

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 Cremona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



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

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

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

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

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

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

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

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
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. Alexandro 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 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 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

ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO: COLABORAÇÃO DO CONCRETO ENTRE FISSURAS

Data de aceite: 01/02/2021

Data de submissão: 06/11/2020

Isabela Cristina Ferreira Faria

Universidade Federal de Itajubá
Itajubá – MG

<http://lattes.cnpq.br/7469868934701220>

Valquíria Claret dos Santos

Universidade Federal de Itajubá
Itajubá – MG

<https://orcid.org/0000-0001-7744-3262>

Mirian de Lourdes Noronha Motta Melo

Universidade Federal de Itajubá
Itajubá – MG

<https://orcid.org/0000-0001-9668-7799>

Valesca Donizeti de Oliveira

Universidade Federal de Itajubá
Itajubá-MG

<https://orcid.org/0000-0002-1781-8605>

Paulo Cesar Gonçalves

Universidade Federal de Itajubá
Itajubá – MG

<https://orcid.org/0000-0001-7391-9972>

RESUMO: Em decorrência do comportamento quase frágil do concreto quando submetido aos esforços de tração, é de vital importância o estudo e prevenção da formação e propagação de fissuras. Devido ao complexo mecanismo que envolve o fenômeno de fissura, percebe-se uma limitação na verificação adequada do estado de fissuração nos elementos de concreto

fletidos, podendo comprometer severamente sua durabilidade. De acordo com as especificações da NBR 6118:2014, no dimensionamento de estruturas de concreto armado aos esforços de flexão simples no Estado Limite Último (ELU), as tensões resistentes do concreto tracionado na seção transversal devem ser desprezadas. O objetivo deste estudo é quantificar experimentalmente os esforços de tração absorvidas parcialmente pelo concreto íntegro entre fissuras de seções transversais fletidas e comparar com os modelos analíticos apresentados em normas vigentes. São desenvolvidas análises experimentais, por meio de modelos reduzidos de vigas de concreto com e sem armaduras, sujeitas a ensaios de flexão simples a quatro pontos. Os resultados possibilitaram demonstrar a colaboração do concreto entre fissuras e alívio de parte das tensões de tração, as quais as barras da armadura estão submetidas. Ainda é apresentado um estudo comparativo do cálculo de deformação excessiva em vigas de concreto armado fletidas, a partir de dois modelos analíticos embasados nas normas NBR 6118:2014 e a CEB Desing Manual on Cracking and Deformations:1985. Os resultados demonstram que um modelo analítico adequado deverá levar em conta, além da não-linearidade física e dos efeitos de fluência e retração, a colaboração do concreto entre fissuras.

PALAVRAS-CHAVE: Viga de concreto armado; Flexão simples; Colaboração do concreto entre fissuras.

REINFORCED CONCRETE STRUCTURES: CONCRETE COLLABORATION BETWEEN CRACKS

ABSTRACT: As a result of the almost brittle behavior of concrete when subjected to the tensile stresses, it is of vital importance the study and prevention of the formation and propagation of cracks. Due to the complex mechanism that involves the phenomenon of crack, a limitation is verified in the adequate verification of the state of cracking in the bending concrete elements, which can severely compromise its durability. According to the specifications of NBR 6118:2014, in the dimensioning of reinforced concrete structures to the simple bending stresses in the Ultimate Limit State (ELU), the resistant stresses of the tensiled concrete in the transversal section must be scorned. The objective of this study is to experimentally quantify the tensile stresses partially absorbed by the integral concrete between bending section transversal cracks and to compare with the analytical models presented in current norms. Experimental analyzes are carried out by means of reduced models of concrete beams with and without reinforcement, subjected to four point simple bending tests. The results allowed to demonstrate the concrete collaboration between cracks and relief of part of the tensile stresses to which the reinforcing steel are submitted. A comparative study of the calculation of excessive deformation in bending reinforced concrete beams is presented, based on two analytical models according on the norms NBR 6118:2014 and the CEB Desing Manual on Cracking and Deformations: 1985. The results demonstrate that an adequate analytical model should take into account, in addition to the physical non-linearity and the effects of creep and retraction, the concrete collaboration between cracks.

KEYWORDS: Reinforced concrete beam; Simple bending; Collaboration of concrete between cracks.

1 | INTRODUÇÃO

O concreto é considerado um dos materiais mais empregados na construção civil. Somado a contínua busca por estruturas cada vez mais esbeltas e com maior vão livre, estes fatores levaram a complexos problemas de patologias. Porém, com o desenvolvimento tecnológico, percebeu-se, ao longo do tempo, o aumento do conhecimento sobre estruturas e materiais, em particular através do estudo e análise dos erros evidenciados pela deterioração precoce ou em acidentes. As principais causas que provocam a deterioração do concreto são as químicas, físicas e mecânicas, sendo estas, em maior ou menor intensidade, as que causam a formação e propagação de fissuras. [FIORITI et. al , 2017]

Sendo inevitável um estado de fissuração nas estruturas de concreto, critérios estabelecidos por normas objetivam garantir a durabilidade por meio de adequado controle da abertura das fissuras, conforme prescrito nos Estados Limites de Serviço (E.L.S.). Já do ponto de vista da capacidade resistente portante, relativa ao Estado Limite Último (E.L.U.), a norma brasileira parte-se da hipótese que o concreto tracionado não colabora com a resistência no equilíbrio das solicitações atuantes. Porém, as respostas de determinadas estruturas de concreto, como as vigas subarmadas, são muito dependentes da colaboração do concreto tracionado entre fissuras.

