

FORÇA, CRESCIMENTO E QUALIDADE DA ENGENHARIA CIVIL NO BRASIL 2



HENRIQUE AJUZ HOLZMANN
JOÃO DALLAMUTA
(ORGANIZADORES)

Atena
Editora
Ano 2021

FORÇA, CRESCIMENTO E QUALIDADE DA ENGENHARIA CIVIL NO BRASIL 2



**HENRIQUE AJUZ HOLZMANN
JOÃO DALLAMUTA
(ORGANIZADORES)**

Atena
Editora
Ano 2021

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



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

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

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

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

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

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

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

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

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

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

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

Ciências Biológicas e da Saúde

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

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

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

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

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

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

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

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

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

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

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

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

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

Linguística, Letras e Artes

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

Conselho Técnico Científico

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

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

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

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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

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

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-789-5

DOI 10.22533/at.ed.895210802

1 Engenharia Civil. I. Holzmann, Henrique Ajuz
(Organizador). II. Dallamuta, João (Organizador). III. Título.
CDD 624

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

APRESENTAÇÃO

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

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

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

Boa leitura!

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

PATOLOGIAS EM INSTALAÇÕES PREDIAIS HIDRÁULICAS E SANITÁRIAS

Vanuza Lorenzet Bonetti

Kéthlyn Scheguschewski

DOI 10.22533/at.ed.8952108021

CAPÍTULO 2..... 10

DEFORMAÇÃO LENTA DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO E SUAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

Talita de Souza Oliveira

Ana Carolina Saraiva Cardoso

DOI 10.22533/at.ed.8952108022

CAPÍTULO 3..... 23

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

Meridiane Ferreira Barbosa

Hildo Augusto Santiago Filho

Fernando Artur Nogueira Silva

Renato Guilherme da Silva Pereira

Giane Maria Vieira de Lira

DOI 10.22533/at.ed.8952108023

CAPÍTULO 4..... 37

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

Maicon de Freitas Arcine

Nara Villanova Menon

Luiz Fernando Colusso

DOI 10.22533/at.ed.8952108024

CAPÍTULO 5..... 52

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

Andrei Lucas Müller

Abrahão Bernardo Rohden

Lúcio Flávio da Silveira Matos

DOI 10.22533/at.ed.8952108025

CAPÍTULO 6..... 77

ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO: COLABORAÇÃO DO CONCRETO ENTRE FISSURAS

Isabela Cristina Ferreira Faria

Valquíria Claret dos Santos

Mirian de Lourdes Noronha Motta Melo

Valesca Donizeti de Oliveira

Paulo Cesar Gonçalves

DOI 10.22533/at.ed.8952108026

CAPÍTULO 7..... 94

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

Anderson Renato Vobornik Wolenski

João Paulo Boff Almeida

André Luís Christoforo

Wallace Cavalcante Ferrão

DOI 10.22533/at.ed.8952108027

CAPÍTULO 8..... 106

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

Adriano Vieira Risson

Nara Villanova Menon

Maicon de Freitas Arcine

Luiz Fernando Colusso

DOI 10.22533/at.ed.8952108028

CAPÍTULO 9..... 120

INFLUÊNCIA DE DIFERENTES TIPOS DE 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 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

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

Data de aceite: 01/02/2021

Data de submissão: 05/11/2020

Andrei Lucas Müller

Fundação Universidade Regional de Blumenau
Departamento de Engenharia Civil
Blumenau – Santa Catarina

Abrahão Bernardo Rohden

Fundação Universidade Regional de Blumenau
Departamento de Engenharia Civil
Blumenau – Santa Catarina
<http://lattes.cnpq.br/0220275442286318>

Lúcio Flávio da Silveira Matos

Fundação Universidade Regional de Blumenau
Departamento de Engenharia Civil
Blumenau – Santa Catarina
<http://lattes.cnpq.br/1207760272448204>

