

FORÇA, CRESCIMENTO E QUALIDADE DA ENGENHARIA CIVIL NO BRASIL 2



HENRIQUE AJUZ HOLZMANN
JOÃO DALLAMUTA
(ORGANIZADORES)

Atena
Editora
Ano 2021

FORÇA, CRESCIMENTO E QUALIDADE DA ENGENHARIA CIVIL NO BRASIL 2



HENRIQUE AJUZ HOLZMANN
JOÃO DALLAMUTA
(ORGANIZADORES)

Atena
Editora
Ano 2021

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Prof^ª Dr^ª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof^ª Dr^ª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^ª Dr^ª Ivone Goulart Lopes – Instituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^ª Dr^ª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Prof^ª Dr^ª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof^ª Dr^ª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Dr^ª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^ª Dr^ª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

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

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

Ciências Biológicas e da Saúde

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

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

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

Prof^ª Dr^ª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão

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

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

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

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

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

Prof^ª Dr^ª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

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

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

Prof^ª Dr^ª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras

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

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

Prof^ª Dr^ª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados

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

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

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

Prof^ª Dr^ª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Prof^ª Dr^ª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

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

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

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^ª Dr^ª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof^ª Dr^ª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^ª Dr^ª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Prof^ª Dr^ª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof^ª Dr^ª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Prof^ª Dr^ª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^ª Dr^ª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Prof^ª Dr^ª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Prof^ª Dr^ª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof^ª Dr^ª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Aleksandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof^ª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^ª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Prof^ª Dr^ª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^ª Dr^ª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Prof^ª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Prof^ª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Prof^ª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar

Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR

Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Ma. Liliansi Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Prof^ª Dr^ª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof^ª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Prof^ª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
Prof^ª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Prof^ª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof^ª Dr^ª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Prof^ª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Prof^ª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Prof^ª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof^ª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Prof^ª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremona
Correção: Vanessa Mottin de Oliveira Batista
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadores: Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

F697 Força, crescimento e qualidade da engenharia civil no Brasil
2 / Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, João
Dallamuta. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-789-5

DOI 10.22533/at.ed.895210802

1 Engenharia Civil. I. Holzmann, Henrique Ajuz
(Organizador). II. Dallamuta, João (Organizador). III. 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

No atual cenário mundial, realizar estudos nas mais diversas áreas do conhecimento é cada vez mais importante. Buscar aliar conceitos multidisciplinares é um dos grandes desafios aos profissionais, dentre os quais pode-se destacar os do nicho da engenharia civil. Estes profissionais necessitam correlacionar conhecimentos de projetos, à reutilização de resíduos e a prevenção e falhas.

Este livro traz artigos nas áreas de projetos, prevenção e melhoria de edificações; reciclagem e desenvolvimento de novos materiais e melhorias urbanas. Sendo esses temas de fundamental importância, pois englobam desde o planejamento ao ponto final de obras, a redução de custos e melhoria dos materiais empregados.

De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais. Sendo hoje que utilizar dos conhecimentos científicos de uma maneira eficaz e eficiente é um dos desafios dos novos engenheiros.

Boa leitura!

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

PATOLOGIAS EM INSTALAÇÕES PREDIAIS HIDRÁULICAS E SANITÁRIAS

Vanuza Lorenzet Bonetti

Kéthlyn Scheguschewski

DOI 10.22533/at.ed.8952108021

CAPÍTULO 2..... 10

DEFORMAÇÃO LENTA DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO E SUAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

Talita de Souza Oliveira

Ana Carolina Saraiva Cardoso

DOI 10.22533/at.ed.8952108022

CAPÍTULO 3..... 23

ANÁLISE DOS ESFORÇOS SOLICITANTES EM EDIFÍCIOS DE CONCRETO ARMADO DEVIDO AOS EFEITOS CONSTRUTIVOS

Meridiane Ferreira Barbosa

Hildo Augusto Santiago Filho

Fernando Artur Nogueira Silva

Renato Guilherme da Silva Pereira

Giane Maria Vieira de Lira

DOI 10.22533/at.ed.8952108023

CAPÍTULO 4..... 37

ANÁLISE COMPUTACIONAL DE VIGAS RETANGULARES DE CONCRETO ARMADO REFORÇADAS AO CISALHAMENTO COM PRFC

Maicon de Freitas Arcine

Nara Villanova Menon

Luiz Fernando Colusso

DOI 10.22533/at.ed.8952108024

CAPÍTULO 5..... 52

APLICAÇÃO DE REFORÇO TRANSVERSAL CONTÍNUO EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO: COMPARAÇÃO COM ESTRIBOS CONVENCIONAIS

Andrei Lucas Müller

Abrahão Bernardo Rohden

Lúcio Flávio da Silveira Matos

DOI 10.22533/at.ed.8952108025

CAPÍTULO 6..... 77

ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO: COLABORAÇÃO DO CONCRETO ENTRE FISSURAS

Isabela Cristina Ferreira Faria

Valquíria Claret dos Santos

Mirian de Lourdes Noronha Motta Melo

Valesca Donizeti de Oliveira

Paulo Cesar Gonçalves

DOI 10.22533/at.ed.8952108026

CAPÍTULO 7..... 94

ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA ENTRE OS CONCRETOS AUTO-ADENSÁVEL E CONVENCIONAL

Anderson Renato Vobornik Wolenski

João Paulo Boff Almeida

André Luís Christoforo

Wallace Cavalcante Ferrão

DOI 10.22533/at.ed.8952108027

CAPÍTULO 8..... 106

ESTUDO EXPERIMENTAL DE SISTEMA DE ANCORAGEM POR CORDÃO DE FIBRAS DE CARBONO EM VIGAS REFORÇADAS À FLEXÃO COM PRFC

Adriano Vieira Risson

Nara Villanova Menon

Maicon de Freitas Arcine

Luiz Fernando Colusso

DOI 10.22533/at.ed.8952108028

CAPÍTULO 9..... 120

INFLUÊNCIA DE DIFERENTES TIPOS DE METACAU LIM APLICADOS EM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL AO CIMENTO PORTLAND EM PASTA CIMENTÍCIA

