimento Portland CP V-ARI;
- b. Cinza de olaria – peneirada na peneira de abertura 0,075mm e proveniente da queima de lenha de cajueiro pela indústria de cerâmica vermelha do município de São Gonçalo do Amarante/RN/Brasil;
- c. Agregado miúdo;
- d. Agregado graúdo;
- e. Água;
- f. Aditivo plastificante;



Figura 02 – Materiais utilizados, cimento, cinza, areia e brita, da esquerda para direita.

Foto do autor.

A caracterização dos materiais foi realizada através dos ensaios de massa específica real, massa unitária e granulometria, dados apresentados na tabela 01. Nota-se que a areia empregada apresentou granulometria contínua e módulo de finura de 2,54 podendo ser classificada segundo a NBR 7214:2015 como areia média.

Ensaio		Norma	Cimento	Cinza	Areia	Brita
Massa específica real (g/cm ³)		NBR NM 52:2009	3,17	2,78	2,604	2,71
Massa unitária (g/cm ³)		NBR NM 45:2006	1,32	0,56	1,49	1,292
Granulometria	Diâmetro máximo (mm)	NBR NM 248:2003	-	-	4,8	19
	Módulo de finura	NBR NM 248:2003	-	-	2,54	3,07

Tabela 01 – Caracterização dos materiais

Objetivando identificar os cristais presentes nos compostos das cinzas bem como sua estrutura, foram realizados outros ensaios mais específicos como o de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), fazendo uso do aparelho modelo TESCAN (VEGA3-LMU) do laboratório de Recursos Naturais (DIAREN/IFRN/CNAT).

No tocante à identificação dos elementos químicos que compõem esse material foi utilizado o Espectrômetro de Energia Dispersiva (EDS), com a seguinte configuração: EDS:deletor x act (Oxford Microanalyses Group) acoplado ao MEV, visando a interpretação de dados, acerca da composição química obtida pelo EDS, através do software INCA.

A metalização prévia ocorreu em um equipamento QUORUM Q150R ES, utilizando ouro (DIAREN/IFRN). Cabe enfatizar que a função do EDS é detectar semi-quantitativamente, em níveis de energia de cada elemento detectado em uma pequena região da amostra (2 micrômetros de diâmetro). Além desses, também foi realizado o ensaio de Difração de Raios-X para a determinação das estruturas cristalinas e amorfas.

2.3 Métodos

A pesquisa teve como intuito analisar o efeito da substituição do cimento Portland pela cinza de olaria, quando em teores iguais a 5 e 10%, no comportamento mecânico do concreto estrutural.

Para tal, a metodologia seguiu com a determinação dos componentes dos traços com base no método de dosagem do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). Partiu-se de um traço de concreto com resistência característica (f_{ck}) de 30MPa com consistência no estado fresco associada ao abatimento igual a 70 ± 20 mm, vale ressaltar que ajustes no teor de água e argamassa foram necessário para atingir a coesão e consistência ideais como recomenda Campiteli (2011).

O traço obtido com o estudo de dosagem foi em massa igual a 1:1,2:1,5:0,45 (cimento:areia:brita:água), além da utilização de aditivo plastificante num teor igual a 12,5ml por quilo de cimento e adição de cinza. Esse traço foi denominado como traço referência (T0), uma vez em que não consta adição de cinzas.

Partindo desses dados, foram produzidos mais dois traços para a análise das cinzas, onde 5% e 10% do cimento foi substituído pela cinza de olaria, nomeados respectivamente como T5 e T10. Na tabela 02 constam as quantidades de cada material que foi inserido na

betoneira, permitindo a produção de seis corpos de prova cilíndricos com dimensão de 10 x 20cm (diâmetro x altura).

Denominação	Cimento (kg)	Cinza (kg)	Areia (kg)	Brita (kg)	Fator A/C	Aditivo (ml)
T0	8,0	-	9,6	12	0,45	100
TC5	7,6	0,4	9,6	12	0,45	100
TC10	7,0	0,8	9,6	12	0,45	100

Tabela 01 – Caracterização dos materiais.