O presente trabalho aborda o comportamento das estruturas de concreto fissuradas e tem como objetivo principal demonstrar, por meio de estudos analíticos e experimentais, a contribuição do concreto entre fissuras. Os resultados obtidos nos ensaios de vigas de concreto à flexão a quatro pontos, em modelo de escala reduzido, puderam comprovar que a redução de rigidez após o início do estado de fissuração são inferiores aos obtidos no cálculo convencional, o qual considera a seção no estágio II puro. A motivação do estudo proposto está relacionada à sua relevante importância no âmbito das análises dos E.L.S, procurando contribuir com a durabilidade das estruturas de concreto concomitantemente com a sustentabilidade.

2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Concreto e suas características mecânicas

A natureza intrínseca do concreto, como sua composição heterogênea e condições de porosidade, é responsável pela sua limitada resistência à tração, sendo o aço imprescindível para equilíbrios dos esforços solicitantes.

A deficiência do concreto na região tracionada deve-se, principalmente, a falha localizada na zona de transição entre a pasta cimentícia e os agregados [AL-BAYATI, TIGHE e BAAj, 2016, e ROSSIGNOLO, 2007]. Nesta região podem ser desenvolvidas diversas microfissurações e a propagação do estado de fissuração governará o comportamento mecânico do concreto estrutural, pois provoca uma diminuição da rigidez e, conseqüentemente, um aumento das deformações afetando a durabilidade do concreto [TRIGO e LIBORIO,2014].

2.2 Comportamento do concreto nas regiões de fissuras

Os estudos dos problemas ocorridos em materiais frágeis fissurados permitiram o desenvolvimento inicial de modelos que ajudaram a identificar a propagação de fissuras a partir da taxa de liberação de energia armazenada no material [RABCZUK, 2013]. O concreto possui um comportamento intermediário entre frágil e dúctil, denominado quase frágil. Diferentemente do comportamento dos materiais frágeis fissurados, nos quais a distribuição de tensões na ponta da fissura, teoricamente, tende ao infinito, no concreto e outros materiais quase frágeis, a tensão máxima na ponta da fissura atinge o limite da tensão intrínseca do material (Figura 1-a). Este comportamento é fundamentado em parte pelas características particulares do concreto, como vazios de variados tamanhos e microfissuras na zona de transição entre os agregados e a matriz da pasta de cimento, presentes à frente da extremidade da fissura. Nestes materiais, a zona de processo se apresenta com dimensões maiores comparadas com as que ocorrem nos materiais frágeis [SURENDRA e OUYANG, 1992]. Vários estudos [DUAN, HU e WITTMANN, 2006; BAŽANT, 1990; BAŽANT e LI, 1996; TANG et. al., 1996; BIOLZI, LABUZ, MUCIACCIA,

2010) experimentais a partir de espécime de concreto com entalhe submetido à flexão permitiram demonstrar uma zona de microfissuras se desenvolvendo na região à frente da extremidade do entalhe, a qual reduz, consideravelmente, a concentração de tensões neste ponto. Nesta região ocorre transferência de tensões normais entre as faces da fissura coesiva, que é uma propriedade intrínseca dos materiais quase frágeis. As faces da fissura não estão totalmente separadas e surgem forças internas atrativas, denominadas forças coesivas (Figura 1-b), as quais tendem a resistir aos esforços de tração atuantes, embora em reduzida intensidade [PETERSSON, 1981].

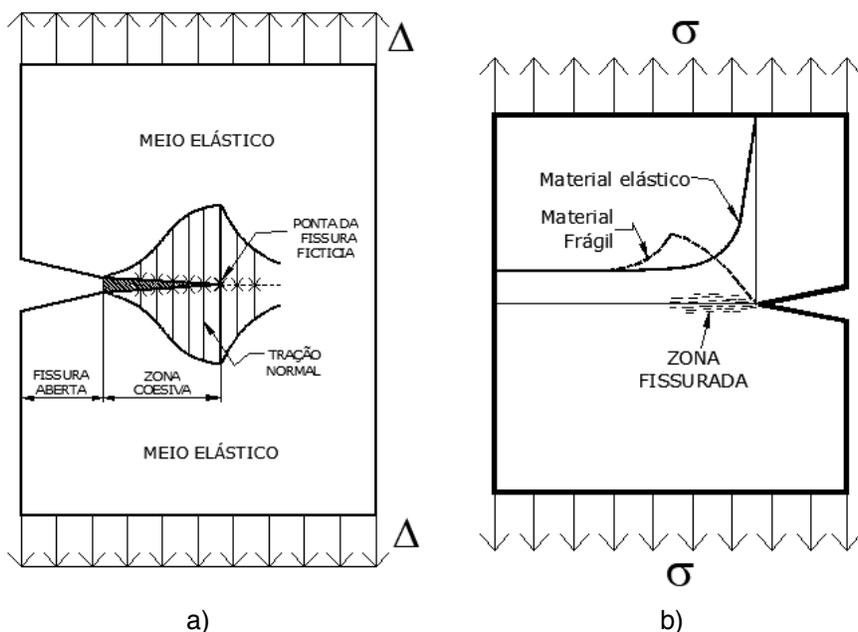


Figura 1- a) Distribuição de tensões na ponta da fissura (Adaptado PETERSON, 1981).
b) Modelo de zona coesiva. (Adaptado HILLERBORG, 1976)

2.3 A colaboração do concreto entre fissuras

No cálculo convencional das vigas de concreto armado, todas as seções transversais da viga “trabalham” no denominado estágio II puro, ou seja, despreza-se totalmente a colaboração do concreto entre fissuras (LEONARDT e MÖNNIG, 1978).