André Valmir Saugo Ribeiro

Jéssyca Mendes da Silva

Alex Taira de Vasconcellos

Philippe Jean Paul Gleize

DOI 10.22533/at.ed.8952108029

CAPÍTULO 10..... 134

THERMAL DIFFUSION OVER A PORTLAND CEMENT CONCRETE GRAVITY DAM

Gabriel de Bessa Spínola

Edmilson Lira Madureira

Eduardo Morais de Medeiros

DOI 10.22533/at.ed.89521080210

CAPÍTULO 11..... 145

ESTABILIDADE GLOBAL DE PÓRTICOS PREENCHIDOS COM ALVENARIA

Luciano Carneiro Reis

Yuri Leandro Abbas Frazão

Ricardo Alberto Barros Aguado

Silas Pacheco Rodrigues Junior

Gabriel Meneses Souza

DOI 10.22533/at.ed.89521080211

CAPÍTULO 12..... 161

CONTRIBUIÇÃO A ANÁLISE DE PÓRTICOS METÁLICOS PREENCHIDOS COM

ALVENARIA

Luciano Carneiro Reis
Ana Caroline Braga Aquino
Ricardo Alberto Barros Aguado
Gabriel Meneses Souza
Silas Pacheco Rodrigues Junior
Yuri Leandro Abas Frazão

DOI 10.22533/at.ed.89521080212

CAPÍTULO 13..... 173

ELIMINADORES E BLOQUEADORES DE AR NAS INSTALAÇÕES PREDIAIS

Elenilton Santos Rocha
Manoel Camilo Moleiro Cabrera

DOI 10.22533/at.ed.89521080213

CAPÍTULO 14..... 182

ESTUDO DE CASO DE UMA VISTORIA EM UM VIADUTO

Andresa Luzia Corona Ancajima
Bruna Ventura Botoni
Maria Fernanda Quintana Ytza

DOI 10.22533/at.ed.89521080214

CAPÍTULO 15..... 197

ANÁLISE DO FLUXO DE TRÁFEGO DA INTERSEÇÃO ENTRE A AVENIDA DAS TORRES E A RUA BARÃO DO RIO BRANCO NA CIDADE DE MANAUS – AMAZONAS

Luiz Mauro Duarte Brandolt
Irauna Maiconi Rodrigues de Carvalho
Cristhian Vasconcelos Costa
Juliana Christine da Silva Granja

DOI 10.22533/at.ed.89521080215

CAPÍTULO 16..... 214

ESTUDO DE CAPACIDADE DO CANAL DA GALHETA (PORTO DE PARANAGUÁ)

Samuel Sembalista Haurelhuk
Amir Mattar Valente

DOI 10.22533/at.ed.89521080216

CAPÍTULO 17..... 235

OS PROCESSOS ENVOLVIDOS NA CONCEPÇÃO E EXECUÇÃO DE UM BARRACÃO PRÉ-MOLDADO DE CONCRETO ARMADO PARA ARMAZENAMENTO DE FERTILIZANTES

Vanessa da Silva das Flores Maltezo
Wallysson Machado Dias

DOI 10.22533/at.ed.89521080217

CAPÍTULO 18..... 247

AS TÉCNICAS DA SUSTENTABILIDADE AGINDO NO DESENVOLVIMENTO DE

PROJETO ARQUITETÔNICO

Ana Rita Kawauche Rodrigues da Silva

DOI 10.22533/at.ed.89521080218

CAPÍTULO 19.....271

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DO FILLER DA ESCÓRIA DE ACIARIA BSSF COMO ADIÇÃO EM CONCRETOS

Alisson Rodrigues de Oliveira Dias

Felipe Alves Amancio

Sarah Oliveira Lucas

Isa Lauren Ximenes de Sousa

Douglas Alexandre Lima

Helano Wilson Pimentel

Antônio Eduardo Bezerra Cabral

DOI 10.22533/at.ed.89521080219

CAPÍTULO 20.....284

CONCRETO COM INCORPORAÇÃO DE CINZAS DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR: ANÁLISE DE SUA EFICIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE BLOCOS DE ALVENARIA

Paula Fernanda Guedes

Leandro Vanalli

Frank Kiyoshi Hasse

Guilherme Perosso Alves

Talita Cristina Rezende

DOI 10.22533/at.ed.89521080220

CAPÍTULO 21.....309

AVALIAÇÃO DE IMPLICAÇÕES QUÍMICAS DO USO DE LODO DE ETA (ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA) EM OBRAS DE ENGENHARIA

Felipe Fernandes Santana

Kenia Parente Lopes Mendonça

Rafael Rocha da Silva

Pedro Ignácio Meneghetti Scheid

DOI 10.22533/at.ed.89521080221

CAPÍTULO 22.....317

ANÁLISE DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO E SUA ADEQUAÇÃO AO MERCADO DE TRABALHO

Carolina Souza Orro Freitas

Chrystian Cleiderson Ventura

Gabriela Rosa Oliveira

Gustavo Augusto Froes Cardoso

Karina Marques Maciel Silva

DOI 10.22533/at.ed.89521080222

SOBRE OS ORGANIZADORES329

ÍNDICE REMISSIVO.....330

ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA ENTRE OS CONCRETOS AUTO-ADENSÁVEL E CONVENCIONAL

Data de aceite: 01/02/2021

Data de submissão: 07/11/2020

Anderson Renato Vobornik Wolenski

Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC)
Departamento de Engenharia Civil
São Carlos – SC
<https://orcid.org/0000-0002-5709-1965>

João Paulo Boff Almeida

Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)
Departamento de Engenharia Civil
São Carlos – SP
<http://lattes.cnpq.br/8939248001004613>

André Luís Christoforo

Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)
Departamento de Engenharia Civil
São Carlos – SP
<http://lattes.cnpq.br/7623383075429186>

Wallace Cavalcante Ferrão

Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC)
Departamento de Engenharia Civil
São Carlos – SC
<http://lattes.cnpq.br/0116692741419359>

RESUMO: A composição de custos de concretos usinados estabelece dois grupos principais: os insumos utilizados e a mão-de-obra envolvida; ainda assim, grupos referentes ao consumo de energia, manutenção de material acabado e efeitos adversos também contribuem no valor final do metro cúbico do concreto. Neste contexto, as altas taxas de fluidez,

auto adensamento, trabalhabilidade e melhor acabamento tornam o Concreto Auto-Adensável (CAA) uma alternativa viável frente a escalada dos custos relativos a mão-de-obra. Porém, a exigência de aditivos e correção de finos elevam o custo material referente à composição do CAA se comparado ao custo da composição de um Concreto Convencional (CCV). Dessa forma, essa pesquisa se desenvolve a partir de ensaios com concretos CAA e CCV a partir do uso do CP II-Z-32 (com adição de Metacaulim) comparando os custos globais para concretos com resistências médias (f_{cm}) entre 30 e 50 MPa aplicadas no contexto da construção civil no oeste catarinense. O custo total (sem a inserção de Despesas e Bonificações Indiretas) mostra que CAAs de classes com $f_{cm} < 40$ MPa com CP II-Z possuem custo médio 4,50% inferior ao CCV de referência ($f_{cm} = 30$ MPa). Os custos globais não avaliam os ganhos em longo prazo o que tornam os CAAs de elevadas resistências ainda mais competitivos. Ademais, a redução média da carga operária de 20% para 10% sobre os custos finais também mostram um quadro otimista quanto a crescente viabilidade do CAA na construção civil.