O desmolde foi realizado com 24 horas e em seguida foi realizado o processo de capeamento com pasta de cimento, conforme ilustrado na figura 04. Posteriormente, os corpos de prova foram submersos em água por 28 dias para o período de cura e posteriores ensaios de resistência à compressão simples, resistência à tração por compressão diametral e absorção à água.



Figura 04 – Capeamento dos corpos de prova. (foto do autor).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos se iniciam com a análise do ensaio de microscopia eletrônica de varredura (MEV) com a cinza de olaria, em que como é possível observar na figura 05, os cristais presentes são demasiadamente pequenos, além de possuírem uma estrutura floculosa.

Com isso, tem-se a necessidade de aumentar o fator água-cimento e utilizar o aditivo plastificante, já que a cinza absorve a água de constituição do traço que é imprescindível para que as reações químicas ocorram corretamente, dessa forma pode interferir na resistência final, caso essa correção não seja levada em consideração.

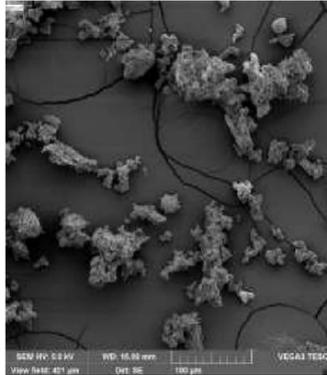


Figura 05 – Microscopia Eletrônica de Varredura(MEV) da cinza de olaria. (foto do autor).

O Espectrômetro de Energia Dispersiva (EDS) possibilitou a determinação da composição química da cinza, apresentando-se conforme a tabela 03, a seguir.

Componentes	Percentual (%) CONT	Percentual (%) CP
CaO	53,356	80,470
K ₂ O	27,540	1,463
SiO ₂	9,309	9,438
P ₂ O ₅	3,120	-
MgO	2,567	-
SO ₃	1,938	2,758
Al ₂ O ₃	-	1,740
MnO	0,715	0,041
Fe ₂ O ₃	0,660	3,684
SrO	0,606	0,104
TiO ₂	0,135	0,272
Rb ₂ O	0,050	-

Tabela 03 – Composição química da cinza de olaria (CONT) e do cimento Portland (CP).

Ao observar os dados do EDS contidos na tabela é possível notar que o cimento possui o CaO com percentual de 80%, sendo o maior valor e o que já se esperava, uma vez em que as matérias primas do aglomerante em questão são basicamente calcário e argila.

Ainda é possível notar a presença de SiO₂ com um percentual em torno de 9% e demais elementos com percentuais inferiores a 4%. Já dentre os valores para a cinza, contém o maior percentual de 53,356% que também é de CaO sendo seguido do K₂O e SiO₂.

No gráfico 01 abaixo, tem-se o resultado do ensaio por Difração de Raios X (DRX)

onde é possível observar os picos de CaCO_3 em maior evidência e além disso, constata-se que a cinza de olaria não apresenta estrutura amorfa.

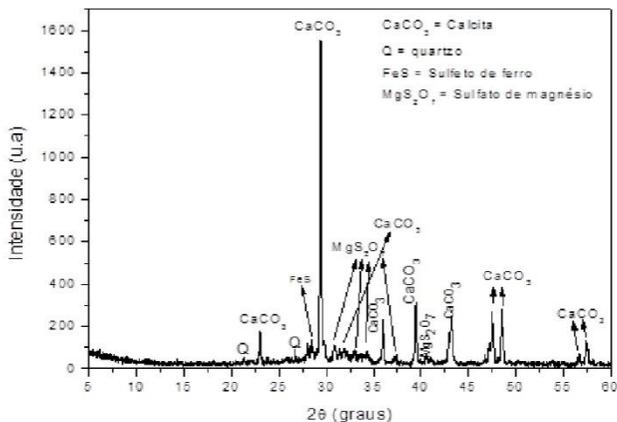


Gráfico 01 – Difração de raios X com a cinza de olaria.

Os valores obtidos nos ensaios de absorção, realizados com 2 corpos de prova de cada traço, constam na tabela 04 e no gráfico 02. É possível observar que houve um acréscimo na absorção quando se compara os traços com cinzas em relação ao traço convencional.