RESUMO: O estribo contínuo, daqui em diante referido como CTR, consiste em armadura de aço dobrada industrialmente para satisfazer o espaçamento especificado no projeto estrutural. O CTR tornou-se objeto de interesse por ser uma alternativa aos estribos convencionais em projetos de concreto armado. Este produto inovador é semelhante ao espiral circular, mas tem uma seção transversal retangular. O aço é dobrado nas dimensões especificadas e comprimido para ser transportado. O CTR é desatado no canteiro de obras, o que permite sua expansão para o espaçamento necessário. Este processo proporciona uma redução no tempo e no consumo de mão-de-obra durante a montagem

das armaduras. O objetivo deste trabalho foi comparar o desempenho do CTR com o estribo convencional em vigas de concreto armado. Para isso foram moldadas 18 vigas com dimensões de 10 cm de largura, 15 cm de altura e 55 cm de comprimento. Estas vigas foram divididas em seis grupos de três exemplares. Foram moldados dois grupos de controle, sendo um onde as vigas não apresentavam armadura transversal e um grupo com armadura convencional com estribos com espaçamento de 7,5 cm. Nos demais grupos foram testados CTR com espaçamentos de 7,5 cm, 5,0 cm e 10 cm. As vigas foram carregadas com incremento de carga de 300 kgf até a ruptura. Foi determinada a flecha para cada nível de carregamento das vigas. Também se anotou o aparecimento da primeira fissura. Para análise dos resultados empregou-se análise de variância e *Teste-t* na comparação entre as diferentes combinações. Como resultados observou-se que houve diferença significativa entre as cargas de ruptura das vigas do grupo de controle onde não havia armadura transversal comparada aos demais grupos. Contudo não foi encontrada diferença significativa entre os demais grupos. O desempenho da armadura com estribos convencionais e com CTR com os diferentes espaçamentos foram equivalentes.

PALAVRA-CHAVE: Cisalhamento; estribo contínuo; concreto armado.

APPLICATION OF CONTINUOUS TRANSVERSE REINFORCEMENT IN REINFORCED CONCRETE DESIGN: COMPARISON WITH CONVENTIONAL STIRRUPS

ABSTRACT: The continuous stirrup, hereinafter referred to as CTR, consists of an industrially bent steel armature to satisfy the spacing specified in the structural design. CTR has become an object of interest because it is an alternative to conventional stirrups in reinforced concrete projects. This innovative product is similar to circular spiral but has a rectangular cross-section. The steel is folded in the specified dimensions and compressed to be transported. The CTR is untied at the construction site, which allows it to expand to the required spacing. This process provides a reduction in the time and the consumption of labor during the assembly of the reinforcements. The objective of this work was to compare the performance of CTR with the conventional stirrup in reinforced concrete beams. For this, 18 beams were molded with dimensions 10 cm wide, 15 cm high and 55 cm long. These beams were divided into six groups of three. Two control groups were molded, one where the beams did not have transverse reinforcement and a group with conventional reinforcement with stirrups with spacing of 7.5 cm. In the other groups, CTR were tested with spacing of 7.5 cm, 5.0 cm and 10 cm. The beams were loaded with a load increment of 300 kgf until rupture. The arrow was determined for each loading level of the beams. The first fissure was also noted. For the analysis of the results we used analysis of variance and Test-t in the comparison between the different combinations. As results it was observed that there was a significant difference between the burst loads of the beams of the control group where there was no transverse reinforcement compared to the other groups. However, no significant difference was found between the other groups. The performance of the reinforcement with conventional stirrups and with CTR with the different spacings were equivalent.

KEYWORDS: Shear; continuous transverse reinforcement; reinforced concrete.

1 | INTRODUÇÃO

A construção civil no Brasil sofreu grandes alterações ao longo dos últimos 50 anos. Contudo o concreto armado continua sendo a solução mais utilizável na maioria das obras de pequeno, médio e grande porte, para distintas finalidades como residenciais, comerciais e industriais. Como uma peça fundamental nas estruturas de concreto armado tem-se as vigas, que são estruturas horizontais onde recebem cargas de laje, paredes e até mesmo de pilares, chamadas de vigas de transição.

As vigas são formadas por barras longitudinais e transversais. As barras longitudinais são as que têm normalmente diâmetros maiores, e são responsáveis por resistirem às solicitações de esforços chamados de momento fletor. Já as armaduras transversais, chamadas usualmente de estribos, são responsáveis por resistirem a esforços cortantes ou cisalhamento.