PALAVRAS-CHAVE: Redução de custos, Construção Civil, Concretos Especiais.

TECHNICAL AND ECONOMIC FEASIBILITY STUDY AMONG CONCRETE SELF-ADMIRABLE AND CONVENTIONAL

ABSTRACT: The cost composition of machined concrete establishes two main players: the necessary materials and the workforce; besides

these, other players that concern the power consumption, maintenance of the final piece and adverse effects also contribute to the final value of the concrete cubic meter. From this subject, the high rates of fluidity, self adensing, workability and better finishing make the Self-Compacting Concrete (SCC) a viable alternative before the cost elevation of the workforce. However, the exigence of additives and fine corrections elevates the costs related to SCC material composition when compared to material composition of Conventional Concrete (CC). This way, this study is developed from tests with SCC and CC using Portland Cement PC II-Z-32 (with addition of Metakaolin) comparing the global costs for producing concretes in an average strength range (f_{cm}) between 30 and 50 MPa applied in the context of civil construction in the west of Santa Catarina. The total cost (without adding the Budget Difference Income) shows that SCCs of $f_{cm} < 40$ MPa using PC II-Z are 4,50% cheaper than reference CC ($f_{cm} = 30$ MPa). The global costs do not include the gain in a long term prediction what may make even the High-Strength SCCs competitive before the CCs. In addition to that, the average reduction of the workforce load from 20% to 10% over the final cost also shows an optimist panorama for the growing use of the SCCs in civil construction.

KEYWORDS: Cost reduction, Civil Construction, Special Concrete.

1 | INTRODUÇÃO

O uso de estruturas em concreto resulta na necessidade de estudos que permitam o avanço de determinadas características deste material, de modo a superar os novos desafios da construção civil. Dentre estes, a crescente demanda pela utilização do Concreto Auto-Adensável (CAA) ocorreu em função de sua capacidade de aliar resistência mecânica com fluidez, coesão e trabalhabilidade. Como principal característica sua uma grande fluidez possibilita seu adensamento pelo seu próprio peso, capaz de preencher a forma e passar por embutidos (densas armaduras e dutos), enquanto mantém sua homogeneidade (ausência de segregação) nas etapas de mistura, transporte, lançamento e acabamento (NBR 15823, 2017, p. 2).

Historicamente, o CAA foi desenvolvido no Japão, por volta de 1983, com grande aplicação em obras de pontes daquele país (cita-se a ponte Akashi-Kaikyo). Este tipo de concreto plástico ganha destaque no Brasil no início dos anos 2000 com o emprego em edifícios na cidade de Goiânia. OKAMURA (1997), pioneiro em pesquisas nesta temática, define o CAA como um material tão fluido que pode ser lançado facilmente, sem necessidade de vibração ou outros meios de compactação, mantendo-se homogêneo, coeso e sem segregação.

O atendimento aos parâmetros de elevada fluidez e trabalhabilidade implicam em um concreto com altas taxas de abatimento providas, principalmente, da utilização de aditivos superplastificantes, que permitem elevar a fluidez do concreto sem aumentar os valores da relação água/cimento (a/c), bem como manter a coesão das partículas, evitando a ocorrência da segregação ou exsudação do concreto.

A utilização do CAA em substituição ao concreto convencional ainda causa receio

para grande maioria. Isto porque poucos sabem que esse concreto tem como vantagem uma maior durabilidade e fácil aplicação, uma vez que a sua elevada fluidez dispensa a utilização de vibradores no processo de lançamento, quanto que o concreto convencional apresenta uma elevada durabilidade e uma excelente qualidade no final da obra, entretanto, requer maior mão-de-obra e cuidados durante o processo de lançamento.

Na região oeste catarinense são poucos os estudos voltados à aplicação de CAAs nas indústrias de concreto. Quando mencionada a utilização do cimento Portland CP II-Z-32 nos estudos de dosagem do CAA, a quantidade de pesquisas ainda são insuficientes, apesar da crescente demanda por materiais que contribuam com a elevação da produtividade na construção civil.

Neste contexto, esta pesquisa objetivou elaborar pesquisas para produção de CAA com três relações água/cimento (a/c) sendo os $a/c = 0,44$; $a/c = 0,50$ e $a/c = 0,57$, com uso do cimento CP II-Z-32, realizando a evolução dos custos destas diversas dosagens com o custo de um CCV de referência com $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$ no contexto de aplicação para a região oeste de Santa Catarina.

2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Materiais Empregados e sua Caracterização

No presente trabalho empregou-se o cimento CP II-Z-32, a adição mineral de Metacaulim e o aditivo superplastificante S3535. A seguir será explanado um detalhamento dos materiais constituintes do CAA aqui estudado.

2.1.1 Cimento Portland CP II-Z-32

A aceitação e uso desse cimento expandiu-se nos últimos anos e nos dias atuais, mais da metade de todo o cimento consumido no Brasil é do tipo composto, seja ele E (escória), F (fíler) ou Z (pozolana) (ABCP, 2017).

O CP II-Z-32 contém adição de material pozolânico que varia entre 6% e 14% em massa, o que confere ao cimento menor permeabilidade, sendo ideal para obras subterrâneas com presença de água, inclusive marítimas. O mesmo pode conter adição de material carbonático (fíler) no limite máximo de 10% em massa. A norma brasileira que trata deste tipo de cimento é a NBR 11578 (1991).

Optou-se por trabalhar com esse tipo de cimento devido a sua difusão no mercado, podendo assim estabelecer relações de igualdades entre as partes, possibilitando desse modo, uma análise mais detalhada dos resultados de viabilidade técnica e econômica entre os concretos CAA e convencional. Na Tabela 1 são apresentadas as características físico-químicas deste cimento.