Porém, após a fissuração, as tensões não cessam. O esforço de tração é transmitido pela armadura ao concreto situado entre fissuras, que se encontra íntegro e colabora na resistência à tração em vigas subarmadas. Este efeito é conhecido na literatura como *tension-stiffening* [ACI Committee 224, 2001]. No processo de transmissão de esforços, as tensões de tração nas zonas não fissuradas são absorvidas parcialmente pelo

concreto (denominada de tensão resistente fictícia - Figura 2), aliviando as tensões no aço, diferentemente do que ocorre nas regiões já fissuradas, cujas tensões são transmitidas integralmente para o aço [ALLAM et al., 2013; ARAÚJO, 2003].

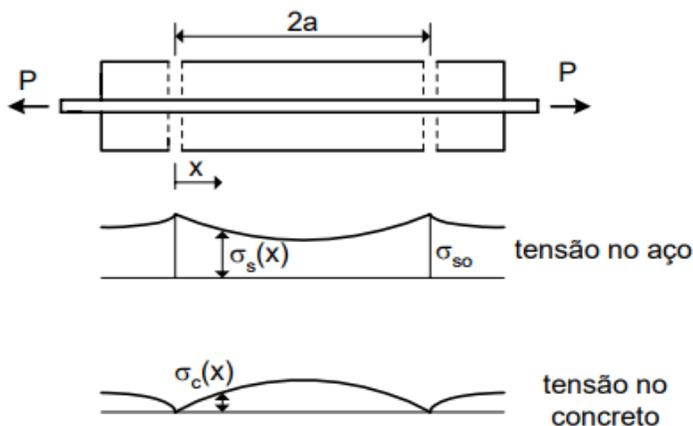


Figura 2 - Elemento fissurado sob tração simples (ARAÚJO (2003))

3 I MATERIAIS E MÉTODOS DA PESQUISA

A metodologia deste trabalho consiste em modelos reduzidos de vigas para ensaios de flexão de quatro pontos, cuja finalidade é permitir análise embasadas nos critérios dos E.L.U. e em desenvolvimento analítico a partir de modelos e equações apresentados pelas normas europeia CEB *Desing Manual on Cracking and Deformations:1985* e brasileira NBR 6118:2014.

3.1 Métodos experimentais

As modalidades dos ensaios à flexão mais comuns são flexão em três pontos e flexão em quatro pontos, normatizadas pelas ASTM C78, ASTM C293, ambas para concreto e ABNT NBR 12142:2010, conforme apresentado em literatura pertinente. No presente trabalho, convencionou-se realizar o ensaio de flexão em quatro pontos.

Foram confeccionados quatro corpos de prova de modelo reduzido de viga, sendo dois sem armadura e dois com armadura longitudinal de diâmetro de 5mm em aço CA50. As armaduras longitudinais foram alojadas com auxílio de três estribos verticais, conforme ilustrada na Figura 3. Devido a certas restrições geométricas da máquina Universal Time Testing Machines, modelo WAW-1000C, do laboratório de Materiais/Estruturas da UNIFEI, utilizada nos ensaios a flexão (Figura 4), o comprimento dos espécimes sofreram pequenos ajustes, em detrimento da norma NBR 12142:2010, na qual prevê os modelos de vigas de concreto com comprimento igual a três vezes o valor da distância dos cutelos de aplicação

de força.



Figura 3 - Armaduras e fôrmas utilizadas (Autor)



Figura 4 - Ensaio de flexão à quatro pontos (Autor)

O traço para produção do concreto seguiu os procedimentos indicados por Tutikian e Helene (2011) para classe C20. O traço, cujas quantidades de materiais estão apresentadas na Tabela 1, levou em conta a relação água/cimento de 0,6, conforme indicado na NBR 6118/2014, para uma classe de agressividade ambiental II considerando um ambiente urbano.

Material	Quantidade
Areia Média	38,60 kg
Brita 1	38,30 kg
Água	9,65 l
Cimento	16,08 kg

Tabela 1 - Quantidade de materiais corrigida

Fonte: Autor

O slump do concreto foi verificado de acordo com a norma NBR NM 67/1998, atingindo em média 7,4 cm, atendendo o valor esperado, conforme faixa de valores limites

de 5 a 10 cm, apresentada por Neville e Brooks (2013).

O preenchimento da fôrma foi realizado de acordo com as prescrições da norma ABNT NBR 5738:2003. Ao processo de cura, as vigas foram submersas e saturadas por um período de 28 dias.

Após o processo de cura, os entalhes foram executados na parte inferior das vigas. A presença do entalhe leva a uma seção transversal fragilizada permitindo o início e propagação de forma melhor controlada da fissura (Figura 5). As dimensões do entalhe seguiram as recomendações da RILEM TC 162-TDF (2000), observando a relação altura do entalhe com a altura da viga de 0,167mm e espessura de 3mm.



