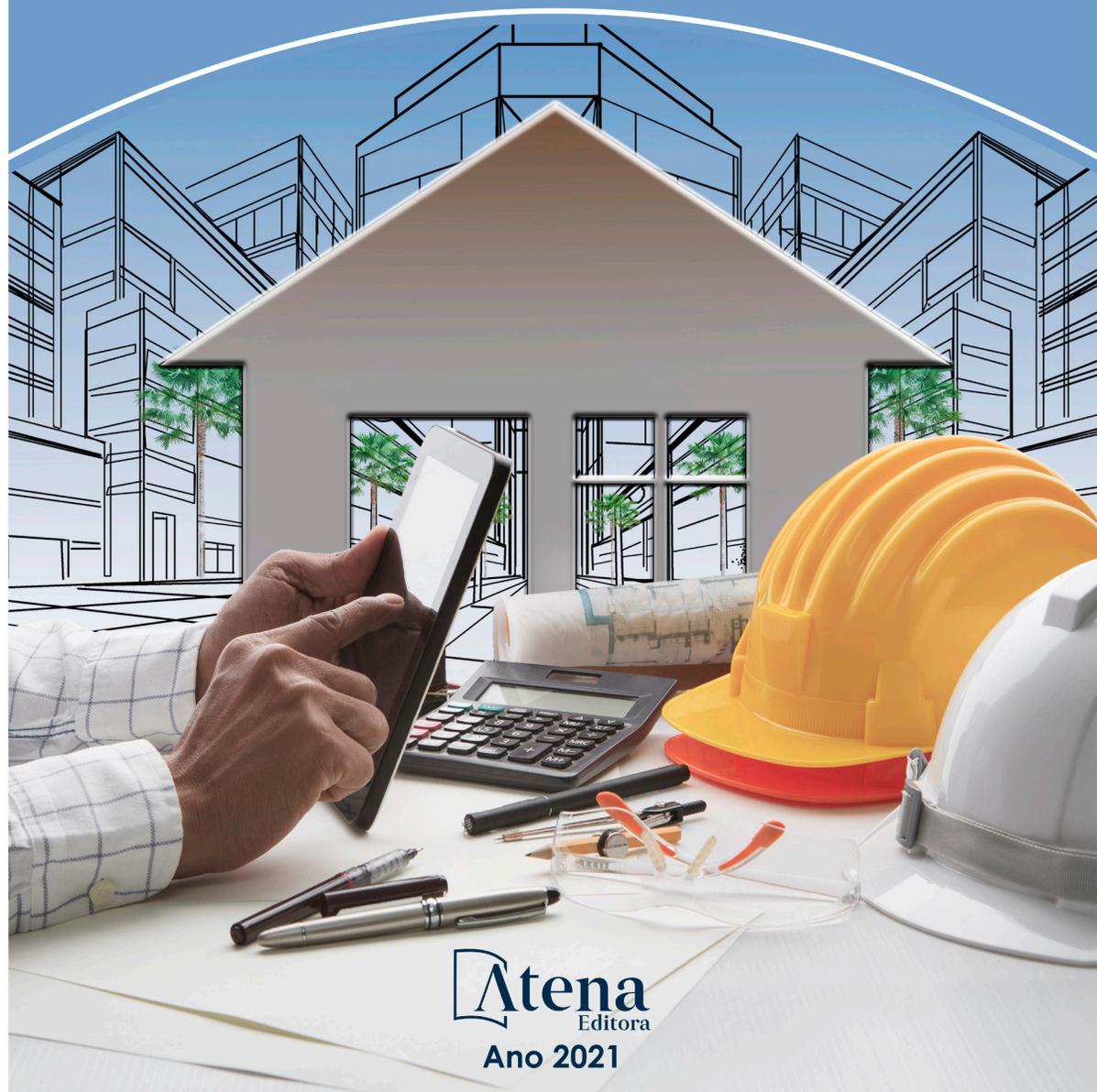


Helenton Carlos da Silva
(Organizador)

ENGENHARIA CIVIL:

Componentes sociais e ambientais
e o crescimento autossustentado



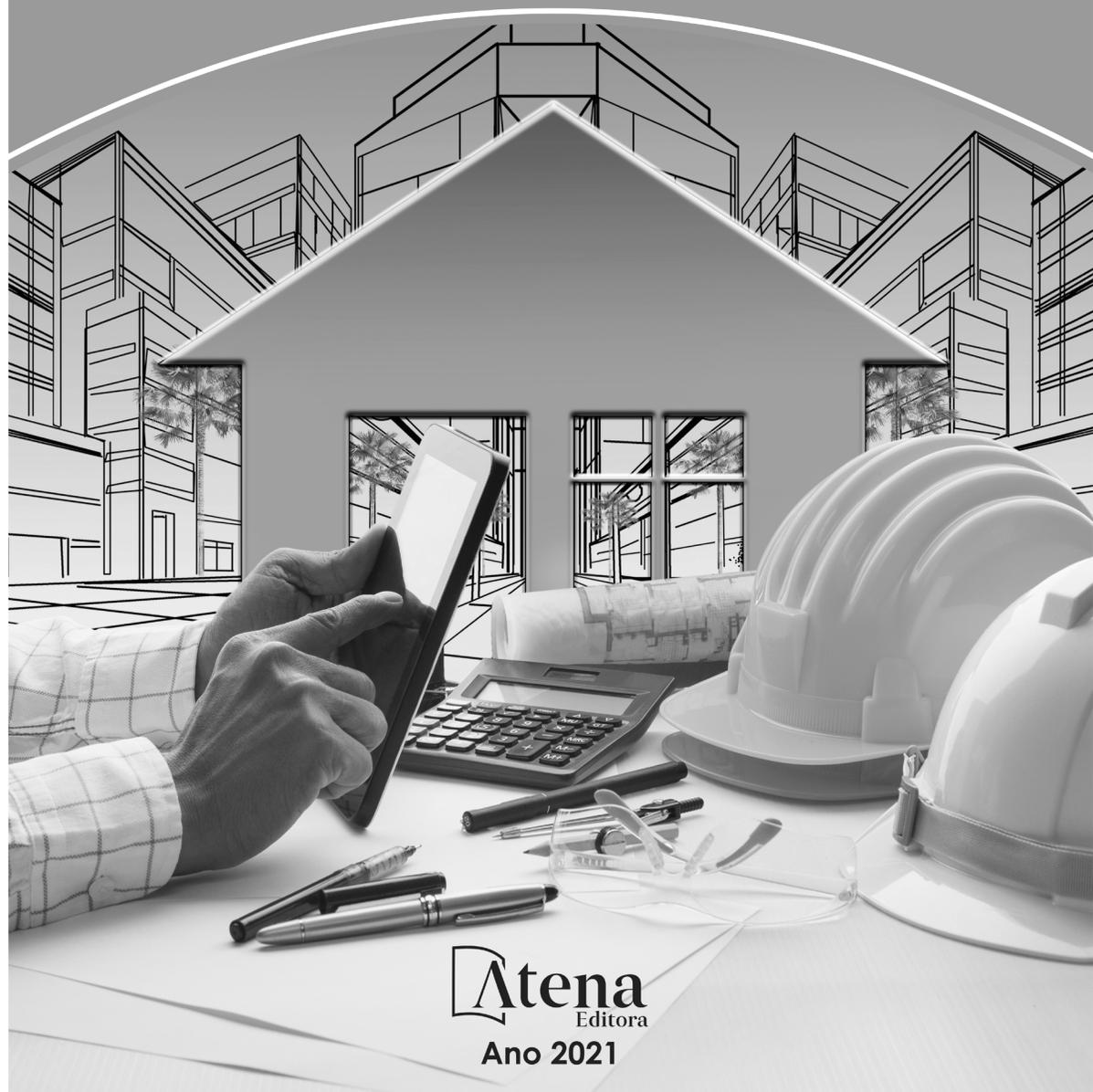
Atena
Editora

Ano 2021

Helenton Carlos da Silva
(Organizador)

ENGENHARIA CIVIL:

Componentes sociais e ambientais
e o crescimento autossustentado



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

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
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª 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. Elói Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale 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
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª 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
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª 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
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª 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
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural 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
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª 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 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 Gonçalves 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 Miraniide 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 Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
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 Britto 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 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
Prof. Me. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho – Universidade Federal do Cariri
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/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 Fenomenología & 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
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
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
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

Engenharia civil: componentes sociais e ambientais e o crescimento autossustentado

Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Giovanna Sandrini de Azevedo
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizador: Helenton Carlos da Silva

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 Engenharia civil: componentes sociais e ambientais e o crescimento autossustentado / Organizador Helenton Carlos da Silva. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-5983-177-7
DOI 10.22533/at.ed.777211406

1. Engenharia civil. I. Silva, Helenton Carlos da (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.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 *“Engenharia Civil: Componentes Sociais e Ambientais e o Crescimento Autossustentado”* aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora e apresenta, em seus 16 capítulos, discussões de diversas abordagens acerca da importância dos componentes sociais e ambientais no crescimento autossustentado.

O setor da Construção Civil conta com variáveis que podem afetar o seu desempenho e qualidade. Com o objetivo de melhorar o controle sobre os processos produtivos e atender às normas e especificações técnicas, vários sistemas de gestão de qualidade e processo foram desenvolvidos por volta dos anos 80.

Vivemos um momento de mudanças econômicas e tecnológicas, onde cresce a preocupação com o meio ambiente, desta forma o mercado de tecnologias ambientais vem crescendo significativamente. Ao realizar uma construção sustentável há diversos benefícios, como a valorização do imóvel e a economia que ela poderá apresentar através dos anos.

Em contraponto, os acidentes de trabalho situam-se como a principal causa ocupacional de morte na construção civil, sendo considerada uma das indústrias mais perigosas em todo o mundo, liderando as taxas de acidentes de trabalho fatais e não fatais.

No Brasil, a construção civil é um dos segmentos que mais registram acidentes de trabalho, sendo o primeiro do país em incapacidade permanente, o segundo em mortes (perde apenas para o transporte terrestre) e o quinto em afastamentos com mais de 15 dias, onde destaca-se que as principais causas destes acidentes são impactos com objetos, quedas, choques elétricos e soterramento ou desmoronamento.

Destaca-se ainda que a história econômica do Brasil é marcada por um grande processo de ocupação e exploração dos seus recursos naturais, apoiado na expansão agrícola.

Sendo assim, os ambientes naturais sofrem imensuráveis impactos originados pelo avanço da sociedade moderna, e conseqüentemente com a evolução do ser humano ocorrem alterações no espaço.

Neste sentido, este livro é dedicado aos trabalhos que investigam a engenharia civil e a relação de seus componentes sociais e, principalmente, ambientais com o crescimento autossustentado. A importância dos estudos dessa vertente é notada no cerne da produção do conhecimento, tendo em vista a preocupação dos profissionais de áreas afins em contribuir para o desenvolvimento e disseminação do conhecimento.

Os organizadores da Atena Editora agradecem especialmente os autores dos diversos capítulos apresentados, parabenizam a dedicação e esforço de cada um, os quais viabilizaram a construção dessa obra no viés da temática apresentada.

Por fim, desejamos que esta obra, fruto do esforço de muitos, seja seminal para todos que vierem a utilizá-la.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ANÁLISE DAS TENSÕES DE CANTONEIRAS DE AÇO FORMADAS A FRIO

Brenda Vieira Costa Fontes

Luciano Mendes Bezerra

Valdeir Francisco de Paula

DOI 10.22533/at.ed.7772114061

CAPÍTULO 2..... 18

ANÁLISE DE ACIDENTES NA INDÚSTRIA CERÂMICA VERMELHA NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO NO PERÍODO DE 2012 A 2017

Eusinia Louzada Pereira

Vívian Silva dos Santos

Wladimir Poletti Jorge

DOI 10.22533/at.ed.7772114062

CAPÍTULO 3..... 27

ANÁLISE DE FISSURAS EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO

Rodrigue Totolo Lungisansilu

Roberta Medici Felix

Luiz Carlos Mendes

DOI 10.22533/at.ed.7772114063

CAPÍTULO 4..... 39

ANÁLISE DO CONTROLE TECNOLÓGICO DO CONCRETO CONFORME A NORMA 12655:2015 EM UM MUNICÍPIO DO INTERIOR DO RIO GRANDE DO SUL – ESTUDO DE CASO