DADOS TÉCNICOS DO FABRICANTE	
Finura na peneira # 200 (%)	≤12,0
Tempo de início de pega (h:min)	≥1
Tempo de fim de pega (h:min)	≤10
Resistência à compressão: 7 dias (MPa) / 28 dias (MPa)	≥20,0 / ≥32,0
Característica principal	Diversas possibilidades de aplicação
Percentual de material pozolânico	6 a 14% de pozolana.

Tabela 1 - Características Física e Química do Cimento Portland CP II-Z-32.

Fonte: Boletim Técnico do Fabricante, 2018.

2.1.2 Aditivo Superplastificante S3535

O uso de aditivos superplastificantes permite que se alcance a alta fluidez nas misturas, já que sua base de carboxilatos permite uma redução significativa da quantidade de água. O aditivo S3535 (Tabela 2) é aplicado principalmente na confecção de Concretos de Alta Resistência (CAD), CAA e na indústria de pré-moldados. Tal aditivo é incorporado ao concreto através dos efeitos de absorção superficial nas partículas de cimento, produzindo concretos de alta resistência com excelente fluidez. Porém, deve-se atentar para o efeito da superdosagem que pode provocar a exsudação do concreto.

ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE S3535	
Base química	Solução de policarboxilato em meio aquoso
pH	5,0 ± 1,0
Teor de sólidos	28,5 e 31,5%
Aspecto	Castanho
Massa específica	1,08 ± 0,02 kg/ litro

Tabela 2 - Propriedades E Características Do Aditivo Superplastificante S3535.

Fonte: Boletim Técnico do Fabricante, 2018.

2.1.3 Adição Mineral de Metacaulim

A adição de finos proporciona melhoria em diversas propriedades para os estados fresco e endurecido. Os finos atuam como pontos de nucleação, isto é, quebram a inércia do sistema fazendo com que as partículas de cimento sofram reação mais rápida com a água, ocasionando ganho de resistência nas primeiras idades. Atuam ainda no aumento do pacote de fino, fazendo com que haja um crescimento na densidade da pasta, dificultando

a penetração de agentes agressivos e melhorando a zona de transição (TUTIKIAN, 2004).

Os efeitos da relação α/c , assim como o uso do Metacaulim em vários níveis de dosagem, foram estudados experimentalmente por PHELPS (2006), concluindo-se que esta adição mineral contribui significativamente para o alto desempenho do concreto, através da redução da permeabilidade e da elevação da resistência mecânica à compressão. Assim, o fino Metacaulim é um produto procedente de matérias-primas criteriosamente selecionadas, que passam por um rigoroso processo de fabricação totalmente controlado, ao contrário de outras adições minerais que normalmente são rejeitos industriais secundários.

Na Tabela 3 têm-se as características físicas e químicas fornecidas pelo fabricante do produto *Metacaulim HB* empregado neste estudo.

DADOS TÉCNICOS DO FABRICANTE	
Massa específica / Massa unitária (g/cm ³)	2,60 / 0,55
Área específica (cm ² /g)	18000
Resíduo na peneira ABNT 325 (peneiramento úmido)	< 5%
Recomendações de uso para cimentos Portland compostos	5 a 15% (com relação ao peso do cimento)

Tabela 3 - Características Físicas E Químicas do Metacaulim Adotado Nos Ensaios Experimentais.

Fonte: Boletim Técnico do Fabricante. 2018.

3 I FUNDAMENTOS EXPERIMENTAIS DA PESQUISA

Os ensaios experimentais delineiam os parâmetros do CAA para os estados, fresco e endurecido, capazes de produzir concretos com custo competitivo ao CCV de referência aqui apresentado. Para isto, empregou-se a metodologia de dosagem proposta por REPETTE-MELO (MELO, 2005) para as três relações (0,44; 0,50 e 0,57) visando à obtenção de CAAs com resistências mecânicas na ordem de 30 MPa, 35 MPa e 40 MPa, respectivamente.

3.1 Método de Dosagem para Produção das Pastas

O método REPETTE-MELO define as proporções do CAA tendo como ponto de partida uma dada resistência à compressão. O método se distingue por não exigir em nenhuma de suas etapas o julgamento subjetivo da qualidade da mistura. Todos os componentes do concreto são ajustados com base em ensaios rápidos e de custo acessível, bem como em resultados quantitativos, a fim de eliminar decisões que dependam do conhecimento experimental. Melo (2005) destaca que a parcela considerada adição mineral deve ter diâmetro inferior a 0,075 mm, os agregados devem possuir granulometria contínua e os agregados graúdos diâmetros não maiores que 10 mm. Ressalta-se a importância da verificação da estabilidade da mistura, que não deve apresentar segregação, exsudação

e perdas de fluidez, tendo como parâmetro a proporção água/aglomerante segundo exigências de resistência à compressão ou durabilidade, a exemplo do que ocorre com os concretos convencionais.

A Figura 1 ilustra as etapas do método. Nota-se que o processo de dosagem proposto preconiza o ajuste do teor de aditivo superplastificante em todas as fases de dosagem, pois o aditivo possui relação direta com o custo final do concreto, além de evitar problemas como segregação ou exsudação caso o mesmo seja empregado de maneira inadequada durante a dosagem do concreto.

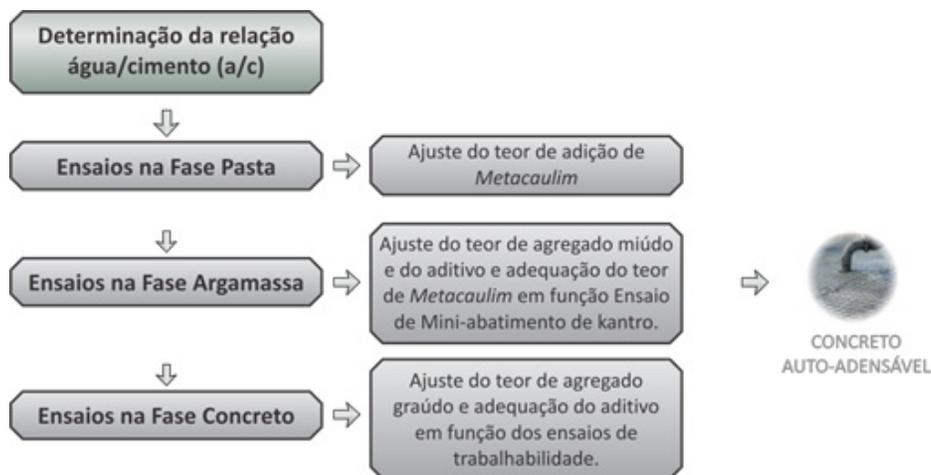


Figura 1 - Fluxograma de dosagem do CAA via Método REPETTE-MELO (WOLENSKI, 2010).