Figura 5: Propagação da fissura através do entalhe (Autor)

O ensaio foi realizado por incremento de força controlada a uma taxa mínima de 0,05 kN/s. Segundo a literatura, a adoção de baixa velocidade de ensaio, especialmente no trecho inicial, tem a função de minimizar a ocorrência da instabilidade pós-pico (ASTM C78).

Para comparação entre os resultados foram realizados ensaios à tração de barras de aço CA50 de 5mm de diâmetro. Este ensaio foi realizado com base na norma NBR 6152/2002, utilizando a Máquina Universal, supracitada.

3.2 Métodos analíticos

A metodologia analítica se baseia nos procedimentos apresentados pela norma europeia CEB (1985) e pela norma brasileira NBR 6118:2014 para o E.L.U. – Deformações excessivas, em relação ao Estádio I e ao Estádio II, com o objetivo de demonstrar a colaboração do concreto entre fissuras. A viga utilizada no modelo analítico é demonstrada na Figura 6.

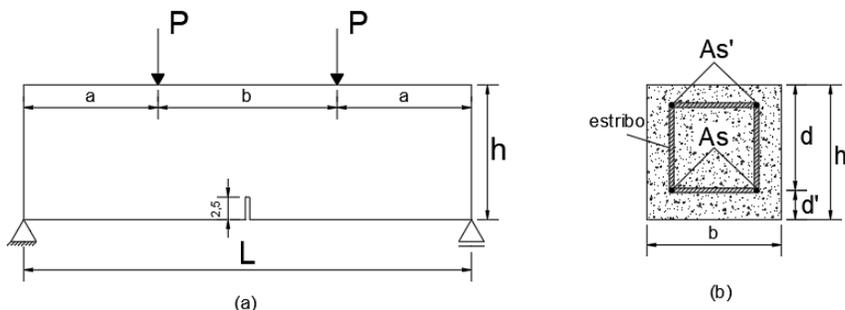


Figura 6: (a) Seção longitudinal da viga, vinculações e carregamento. (b) Seção transversal da viga. (Autor)

3.2.1 Método bilinear do comite euro-international do beton (CEB)

De acordo com o item 3 da CEB *Desing Manual on Cracking and Deformations* (1985), no Estágio I o deslocamento vertical (flecha) pode ser calculado pela Equação 1.

$$W_1(t_0) = \frac{P_k \cdot a (3l^2 - 4a^2)}{24 K_I} \quad \text{(Equação 1)}$$

sendo: \$W_1\$: flecha [m]; \$t_0\$: idade do concreto, no caso, 28 dias; \$P_k\$: carga de serviço [kN]; \$l\$: comprimento da viga [m]; \$a\$: distância entre a força e a seção de extremidade da viga [m]; \$K_I\$: rigidez no Estádio I [kN.m\$^2\$], obtido pela Equação 2.

$$K_I = k_1 b d^3 E_{cs} \quad \text{(Equação 2)}$$

em que: \$k_1\$: coeficiente para cálculo de rigidez apresentada no item 3 da CEB/85; \$b\$: largura da viga [m]; \$d\$: altura útil da viga [m]; \$E_{cs}\$: módulo de deformação longitudinal secante [kN/m\$^2\$].

No Estágio II puro, o deslocamento vertical é obtido pela expressão:

$$W_2(t_0) = \frac{P_k \cdot a (3l^2 - 4a^2)}{24 K_{II}} \quad \text{(Equação 3)}$$

em que: \$K_{II}\$: rigidez à flexão no Estádio II puro obtido pela equação 4 [kN.m\$^2\$].

$$K_{II} = k_2 b d^3 E_{cs} \quad \text{(Equação 4)}$$

em que: \$k_2\$: coeficiente para cálculo de rigidez apresentada no item 3 CEB/85.

O deslocamento vertical total leva em consideração o concreto tracionado entre fissuras (Eq. 5).

$$W = (1-\eta)W_1 + \eta W_2 \quad \text{(Equação 5)}$$

em que: \$\eta\$: coeficiente de interpolação dado no item 3.1.11 da CEB/85.

3.2.2 Método da NBR 6118

De acordo com a NBR 6118:2014, o deslocamento vertical em vigas pode ser calculada por processo simplificado apresentado pelo ACI.

$$W(t_0) = \frac{P_{k.a} (3l^2 - 4a^2)}{24 \frac{EI}} \quad (\text{Equação 6})$$

em que: EI : rigidez equivalente calculada pela Equação 7, apresentada no item 17.3.2.1 da NBR 6118:2014 que se baseia na fórmula de Branson, de 1968 (NBR 6118:2014).

$$(EI)_{eq,t_0} = E_{cs} \left\{ \left(\frac{M_r}{M_a} \right)^3 I_c + \left[1 - \left(\frac{M_r}{M_a} \right)^3 \right] I_{II} \right\} \leq E_{cs} \cdot I_c \quad (\text{Equação 7})$$

em que: I_c : momento de inércia de seção bruta de concreto [cm^4]; I_{II} : momento de inércia de seção fissurada de concreto no estágio II, [cm^4]; M_a : momento fletor na seção crítica do vão considerado [kN.cm]; M_r : momento de fissuração do elemento estrutural [kN.cm]; E_{cs} : módulo de elasticidade secante do concreto [MPa].

