

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 Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

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

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

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

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

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

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

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

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

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

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

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

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

Linguística, Letras e Artes

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

Conselho Técnico Científico

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

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

Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Ma. Lilians Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Prof^ª Dr^ª Livia 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 Cremo
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 METACAULIM 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 Maiconá 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

CAPÍTULO 8

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

Data de aceite: 01/02/2021

Data da submissão: 06/11/2020

Adriano Vieira Risson

Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
UDC
Foz do Iguaçu – PR
<http://lattes.cnpq.br/7862700843935842>

Nara Villanova Menon

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Departamento de Engenharia Civil- DEC/PCV
Maringá – PR
<http://lattes.cnpq.br/7744184284656989>

Maicon de Freitas Arcine

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Departamento de Engenharia Civil- DEC/PCV
Maringá – PR
<http://lattes.cnpq.br/8097716930628529>

Luiz Fernando Colusso

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Departamento de Engenharia Civil- DEC/PCV
Maringá – PR
<http://lattes.cnpq.br/3753016165420719>

RESUMO: Na engenharia há uma significativa preocupação sobre a segurança e eficácia dos reforços de elementos de concreto armado com polímeros reforçados com fibras de carbono em função do grande potencial de falhas de descolamentos. Assim, pretende-se avaliar o comportamento estrutural de vigas de concreto armado, reforçadas com tecido de fibras de

carbono, utilizando mecanismos de ancoragem compostos pela inserção de cordões de fibra de carbono no concreto. Foram ensaiadas cinco vigas para análise do sistema aplicado em reforços de flexão. Todas as vigas foram ensaiadas com aplicação de cargas transversais e instrumentadas para avaliar a carga de ruptura, deslocamento vertical, deformação específica no aço, concreto e reforço e o modo de ruptura. Foram constatados ganhos, principalmente na ductilidade das vigas e no aumento de sua capacidade resistente, que chegou a apresentar acréscimos de 67% em relação às vigas sem reforço, em média. Através deste resultado, concluiu-se que o sistema de ancoragem por inserção de cordão de fibras de carbono se mostrou eficiente para esse tipo de reforço, possibilitando o aproveitamento total da capacidade resistente do material.

PALAVRAS-CHAVE: Concreto armado, Fibras de Carbono, Reforço, Ancoragem.

EXPERIMENTAL STUDY FOR CARBON FIBER ANCHORING SYSTEM IN FLEXURAL STRENGTHENED BEAMS WITH CFRP

ABSTRACT: Failures due to detachments of carbon fibers reinforced polymers cause great concern with the safety and effectiveness of reinforcements in strengthened concrete elements. In view of this problem, we intend to evaluate the structural behavior of reinforced concrete beams, strengthened with carbon fiber fabric, using anchoring mechanisms composed by the insertion of carbon fiber cords in the concrete. Five beams were tested to analyze

the system applied to flexural strengthening. All beams were tested with the application of transverse loads and instrumented to assess the breaking load, vertical displacement, specific deformation in the steel, concrete, reinforcement, and the breaking mode. Gains were found, mainly in the ductility of the beams and in the increase of their resistant capacity, which reached an increase of 67% in relation to the beams without strengthening, on average. Through this result, it was concluded that the anchoring system by inserting carbon fiber cord proved to be efficient for this type of strengthening, allowing the full use of the material's resistant capacity.

KEYWORDS: Reinforced concrete, Carbon Fiber, Strengthening, Anchorage.

1 | INTRODUÇÃO

A aplicação de compósitos de fibra de carbono no concreto armado tem sido difundida no mundo. A necessidade de recuperar estas estruturas, cada vez mais frequente, aliada a facilidade de execução, leveza, rapidez e trabalhabilidade do material, além da resistência à corrosão, podem ser considerados fatores importantes na difusão da utilização dos compósitos de fibra de carbono em substituição a outros reforços, como por exemplo, as chapas de aço.

O surgimento destas novas técnicas de reforço levou a uma crescente utilização em estruturas, no entanto, o fato da aplicação do compósito ser feita através de colagem gera uma necessidade de se estudar melhor o comportamento conjunto dos materiais, de modo a aumentar a confiança e segurança do reforço. Muitas publicações têm dado atenção especial à zona de ligação dos materiais concreto, adesivo e PRFC (Polímeros Reforçados com Fibras de Carbono), com o objetivo aprimorar o conhecimento do comportamento geral desta região, criando critérios para prevenir e eliminar as rupturas prematuras (MENON e PADARATZ, 2008).