Os estribos convencionais comumente são barras de pequenos diâmetros, espaçados conforme a solicitação do esforço cortante ou pelo espaçamento máximo admitido pela NBR 6118 (ABNT, 2014). Em obras de pequeno porte os estribos são

fabricados *in loco* pelo próprio ferreiro, cortando pedaços de uma barra de pequeno diâmetro, geralmente barras de diâmetro de 5 mm, e dobrando, formando um retângulo como também pode ser adquirido já dobrado. Estes são amarrados em seus vértices, um a um, com um fio de arame recozido, nas barras longitudinais.

Até os anos 1970 era usualmente as bibliografias apresentarem uma armadura chamada de cavale. Os cavaletes eram barras de diâmetro maior que os estribos, que iam na direção longitudinal da viga, com uma parte na face inferior subindo em diagonal até a face superior, descendo novamente em diagonal na face inferior e assim sucessivamente. A função desse tipo de armadura era ajudar a combater os esforços cortantes. Essas barras eram normatizadas pela NBR 6118 (ABNT, 2014), no entanto foram abolidas.

Visando em facilitar este processo de corte e dobra, e também querendo reduzir o tempo de serviço e o desperdício de material na obra, foi desenvolvido um estribo contínuo. Este estribo se diferencia por ser feito com uma barra única que forma uma espécie de sanfona que se liga da face superior a face inferior por diagonais. Em cada face os estribos são amarrados em seus vértices nas barras longitudinais, fixando os estribos esticados na viga.

Os estribos convencionais, cortados, dobrados e amarrados um a um nas barras longitudinais, são normatizados pela NBR 6118 (ABNT, 2014) em que se tem mensurado a resistência ao esforço cortante quanto ao seu tamanho, diâmetro e espaçamento. Já os estribos contínuos, também conhecidos na literatura internacional como continuous transverse reinforcement (CTR), ainda não possuem normatização, constituem-se uma inovação que já está sendo utilizado em obras. Contudo será que poderia ser adotado o mesmo espaçamento do estribo convencional para o estribo contínuo? Ou ainda, pelo fato de ser um estribo único, se tornaria mais eficaz, podendo aumentar o seu espaçamento?

Na maioria das obras a maneira mais comum ainda adotada para combater esforços de cisalhamento em vigas é com a utilização de estribos verticais individuais com no mínimo dois ramos. A adoção de um novo modelo de estribo, com seus ramos inclinados e peças contínuas, utilizados em vigas de concreto armado, podem trazer alguns questionamentos técnicos em relação ao seu comportamento estrutural, o que pode levar alguns profissionais, graduados ou não, a rejeitar a utilização desse novo dispositivos em seus projetos.

Assim, o objetivo deste trabalho é avaliar a eficiência dos estribos contínuos comparando os mesmos com estribos convencionais.

2 | CISALHAMENTO EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO

De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014) as vigas são elementos lineares em que a flexão é preponderante. São elementos em forma de barra, normalmente retas e horizontais, tem como função receber as cargas das lajes, de outras vigas, de paredes e eventualmente de pilares. A viga bi apoiada (figura 1), submetida a duas forças P iguais e

equidistantes dos apoios, é armada com barras longitudinais tracionadas e com estribos, para resistir os esforços de flexão e de cisalhamento, respectivamente.

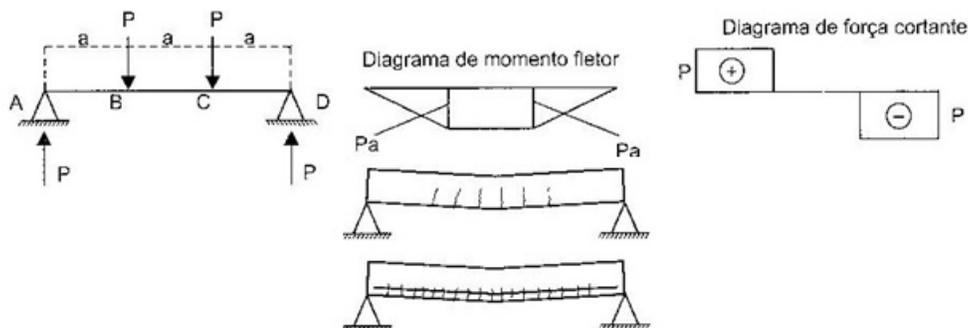


Figura 1 – Comportamento de uma viga de concreto simplesmente apoiada

Fonte: Carvalho; Filho, 2016.