4 | ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Resultados experimentais

A Figura 7 representa a curva carga (kN) x flecha (mm) para vigas não armadas.

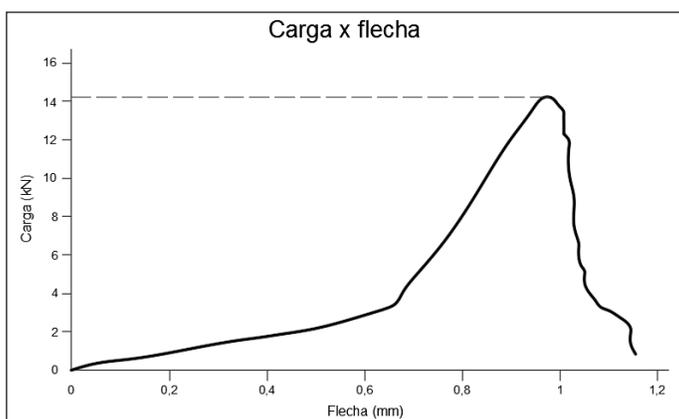


Figura 7: Gráfico Carga x flecha para viga não armada. (Autor)

Percebe-se que a carga máxima atingida (pico de carga) foi de, aproximadamente, 14,2 kN, que corresponde a tensão crítica de 3,2 MPa. Até o pico de carga pode-se

entender que a viga se encontra no Estádio I (relativo a um comportamento próximo do elástico-linear). No momento em que a carga atinge o valor de pico surge a primeira fissura, caracterizando a passagem para o Estádio II. Com a continuidade do carregamento desenvolve-se o processo de fissuração. As microfissuras se formam em uma zona frágil do material, denominada zona do processo de fratura ou zona coesiva, neste caso com trajetória referente ao entalhe (ARAÚJO, 2003). Com o contínuo aumento dos deslocamentos verticais, a formação de microfissuras é generalizada e a estrutura não é capaz de absorver mais carga, observado na parte descendente da curva, caracterizando um comportamento frágil à tração, com ruptura brusca.

Para o modelo de viga armada, a curva resultante é demonstrada na Figura 8..

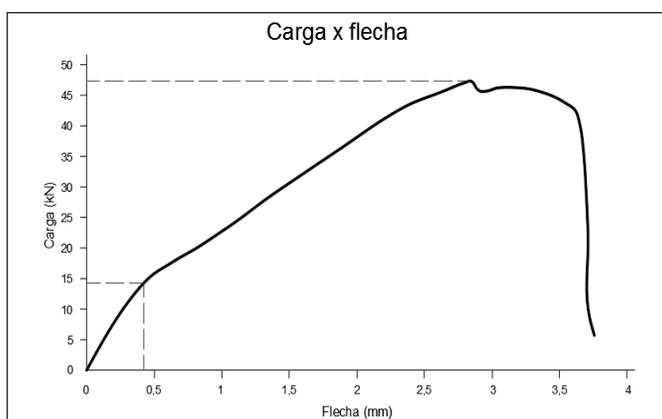


Figura 8: Gráfico Carga x flecha para a viga armada. (Autor)

É possível perceber nos resultados obtidos no modelo da viga armada que o trecho ascendente inicial da curva, limitado por uma carga de aproximadamente 14,9 kN, possui uma não-linearidade suave. Segundo a NBR 6118:2014, no seu item 17.3.3.2, pode-se considerar este trecho um comportamento linear, porém orienta a desprezar a resistência à tração do concreto. Como esperado, os resultados obtidos na curva na Figura 8 apresentam a carga máxima superior ao resultado obtido no modelo de viga não armada (Figura 7). A carga de pico, neste caso, foi de aproximadamente 47 kN, que corresponde a uma tensão de 10 MPa.

Os resultados obtidos do ensaio à tração realizado na barra de aço isolada estão representados na curva na Figura 9.

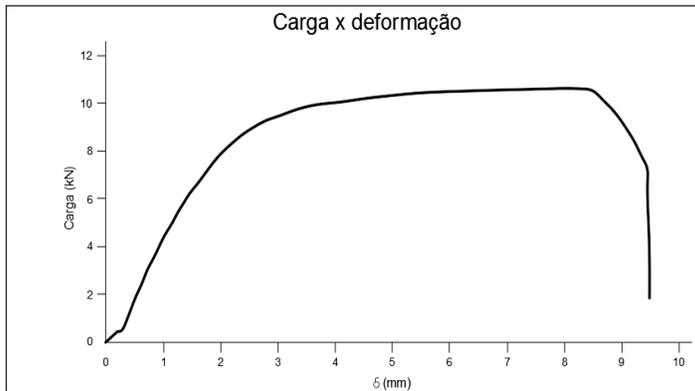


Figura 9: Gráfico carga x deformação para o aço. (Autor)

A partir da análise entre as curvas apresentadas nas Figuras 8 e 9, pode-se perceber certa semelhança entre o comportamento à flexão da viga de concreto armado e da barra de aço isolada. É bastante razoável admitir que ocorra interferência do concreto no modelo da viga à flexão na região tracionada, no que tange a sua resistência a tração, a qual é identificada na curva correspondentes aos trechos inicial e intermediário (antes do pico de carga), de acordo com a Figura 8.