3.2 Ensaios de Controle do CAA

Um dos principais procedimentos experimentais para a elaboração do CAA está na diminuição da relação a/c com a conservação de suas propriedades de fluidez e trabalhabilidade. Assim, o uso de aditivos em quantidades normalizadas pode resultar no aumento da trabalhabilidade por um período maior de tempo e na elevação de sua resistência e durabilidade, em virtude do decréscimo do fator a/c . Segundo FACCIN *et al.* (2017), uma dosagem adequada de adição mineral pode conferir uma melhoria na coesão das partículas e, em consequência, contribuir diretamente na prevenção de fenômenos patológicos, como a exsudação e a segregação do CAA. Neste sentido, os ensaios de controle propostos neste trabalho buscam avaliar a fluidez, trabalhabilidade, coesão e exsudação, por meio de ensaios de controle para os estados fresco e endurecido do CAA, visando determinar os percentuais ótimos de cada material.

3.2.1 Estado Fresco

Sob a ótica da trabalhabilidade, produzir um concreto no estado fresco sob altas taxas de adensamento, exige elevada fluidez com viscosidade e coesão suficientes entre as partículas do compósito, a fim de garantir um escoamento contínuo e uniforme sem a ocorrência de segregação ou exsudação que podem, em consequência, proporcionar o bloqueio do concreto entre as armaduras.

O adensamento, por sua vez, pode ser caracterizado por três requisitos principais, sendo estes a capacidade de preenchimento, a resistência à segregação e a capacidade de transpasse entre armaduras densas. Visando avaliar tais requisitos que os ensaios de controle no estado fresco são imprescindíveis para obtenção de um CAA de qualidade.

Para o presente trabalho, foram realizados os ensaios de espalhamento, seguindo o que preconiza a NBR 15823-2 (2010), com o ensaio anel J (NBR 15823-3, 2010) realizado na sequência. A Figura 2 ilustra tais ensaios, capazes de mensurar a fluidez e a habilidade passante do CAA.

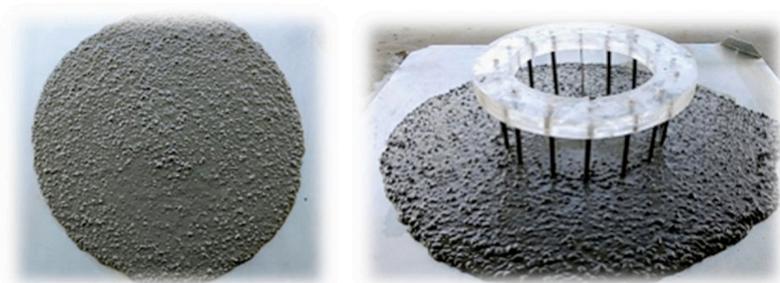


Figura 2 - Ensaio de espalhamento e do anel J, ambos com fluidez adequada.

Sequencialmente, foram realizados os ensaios do funil V (NBR 15823-5, 2010), da caixa L (NBR 15823-4, 2010) e do tubo U (GOMES, 2002). Tais ensaios avaliam o CAA quanto a trabalhabilidade e fluidez, além de avaliar sua habilidade passante e a ocorrência de segregação e exsudação (Figura 3).



Figura 3 - Ensaio para o funil V (Fluidez ideal), caixa L (Princípio de segregação) e tubo U.

3.2.2 Estado Endurecido

Os corpos de prova seguiram as instruções estabelecidas na normativa brasileira NBR NM 33 (1998), a qual estabelece o procedimento para a coleta e a preparação de amostras de concreto fresco sobre as quais serão realizados ensaios que permitam determinar suas propriedades. Para o CAA em estado endurecido foram confeccionados corpos-de-prova cilíndricos (10x20 cm), sendo três para cada uma das idades de 3, 7, 21 e 28 dias, visando a obtenção da resistência mecânica à compressão para as três relações a/c estudadas. A Figura 4 ilustra corpos de prova rompidos após a idade de 28 dias.



Figura 4 - Corpos-de-prova do CAA após o ensaio de resistência mecânica.

4 | RESULTADOS EXPERIMENTAIS OBTIDOS

A fim de sintetizar os resultados deste trabalho serão abordados na sequência os resultados obtidos para as três relações a/c estudadas. Os resultados estão divididos em ensaios obtidos no estado fresco do concreto, assim como os resultados encontrados para o estado endurecido.

Na Tabela 4, foram agrupados todos os parâmetros encontrados nos ensaios para o CAA no estado fresco, para as três relações a/c apresentadas neste trabalho. Tais resultados utilizados para a classificação da fluidez e escoamento (SF) e habilidade passante do CAA (PL ou PJ) e compõem requisitos de aceitação do concreto Auto-Adensável no estado fresco.

ENSAIO	FUNIL-V	SLUMP FLOW	ANEL-J	CAIXA-L	TUBO-U
Relação a/c	Escoamento (T-30seg)	Espalhamento (milímetros)	Espalhamento (milímetros)	Relação H_1 e H_2	Relação P_1 , P_2 e P_3
0,44	**	672	685	0,93	**
0,50	1'90"	650	632	0,98	1,18 e 1,11
0,57	**	682	675	0,99	**

** Ensaio não realizado, por ser de difícil mensuração e por não resultar em parâmetros mínimos para validação.

Tabela 4 - Síntese dos Parâmetros do CAA para o Estado Fresco.

Na Tabela 5 e Figura 5, estão agrupados os resultados da resistência à compressão média (f_{cm}) para o CAA no estado endurecido.

Idade (dias)	Resistência mecânica à Compressão (em MPa) - média de 3 CPs		
Relação a/c	0,44	0,50	0,57
3	26,39	21,33	14,97
7	35,87	31,60	23,60
14	43,90	37,37	27,73
21	43,90	40,83	31,97
28	48,967	43,067	33,467

Tabela 5 - Síntese dos Parâmetros do CAA para o Estado Endurecido.