Para pequenos valores da força P , enquanto a tensão de tração for inferior à resistência do concreto à tração na flexão, a viga não apresenta fissuras, ou seja, as suas seções permanecem no Estádio I. Nessa fase, origina-se um sistema de tensões principais de tração e de compressão.

Com o aumento do carregamento, no trecho de momento máximo (entre as forças), a resistência do concreto à tração é ultrapassada e surgem as primeiras fissuras de flexão (verticais). Nas seções fissuradas a viga encontra-se no Estádio II e a resultante de tração é resistida exclusivamente pelas barras longitudinais. No início da fissuração da região central, os trechos junto aos apoios, sem fissuras, ainda se encontram no Estádio I.

Continuando o aumento do carregamento, surgem fissuras nos trechos entre as forças e os apoios, as quais são inclinadas, por causa da inclinação das tensões principais de tração σ_1 (fissuras de cisalhamento). A inclinação das fissuras corresponde aproximadamente à inclinação das trajetórias das tensões principais, isto é, aproximadamente perpendicular à direção das tensões principais de tração.

Com carregamento elevado, a viga, em quase toda sua extensão, encontra-se no Estádio II. Em geral, apenas as regiões dos apoios permanecem isentas de fissuras, até a ocorrência de ruptura na região central da viga. A figura 2 indica a evolução da fissuração de uma viga de seção T, para vários estágios de carregamento.

O modelo clássico de treliça foi idealizado por Ritter e Mörsch, no início do século XX, se baseia na analogia entre uma viga fissurada e uma treliça. Considerando uma viga biapoiada de seção retangular, Mörsch admitiu que, após a fissuração, seu comportamento é similar ao de uma treliça como a indicada na figura 3. Nesta o banzo superior compreende

o cordão de concreto comprimido; banzo inferior é equivalente a armadura longitudinal de tração; diagonais comprimidas são equivalentes as bielas de concreto entre as fissuras; e por fim as diagonais tracionadas compreendem as armaduras transversais (os estribos).

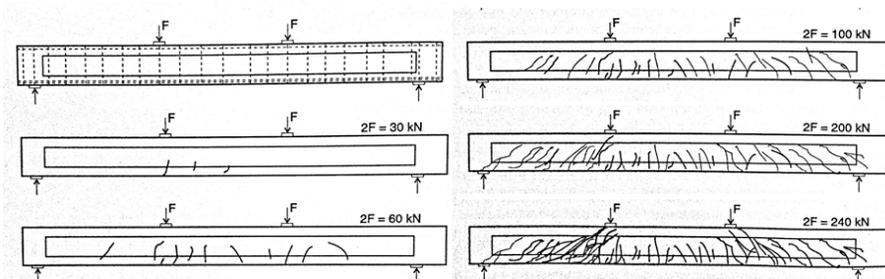


Figura 2 – Evolução da fissuração.

Fonte: FUSCO, 1995.

Na figura 3 está indicada armadura transversal inclinada e perpendicular formada por estribos. Essa analogia de treliça clássica considera as seguintes hipóteses básicas: fissuras, e, portanto, as bielas de compressão, com inclinação de 45° ; e os banzos paralelos; treliça isostática; portanto, não há engastamento nos nós, ou seja, nas ligações entre os banzos e as diagonais; e também que as armaduras de cisalhamento com inclinação entre 45° e 90° . Contudo, resultados de ensaios comprovam que há imperfeições na analogia de treliça clássica. Isso se deve principalmente a três fatores: primeiro a inclinação das fissuras é menor que 45° ; segundo em função de os banzos não serem paralelos; há o arqueamento do banzo comprimido, principalmente nas regiões dos apoios; e também pelo fato de a treliça ser altamente hiperestática; ocorre engastamento das bielas no banzo comprimido, e esses elementos comprimidos possuem rigidez muito maior que a das barras tracionadas.