Cristiane Carine dos Santos

Joice Dalla Nora

Marina Munaretto Copetti

Tássia Fanton

DOI 10.22533/at.ed.7772114064

CAPÍTULO 5..... 53

APLICAÇÃO DA GESTÃO DE RESTRIÇÕES COM USO DE TECNOLOGIA E MELHORIA CONTÍNUA EM UMA CONSTRUTORA

Izadora Zanella Scariot Costenaro

Maria Luiza Malkowski

Fernanda Fernandes Marchiori

Ramon Roberto Deschamps

DOI 10.22533/at.ed.7772114065

CAPÍTULO 6..... 62

CASA ECOLOGICAMENTE CORRETA SEUS BENEFÍCIOS E MALEFÍCIOS SE COMPARADO A CASA CONVENCIONAL

Kevin Kaue Garcez

DOI 10.22533/at.ed.7772114066

CAPÍTULO 7.....	67
COEFICIENTES DE IMPACTO DINÂMICOS EM PONTES RODOVIÁRIAS: UMA AVALIAÇÃO DA NORMA BRASILEIRA EM RELAÇÃO AOS CÓDIGOS INTERNACIONAIS	
Anselmo Leal Carneiro Túlio Nogueira Bittencourt	
DOI 10.22533/at.ed.7772114067	
CAPÍTULO 8.....	78
DIMENSIONAMENTO A FLEXÃO DE LAJES LISAS PROTENDIDAS SEM ADERÊNCIA UTILIZANDO CARREGAMENTO EQUIVALENTE	
Anselmo Leal Carneiro Lorenzo Augusto Ruschi e Luchi	
DOI 10.22533/at.ed.7772114068	
CAPÍTULO 9.....	90
ESTUDO DE DOSAGEM E AVALIAÇÃO DE CONCRETO CELULAR ESPUMOSO COM ADIÇÃO DE CAL E CINZAS DA BIOMASSA DE EUCALIPTO COM FINS ESTRUTURAIS	
Stênio Cavalier Cabral Flávio Alchaar Barbosa Eduardo Lourenço Pinto Sérgio Antônio Brum Junior Érica Cantão da Fonseca Ricardo Ramalho dos Santos Taynara Borges de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.7772114069	
CAPÍTULO 10.....	103
GESTÃO DE RISCOS DE ACIDENTES DE TRABALHO UTILIZANDO PRINCÍPIOS DE PSICODINÂMICA DO TRABALHO	
Renata Moreira de Sá e Silva Claudio Henrique de Almeida Feitosa Pereira	
DOI 10.22533/at.ed.77721140610	
CAPÍTULO 11.....	114
INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS DE DOSAGEM E SUAS INTERAÇÕES SOBRE O MÓDULO DE ELASTICIDADE DO CONCRETO	
Cristiane Carine dos Santos Denise Carpena Coitinho Dal Molin Geraldo Cechella Isaia João Ricardo Masuero André Lübeck	
DOI 10.22533/at.ed.77721140611	
CAPÍTULO 12.....	129
PROGRAMAS DE PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS NO BRASIL E AS PERSPECTIVAS DOS PRODUTORES RURAIS	
Luiz Fernando de Moura Ferreira Ingrid Moreno Mamedes	

Paulo Tarso Sanches de Oliveira
DOI 10.22533/at.ed.77721140612

CAPÍTULO 13..... 137

PROJECT DEFINITION RATING INDEX NA IDENTIFICAÇÃO DE RISCOS NA CONSTRUÇÃO

Luigi Carissimi Boff
Cristine do Nascimento Mutti

DOI 10.22533/at.ed.77721140613

CAPÍTULO 14..... 147

TOLERÂNCIA ALTIMÉTRICA PARA APLICAÇÃO EM ÁREAS SUSCETÍVEIS A INUNDAÇÃO

Frederico Mercer Guimarães Junior
Vivian da Silva Celestino Reginato

DOI 10.22533/at.ed.77721140614

CAPÍTULO 15..... 161

UMA ABORDAGEM INVESTIGATIVA PREDITIVA: AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS NA CONSTRUÇÃO DE UM SHOPPING CENTER NO MUNICÍPIO DE ARAL MOREIRA-MS

Fernanda Adriéli Trenkel
Bruno Henrique Feitosa
Léia Mendes Guedes
Lucas Limeira Rodrigues

DOI 10.22533/at.ed.77721140615

CAPÍTULO 16..... 173

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO DE LAPIDÁRIO NA FABRICAÇÃO DE CONCRETO DECORATIVO

Celso Amaral Cordeiro
Stênio Cavalier Cabral
João Pedro Rabelo de Sousa Araújo
Sérgio Antônio Brum Junior

DOI 10.22533/at.ed.77721140616

SOBRE O ORGANIZADOR..... 184

ÍNDICE REMISSIVO..... 185

CAPÍTULO 9

ESTUDO DE DOSAGEM E AVALIAÇÃO DE CONCRETO CELULAR ESPUMOSO COM ADIÇÃO DE CAL E CINZAS DA BIOMASSA DE EUCALIPTO COM FINS ESTRUTURAIS

Data de aceite: 01/06/2021

Data de submissão: 05/03/2021

Taynara Borges de Oliveira

Universidade Federal dos Vales do
Jequitinhonha e Mucuri

Teófilo Otoni – MG

<http://lattes.cnpq.br/4697702452049931>

Stênio Cavalier Cabral

Universidade Federal dos Vales do

Jequitinhonha e Mucuri

Teófilo Otoni – MG

<http://lattes.cnpq.br/2452889693767673>

Flávio Alchaar Barbosa

Universidade Federal dos Vales do

Jequitinhonha e Mucuri

Teófilo Otoni – MG

<http://lattes.cnpq.br/9858947128361168>

Eduardo Lourenço Pinto

Universidade Federal dos Vales do

Jequitinhonha e Mucuri

Teófilo Otoni – MG

<http://lattes.cnpq.br/1341303988497239>

Sérgio Antônio Brum Junior

Universidade Federal da Integração Latino-

Americana

Foz do Iguaçu – PR

<http://lattes.cnpq.br/9286086846141450>

Érica Cantão da Fonseca

Universidade Federal dos Vales do

Jequitinhonha e Mucuri

Teófilo Otoni – MG

<http://lattes.cnpq.br/2662361129814526>

Ricardo Ramalho dos Santos

Universidade Federal dos Vales do

Jequitinhonha e Mucuri

Teófilo Otoni – MG

<http://lattes.cnpq.br/6093919894388885>

RESUMO: O presente estudo mostra os resultados de uma pesquisa que verifica a viabilidade técnica do emprego do concreto celular espumoso com incorporação de diferentes proporções de cinza de biomassa de eucalipto, juntamente com a cal, para posterior utilização em fins estruturais. A fim de atingir os objetivos desta pesquisa, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre o assunto, além de um trabalho experimental, realizado no laboratório de engenharia civil no Instituto de Ciência, Engenharia e Tecnologia – ICET, na Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM, na cidade de Teófilo Otoni – Minas Gerais. O trabalho foi dividido em duas etapas, a de produção de corpos de prova de concreto celular espumoso, com traço de dosagem padrão e traços com adição de cinza e cal, e de avaliação das suas propriedades e do seu desempenho através da realização de ensaios de compressão axial e absorção de água. Alcançou-se satisfatórios resultados em todos os traços produzidos, referentes aos parâmetros exigidos pelas normas vigentes para o uso desse tipo de concreto na execução de paredes moldadas no local. A partir da análise dos resultados obtidos no trabalho experimental, foi comprovado que o concreto celular espumoso com adição de cal e cinza da biomassa de eucalipto desenvolvido, é

adequado à produção de elementos construtivos e apresenta benefícios quando aplicados à construção civil, podendo ser uma alternativa para o reaproveitamento das cinzas de eucalipto, que em geral são descartadas de forma indevida, em substituição à dosagem convencional do concreto, promovendo assim impactos ambientais e econômicos positivos.