Donde o traço com 5% de cinza apresentou um aumento de 26%, enquanto que o traço com 10% de cinza foi igual a 35%. Esse fato pode ser explicado pela porosidade inerente a esta cinza, o que também foi evidenciado no ensaio de MEV, de acordo com Lima et al (2016). No entanto, os valores de absorção de água encontram-se de acordo com os padrões da norma para concreto.

Absorção individual	T0	TC5	TC10
ABS1	2,7%	3,6%	3,2%
ABS2	3,3%	3,9%	4,9%
Média	3,0%	3,8%	4,0%
Dif. % em relação ao T0	-	+26,00%	+35,36%

Tabela 04 – Resultados do ensaio de absorção.

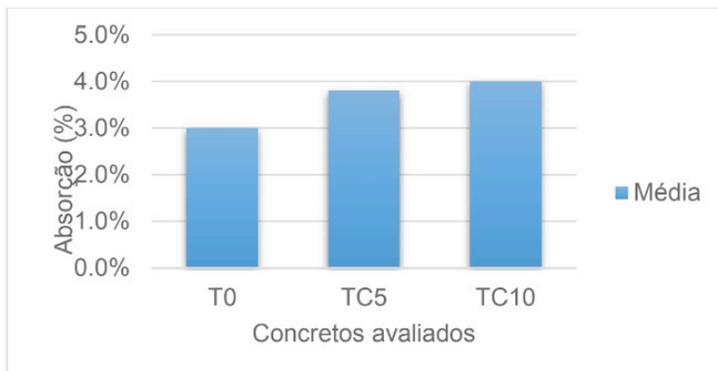


Gráfico 02 – Média dos resultados do ensaio de absorção.

Na tabela 5 e o gráfico 3 apresentam os resultados dos ensaios de resistência à compressão simples de 4 corpos de prova dos traços T0, T5 e T10, respectivamente, aos 28 dias de cura. Ao analisá-los é possível destacar que o implemento das cinzas no concreto aos 28 dias ocasionou um decréscimo de resistência para o traço T5, representando uma redução de 3,2% em relação ao T0.

Já o traço T10 apresentou redução de cerca de 16%, o que era esperado, uma vez em que a cinza não possui atividade pozolânica comprovada. Além disso, o cimento Portland já possui fillers em sua composição e ao acrescentar as cinzas na mistura o teor total obtido é superior aos 10% máximos preconizados pela NBR 11578:1991.

Diante dos resultados observados, conclui-se que a substituição do cimento por cinzas de olarias é viável desde que seja respeitado o teor máximo igual a 5%, uma vez em que esse teor não apresentou redução significativa na resistência à compressão do concreto. No entanto, estudos mais aprofundados devem ser realizados a cabo para avaliar a influência das cinzas no estado fresco e na durabilidade do concreto, devido à elevação da absorção observada.

Absorção individual	T0	TC5	TC10
RCS1	34,50	33,40	26,90
RCS2	34,40	32,40	27,60
RCS3	34,50	32,30	27,60
RCS4	30,10	31,40	30,00
Média	33,40	32,40	28,00
Dif. % em relação ao T0	-	-3,00%	-16,03%

Tabela 05 – Resultados do ensaio de resistência à compressão simples aos 28 dias.

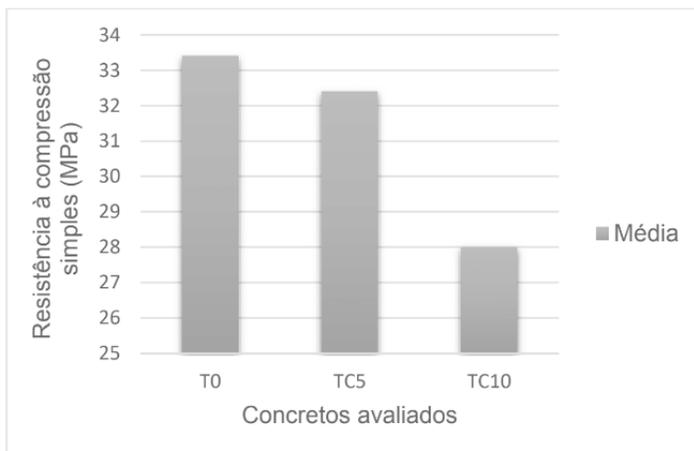


Gráfico 03 – Média dos resultados de resistência à compressão simples aos 28 dias.