A aderência entre a manta de fibras de carbono e o substrato de concreto é um dos fatores mais estudados em pesquisas com esse sistema de reforço. Existe a possibilidade da ocorrência de ruptura prematura do elemento estrutural, caracterizada pela ocorrência nas extremidades do reforço, onde ocorre tensões elevadas normais e tangenciais, provocando o descolamento do compósito ao concreto (MENDES e SILVA COSTA, 2010).

A delaminação do reforço ou o descolamento do compósito, modos de ruptura de elementos reforçados, podem ocorrer se a força solicitante no PRF for maior que o substrato de concreto pode resistir (ACI 440-2R, 2017).

A distribuição da tensão de cisalhamento entre o substrato de concreto e o compósito de PRF pode variar de acordo com a intensidade da força de tração no reforço. Para cargas menores a concentração de tensões está localizada mais distante da extremidade de ligação entre o concreto e o reforço, enquanto que ao ponto que se eleva o carregamento, esse pico de tensões se aproxima do extremo do compósito (BULLETIN 14 -fib, 2001).

O presente trabalho tem como objetivo analisar experimentalmente a eficiência da aplicação de sistema de ancoragem para reforço de vigas com fibra de carbono, submetidas

à flexão e ao cisalhamento, através da utilização de inserção de cordão de fibra de carbono no elemento de concreto.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

A análise experimental consiste em ensaios à flexão a quatro pontos, de cinco vigas de concreto armado, dimensionadas e armadas igualmente à flexão e ao cisalhamento. Essas vigas foram divididas conforme composição de reforço e incremento de ancoragem das fibras.

Foi executada uma viga de referência (VFR), feita em concreto armado somente, sem a utilização de algum tipo de reforço. A mesma serviu como parâmetro de referência para comparações com valores de rigidez das demais vigas, variando de acordo com a utilização dos reforços propostos.

A viga VF0 foi construída a partir da configuração original, com o incremento da utilização de reforço à flexão de manta em fibra de carbono, através de colagem do tecido na face tracionada do elemento de concreto armado. Esse modelo serviu para, além de comparar o aumento de rigidez provocado pela aplicação do reforço, também possibilitar a obtenção de valores de referência para um comparativo com as vigas que foram construídas com sistema de ancoragem da manta.

As vigas VF1, VF2 e VF3 foram executadas idênticas ao modelo da Viga VF0, entretanto, com o incremento de ancoragem do reforço em fibras de carbono através do sistema de cordão de fibras de carbono. Nesse modelo, objetivou-se analisar o aumento de rigidez das vigas que utilizam o sistema de ancoragem, com relação às vigas sem o sistema de ancoragem. Foi possível, também, analisar o modo de ruptura das mesmas.

As armaduras longitudinais das vigas deste grupo foram dimensionadas através de processo iterativo de convergência momento x curvatura, de forma que as mesmas trabalhassem no domínio 2 de deformações, para que se possa avaliar o comportamento do reforço sem que haja ruptura do tipo frágil, por esmagamento da região comprimida do concreto.

Para a mesma finalidade, a armadura transversal foi dimensionada, utilizando os critérios da NBR 6118 (2014), para que a ruptura das vigas não aconteça por esmagamento das bielas comprimidas ou por escoamento dos estribos.

Assim, as vigas deste grupo foram construídas com armadura longitudinal composta por quatro barras de aço CA-50, com 6,3 mm de diâmetro, sendo duas superiores e outras duas inferiores. A armadura transversal foi formada por estribos de aço CA-60, com diâmetro de 5,0 mm, espaçados a cada 7 cm. O detalhamento das vigas é mostrado na Figura 1.