PALAVRAS-CHAVE: Construção civil; Concreto celular espumoso; Cinza de biomassa de eucalipto; Cal.

STUDY OF DOSAGE AND EVALUATION OF FOAM CELLULAR CONCRETE WITH THE ADDING OF LIME AND ASH FROM EUCALYPTUS BIOMASS FOR STRUCTURAL PURPOSES

ABSTRACT: The present study shows the results of a research that verifies the technical viability of the use of foamed cellular concrete with incorporation of different proportions of ash from eucalyptus biomass, together with hydrated lime, for later use in structural purposes. In order to reach the objectives of this research, a bibliographical review on the subject was carried out, as well as an experiment carried out in the civil engineering laboratory at the Institute of Science, Engineering and Technology – ICET, in the Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM, in Teófilo Otoni City – Minas Gerais. The work was divided in two stages, the production of foamed cellular concrete test specimens, with standard dosage trace and traces with addition of ash and hydrated lime, and evaluation of its properties and performance by conducting tests of axial compression and water absorption. Satisfactory results were obtained in all traces produced, referring to the parameters required by the current norms for the use of this type of concrete in the execution of cast-in-place concrete walls. From the analysis of the results obtained in the experiment, it was proved that the foamed cellular concrete with the addition of hydrated lime and ash from eucalyptus biomass developed, is adequate for the production of constructive elements and presents benefits when applied to the civil construction, being an alternative for the reutilization of eucalyptus ashes, which are usually discarded in an improper way, replacing the conventional dosage of the concrete, thus promoting positive environmental and economic impacts.

KEYWORDS: Construction; Foamed cellular concrete; Ash from Eucalyptus biomass; Hydrated lime.

1 | INTRODUÇÃO

Os concretos convencionais feitos de cimento Portland com agregados de massa específica normal são materiais de construção excelentes, pois têm boa durabilidade, satisfatória resistência à compressão e rigidez, e ainda têm o custo relativamente reduzido. Contudo, certas deficiências devem ser observadas nos concretos normais, tais como: elevado peso próprio, baixa resistência a agentes químicos e à tração. (TEZUKO, 1989).

Conforme Petrucci (1978), devido ao elevado peso próprio do concreto, viu-se que era necessária a sua redução, já que a rapidez na execução da construção, bem como sua economia, variam inversamente em relação ao peso próprio. Surgiram então os concretos especiais, entre eles o concreto leve, em que a sua principal característica era a diminuição

da massa específica aparente, resultado da substituição parcial dos materiais sólidos por ar, por meio da adição de aditivos espumantes, gerando assim o concreto celular espumoso.

Além disso, há ainda uma recente preocupação com a sustentabilidade no setor de construção civil, buscando evitar o impacto ambiental provocado por esse setor. Atualmente, muitos estudos relacionados ao aproveitamento dos rejeitos industriais com a finalidade de obter produtos com vantagens técnicas e econômicas vêm sendo feitos, propondo uma destinação ecologicamente viável para esses resíduos. No Brasil, já são utilizados há alguns anos, porém em baixa escala, sendo usados apenas em concretos sem fins estruturais e pavimentação. (TROIAN, 2010).

Entre os resíduos que vêm sendo utilizados estão as cinzas de eucalipto. De acordo com Foelkel (2011), a cinza da madeira de eucalipto é uma biomassa removida das caldeiras e constitui-se de minerais oxidados, não totalmente queimados, sendo um material residual de qualidade variável. Além disso, é possível verificar características pozolânicas, o que esclarece o uso desse tipo de resíduo sólido mineral na construção civil. Atendendo à crescente demanda que é exigida atualmente, boa parte desse resíduo pode ser adicionada na fabricação de novos elementos construtivos econômicos e sustentáveis.

Recena (2007) diz que a cal, por sua vez, é amplamente utilizada na fabricação de argamassas, melhorando a sua trabalhabilidade no estado fresco, trazendo um ganho de produtividade. Segundo o manual da ABCP (2002), a cal na argamassa ainda retém água na mistura, evitando a sua falta no processo de endurecimento, devido à finura da cal, ajudando na cura da argamassa. Também auxilia na absorção das deformações atuantes na estrutura da edificação, impedindo assim que apareçam patologias. (COELHO et al., 2009).

Com o intuito de analisar a propriedade mecânica de resistência do concreto celular para uso na construção civil, esta pesquisa visa estudar a viabilidade técnica do emprego do concreto celular espumoso com adição de cinza da biomassa de eucalipto, juntamente com a cal, para fins estruturais.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

A escolha dos materiais para a produção do concreto celular espumoso foi feita de acordo com a disponibilidade dos produtos na região, viabilizando a sua reprodução futuramente em obras da construção civil. Foram utilizados então os seguintes materiais e equipamentos.

2.1.1 Cimento CP V-ARI

O cimento escolhido para elaboração dos corpos de prova foi o Cimento Portland de

Alta Resistência Inicial (CP V-ARI), pois apresenta um alto desempenho e alta reatividade em baixas idades, em função do grau de moagem a que é submetido. Esse tipo de cimento é o mais apropriado para empregos onde é fundamental a condição de elevada resistência nos primeiros dias de aplicação. (ABCP, 2002).

2.1.2 Areia média de rio

O agregado utilizado na preparação dos concretos foi a areia média de rio, por ser um material abundante na região. Foi retirada da cidade de Frei Inocência, localizada a 97 km de Teófilo Otoni. O agregado é formado de sílica natural, sendo um material que não reage com a cal e a água. Para sua utilização, a areia foi seca em estufa a uma temperatura de $105 \pm 5^\circ\text{C}$, no decorrer de um prazo de 24 horas. Vale ressaltar que o agregado não foi lavado, pois parte-se do pressuposto de que já estaria lavada.