A tabela 06 e o gráfico 04 trazem os resultados do ensaio de resistência à compressão diametral de dois corpos de prova dos traços T0, TC5 e TC10, aos 28 dias de cura. Ao realizar a análise dos dados obtidos notou-se que o traço TC5 atingiu uma resistência 5,7% maior do que o T0, evidenciando que a cinza, neste parâmetro e nesta quantidade trouxe benefícios ao traço de concreto em análise.

Absorção individual	T0	TC5	TC10
RCS1	1,8	2,2	1,7
RCS2	2,0	1,9	1,9
Média	1,9	2,0	1,8
Dif. % em relação ao T0	X	5,7%	6,0%

Tabela 06 – Resultados do ensaio de resistência à compressão diametral aos 28 dias.

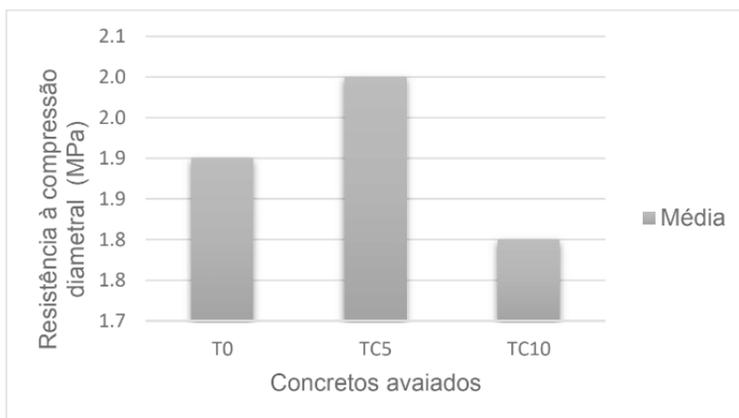


Gráfico 03 – Média dos resultados de resistência à compressão simples aos 28 dias.

4 | CONCLUSÕES

A incorporação da cinza de olaria ao traço de concreto como substituição parcial ao cimento Portland foi buscada por se tratar de um material com descarte inadequado e com potencial na construção civil.

Com base nos resultados apresentados, é possível concluir que existe viabilidade técnica na utilização do resíduo nos traços de concreto, já que não houveram mudanças drásticas entre os traços com cinzas e o convencional. Portanto, torna-se uma inovação que garante economia e diminuição de impacto ambiental, por diminuir o consumo de cimento que além de ser o material mais caro do traço gera poluição em sua fabricação.

Todavia, cabe destacar que teores de substituição superiores a 5% são desaconselháveis, pois ocasionaram redução significativa na resistência e aumento da absorção de água. Por causa da elevação observada na absorção, maiores estudos devem ser realizados para avaliar a influência das cinzas no estado fresco e na durabilidade do concreto.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248:2003**: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro: Abnt, 2003. 6 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7214**: Areia normal para ensaio de cimento - Especificação. Rio de Janeiro: Abnt, 2015. 4 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11578**: Agregado – Cimento Portland composto.. Rio de Janeiro: Abnt, 1998. 5 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**: Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio Janeiro: Abnt, 2007. 9p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 67**: Ensaio de abatimento do concreto (Slump test).. Rio de Janeiro: Abnt, 1998. 8p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: Agregado Miúdo – Determinação de massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro: Abnt, 2003. 6p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 45**: Agregado – Determinação da massa unitária e volume de vazios. Rio de Janeiro: Abnt, 2006. 8p.

CAMPITELI, V. C. **Fundamentos da dosagem de concretos**. Editora UEPG, Ponta Grossa/PR, 2011.