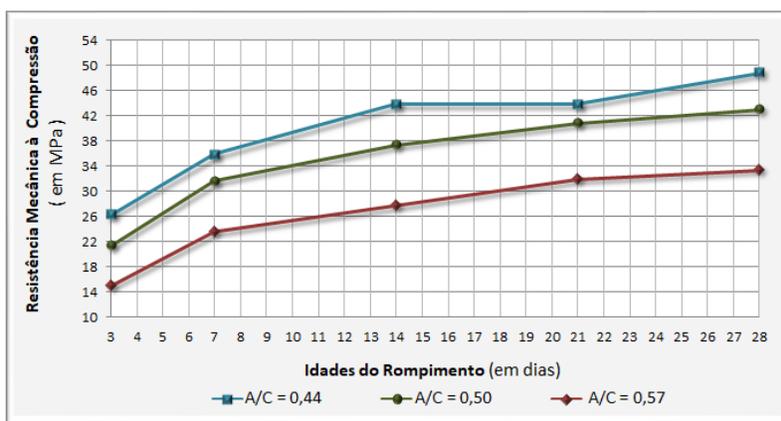


Figura 5 - Resultados de Resistência Mecânica à Compressão para os três a/c Estudados.

4.3 Estimativa de custos

Os custos do CAA moldado neste trabalho foram definidos para um metro cúbico para as três relações de água/cimento. Os custos para um concreto convencional de 30MPa também foram estimados e avaliados a fim de comparação. Os resultados estão disponíveis na Tabela 6 e mostram que o CAA com maior relação água cimento leva a um concreto 4,51% mais barato do que o Concreto Convencional de 30 MPa. Logo, para este concreto que resultou em uma resistência à compressão média de 33,4 MPa; os custos são mais atraentes que àqueles mostrados para o concreto convencional.

ETAPAS	CCV		CAA - $a/c = 0,57$		CAA - $a/c = 0,50$		CAA - $a/c = 0,44$	
	Mão-de-obra	Custo (R\$/m³)	Mão-de-obra	Custo (R\$/m³)	Mão-de-obra	Custo (R\$/m³)	Mão-de-obra	Custo (R\$/m³)
Composição do Concreto	0	R\$ 288,14	0	R\$ 313,16	0	R\$ 342,93	0	R\$ 369,11
Mistura do Concreto	1	R\$ 3,43	1	R\$ 3,43	1	R\$ 3,43	1	R\$ 3,43
Transporte	1	R\$ 15,49	1	R\$ 15,49	1	R\$ 15,49	1	R\$ 15,49
Aplicação do Desmoldante	3	R\$ 10,66	3	R\$ 10,66	3	R\$ 10,66	3	R\$ 10,66
Adensamento	5	R\$ 26,70	2	R\$ 5,34	2	R\$ 5,34	2	R\$ 5,34
Acabamento	4	R\$ 7,03	2	R\$ 1,41	2	R\$ 1,41	2	R\$ 1,41
Reparos	2	R\$ 14,55	0	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00
Custo Total Sem BDI (R\$)	-	R\$ 366,00	-	R\$ 349,49	-	R\$ 379,26	-	R\$ 405,44

Tabela 6 - Planilha Comparativa entre os Concretos CCV de Referência e os CAAs elaborados.

A Tabela 7 mostra os resultados obtidos por GEYER *et al* (2004) e TUTIKIAN (2004) para os concretos de e respectivamente. O concreto de é o moldado neste trabalho. A Tabela mostra valores de 2004 e 2018, o que pode mostrar que concretos de com o traço e relação a/c modificados e melhorados pode contribuir com a desoneração do concreto, inclusive o de 20 MPa.

COMPOSIÇÃO	20 MPa		30 MPa		40 MPa	
	CCV	CAA	CCV	CAA	CCV	CAA
Concreto	89,08	105,39	78,73	85,57	91,43	93,04
Mão-de-obra	7,03	2,23	13,98	8,47	5,52	1,75
Equipamentos e Energia Elétrica	3,89	0,39	7,29	1,46	3,05	0,31
Total	100	108,01	100	95,5	100	95,1

Tabela 7 - Custo de CAA e CCV para Três Classes de Resistência.

TUTIKIAN (2004, p. 124) demonstrou, naquele ano, um custo de R\$ 247,65 para um CAA de 30 MPa para um concreto moldado com Metacaulim sem aditivo modificador de viscosidade. Os autores obtiveram um custo de R\$ 349,49 o que mostra um crescimento absoluto de 41,12% entre 2018 e 2004 (30,24% quando corrigido pelo CUB entre Porto Alegre e Chapecó - Sinduscon).

5 | CONCLUSÕES

Este trabalho faz parte das pesquisas recentes desenvolvidas no IFSC, câmpus São Carlos, que objetiva investigar a viabilidade da produção de CAA dosados com agregados existentes na região oeste catarinense. Como uma pequena parcela deste projeto, o trabalho aqui apresentado objetivou iniciar o desenvolvimento, em escala laboratorial, de um traço de CAA com uso do cimento Portland CP II-Z-32 e agregados oriundos da região, a fim de inseri-lo, em escala comercial, em indústrias e usinas de concreto da região.

Além disso, este trabalho contribuiu no desenvolvimento de pesquisas de inovação tecnológica em concretos especiais que tenham como característica o uso de aditivos redutores de água, objetivando obter ganhos de resistência mecânica, fluidez e trabalhabilidade, tal como o CAA aqui apresentado.

A partir dos ensaios de controle, em seu estado fresco, foram obtidos um CAA com uma elevada fluidez e sem qualquer indício de segregação e/ou exsudação. Já para o ensaio em estado endurecido, a resistência mecânica à compressão média (f_{cm}) obtida de 47,7 MPa, 40,3 MPa e 34,7 MPa aos 28 dias, dentro do esperado inicialmente, já que dentre os objetivos iniciais projetou-se obter um traço com resistência próxima de 40 MPa para uso em elementos estruturais pré-moldados, etapa esta que se encontra em fase de implantação.