2.1.3 Água

A água utilizada para a produção do concreto foi obtida através do abastecimento local, fornecida pela concessionária estadual COPASA – MG, residente na cidade de Teófilo Otoni. Nesta etapa foi feita a análise visual das condições da água utilizada para assegurar a qualidade do concreto produzido.

2.1.4 Cinzas de eucalipto

A cinza utilizada foi da biomassa de eucalipto resultante da queima realizada na Cerâmica Itambacuri, localizada na cidade de Itambacuri – MG. A biomassa de eucalipto vem de empresas produtoras de papel e celulose, situadas nos estados da Bahia e do Espírito Santo. Após a chegada das cinzas, foi realizado o peneiramento com granulometria passante de $350 \mu\text{m}$.

2.1.5 Cal calcítica hidratada

A cal utilizada na presente pesquisa é do tipo calcítica (teor de $\text{CaO} \geq 90\%$, em relação aos óxidos totais), de antemão hidratada e pulverizada. Consoante Pinto (1971) há uma necessidade *a priori* que as cinzas a serem incorporadas à cal sejam ensaiadas com as cales calcíticas e dolomíticas encontradas na região. Convém ressaltar que em Teófilo Otoni e regiões adjacentes, o tipo de cal comumente utilizado e encontrado nas casas de comércio é do tipo calcítica, sendo assim, optou-se então por utilizá-lo.

2.1.6 Aditivo espumante sintético

O aditivo espumante sintético empregado no concreto é o ECOFOAM·AIR®, que é um aditivo concentrado líquido de base sintética, isento de cloretos, biodegradáveis, que pode ser utilizado em geradores de espuma, gerando uma espuma durável de alta

densidade, produzindo Concreto Celular e Concreto Leve nas mais variadas densidades. (ECOPORE, 2018). O aditivo espumante foi previamente diluído em água e posteriormente processado com auxílio um agitador mecânico por cerca de 10 minutos para incorporar ar, gerando a espuma pré-formada.

2.2 Métodos

O trabalho experimental se baseou na confecção de cinco tipos de traço de concreto celular espumoso, sendo o primeiro de matriz convencional (cimento, água, areia e aditivo espumante), sem uso de adições, denominado traço padrão, para efeito de comparação de avaliação do desempenho das diferentes proporções de material utilizados. Foram fabricados 21 corpos de prova de cada traço, totalizando 105 corpos de prova, com idades de rompimento de 7, 14, 21 e 28 dias para o ensaio de resistência mecânica à compressão e 28 dias para ensaio de absorção de água.

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 5x4 (5 traços para 4 idades de rompimento), com três repetições (3 amostras para cada rompimento), testando-se diferentes proporções da cinza e cal a cada traço.

2.2.1 Dosagem dos traços

O método de dosagem do traço padrão do concreto celular por agente espumoso empregado foi com base no manual de utilização do ECOFOAM·AIR®. A partir dos dados da Tabela 1 pode-se extrair as proporções de aglomerantes, agregados, água e de aditivo sugeridas e adotadas como referência nesta pesquisa.

Tipo de Uso	Não Estrutural				Estrutural			Normal
Densidade Seca (kg/m ³)	400	600	800	1000	1200	1400	1600	2350
Areia (kg)	-	210	400	560	750	950	1100	1950
Cimento (kg) +/-	300	310	320	350	360	380	400	320
Água na Massa (L) +/-	110	110	120	120	140	150	160	180
Espuma (L) +/-	800	715	630	560	460	370	290	-
Água na Espuma (L) +/-	58	52	46	41	33	27	21	-
Densidade Úmida (kg/m ³)	474	687	890	1075	1287	1510	1683	2400
Resistência (MPa)	~ 1	~ 2	~ 3	~ 4	6 - 8	10-12	16-18	> 25
Lambda Média (W/m.K)	0,096	1,18	0,21	0,32	0,405	0,45	0,55	2,1

* Materiais utilizados em estado seco.

Tabela 1 – Dosagem de concreto celular espumoso por m³

Fonte: Ecopore (2018). Adaptado.

Como base, foi utilizada a composição almejando-se 1600 kg/m³ de peso específico

seco, exceto a água. As proporções de água utilizadas foram de acordo com as condições de trabalhabilidade do concreto e as proporções de aditivo seguiram as recomendações do fabricante.

Além da dosagem padrão do concreto celular utilizada, para os traços com adição de cal e cinzas de eucalipto foram tomados como referência trabalhos desenvolvidos por Mateos (1961) e Pinto (1971) para adotar os seguintes teores de cinzas: 10, 17,5 e 25% (em peso). O método de dosagem seguiu então as seguintes proporções:

- Padrão – 0% cinza + 0% cal;
- I – 0% cinza + 6% cal;
- II – 10% cinza + 6% cal;
- III – 17,5% cinza + 6% cal;
- IV – 25% cinza + 6% cal.

A partir dessas proporções chegou-se ao peso de cada material utilizado para fabricação dos traços, como visto na Tabela 2.

Traço	Cimento (kg)	Areia (kg)	Cal (kg)	Cinza (kg)	Água (L)	Água na espuma (L)	Aditivo (L)
Padrão	15,60	43,00	0,00	0,00	9,70	0,82	0,021
I	15,60	40,42	2,58	0,00	10,50	0,82	0,021
II	15,60	36,12	2,58	4,30	12,30	0,82	0,021
III	15,60	32,90	2,58	7,53	15,50	0,82	0,021
IV	15,60	29,67	2,58	10,75	16,00	0,82	0,021

Tabela 2 – Proporções dos constituintes dos traços

Fonte: Autores (2019)

2.2.2 Confecção e cura dos corpos de prova

A areia seca em estufa foi peneirada em peneira grossa e as cinzas de eucalipto em peneiras de malha passante de 350 μm , a fim de eliminar impurezas indesejadas, que podem influenciar no desempenho e nas propriedades do concreto. Todos os materiais tiveram a sua massa previamente medida com o uso da balança e a água com o auxílio de uma proveta graduada.

Depois de dosados os materiais a serem utilizados, realizou-se a confecção do concreto em betoneira seguindo as recomendações descritas na NBR 12645 (ABNT, 1992). A espuma foi pré-formada com o auxílio de um agitador mecânico, sendo adicionada por último ao concreto. Ao fim, foi retirada uma amostra da mistura para medir o seu peso específico, para atestar que havia chegado ao almejado, cerca de 1600 kg/m³.

Em seguida, a moldagem dos corpos de prova foi executada em moldes cilíndricos de dimensões 10 cm x 20 cm, desenformados após 24h. Todo o procedimento de moldagem, adensamento manual, desmoldagem e cura foram feitos como recomendado pela NBR 5738 (ABNT, 2015).