SILVA, D.C.M.G.; MARCIANO, J.S; OLIVEIRA, J.P.S; SOUZA, J. **Estudo da inserção de cinzas de olarias em traços de argamassas para reboco**. 57o Congresso Brasileiro do Concreto. Bonito/MS, 2015.

SOUZA, J. **Estudo da Durabilidade de argamassas utilizando cinzas de casca de arroz**. Tese de Doutorado. 160p. Universidade Federal de Campina Grande/PB. Campina Grande/PB, 2008.

TASHIMA, M.M. **Influência da granulometria da cinza de casca de arroz em concretos. Relatório de Iniciação Científica**. (Graduando em Engenharia Civil) –Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. – 2004.

LIMA, L.B; SOUZA, J.; DAMASCENO, J.C. **Avaliação da influência da adição de cinzas de olarias em concretos estruturais**. 2oCongresso Luso-brasileiro de materiais de construção sustentáveis. João Pessoa/PB, 2016.

RODGERS, Lucy. **Climate change: The massive CO2 emitter you may not know about**. 2018. Disponível em: <https://www.bbc.com/news/science-environment-46455844>. Acesso em: 01 jun. 2021.

TRINDADE, Juliana Corrêa. **A influência do teor de agregados reciclados provenientes de concretos simples com diferentes resistências no comportamento ao atrito-cisalhamento**. Dissertação de mestrado- UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE (UENF). CAMPOS DOS RJ. MARÇO, 2017. 140 p.

SOUZA, Cássia Silva. **Sustentabilidade Urbana: conceitualização e aplicabilidade**. 2016. 66 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Tecnologias Para O Desenvolvimento Sustentável, Universidade Federal de São João Del-rei, Ouro Branco, 2016. Disponível em: https://www.ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/ppgtds/DISSERTACOES/Cassia_Souza.pdf. Acesso em: 10 out. 2020.

MELO, Fellipe César Andrade Costa. **Análise de Argamassas com Substituição Parcial do Cimento Portland por Cinza Residual de Lenha de Algaroba**. 2012. 103 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2012

SOBRE O ORGANIZADOR

CARLOS AUGUSTO ZILLI - Possui graduação em Engenharia Civil e Matemática pela Universidade do Sul de Santa Catarina - UNISUL (2015 e 2005). É doutorando em Engenharia e Gestão do Conhecimento pela Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC (2021) e mestre em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial pela Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC (2020). Possui especialização em Avaliação de Imóveis e Perícias de Engenharia pelo Instituto de Pós-Graduação - FAPAN (2018), em Gestão de Obras e Projetos pela Universidade do Sul de Santa Catarina - UNISUL (2017), e em Engenharia de Segurança do Trabalho pelo Centro Universitário de Capivari - FUCAP (2016). É docente no Instituto Federal de Educação de Santa Catarina (IFSC) - Campus São Carlos. Possui experiência na área de Matemática, com ênfase em Educação Matemática e em Engenharia de Avaliações e Perícias, com ênfase em Inferência Estatística. Tem interesse em temas relacionados à Ciência de Dados, Engenharia de Avaliações e Planta de Valores Genéricos.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Adições minerais 123, 124, 169, 171, 173, 174, 175, 184, 185, 187

Aditivo natural 189, 191

Agregado miúdo 109, 117, 118, 119, 137, 138, 142, 149, 170, 223, 224, 225, 226, 227, 233, 234, 235, 236, 237, 239, 240, 251

Agregado reativo 169, 173, 185

Algoritmo genético 1, 5

Análise estrutural avançada 43, 44, 45, 48, 49, 60

Argamassa ecológica 237

C

Cinzas de olaria 138

Cisalhamento 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 40, 41, 42, 92, 150, 201, 202, 203, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 221, 233

Concreto 1, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 22, 23, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 36, 41, 42, 62, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 74, 75, 76, 77, 78, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 115, 116, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 130, 131, 132, 133, 136, 138, 139, 140, 143, 146, 147, 148, 149, 153, 162, 163, 164, 167, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 180, 184, 185, 186, 187, 190, 194, 199, 200, 201, 202, 203, 206, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 215, 216, 217, 218, 220, 221, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 251, 253, 254, 255, 256, 257, 260, 262, 266, 267, 268, 269, 270, 271