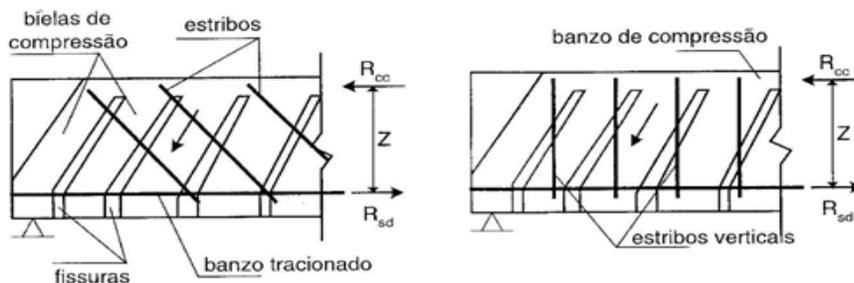


Figura 3 – Analogia da Treliça de Morsch.

Fonte: Araújo, 2003.

Para um cálculo mais refinado, tornam-se necessários modelos que considerem melhor a realidade do problema. Por esta razão, como modelo teórico padrão, adota-se a analogia de treliça, mas a este modelo são introduzidas correções, para levar em conta as imprecisões verificadas.

Numa viga de concreto armado submetida a flexão simples, vários tipos de ruína são possíveis, entre as quais as ocasionadas pela força cortante são: ruptura por esmagamento da biela, ruptura da armadura transversal, ruptura do banzo comprimido devida ao cisalhamento. A NBR 6118 (ABNT, 2014), admite dois modelos de cálculo para determinação de área da armadura transversal, que pressupõem analogia com modelo de treliça de banzos paralelos, associado a mecanismos resistentes complementares, traduzidos por uma parcela adicional V_c , onde V_c é parcela de força cortante absorvida por mecanismos complementares ao de treliça (resistência ao cisalhamento da seção sem armadura transversal). Sendo que nos dois modelos, devem ser consideradas as seguintes etapas de cálculo: verificação da compressão na biela; cálculo da armadura transversal; deslocamento al do diagrama de força no banzo tracionado.

No modelo I da NBR 6118 (ABNT, 2014) admite-se: as bielas com inclinação $\theta = 45^\circ$; força cortante de cálculo (V_c) constante, independente de V_{sd} . Já o modelo II considera: bielas com inclinação θ entre 30° e 45° ; e também que V_c diminui com o aumento de V_{sd} .

3 I PESQUISAS EXPERIMENTAIS ANTERIORES EMPREGANDO ESTRIBOS CONTÍNUOS

Um dos primeiros trabalhos encontrados na literatura internacional sobre o emprego dos estribos contínuos remetem as Universidades italianas de Bergamo e de Florença. Riva (2009) comparou o desempenho de pilares com estribos contínuos com pilares armados com estribos convencionais especificados de acordo com normas Europeias. O objetivo do estudo era avaliar o desempenho dos estribos contínuos à carregamentos cíclicos importantes, especialmente para pilares submetidos a sismos. Os resultados relatados por Riva (2009) demonstram que os estribos contínuos proporcionam desempenho equivalente em termos de resistência e ductilidade quando comparado aos estribos convencionais. Já Bartoli (2009) investigou a aplicação dos estribos contínuos em vigas buscando avaliar a sua eficiência no combate aos esforços de cisalhamento. Foram elaborados dois grupos de vigas solicitadas por cargas pontuais, um foi concebido para romper por cisalhamento e o outro para romper por flexão. Foram estudadas vigas empregando estribos contínuos e vigas empregando estribos retangulares que atendiam aos requisitos do ACI 318-11. Como resultado, Bartoli (2009) encontrou relações de carga-deflexão semelhantes para os dois tipos de estribos estudados.

Borges (2012) realizou um experimento com seis vigas, sendo três com estribos convencionais e três com estribos contínuos, como mostrado na figura 4. O experimento

realizado por Borges (2012) empregou armadura principal composta de 2 barras de diâmetro 16 mm e estribos com dimensões de 7 x 20 cm e com diâmetro de 5 mm. A armadura superior era composta de duas barras de 6,3 mm. O espaçamento entre os estribos foi padronizado em 13 cm. Borges (2012) constatou que as vigas com estribos contínuos tiveram pequena vantagem quando comparadas com as vigas que continham estribos verticais em relação ao aparecimento das primeiras fissuras, influenciando diretamente na quantidade e principalmente na abertura máxima. Ainda segundo Borges (2012) a forma de ruptura foi semelhante em ambos os modelos analisados. No entanto, os estribos verticais apresentaram o valor da carga de ruptura 13,09% superior as vigas com contínuos. Contudo, o autor conclui que os estribos contínuos são mais eficientes que os estribos convencionais pois as vigas não são dimensionadas para chegar à ruptura, e que os estribos contínuos apresentaram melhores resultados quanto ao aparecimento de fissuras.