4.1.1 Comparação e discussão entre os resultados experimentais

Percebe-se no trecho inicial da curva dada na Figura 8, um comportamento praticamente linear. Ao comparar o valor de carga atingida no final do trecho com o valor de pico de carga apresenta na Figura 7, observa-se uma relação proporcional inferior a 5%, permitindo interpretar que esta parte da curva indica o início do efeito do estado de fissuração na viga armada, cujas tensões de tração são transferidas para o aço nas regiões de abertura de fissuras.

De acordo com os critérios da NBR 6118:2014, os resultados referentes a parte da curva tensão x deslocamento vertical para o concreto armado, na região fissurada pós pico de carga (ilustrada após o trecho inicial da curva na Figura 8) é desprezada. Porém, é possível perceber que a estrutura ainda seria capaz de absorver esforços até atingir a ruptura. Desta maneira, o caráter rigoroso e cauteloso da norma fica evidente.

Ainda no contexto de evidenciar a colaboração do concreto entre fissuras, os resultados obtidos dos ensaios do modelo de viga armada e da barra de aço isolada (Fig. 10.a) foram comparados com os resultados da literatura (ARAÚJO, 2003), conforme Figura 10.b. É possível constatar que os resultados obtidos para a viga armada, a partir da abertura da primeira fissura, não caracterizam tração pura, como ocorre no ensaio da barra de aço isolada. Em outras palavras, após o trecho inicial da curva (aproximadamente linear), o concreto tracionado ainda colabora com a resistência a tração e, conseqüentemente,

absorve mais carga, diferente do comportamento que caracteriza o estágio II puro. Segundo Carvalho (2007), a resistência à tração pura corresponde, aproximadamente, 60% da resistência obtida pelo ensaio à flexão. Desta forma, os valores de carga foram corrigidos de 60% a partir dos resultados apresentados na Figura 8. Estes resultados corrigidos são comparados com os resultados obtidos na curva de ensaio de tração do aço (Figura 9).

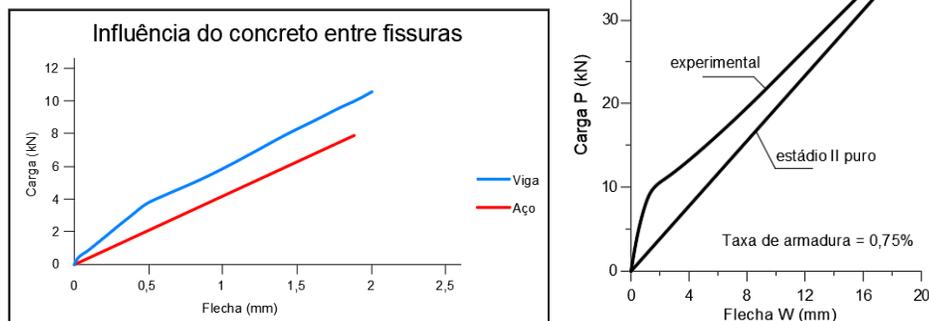


Figura 10: Curvas viga a flexão e aço a tração. (a) Análise proposta. (b) Araújo (2003)

Pode-se perceber que as curvas da Figura 10 apresentam comportamento muito semelhante com as curvas apresentadas no trabalho de Araújo (2003), de acordo com a Figura 11.

É possível observar nos resultados da Figura 10 que, para um mesmo deslocamento vertical, há um aumento de carga aplicada no ensaio da viga armada à flexão, quando comparado aos valores obtidos no ensaio à tração pura do aço, evidenciando que a consideração do estágio II puro no dimensionamento de estruturas fletidas de concreto armado é razoavelmente conservadora. Ademais, os resultados experimentais obtidos nos ensaios neste trabalho corroboram com a relevante dependência da colaboração do concreto tracionado entre fissuras em vigas subarmadas.

4.2 Resultados analíticos

Os resultados obtidos a partir dos critérios das normas NBR 6118:2014 e da CEB *Desing Manual on Cracking and Deformations:1985* estão apresentados na Tabela 2. Os parâmetros e valores empregados no cálculo obedecem as seguintes observações:

- A viga é considerada como biapoiada devido o tipo de vinculação da máquina Universal;
- A carga utilizada foi o valor de serviço (não há majoração) para a carga de pico

atingida no ensaio à flexão para a viga não armada, representada na Figura 7;

- A altura útil (d') foi determinada com base na altura do entalhe. Visto que o entalhe teria uma altura de 2,5 cm, para evitar atingir a barra de aço no momento do corte na viga, a armadura foi posicionada a 3,0 cm do fundo da fôrma;
- A tensão resistente à tração foi considerada como 60% do valor de pico obtido para o ensaio da viga não armada, já que não caracteriza tração pura, segundo Carvalho (2007), como supracitado;
- A resistência a compressão característica, f_{ck} , foi obtida utilizando a expressão apresentada no item 8.2.5 da NBR 6118 aplicando 60% da tensão à tração obtida. Para o traço do concreto foi estimado uma resistência de 20 MPa, porém, como não foram realizados ensaios à compressão do concreto e o traço foi modificado para melhor trabalhabilidade, optou-se pelas simplificações apresentadas na NBR 6188/2014, no item 8.2.5;
- De acordo com o item 1.1 da CEB/85, para os valores de β_1 e β_2 no cálculo do coeficiente de interpolação, foram consideradas barras de alta aderência e primeiro carregamento, já que é um ensaio de aplicação rápida de carga.