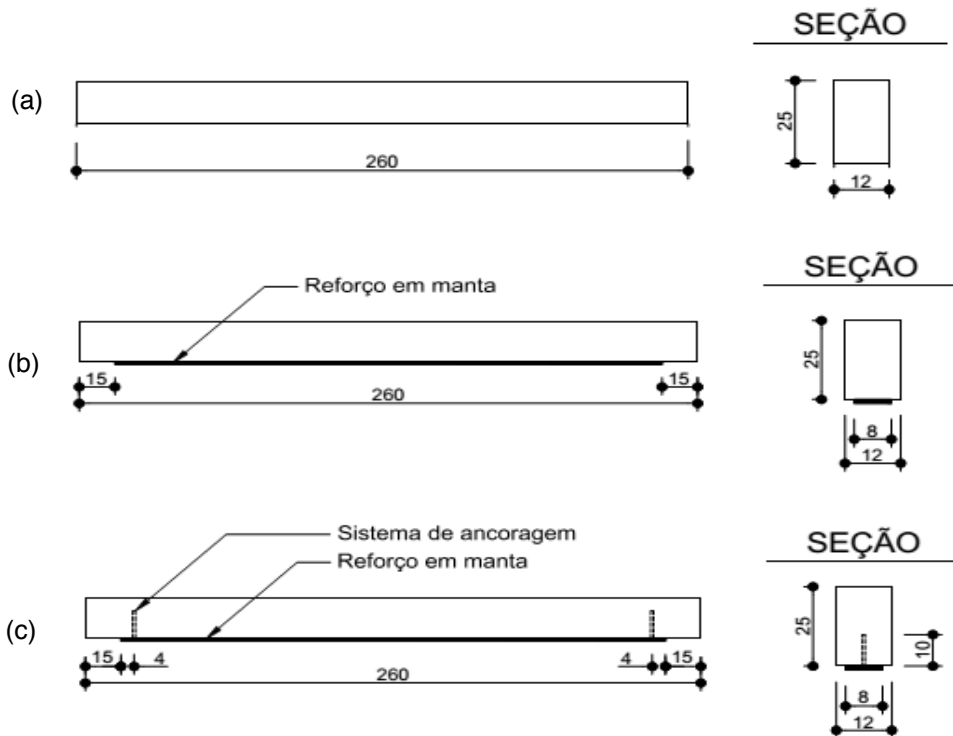


Figura 1 - Detalhamento dos sistemas de reforço e ancoragem à flexão; (a) VFR; (b) VF0; (c) VF1, VF2 e VF3.

O mecanismo de ancoragem estudado visa evitar ou retardar o desprendimento do reforço, através do aumento da rigidez do PRFC em suas extremidades. O tecido foi aplicado em apenas uma camada na face tracionada da viga, no sentido longitudinal ao seu eixo, e sem envolvimento lateral.

O posicionamento do sistema de ancoragem foi definido baseado em alguns estudos que apresentam a região de maior tensão entre o reforço e o concreto. Em função da falta de outros estudos que apresentem o comportamento do mecanismo quando solicitado, optou-se por utilizar essa configuração, podendo ser estendida a pesquisa com outras variáveis, em trabalhos futuros.

O início da aplicação do sistema de ancoragem se deu com a marcação do posicionamento que iriam ser executados.

Após a determinação do local onde seriam executadas as ancoragens, fez-se a furação do concreto onde funcionaria o sistema de ancoragem. Os furos foram feitos com o auxílio de furadeira de impacto equipada com broca de diâmetro de 18 mm e com profundidade de 100 mm. O processo de preparação para aplicação do mecanismo é mostrado na Figura 2.

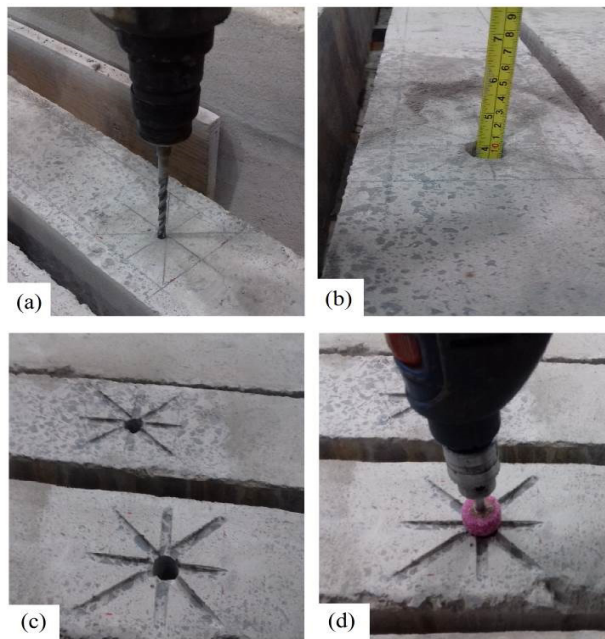


Figura 2 - Preparação para aplicação da ancoragem: (a) furação; (b) conferência da profundidade; (c) execução das fendas, e; (d) arredondamento dos cantos