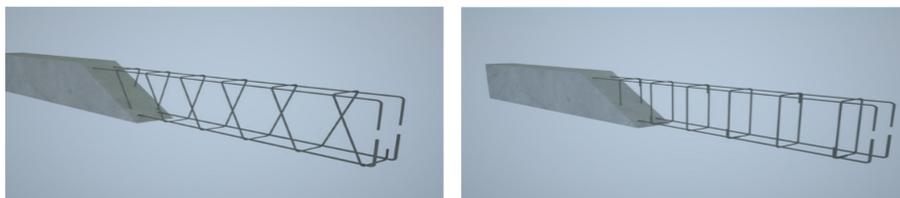


Figura 4 – Estribos contínuos e estribos convencionais.

Fonte Borges (2012).

Müller (2013) realizou um dos mais abrangentes, sobre o tema, no qual avaliou a capacidade dos estribos contínuos comparando-os aos estribos convencionais, bem como avaliou a aplicabilidade dos métodos de projeto atuais. O autor concluiu que os estribos contínuos podem ser empregados em vigas no combate ao cisalhamento. Os tipos de falha foram equivalentes, a capacidade de carga, a largura das fissuras e os padrões de fissuras ocorreram em todas as vigas empregando estribos contínuos ou estribos convencionais, como pode ser vista na figura 2. Müller (2013) também concluiu que a capacidade axial de pilares com estribos contínuos é essencialmente a mesma que aquelas com estribos convencionais.

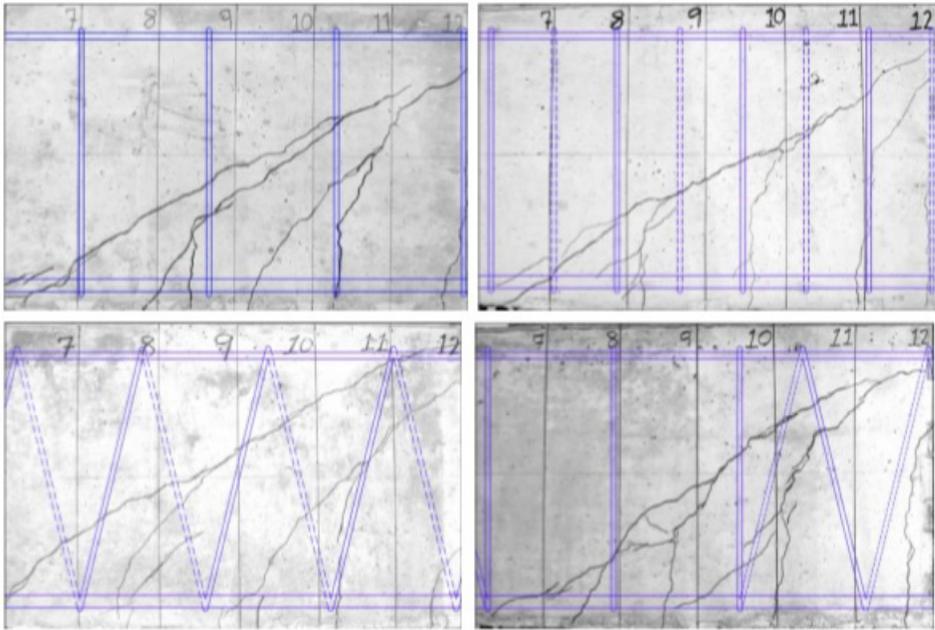


Figura 5 - Formação de fissuras com sobreposição de padrão de aço transversal.

Fonte: Müller (2013).