Os corpos de prova foram colocados em caixas d'água utilizadas como câmara de cura até os sete dias e depois foram passados para sacos plásticos para continuar o processo de cura, mantendo a umidade no local com auxílio de recipientes com água, até o momento da realização dos ensaios.

2.2.3 Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos

Este ensaio foi feito em uma prensa hidráulica seguindo as recomendações da NBR 7215 (ABNT, 1996) e da NBR 5739 (ABNT, 2018). Ainda, foram utilizados discos de neoprene e as bases metálicas com anel de retenção para regularização da superfície dos corpos-de-prova no ato do rompimento. Todos os traços foram rompidos nas idades de 7, 14, 21 e 28 dias, sendo utilizados 3 corpos de prova a cada rompimento, a fim de obter uma média da resistência à compressão.

2.2.4 Ensaio de absorção de água por imersão

O ensaio de absorção foi realizado conforme as prescrições presentes na NBR 9778 (ABNT, 2005), atentando-se ao fato de que a saturação do corpo de prova, disposto no item 6.2 da norma supracitada, seguiu apenas uma das condições descritas, a de imersão em água à temperatura de (23 ± 2) °C. A outra condição, de imersão em água à temperatura de (23 ± 2) °C, seguida de conservação em água em ebulição durante 5 h, não foi possível devido à falta de equipamentos específicos no local.

Foi utilizada a balança para medir a massa específica (saturada e seca) das amostras, a estufa a 105 °C para a secagem e dessecadores para resfriamento ao ar seco à temperatura de (23 ± 2) °C. Completada a secagem e resfriamento, os corpos de prova foram colocados em recipientes para manter a saturação.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise do ensaio de compressão axial

Na Tabela 3 são apresentados os valores médios obtidos a cada ensaio. Baseado nestes resultados pode-se definir qual ou quais dos cinco traços poderiam ser utilizados na execução de paredes de concreto celular moldados no local.

Tempo	Resistências médias (MPa)				
	Padrão	I	II	III	IV
7 dias	4,99	6,56	5,47	8,28	4,30
14 dias	5,36	7,36	5,47	8,78	5,25
21 dias	6,04	8,11	5,31	9,83	6,14
28 dias	5,29	8,23	6,16	10,53	5,85

Tabela 3 – Resultados dos ensaios de compressão dos corpos de prova

Fonte: Autores (2019)

Quando se adicionou a cal à mistura observou-se uma melhoria em relação à trabalhabilidade e, conseqüentemente, um melhor adensamento, e por fim obteve-se uma maior resistência. Por outro lado, a incorporação de cinza ao concreto evidenciou a grande absorção de água pela mistura, cabendo à cal tentar minimizar essa característica.

Em contrapartida, o traço de cinza com teor de 25% apresentou uma grande redução na resistência. Segundo Pinto (1971), o acréscimo de resistência é maior quando entre os teores de 10% a 17,5%. O autor relata ainda que teores de 17,5% a 25% de cinza tendem a ter redução no acréscimo de resistência. A Figura 1 mostra a tendência de crescimento ou declínio de resistência com o passar dos dias.

Segundo Silva (2015), apenas três normas brasileiras regulamentam a execução e utilização do concreto celular para fins estruturais, a NBR 12644:2014, NBR 12645:1992 e NBR 12646:1992, entretanto nenhuma delas dedica-se a projeto. Partindo dessa premissa, para suprir esta etapa há um projeto de norma, ABNT/CEE 185:000.01-001-1 (ABNT, 2013), que trata sobre o projeto, controle e execução de paredes de concreto celular moldados no local, que também será usado de base nesta pesquisa.

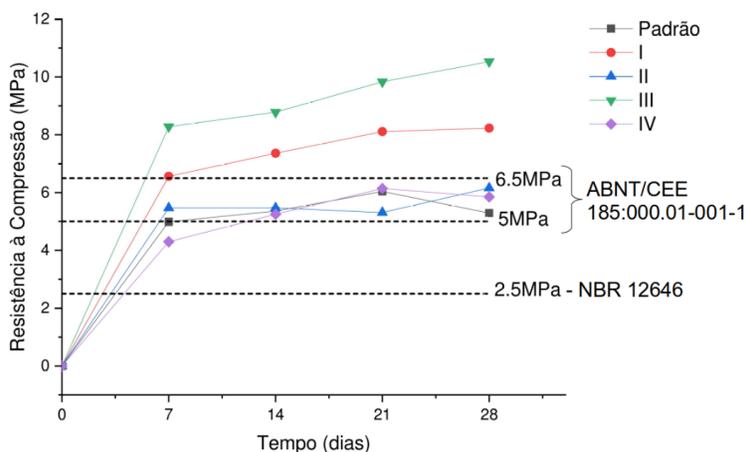


Figura 1 – Análise comparativa de resistência à compressão entre os traços

Fonte: Autores (2019)

Em conformidade com a NBR 12646:1992, o concreto celular espumoso deve apresentar $f_{ck} \geq 2,5$ MPa aos 28 dias de idade para utilização em paredes de edificações térreas. A Figura 1 evidencia os resultados obtidos relacionados com os limites estabelecidos pela norma.

Analisando a Figura 1 é possível ver que todos os traços atingiram, de forma satisfatória, resistências superiores aos 2,5 MPa, exigidos pela NBR 12646 (ABNT, 1992). Desta forma, visando a redução nos custos com a areia, a redução dos impactos ambientais, a incorporação e aceitação da cinza como componente do concreto celular espumoso, o Traço IV (6% de cal + 25% de cinza) representa uma alternativa altamente viável.

Complementarmente, a ABNT/CEE 185:000.01-001-1 preconiza que os concretos produzidos com espuma pré-formada podem ser aplicados com fins estruturais em paredes de edificações moldadas *in loco*, desde que apresentem $f_{ck} \geq 5,0$ MPa aos 28 dias de idade. Ainda cita que os concretos que apresentem $f_{ck} \geq 6,5$ MPa podem ser utilizados com fins estruturais em paredes de edificações com até dois pavimentos, em que a classe de agressividade local seja I. A Figura 1 mostra os traços que atendem ou não os requisitos estabelecidos pelo projeto de norma.

Observando a Figura 1 é possível ver que todos os traços superaram a resistência de 5,0 MPa exigida pela ABNT/CEE 185:000.01-001-1. Desta forma, todos os traços poderiam ser aplicados em paredes de concreto celular moldadas *in loco* com função estrutural em edificações térreas. Ainda é possível observar que apenas os traços I (6% cal + 0% cinza) e III (6% cal + 17,5% cinza), atingiram os requisitos estabelecidos pela comissão de estudos especiais para edificações com até dois pavimentos e classe de agressividade local I.