A aplicação do cordão de fibras de carbono como ancoragem foi realizada seguindo as seguintes etapas. Primeiramente o cordão é cortado ligeiramente maior que a profundidade do furo. O cordão é impregnado com a resina, amarrado na extremidade com abraçadeira plástica para facilitar sua inserção. Em seguida os furos foram preenchidos com o adesivo de injeção até próximo à superfície, com aplicador e adesivo específico para ancoragem em orifícios como os utilizados. Dessa forma, a aplicação do adesivo da ancoragem se iniciou do fundo do furo até a superfície, evitando a presença de ar no local. O cordão, com comprimento maior que a profundidade do furo, tem seu excesso dividido nas oito fendas feitas no concreto e fixada com o adesivo de impregnação do reforço. O sistema de ancoragem aplicado é mostrado na Figura 3.



Figura 2 - Sistema de ancoragem aplicado

Todas as vigas foram submetidas à flexão simples em ensaio por quatro pontos, com o objetivo de se aproximar ao máximo dos esforços provocados por uma carga distribuída, conforme representada pela Figura 4.

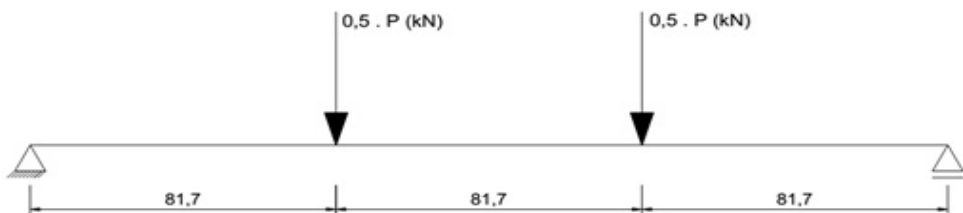


Figura 4 - Esquema de ensaio

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este item apresenta os resultados das cargas de rupturas, deslocamentos verticais e deformações nos materiais de cada viga.

3.1 Carga de fissuração

A avaliação da carga de fissuração foi determinada por uma análise visual, onde foram observadas as cargas referentes ao aparecimento destas fissuras. Em função disso, é importante salientar que, apesar dos cuidados tomados nesta análise visual, os valores podem ser um tanto imprecisos. Na Figura 5 é apresentada a comparação entre as cargas de fissuração das vigas estudadas.

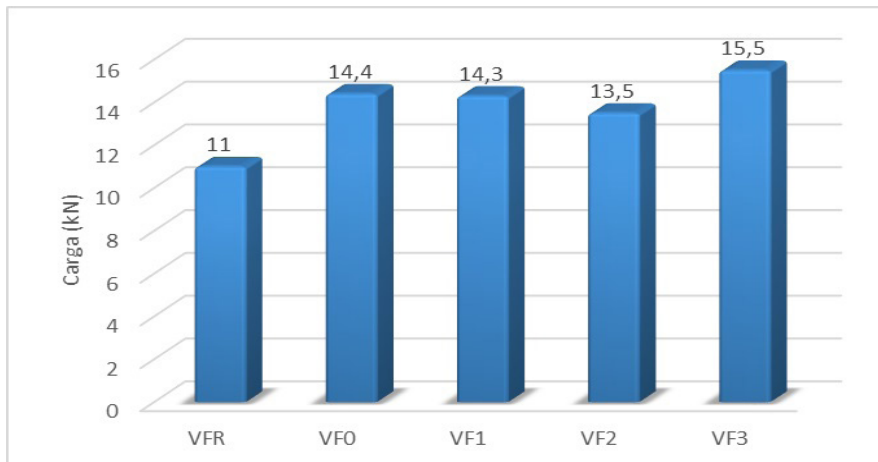


Figura 5 - Cargas de fissuração

Pode-se observar que a viga reforçada sem o mecanismo de ancoragem teve uma carga de fissuração de 30,91% superior à viga de referência. Já para as vigas VF1, VF2 e VF3 verificou-se valores com grande variação, que resultaram em uma média de carga de fissuração igual a 31,21% da viga VFR.

Silva (2001), em sua pesquisa experimental, verificou que somente as vigas com duas ou quatro camadas de reforço tiveram um retardamento do surgimento das primeiras fissuras, as quais resultaram em um acréscimo de carga de 29% e 43% maior que a viga de referência, respectivamente. Para viga com apenas uma camada, o autor observou um aumento de 14% e carga. Dessa forma, concluiu em seu trabalho que para o estado limite de utilização, o comportamento das vigas quanto ao aparecimento das fissuras só seria melhorado a partir da colagem da segunda camada de reforço. (SILVA,2001)

Fortes (2000) destaca em sua pesquisa que, em seu estudo experimental, as vigas reforçadas à flexão com uma camada tiveram suas cargas de fissuração semelhantes à viga de referência. O autor justifica o ocorrido pelo fato de esse efeito ser dependente da resistência do concreto no banzo tracionado, a qual é sensível para pequenos deslocamentos.