Souza et al. (2016) realizaram experimento com duas vigas com seção T. Uma com estribos convencionais e outra com estribos contínuos. No experimento as vigas receberam ampla instrumentação e os autores concluíram que de acordo com a proximidade dos valores experimentais e teóricos, encontrados, a utilização de estribos contínuos se adequa às recomendações de dimensionamento à força cortante, contidas na NBR 6118 (ABNT, 2014). Os referidos autores afirmam ainda que os estribos contínuos podem ser usados com segurança no detalhamento das armaduras resistentes à força cortante.

4 | MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo aborda a resistência de vigas de concreto armado usando diferentes tipos de armaduras transversais e considerando o limite da resistência do concreto a compressão. Esta pesquisa dar-se-á de forma quantitativa, já que, com resultados expressos através de comparações numéricas entre os corpos de provas gerados a partir de estribos contínuos e os corpos de prova gerados a partir de estribos convencionais. As comparações são realizadas através da análise das resistências à ruptura atingidas por cada viga após 28 dias da moldagem.

4.1 Materiais

Na figura 6 são apresentadas as seis combinações de vigas estudadas no presente trabalho. A viga número 1 foi empregada como sendo uma referência, não sendo empregados estribos. Foram somente empregados três conectores para manter a armadura longitudinal, constituída de 2 Ø 10,0 mm, na posição correta durante a concretagem, como ilustra a figura 7. A viga número 2 apresentou estribos retangulares convencionais com espaçamento de 7,5 cm, atendendo a NBR 6118 (ABNT, 2014) nos requisitos de projeto quanto ao espaçamento máximo de estribos, que é definido em função da altura máxima efetiva da viga. A armadura longitudinal de todas as vigas foi 2 Ø 10,0 mm, e os estribos eram constituídos de barras de diâmetro de 7 Ø 5 mm, como mostra a figura 8. Já a viga 3 e a viga 4 apresentam estribos contínuos com mesmo espaçamento da viga 2, como mostra a figura 9 e a figura 10. Já a viga 5 apresenta estribo contínuo com espaçamento de 5 cm, menor do que a viga de referência. Na figura 6 é apresentado um esquema da viga 5 e na figura 11 é mostrada a mesma antes da concretagem. Por fim a viga 6 é composta de estribo contínuo com espaçamento maior do que a viga de referência, empregou-se um espaçamento de 10 cm, como está representado na figura 6 e a figura 12.

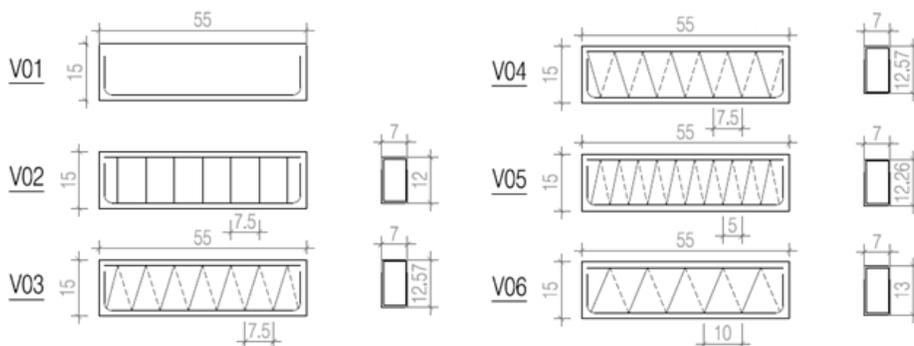


Figura 6 – Projeto para produção das armaduras.

Todas as vigas apresentam o mesmo comprimento (55 cm) e a mesma seção transversal (10 cm x 15 cm). O cobrimento adotado em todas as vigas foi de 1,5 cm. Nota-se que devido a inclinação dos estribos contínuos, os mesmos devem ser fabricados com um comprimento maior do que o convencional, para que possa manter a altura da armadura igual.



Figura 7 – Armadura V01 sem estribos, somente armadura principal 2 Ø 10,0 mm.



Figura 8 – Armadura V02 com estribos convencionais 1 Ø 5,0 mm c/ 7,5 cm.



Figura 9 – Armadura V03 com estribos contínuos com Ø 5,0 mm e espaçamento de 7,5 cm.



Figura 10 – Armadura V04 com estribos contínuos com \varnothing 5,0 mm e espaçamento de 7,5 cm (= a V03).



Figura 11 – Armadura V05 com estribos contínuos com \varnothing 5,0 mm e espaçamento de 5,0 cm.