Concreto armado 1, 3, 6, 7, 8, 14, 15, 16, 17, 18, 26, 27, 28, 29, 31, 34, 41, 42, 64, 65, 66, 67, 68, 70, 71, 74, 75, 77, 78, 88, 170, 201, 202, 203, 206, 209, 210, 212, 213, 216, 217, 218, 220, 221, 253, 254, 268, 270, 271

Concreto leve 162, 163

Concreto permeável 162

Confiabilidade estrutural 43, 44, 45, 51, 52, 53, 56, 57, 59, 61, 62, 63, 270

Construção civil 1, 3, 67, 107, 109, 125, 126, 127, 136, 137, 138, 139, 140, 149, 151, 152, 153, 155, 156, 157, 158, 160, 161, 162, 163, 167, 170, 189, 191, 202, 205, 223, 224, 225, 226, 234, 235, 237, 239, 244, 251, 252, 254

D

Dimensionamento 1, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 15, 16, 18, 19, 20, 22, 23, 26, 27, 28, 29, 33, 34, 36, 41, 64, 65, 69, 74, 77, 78, 210, 211

E

Edificações sustentáveis 152

Engenharia de materiais 137, 152, 189, 235

Engenharia estrutural 2, 79, 80, 82, 83, 91, 92

F

Filler 138, 139, 142

I

Incêndio 16, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 25, 26, 27, 130, 133, 136

Inteligência artificial 253, 268

L

Lajes 1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 11, 13, 14, 18, 25, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 39, 40, 41, 42, 65, 67, 84, 87, 93, 206, 244, 245

Lajes lisas 28, 29, 30, 31, 40, 41, 42

Lajes nervuradas 1, 3, 6, 7, 8, 9, 11, 13, 14, 65

Ligações semirrígidas 43, 48, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 60, 61, 62

M

Materiais de construção civil 137, 237

Material compósito 201, 203, 204, 215

Matéria-prima 152, 153, 154, 155, 162, 190, 224, 225, 238, 239

Método de Hertz 16, 18, 19

O

Opuntia ficus-indica 189, 190, 191

Otimização 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 13, 14, 15, 46, 64, 65, 66, 67, 68, 70, 71, 75, 76, 77, 189

Otimização estrutural 1, 5

Otimização por enxame de partículas 64, 65, 66, 70, 77

P

Patologia 93, 109, 169, 170, 268

Piso misto de pequena altura 79, 80, 83, 89, 90, 92

Pó de balão 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252

Polímero 125, 126, 127, 129, 130, 131, 132, 136, 194, 195, 209, 217, 221

Polistireno expansível 162

Pórticos planos 43, 48, 49, 61

Pós-tensionado 93

Propriedades mecânicas e físicas 125, 127, 136

Punção 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 36, 37, 39, 40, 41, 42

R

RAA 108, 109, 110, 119, 123, 169, 171, 172, 173, 175, 176, 184, 185, 187

Reciclagem 137, 155, 159, 160, 163, 223, 224, 225, 234, 235, 236, 251

Reforço 86, 93, 123, 131, 167, 187, 201, 202, 203, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 220, 221

Resíduos da siderurgia 237

Resíduos sólidos 126, 137, 162, 163, 224, 238

Resina poliuretana vegetal 125, 127, 135

S

Simulação numérica 79, 80, 81, 83, 85, 87, 91, 92

Spray drying 189, 190, 191

Sustentabilidade 125, 126, 127, 137, 139, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 162, 224, 235, 252

V

Vidro 161, 201, 209, 213, 223, 224, 225, 226, 227, 229, 231, 232, 233, 234, 235, 236

Vigas de concreto armado 15, 16, 26, 64, 65, 66, 74, 78, 201, 206, 216, 218, 221

Vigas T 64, 210

COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA CIVIL



 www.atenaeditora.com.br

 contato@atenaeditora.com.br

 @atenaeditora

 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

 **Atena**
Editora

Ano 2021

COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA CIVIL



-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena
Editora
Ano 2021