Ferrari (2002) em sua dissertação de mestrado, observou que as vigas reforçadas apresentaram um acréscimo médio de carga de fissuração de cerca de 25%. Deve-se destacar que, das oito vigas reforçadas estudadas, cinco obtiveram carga de fissuração 29% maior que a viga de referência.

Dessa forma, pode-se considerar que a intensidade da carga de fissuração das vigas está diretamente ligada com a aderência do reforço com o substrato de concreto, bem como sua quantidade e rigidez. Isso justifica a variabilidade dos resultados obtidos nos estudos.

3.2 Carga de ruptura

Para a análise do carregamento referente à ruptura por flexão das vigas ensaiadas a leitura foi feita por sistema eletrônico. Na Figura 6 é apresentada a intensidade das cargas de ruptura de cada uma das vigas.

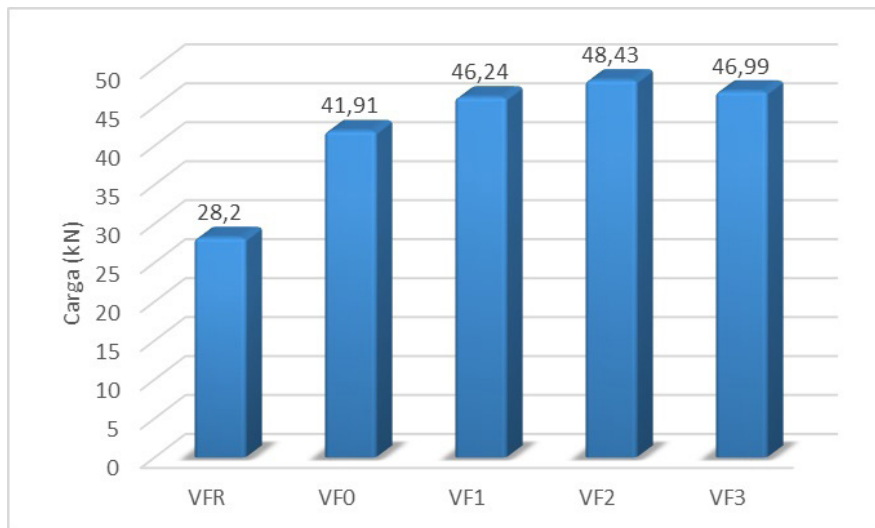


Figura 6 - Cargas de ruptura

A viga reforçada sem o sistema de ancoragem obteve um acréscimo de resistência à flexão de aproximadamente 48,62% em relação à viga de referência não reforçada. Analisando as vigas VF1, VF2 e VF3, foi possível observar que os mecanismos de ancoragem do reforço possibilitaram uma média de resistência à flexão de cerca de 67,44% maior que a viga VFR.

Chahrour e Soudki (2005) observaram que, no estudo experimental, a viga reforçada obteve um acréscimo de resistência à flexão de aproximadamente 26,3%. Para as vigas com mecanismo de ancoragem composto por chapas e parafusos, o incremento de carga foi de 36,2% em média.

Na pesquisa experimental de Beber (2003), as vigas reforçadas com uma camada de tecido em fibras de carbono apresentaram resistência à flexão média de 20,55% maior que a viga de referência não reforçada. Para as vigas reforçadas com seis camadas, esse acréscimo é de 63,4% de média.

Silva, Moreno e Ferreira (2012) utilizaram um mecanismo de ancoragem composto por colagem de tira de tecido lateral. Neste caso, nas vigas reforçadas com uma camada de manta de fibra de carbono, pôde-se observar o alcance do momento fletor último, aumentando a capacidade de carga das vigas em 40%. Já para as vigas compostas

por quatro camadas de tecido, observou-se um incremento da capacidade de carga de aproximadamente 257%.

Silva (2014) constatou em sua análise experimental que as vigas reforçadas, mesmo com um mecanismo de ancoragem composto por tiras de tecido de fibra de carbono colados transversalmente ao reforço, apresentaram colapso por descolamento do reforço ou destacamento do cobrimento.