	Método bilinear - CEB	NBR 6118
Momento solicitante	1,061 kN.m	1,061 kN.m
Momento de fissuração	1,096 kN.m	1,595 kN.m
Flecha total	0,027 mm	0,036 mm

Tabela 2: Resultados para flecha total na viga armada

Fonte: Autor

Salientando que a carga utilizada nos cálculos foi a carga de pico obtida no ensaio para a viga não armada, a qual caracteriza a abertura da primeira fissura, pode-se perceber que o momento de fissuração, o qual indica o esforço limite a partir do qual a primeira fissura se desenvolve, obtido pela expressão da CEB/85 apresenta valor inferior ao obtido pela expressão da NBR 6118:2014 e está mais próximo do valor de momento atuante obtido com a carga de ensaio. Ainda constata-se certa disparidade nos resultados obtidos pela norma brasileira, uma vez que o valor do momento de fissuração apresenta-se superior ao momento atuante, o que indica, teoricamente, que todas as seções da viga estejam trabalhando apenas no Estádio I, sem a presença de fissuras. Ao não identificar um estado de fissuração, entende-se que, na seção crítica da viga, o momento de inércia leva em conta a seção bruta e, portanto, deveria apresentar um valor de flecha inferior ao valor obtido pelo método da CEB, uma vez que a rigidez é maior.

De acordo com Carvalho (2007), o modelo proposto de Branson, empregado pela

norma brasileira, admite um único momento de inércia (inércia equivalente) para todo o elemento de concreto, apresentando trechos fissurados e não-fissurados. No modelo de viga ensaiado pode-se perceber, com a diferença de valores de flecha para cada um dos métodos, a colaboração do concreto entre fissuras visto que a CEB considera esse efeito em suas equações, obtendo um valor menor para a flecha, diferente dos preceitos da NBR 6118. Vale salientar que os resultados obtidos pelas expressões analíticas caracterizam o corpo de prova como um todo, e não apenas para uma seção única. Por outro lado, os valores obtidos nos ensaios são governados pela seção crítica ao carregamento. Pode-se interpretar que no pico de carga, na seção transversal central da viga (seção crítica no ensaio à quatro pontos), ocorrem as primeiras fissuras, caracterizando Estádio II puro. A partir desta análise, passou-se a proceder os cálculos utilizando apenas o valor do momento de inércia representativo ao Estádio II e não o valor médio proposto pelos códigos. A Tabela 3 apresenta os valores de flecha empregando o momento de inércia calculado no Estádio II.

	Método bilinear - CEB	NBR 6118
Flecha para Estádio II	0,330 mm	0,328 mm

Tabela 3: Flechas para a seção crítica da viga armada

Fonte: Autor

De acordo com a Figura 8, para o início da fissuração, caracterizado pela curvatura na fase linear do gráfico, a flecha possui um valor aproximado de 0,4 mm, uma ínfima diferença ao encontrado nos cálculos para ambos os métodos.

4.3 Comparação entre os resultados

Com o valor obtido para a flecha experimental de 0,416 mm e os dados para flechas resultantes dos cálculos analíticos apresentados na Tabela 4, é possível realizar uma comparação entre os resultados.

Método analítico	Método bilinear - CEB	NBR 6118
Flecha total	0,027 mm	0,036 mm
Flecha para Estádio II	0,330 mm	0,328 mm

Tabela 4: Flechas analíticas

Fonte: Autor

Diante desses resultados percebe a grande discrepância entre os valores da flecha total calculada e da flecha obtida experimentalmente o que comprova que a metodologia

para o cálculo da flecha total considera a viga como um sólido com partes fissuradas e não fissuradas, e os dados do ensaio são apenas para a seção crítica ao carregamento. Porém, evidencia-se a proximidade entre os valores de flecha apenas no Estádio II e a flecha experimental, concluindo que a seção estudada no ensaio estava sob estado de fissuração.

5 | CONCLUSÃO

Os estudos propostos neste trabalho, a partir dos resultados obtidos nos ensaios experimentais e nos modelos analíticos, demonstram a colaboração do concreto entre fissuras na região tracionada, permitindo evidenciar importante relevância no dimensionamento da seção transversal a flexão, uma vez que pode permitir a redução da taxa de armadura, e nas verificações das condições de durabilidade embasadas nos Estados Limites de Serviço (E.L.S.). Com os cálculos analíticos pode-se constatar certa discrepância entre os resultados obtidos pelos critérios da NBR6118/2014, quando comparados aos obtidos por meio da CEB/85. Ademais, foi possível depreender a diferença entre as resistências dos corpos de provas de vigas armadas e não armadas tornando-se evidente o ganho de resistência proporcionada pelo aço, fato já esperado. No âmbito das deformações excessivas, os resultados obtidos, tanto nos ensaios experimentais como nos resultados obtidos pelo modelo analítico, pode-se perceber certa semelhança no comportamento em ambos modelos, comprovando o estado de fissuração da seção crítica da viga. Portanto, para que um projeto estrutural apresente segurança e qualidade, é de suma importância e necessidade a verificação dos Estados Limites de Serviço.