Outro fator importante a ser analisado quando se fala em concreto celular é a massa específica da mistura em estado fresco e o teor de incorporação de ar. Segundo o Sistema de Custos de Obras e Serviços de Engenharia, fornecido pela Prefeitura de Rio de Janeiro (s.d), as argamassas convencionais tem massa específica em torno de 2100 kg/m^3 . A Figura 2 apresenta no gráfico de linhas a massa específica e no gráfico de barras o teor de ar incorporado para cada traço ensaiado.

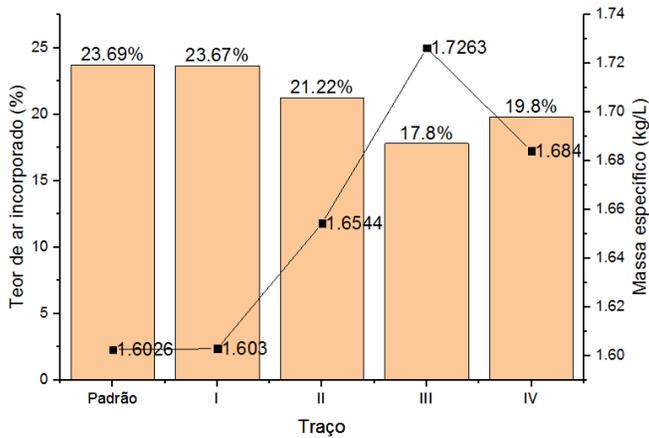


Figura 2 – Massa específica e teor de ar incorporado

Fonte: Autores (2019)

Como principal característica do concreto celular, à medida que o teor de ar incorporado aumenta, sua massa específica diminui. Observa-se, portanto, que conforme a quantidade de cinza adicionada cresce, menores são os teores de incorporação de ar. Pela granulometria bastante reduzida, a cinza tende a ocupar os vazios promovendo uma estrutura mais compacta.

3.2 Análise do ensaio de absorção

A Figura 3 aponta a variação da absorção de água em função do tempo para os diferentes traços.

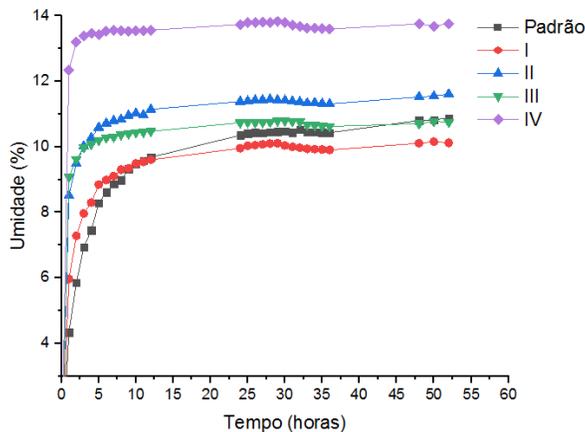


Figura 3 – Absorção de água em relação ao tempo

Fonte: Autores (2019)

Analisando a Figura 3, observa-se o aumento de absorção de água à medida que se aumenta o teor de cinza na mistura. O traço IV (6% cal, 25% cinza) apresentou o maior teor de absorção, de 13,81%. Por outro lado, o traço I (6% cal, 0% cinza) apresentou os menores teores, o que já era esperado.

Silva *et al.* (2015) diz que a adição de cinza resulta no aumento de até 15% na absorção de água e de até 12% do índice de vazios para as argamassas. Isto se deve geralmente pela maior rugosidade das cinzas, que conseqüentemente retém mais água na mistura, gerando maior quantidade de vazios na argamassa endurecida. Essas premissas apontadas pelo autor foram verificadas nesta pesquisa. Além disso, Silva *et al.* (2018), aponta que, ao se adicionar cal na mistura, por conseqüência se eleva o consumo de água. Os vazios são preenchidos com partículas finas, que, juntamente com a água facilita o deslizamento das partículas, possibilitando um melhor encaixe, uma melhor aglutinação dos elementos do concreto. Sendo assim, conclui-se que com o aumento do teor de cal diminui-se a porosidade.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi possível verificar a eficácia de todos os traços realizados, podendo ser aplicados em paredes de concreto celular moldadas in loco em edificações térreas, ao atingirem a resistência à compressão exigida por norma, de 2,5 MPa, e a resistência determinada pela comissão de estudos especiais, de 5,0 MPa.

O traço IV, produzido com maior teor de cinza (6% de cal + 25% de cinza), apesar dos seus resultados indicarem uma resistência reduzida em relação aos demais traços, identifica-se notoriamente suas vantagens no que tange a sustentabilidade ambiental e econômica, constatando sua efetividade. Já para paredes de edificações com até dois pavimentos, apenas os traços I (6% cal + 0% cinza) e III (6% cal + 17,5% cinza) atingiram os requisitos estabelecidos pela comissão de estudos especiais, que estabelece a resistência de 6,5 MPa.

Portanto, a partir dos resultados experimentais e comparações obtidas, foi possível comprovar a viabilidade técnica do emprego do concreto celular espumoso modificado, com adição de cinza da biomassa de eucalipto, em conjunto com a cal, para fins estruturais. Como a preocupação com a sustentabilidade ambiental é um dos assuntos mais discutidos atualmente, a reutilização desse resíduo tem impacto positivo, pois evita a poluição gerada pelo seu descarte, proporcionando benefícios não só ecológicos, mas também sociais e econômicos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Guia básico de utilização do cimento Portland**. 7. ed. São Paulo, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12645**: Execução de paredes de concreto celular espumoso moldadas no local - Procedimento. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12646**: Paredes de concreto celular espumoso moldadas no local. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7175**: Cal hidratada para argamassas - Requisitos. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9778**: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica, Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Proposta: CEE-185:000.01-001-1**: parede de concreto celular estrutural moldada no local para a construção de edificações: projeto, execução e controle - Procedimento. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**: Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018.

COELHO A. Z. G.; TORRALBA F.P.; JALALI S. **A Cal na Construção**. TecMinho. Lisboa: Publidisa, 2009.

ECOPORE. **ECOFOAM – Aditivo Espumante para Concreto Celular**. Disponível em: <<http://www.ecopore.com.br/ecofoam/>>. Acesso em 18 de setembro de 2018.