Para o estudo apresentado, cabe ressaltar que nas vigas VF1, VF2 e VF3 o reforço foi solicitado até sua capacidade máxima. Isso comprova que, se aumentado o número de camadas de tecido, o acréscimo de carga aplicada na viga deve aumentar significativamente em relação às demais.

3.3 Deslocamentos verticais

O deslocamento vertical observado na viga depende de alguns fatores como carga aplicada, vão, tipos de vinculação, características dos materiais e geométrica da peça.

A aplicação de reforço em PRFC em vigas de concreto armado são praticamente desprezíveis para o aumento de sua seção transversal. Entretanto, pelas propriedades da fibra de carbono, o momento de inércia de sua seção tem aumento significativo, influenciando diretamente na rigidez do elemento estrutural.

Na Figura 7 é apresentado o comparativo dos deslocamentos verticais no meio do vão de todas as vigas estudadas. Pode-se observar que, quanto aos deslocamentos verticais, todas as vigas reforçadas tiveram comportamento semelhante até próximo às cargas de ruptura. A viga VF0 apresentou rigidez muito parecida com as demais vigas reforçadas mesmo sem possuir os mecanismos de ancoragem, até a ruína por descolamento.

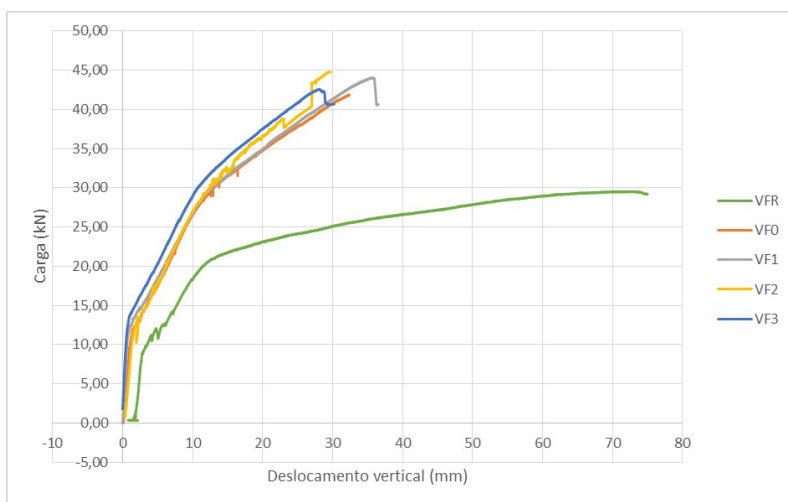


Figura 7 - Deslocamento vertical das vigas

Nesse contexto, é importante analisar na Figura 7 que próximo às cargas de ruptura das vigas VF1, VF2 e VF3 acontecem algumas oscilações na relação carga aplicada por deslocamento vertical, até chegar à carga de ruína. Pode-se atribuir esse fato à uma possível acomodação do reforço e, conseqüentemente, à solitação dos sistemas de ancoragem nas extremidades.

3.4 Deformação específica na armadura

Além das modificações no comportamento das vigas quanto aos deslocamentos verticais, a aplicação de reforço à flexão na face tracionada possibilita que a resistência às tensões de tração da viga seja dividida entre a armadura e a fibra. Dessa forma, a presença de um elemento de reforço conduz a uma redução significativa da deformação específica na armadura e, conseqüentemente, à tensão que atua sobre a mesma. Na Figura 8 é demonstrado o comparativo de deformação específica da armadura de cada uma das vigas analisadas. Através dos resultados de tensão de escoamento do aço utilizado na armadura longitudinal, pôde-se observar que a carga de início de escoamento da armadura da viga de referência foi de 16,74 kN.