REFERÊNCIAS

ACI Committee 224, Control of Cracking in Concrete Structures, ACI Report 224R-01, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, pp. 46, 2001.

AL-BAYATI, H. K. A.; TIGHE, S. L.; BAAJ, H. **Effect of Different Treatment Methods on the Interfacial Transition Zone Microstructure to Coarse Recycled Concrete Aggregate**. GREEN TECHNOLOGY IN GEOTECHNICAL AND MATERIALS ENGINEERING Conference of the Transportation Association of Canada, 2016.

ALLAM, Said M. et al. Evaluation of tension stiffening effect on the crack width calculation of flexural RC members. **Alexandria Engineering Journal**. v.52, p. 163-173, 2013.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **C78**: Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading). West Conshohocken, 2002.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **C293**: Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam With Center-Point Loading). West Conshohocken: Huashuahs, 2002.

ARAÚJO, J. M. DE. **Curso de Concreto Armado**. V. 2. 2 ed. Rio Grande: Dunas, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM67**:concreto - determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**:concreto - procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: projeto e execução de obras de concreto armado. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12142** : Concreto - Determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos. Rio de Janeiro, 2010

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6152**: Materiais metálicos - Ensaio de tração à temperatura ambiente. Rio de Janeiro, 2002.

BAŽANT Z. **Size-effect method for determining fracture energy and process zone size of concrete**. Materials and Structures (submitted by RILEM Committee TC 89-FMT, chaired by S.P. Shah), v.23 ,n.6,p.461–465,1990.

BAŽANT Z, LI Z. **Zero-brittleness size-effect method for one-size fracture test of concrete**. Journal of Engineering Mechanics, v.122, n.5, p.458–468, 1996.

BIOLZI L, LABUZ J, MUCIACCIA G. **A problem of scaling in fracture of damaged rock**. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, v.48, n.3, p.451–457, 2010.

CARVALHO, Roberto Chust; FIGUEIREDO FILHO, Jasson Rodrigues de. **Cálculo e detalhamento de estruturas de concreto armado**: segundo a NBR 6118:2003. 3. ed. São Carlos: EdUFSCar, 2007. 368 p.

COMITÉ EURO-INTERNACIONAL DU BÉTON. **CEB Design Mnual on Cracking and Deformations**. Lausanne, 1985.

DUAN K, HU X, WITTMANN F. **Scaling of quasi-brittle fracture: boundary and size effect**. Mechanics of Materials,v.38, n.1, p.128–141, 2006.

Hillerborg, A., Modeer, M. & Petersson, P.E. **Analysis of crack formation and crack growth in concrete by means of fracture mechanics and finite elements**. *Cements Concrete Research*, 6, pp. 773–782, 1976. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0008-8846\(76\)90007-7](https://doi.org/10.1016/0008-8846(76)90007-7).

LEONARDT F.; MÖNNIG E. **“Construções de Concreto” - trata de casos particulares do dimensionamento de estruturas de concreto armado-Parte 2**, Interciência, Rio de Janeiro, 1978.

FIORITI, C.; CHRISTÓFANI, M. P. ; TSUTSUMOTO, N.Y.; OKIMOTO, F. S. **Um Estudo das Manifestações Patológicas em Vigas e Lajes de Concreto: Edificações da FCT/UNESP**, Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada, v. 2 ,n. 3, p.20-28, 2017.

GONÇALVES, P.C.; PALERMO JR, L.; PROENÇA, S.P.B. **Analysis of two cohesive zone models for crack propagation in notched beams using the BEM**. International Journal of Computational Methods and Experimental Measurements, v. 6, p. 1057-1066, 2018.

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J.J. **Tecnologia do Concreto**, Bookman, 2d, 2013.

PETERSON, P.E. **Crack Growth and Development of Fracture Zones in Plain Concrete and Similar Materials**, Report TVBM-1006, Division of Building, 1981.

RABCZUK, T. **Computational Methods for Fracture in Brittle and Quasi-Brittle Solids: State-of-the-Art Review and Future Perspectives**. ISRN Applied Mathematics, p.1-38, 2013.

RILEM TC 162-TDF: **Test and design methods for steel fibre reinforced concrete – Recommendation**. Materials and Structures/Materiaux et Constructions, v. 33, p. 35, mar. 2000.

ROSSIGNOLO, J.A **Avaliação da zona de transição interfacial pasta-agregado leve em concretos com sílica ativa e látex SBR**. *Revista Matéria*, v. 12, n. 3,

SURENDRA, P.S.; OUYANG, C. **Failure of concrete: Fracture mechanics approach**. Anales de Mecanica de la Fractura. Vol. 9, 352-375, 1992.

TANG, T., BAŽANT Z., YANG S., ZOLLINGER D. **Variable-notch one-size test method for fracture energy and process zone length**. Engineering Fracture Mechanics v.55, n.3,p.383–404,1996.

TRIGO, A. P. M.; LIBORIO, J.B. L. **Doping technique in the interfacial transition zone between paste and lateritic aggregate for the production of structural concretes**.Materials Research.; v.17, n.1,p.16-22,2014.

TUTIKIAN, B. F; HELENE P. **Dosagem dos Concretos de Cimento Portland**. Concreto: Ciência e Tecnologia, IBRACON, cap.12, p.1-38, 2011.

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