FOELKEL, C. Resíduos Sólidos Industriais do Processo de Fabricação de Celulose Kraft de Eucalipto: Resíduos Minerais. **Eucalyptus Online Book**. São Paulo, v. 25, n. 5, 2011.

MATEOS, M. **Physical and mineralogical factors in stabilization of Iowa soils with lime and fly ash**. PhD thesis. Iowa University, 1961.

PETRUCCI, E. G. R. **Concretos de Cimento Portland**. 5. ed. São Paulo: GLOBO, 1978.

PINTO, S. **Estabilização de areia com cal e cinza volante**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1971, 153p.

RECENA, Fernando A. P. **Conhecendo Argamassa**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007.

SILVA, F.F; FIUZA, G.F.S; NEVES, L.H.S.B; GOMES, G.J.C. Estudo da influência de cal hidratada na permeabilidade do concreto. **Revista Teccen**. Jan/Jun. 2018.; 11 (1): 02-09.

SILVA, R. B.; FONTES, C. M. A.; LIMA, P. R. L.; GOMES, O. da F. M.; LIMA, L. G. L. M.; MOURA, R. C. de A.; TOLEDO FILHO, R. D. Cinzas de biomassa geradas na agroindústria do cacau: caracterização e uso em substituição ao cimento. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 15, n. 4, p. 321-334, out./dez. 2015. ISSN 1678-8621.

TEZUKO, Y. Concretos especiais .In: Simpósio de Desempenho de Materiais e Componentes de Construção Civil. Florianópolis. **Simpósio de Desempenho de Materiais e Componentes de Construção Civil**, 1989.

TROIAN, A. **Avaliação da durabilidade de concretos produzidos com agregado reciclado de concreto com frente à penetração de íons cloreto**. Dissertação (Mestrado). Universidade do vale do rio dos sinos, Rio grande do Sul, 2010.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aceitação 39, 40, 41, 42, 44, 45, 49, 50, 52, 98, 137

Acidente de trabalho 26, 103, 105, 113

Acidentes de trabalho 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 103, 104, 105, 106, 111

Agregado graúdo 114, 115, 116, 117, 118, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 128, 177

Ambiente 20, 54, 61, 62, 64, 66, 83, 101, 106, 107, 110, 119, 126, 128, 129, 130, 145, 161, 162, 163, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 174, 175, 176, 184

Análise estrutural 27

Areia artificial 173, 174, 177, 180, 182

C

Cal 44, 85, 86, 87, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 97, 98, 100, 101, 119, 175, 176

Cantoneiras 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 16

Carregamento equivalente 78, 80, 81, 83, 85

Cinza de biomassa de eucalipto 90, 91

Cobrimento 27, 28, 29, 79

Coefficiente de redução da seção líquida 1

Coefficientes de impacto dinâmicos 67, 68

Concreto 3, 16, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 62, 63, 68, 70, 71, 74, 76, 77, 79, 83, 85, 86, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 167, 173, 174, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183

Concreto armado 27, 28, 29, 32, 37, 38, 41, 70, 76

Concreto celular espumoso 90, 91, 92, 94, 98, 100, 101

Conexões parafusadas 1

Consistência 39, 40, 42, 43, 45, 49, 50, 126, 179, 180, 182

Construção 2, 3, 16, 18, 19, 20, 26, 40, 44, 52, 54, 61, 62, 63, 64, 66, 78, 91, 92, 101, 102, 103, 104, 105, 107, 109, 110, 111, 113, 126, 137, 138, 142, 143, 148, 158, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 175, 176, 182, 183, 184

Construção civil 2, 3, 16, 18, 19, 20, 26, 44, 54, 61, 91, 92, 102, 103, 104, 105, 109, 110, 111, 113, 126, 138, 142, 161, 162, 163, 167, 169, 170, 171, 172, 173, 175, 176, 182, 184

Controle tecnológico 39, 40, 41, 45, 51, 52

D

Dimensionamento a flexão 78, 88

E

Engenharia civil 16, 26, 27, 52, 62, 67, 78, 90, 101, 126, 128, 129, 147, 160, 172, 177, 183, 184

Escopo 137, 138, 139, 141, 142

Estruturas metálicas 1, 2, 63

F

Forma do agregado graúdo 114, 117, 120, 121, 123, 124, 125

G

Gestão 53, 54, 55, 56, 58, 59, 60, 61, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 111, 112, 131, 137, 138, 139, 141, 145, 147, 148, 170, 171, 172, 182, 183, 184

L

Laje lisa 78, 88

Lajes 44, 68, 69, 72, 74, 78, 81, 83, 89

M

Medidas mitigadoras 161, 168

Mosaico de pedras 173

N

Nivelamento geométrico 147, 150, 151, 152, 155, 156, 157, 158, 159, 160

Nivelamento GNSS 147, 149, 152, 158, 159

P

PDRI-buildings 137, 138, 140, 141, 142, 145

Pedras semipreciosas 173, 174, 178, 181

Planejamento 53, 54, 55, 56, 58, 59, 60, 61, 107, 139, 144, 162, 166, 184

Pontes rodoviárias 32, 67, 68, 75, 77

Prazo 41, 45, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 61, 63, 93, 139, 165, 175

Pré-projeto 137, 139, 140, 141, 145

Produtor de água 129, 136

Protensão sem aderência 78

Psicodinâmica do trabalho 103, 104, 105, 108, 112

R

Resíduo de pó de lapidário 173

Resistência 2, 3, 16, 19, 28, 31, 32, 37, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 50, 51, 52, 79, 84, 85, 91, 92, 93, 94, 96, 97, 98, 100, 114, 115, 116, 119, 120, 125, 128, 173, 174, 178, 179, 180, 182

Resistência característica à compressão 41, 79, 114

Restauração ecológica 129

Restrições 8, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 148

Riscos 18, 19, 20, 24, 25, 26, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 110, 111, 112, 113, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 148, 162, 167, 184

S

Segurança do trabalho 18, 19, 24, 103, 104, 105, 111, 184

Serviços ecossistêmicos 129

Sociedade 130, 131, 135, 161, 162, 163, 169

Sustentável 25, 61, 62, 63, 64, 132, 170, 172, 184

T

Tecnologia 24, 26, 53, 55, 61, 90, 126, 149, 151, 159, 171, 172, 182, 183

Teor de pasta 114, 116, 119, 120, 121, 122, 125

V

Vigas 2, 16, 27, 28, 29, 32, 36, 37, 38, 69, 86

ENGENHARIA CIVIL:

**Componentes sociais e ambientais
e o crescimento autossustentado**

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

ENGENHARIA CIVIL:

**Componentes sociais e ambientais
e o crescimento autossustentado**

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