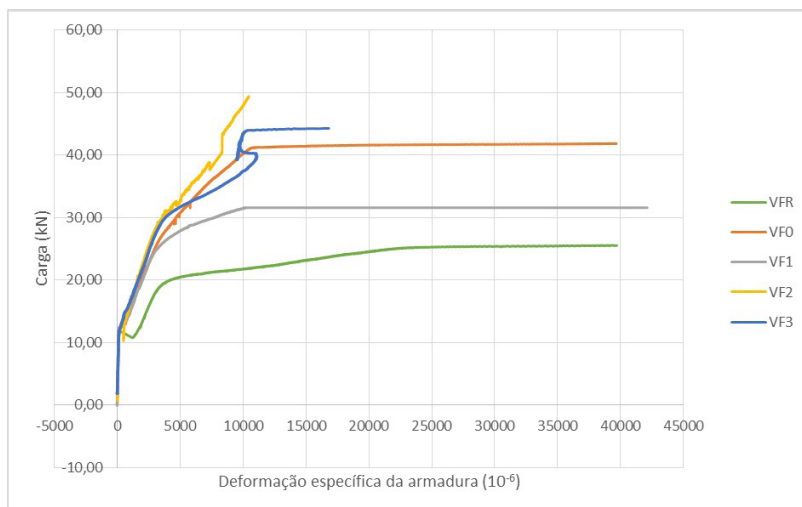


Figura 8 - Deformação específica da armadura

A viga reforçada VF0 confirmou que o reforço acarreta em um retardamento no escoamento do aço. Conforme os dados obtidos no ensaio experimental, o início do escoamento da armadura desta viga aconteceu com aproximadamente 23,73 kN, representando um aumento de 41,76% na carga, com relação à viga VFR.

Nas vigas reforçadas que possuem o mecanismo de ancoragem estudado também apresentaram resultados que confirmaram o aumento de carga para o início do escoamento

da armadura. Foram observadas cargas de 23,54 kN, 26,7 kN e 25,7 kN para o início do escoamento da armadura das vigas VF1, VF2 e VF3, respectivamente.

Pode-se observar que para todas as vigas reforçadas, houve um aumento significativo na carga referente ao escoamento da armadura.

Observa-se também uma sensível redução na deformação específica da armadura de cada viga para uma carga de 16,74 kN, que representa o início do escoamento da viga de referência. Essa redução variou entre 50% e 60%. Estes valores, apresentados na Tabela 1, confirmam que a ação do reforço gera um retardamento no início do escoamento da armadura tracionada.

Viga	Carga de início de escoamento da armadura (kN)	Diferença (%)	Deformação específica na carga de 16,74 kN (10^{-6})	Diferença (%)
VFR	16,74	-	2714,39	-
VF0	23,73	41,76	1320,23	-51,36
VF1	23,54	40,62	1358,54	-49,95
VF2	26,70	59,50	1072,30	-60,50
VF3	25,70	53,52	1073,24	-60,46

Tabela 1 - Comparação entre as cargas e deformações específicas no escoamento do aço

Através da análise dos demais resultados, é possível visualizar que a ação do reforço é considerável também após o escoamento do aço. Pode-se verificar que o compósito atenua grandes deformações. A maior parcela do aumento da capacidade de carga é obtida após o início do escoamento da armadura, visto que a partir deste ponto o reforço passa a ser plenamente solicitado (BEBER,2003).

3.5 Deformação específica no reforço

Os valores de deformação específica do reforço obtidos nesta pesquisa visam complementar os efeitos ocorridos à aplicação das cargas. Na Figura 10 é apresentado o comparativo das deformações específicas ocorridas no compósito de PRFC.

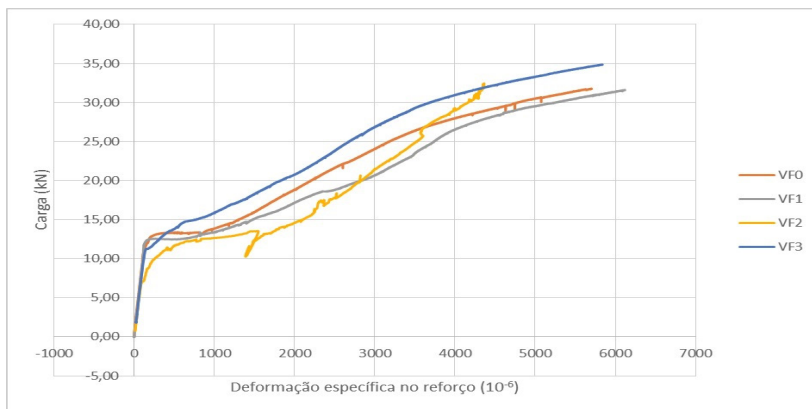


Figura 10 – Deformação específica no reforço

Analisando os resultados já apresentados, pode-se comprovar que a utilização de reforços em PRFC em vigas de carbono tem papel fundamental no aumento da rigidez e da resistência final das vigas.

É possível observar que, assim como a armadura e o concreto, o reforço começa a se deformar consideravelmente após aplicação de 10 kN para todas as vigas. Pode-se verificar inclusive, que o reforço tem sua atuação intensificada a partir da carga de início do escoamento de cada uma das vigas.