TUTIKIAN (2004) trouxe em seu trabalho traços entre 1:3 e 1:4,5 como sendo os que geram menor custo por MPa de CAA. Este trabalho mostrou que o CAA com relação $a/c = 0,57$ gera um concreto com $f_{cm} = 33,4$ MPa a um custo 4,5% menor que o CCV de 30 MPa. O concreto foi moldado com traço 1:4,1 (agregado fino + agregado graúdo) e utilizou o superplastificante S3535 e adição de fino do tipo metacaulim, apesar de TUTIKIAN (2004) indicar que a adição de fino de cinza de casca de arroz pode gerar um CAA mais barato. Eventualmente, percebe-se pela Tabela 7 que os custos relativos a mão-de-obra do CAA de 30 MPa são bem mais impactantes do que para os concretos de 20 e 40 MPa, isso mostra a evolução dos custos relativos a pessoal com o passar dos anos. Considerando que os resultados de GEYER *et al.* (2004) e TUTIKIAN (2004) para os concretos de 20 e 40 MPa mostravam um custo maior para insumos e menor para a mão-de-obra. Ao fim, consolida-se o decréscimo de custos do CAA no decorrer dos anos e preços competitivos para resistências usuais de estruturas da construção civil. Ademais, a alteração para finos menos onerosos que o Metacaulim (casca de arroz) pode gerar CAAs ainda mais baratos

que o CCV de referência aqui apresentado.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 11578: Cimento Portland Composto**. Rio de Janeiro, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15823-1: Concreto Auto-Adensável. Parte 1 – Classificação, controle e recebimento no estado fresco**. Rio de Janeiro, 2017.

_____. **NBR 15823-2: Concreto Auto-Adensável. Parte 2 – Determinação do Espalhamento e do Tempo de Escoamento – Método do Cone de Abrams**. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **NBR 15823-3: Concreto Auto-Adensável. Parte 3 – Determinação da Habilidade Passante – Método do Anel J**. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **NBR 15823-4: Concreto Auto-Adensável. Parte 4 – Determinação da Habilidade Passante – Método da Caixa L**. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **NBR 15823-5: Concreto Auto-Adensável. Parte 5 – Determinação da Viscosidade – Método do Funil V**. Rio de Janeiro, 2010.

FACCIN, C.L.; BACHENDORF, V.L.; PRADELLA, M.; SIEG, A.P.A.; WOLENSKI, A.R.V. **Análise do Comportamento de Pastas de Cimento com Adição de Metacaulim para uso em Concretos Auto-Adensáveis**. In: 59º Congresso Brasileiro do Concreto. Anais. Bento Gonçalves-RS, IBRACON, 2017.

GEYER, A.L.B. e SÁ, R.R. **Utilização de concreto Auto-Adensável em estruturas de edifícios com custos inferiores ao concreto convencional**. In: 12º Prêmio Falcão Bauer, 2004.

GOMES, P.C.C. **Optimization and Characterization of High-Strength Self-Compacting Concrete**. Tese de doutorado. Barcelona, 139 p., 2002.

MELO, K.A. **Consideração à Dosagem de Concreto Auto-Adensável com Adição de Filer Calcário**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). 180 p., Florianópolis, Santa Catarina, 2005.

OKAMURA, H. **Self-Compacting High Performance Concrete**. In: Concrete International, ACI. v. 19. n. 7. p. 50-54, 1997.

PHELPS, R.J. **Optimization of Water and Metakaolin Content to Achieve High Performance in Concrete**. 146 p., Southern Illinois University, 2006.

REPETTE, W.L. **Self-compacting concrete – a labor cost evaluation when used to replace traditional concrete in building construction**. In: 5th International RILEM Symposium on Self-Compacting Concrete, Ghent, Bélgica, 2007.

TUTIKIAN, B.F. **Métodos para dosagem de concretos Auto-Adensáveis**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). 148 p., Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2004.

WOLENSKI, A.R.V. **Estudos Teórico e Experimental do Concreto Auto-Adensável frente ao emprego do Cimento CP IV e da Adição Mineral de Metacaulim**. Dissertação de Mestrado, Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), 150 p, Sinop-MT, 2010.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Abastecimento 3, 6, 7, 8, 173, 174, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 221, 286, 306

Agroindustrial 284, 285, 286, 304, 305

Água 181

Alumínio 287, 309, 312, 314, 315

Alvenaria 2, 6, 7, 12, 13, 145, 149, 150, 151, 152, 154, 155, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 166, 167, 168, 169, 171, 172, 259, 260, 261, 284, 286, 291, 292, 298, 304, 305, 306, 307, 308

Análise estrutural 23, 160, 182, 187

Ancoragem 5, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 117, 118, 229

Armado 10, 11, 13, 22, 23, 24, 25, 26, 35, 36, 37, 38, 44, 50, 51, 52, 53, 54, 57, 59, 76, 77, 80, 87, 88, 91, 92, 106, 107, 108, 114, 118, 119, 145, 146, 147, 150, 160, 162, 172, 235, 236, 237, 239, 240, 242, 244, 245, 246, 291

C

Canal de acesso 214, 216, 219, 224, 225, 226, 228, 232, 233

Capacidade 12, 25, 38, 39, 47, 58, 63, 78, 95, 100, 106, 113, 114, 116, 117, 118, 119, 121, 125, 145, 147, 162, 163, 201, 214, 216, 217, 219, 232, 247, 250, 251, 258, 284, 309, 314

Carbono 13, 37, 38, 39, 44, 48, 50, 51, 106, 107, 108, 110, 113, 114, 117, 118, 119, 121, 286, 289

Cimento 11, 14, 16, 17, 20, 21, 24, 28, 63, 79, 82, 93, 95, 96, 97, 98, 103, 104, 105, 120, 121, 122, 123, 124, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 134, 271, 273, 275, 276, 280, 281, 282, 284, 286, 287, 288, 289, 291, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 304, 305, 306, 307, 315

Cisalhamento 12, 13, 37, 38, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 107, 108, 119, 259, 261

Concreto 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 59, 62, 66, 72, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 112, 114, 117, 118, 119, 124, 130, 132, 133, 134, 144, 145, 146, 147, 150, 159, 160, 162, 172, 183, 184, 189, 190, 191, 196, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 259, 271, 272, 273, 274, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 284, 285, 287, 288, 289, 291, 292, 293, 294, 296, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 309, 311

Construção 1, 2, 6, 9, 11, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 32, 35, 38, 39, 51, 53, 62, 78, 94, 95, 96, 104, 121, 146, 160, 162, 166, 172, 183, 187, 196, 201, 236, 237, 240, 241, 244, 245, 246,

248, 249, 251, 252, 253, 255, 260, 261, 264, 265, 269, 270, 271, 272, 281, 284, 285, 286, 291, 307, 308, 310, 314, 315, 318, 326

Custos 94, 96, 103, 104, 105, 146, 162, 166, 176, 215, 251, 288

D

Deformação 4, 5, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 19, 20, 21, 24, 25, 30, 39, 40, 41, 43, 44, 48, 49, 50, 64, 65, 66, 68, 69, 70, 71, 72, 77, 84, 87, 106, 115, 116, 117, 118, 149, 165, 167, 239, 260

Discentes 317, 318, 319, 320, 324, 325, 327

Durabilidade 17, 22, 24, 77, 78, 79, 91, 96, 99, 120, 121, 133, 183, 184, 238, 239, 251, 270, 272, 273, 276, 307

E

Efeito construtivo 23

Egressos 317, 318, 319, 320, 322, 323, 324, 325, 326, 327

Elástica 10, 14, 15, 43, 156

Elementos finitos 23, 27, 37, 39, 50, 144

Engenharia civil 1, 9, 22, 23, 36, 37, 51, 52, 94, 106, 118, 119, 120, 133, 134, 160, 161, 181, 182, 235, 236, 237, 240, 245, 246, 271, 281, 309, 315, 317, 318, 320, 323, 324, 325, 326, 327, 328

Enrijecido 145

Ensino 269, 317, 318, 320, 321, 325, 328

Escória 96, 239, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280

Estabilidade 98, 145, 147, 149, 150, 155, 159, 160, 161, 163, 165, 167, 171, 172, 238, 260, 261, 314

Estabilização 145, 150, 151, 282, 309, 314, 315, 316

Estribo 52, 54, 60, 68

Estrutura 11, 12, 14, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 34, 35, 38, 39, 43, 86, 87, 133, 144, 145, 146, 147, 148, 150, 161, 162, 163, 164, 165, 168, 171, 172, 177, 183, 184, 195, 196, 213, 224, 237, 238, 239, 240, 244, 245, 248, 251, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 266, 269, 274, 282, 288, 291, 318, 319, 322, 323, 324, 327, 328

F

Fabricação 2, 98, 146, 147, 149, 166, 235, 237, 240, 243, 244, 245, 249, 261, 273, 286, 298, 299, 329

Fibras 37, 39, 45, 47, 48, 49, 50, 51, 106, 107, 108, 110, 113, 118, 119

Fissuras 12, 13, 20, 24, 25, 26, 38, 49, 55, 56, 58, 59, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 77, 78, 79, 80, 83, 84, 87, 88, 89, 90, 91, 111, 112, 145, 163, 192, 193, 194, 303, 304

Flexão 50, 54, 55, 57, 66, 77, 79, 80, 81, 82, 84, 87, 88, 89, 91, 92, 106, 108, 109, 111, 112,

113, 115, 118, 119, 156, 164, 258, 259

Fluência 10, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 25, 27, 77, 134

Fluxo 123, 175, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 206, 223, 254, 258

Fundeio 214, 216, 221, 225, 228, 229, 230, 232, 233

H

Hidrômetro 173, 174, 175, 176, 177, 178, 180, 181

L

Lenta 10, 11, 12, 13, 14, 15, 20, 21

Ligação 5, 7, 8, 107, 158, 159, 161, 163, 170, 171, 261

Lodo 309, 310, 311, 314, 315, 316

M

Manutenção 4, 94, 131, 174, 182, 183, 195, 196, 198, 251, 255, 287

Mercado de trabalho 317, 318, 319, 320, 322, 324, 325, 326, 327, 328

Metacaulim 94, 96, 97, 98, 104, 105, 120, 121, 124, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 245

Metálica 161, 162, 194, 195

P

Pasta cimentícia 79, 120, 126, 128

Patologia 3, 4, 5, 6, 7, 8, 13, 22, 51, 182

Patológica 20, 21

Perda de carga 173, 177, 179, 180

Pico 83, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 107, 197, 198, 200, 201, 202, 203, 208

Pontes 95, 182, 183, 184, 187, 196

Pórtico 145, 147, 149, 150, 151, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 161, 162, 163, 164, 165, 167, 168, 169, 170, 171, 261

Portos 214, 216, 219, 220, 221, 231, 232, 233, 310

Projeto 1, 2, 3, 4, 9, 22, 24, 25, 26, 27, 35, 38, 39, 52, 58, 60, 76, 91, 92, 104, 118, 146, 147, 160, 161, 163, 166, 167, 168, 172, 180, 182, 187, 196, 199, 200, 201, 202, 212, 215, 216, 217, 218, 220, 224, 231, 232, 237, 244, 245, 247, 248, 249, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 260, 263, 264, 266, 268, 269, 310, 315, 327

Propriedades mecânicas 120, 167, 272, 273, 276, 278, 280

Q

Qualidade 1, 2, 3, 9, 17, 35, 91, 96, 98, 100, 146, 162, 167, 175, 180, 198, 235, 238, 240, 243, 244, 245, 247, 250, 251, 252, 255, 256, 291, 317, 318, 320, 321, 322, 327, 328

R

Redução 13, 25, 38, 52, 79, 91, 94, 97, 98, 115, 116, 121, 131, 146, 147, 149, 150, 158, 159, 166, 174, 215, 237, 255, 261, 271, 279, 280, 284, 285, 288, 292, 310

Reforço 37, 38, 39, 45, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 72, 106, 107, 108, 109, 110, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 166, 183, 196

S

Sinal 22, 197, 198, 203, 204, 205, 207, 210, 211, 212

Sustentabilidade 79, 121, 236, 247, 248, 250, 251, 253, 269, 270, 272, 282, 284, 285

T

Transito 211, 212

V

Veículos 38, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 205, 206, 208, 209, 210, 211

Viadutos 182, 183, 184, 187, 191, 195, 196

Vigas 12, 13, 22, 25, 26, 27, 28, 31, 32, 35, 36, 37, 38, 39, 44, 45, 47, 48, 50, 51, 52, 53, 54, 57, 58, 59, 60, 62, 63, 64, 65, 66, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 83, 85, 88, 91, 92, 106, 107, 108, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 152, 156, 159, 164, 188, 189, 190, 238, 260, 261, 291

FORÇA, CRESCIMENTO E QUALIDADE DA ENGENHARIA CIVIL NO BRASIL 2



www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

 **Atena**
Editora

Ano 2021

FORÇA, CRESCIMENTO E QUALIDADE DA ENGENHARIA CIVIL NO BRASIL 2



www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

Atena
Editora

Ano 2021