4 | CONCLUSÕES

Conforme já apresentado em outras bibliografias, constatou-se um excelente desempenho das vigas reforçadas com fibra de carbono quanto ao incremento de capacidade de carga e ductilidade das vigas.

A viga reforçada sem o mecanismo de ancoragem proposto apresentou modo de ruptura frágil, caracterizado pelo desprendimento do tecido em fibra de carbono do substrato de concreto. Porém, com a inserção do sistema de ancoragem composto por cordão de fibra de carbono, as vigas estudadas apresentaram colapso caracterizado pela ruptura do reforço.

Com a utilização do sistema de ancoragem, foi possível atingir acréscimo de capacidade de carga de 67,44%, em média. Considerando que as extremidades (nas ancoragens) não sofreram nenhum dano, e que o reforço foi composto por uma camada somente, esse percentual de incremento de carga pode ser maior com a adição de um número de camadas maior no reforço. Destaca-se que com a utilização de mais camadas de reforço, deve haver um acréscimo de resistência do sistema em função da ação do mecanismo de ancoragem, o que conclui a eficiência do cordão.

O comportamento das vigas reforçadas quanto aos deslocamentos verticais foi

semelhante entre as vigas com e sem o mecanismo de ancoragem. As vigas que dispunham do mecanismo tiveram pequena vantagem do aumento de rigidez.

A leitura das deformações específicas mostrou que o reforço nas vigas acaba retardando o início do escoamento do aço e também diminui a deformação no concreto.

Por fim, verifica-se que o sistema estudado pode possibilitar o aproveitamento da capacidade máxima de tração do reforço, sem o descolamento ou desprendimento do compósito.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, pelo incentivo ao desenvolvimento científico. À Sika Brasil, pelo fornecimento do material de reforço utilizado na pesquisa. Ao Centro Universitário Dinâmica das Cataratas pela disponibilização dos laboratórios para execução dos ensaios.

REFERÊNCIAS

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **ACI 440.2R: Guide for the design and construction of externally bonded FRP systems for strengthening concrete**. St. Farmington Hills, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: NBR-6118. **Projeto de Estruturas de Concreto**. Rio de Janeiro; 2014.

BEBER, Andrei José. **Comportamento estrutural de vigas de concreto armado reforçadas com compósitos de fibra de carbono**. 2003. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 289 f. 2003.

CHAHROUR, Ali; SOUDKI, Khaled. **Flexural response of reinforced concrete beams strengthened with end-anchored partially bonded carbon**. Journal of Composites for Construction. [S.l.], p. 170-177. abr. 2005.

FÉDÉRATION INTERNATIONALE DU BÉTON. **BULLETIN 14: Design and use of externally bonded fibre reinforced polymer reinforcement (FRP EBR) for reinforced concrete structures**. Patras, 2001.

FERRARI, Vladimir José. **Reforço à flexão em vigas de concreto armado com manta de fibra de carbono: mecanismos de incremento de ancoragem**. 2002. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 213 f. 2002.

FORTES, Adriano Silva. **Vigas de concreto armado reforçadas com fibras de carbono**. 2000. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 246 f. 2000.

MENDES, Rui Veloso; SILVA COSTA, António da. **Sistemas de Ancoragem para Laminados CFRP em elementos de Betão Armado**. Encontro Nacional Betão Estrutural, Lisboa, out. 2010.

MENON, Nara Villanova; PADARATZ, Ivo José. **Desempenho de duas técnicas de reforço ao cisalhamento em vigas de concreto armado através de inserção de laminados de CFRP**. Revista Tecnológica, [S.l.], v. 17, p.19-28, 2008.

SILVA, Augusto Ottoni Bueno da. **Reforço à Flexão de Vigas de Concreto de Elevada Resistência por Meio da Colagem de Manta Polimérica Reforçada com Fibras de Carbono**. 2001. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 405 f. 2001.

SILVA, Augusto Ottoni Bueno da; MORENO JÚNIOR, Armando Lopes; FERREIRA, Gisleiva Cristina dos Santos. **Capacidade resistente e modos de ruptura de vigas de concreto armado reforçadas à flexão com fibras de carbono**. Engenharia Civil. [S.l.], p. 297-303. set. 2012.

SILVA, Juliano Rodrigues da. **Reforço híbrido à flexão de vigas “T” de concreto armado com compósitos de fibras de carbono e fibra**. 2014. Tese (Doutorado) - Universidade de Brasília, Brasília, 245 f. 2014.

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