Figura 12 – Armadura V06 com estribos contínuos com \varnothing 5,0 mm e espaçamento de 10,0 cm.

Foram produzidos 3 exemplares de cada uma das vigas. A concretagem das vigas aconteceu em duas etapas distintas em função e do tamanho do misturador de concreto do Laboratório de Construção Civil da Universidade Regional de Blumenau. Assim as vigas

V01 A, B e C; V02 A, B e C; e V03 A, B e C foram moldadas na primeira betonada e as vigas V04 A, B e C; V05 A, B e C; e V06 A, B e C, foram moldadas na segunda betonada. O traço empregado nas moldagens foi adotado de Chies *et al.* (2012) e é apresentado na tabela 1.

Traço unitário	Materiais kg/m ³			Relação a/c	Abatimento mm
	Cimento	Agregado miúdo	Agregado graúdo		
1:3,99:4,92	230	918	1131	0,80	100

Tabela 1 - Composição das misturas e relações água/cimento

O cimento utilizado foi o cimento CPV – ARI, como agregado miúdo empregou-se areia média (80%) e areia fina (20%), como agregado graúdo empregou-se brita zero. Além da moldagem das vigas também foram moldados corpos de prova para determinação do fck estimado de cada uma das duas misturas.

4.2 Métodos

As vigas e os corpos de prova foram ensaiados na idade de 28 dias. Os corpos de prova foram rompidos de acordo com a norma NBR 5739 (ABNT, 2007). As vigas foram ensaiadas com auxílio de uma prensa universal EMIC com capacidade de 300 kN. Para determinação das deformações foi empregado o medidor digital *Ab Solute da Mitutoyo* com precisão de 0,0005 mm fixado em um suporte paralelo a viga para medir a deflexão longitudinal no centro da viga conforme o carregamento, como ilustram as figuras 13 e 14.



Figura 13 – Ensaio da viga vista frontal.



Figura 14 – Ensaio da viga vista dos fundos.

O processo de aplicação de carga e a leitura da respectiva deformação foram feitas manualmente. A cada 300 kgf aplicados pela prensa, era parado o ensaio e feito a leitura da deflexão no relógio comparador e retomado a aplicação da carga. Com o aumento do carregamento era monitorado, na lateral das vigas, o surgimento das fissuras. Todo o carregamento das vigas foi realizado de forma gradual, sem produzir impacto.

5 | RESULTADOS

Na tabela 2 são apresentados os valores de resistência à compressão dos corpos de prova moldados nas duas concretagens realizadas. Também é apresentada a média e o desvio padrão dos valores bem como o valor do fck estimado para cada moldagem. Os valores de fck estimados permitem classificar os concretos produzidos como classe C 20 de acordo com a NBR 8953 (ABNT, 2015).

A figura 15 apresenta os gráficos de carga versus deformação do ensaio das vigas sem estribos. Nas figuras 16, 17 e 18 são mostradas as fissuras após o ensaio da viga V01-A, V01-B e V01-C, respectivamente.

1° Moldagem – VIGA 1 / VIGA 2 / VIGA 3				2° Moldagem - VIGA 4 / VIGA 5 / VIGA 6			
CP	RESISTÊNCIA (MPa)	CP	Resistência (MPa)	CP	RESISTÊNCIA (MPa)	CP	RESISTÊNCIA (MPa)
1	25,60	11	25,60	1	23,10	11	25,20
2	26,60	12	25,80	2	24,20	12	24,70
3	25,60	13	25,90	3	25,00	13	25,50
4	25,00	14	25,00	4	24,60	14	23,70
5	24,20	15	25,10	5	24,60	15	26,20
6	24,90	16	24,60	6	24,70	16	24,10
7	25,20	17	25,70	7	24,30	17	23,90
8	26,60	18	25,50	8	23,90		
9	25,30	19	25,20	9	24,20		
10	24,70			10	25,10		
Média (MPa)		25,37		Média (MPa)		24,53	
Desvio padrão (MPa)		0,62		Desvio padrão (MPa)		0,74	
Fck estimado (MPa)		24,4		Fck estimado (MPa)		23,3	

Tabela 2 – Resistências de cada uma das moldagens

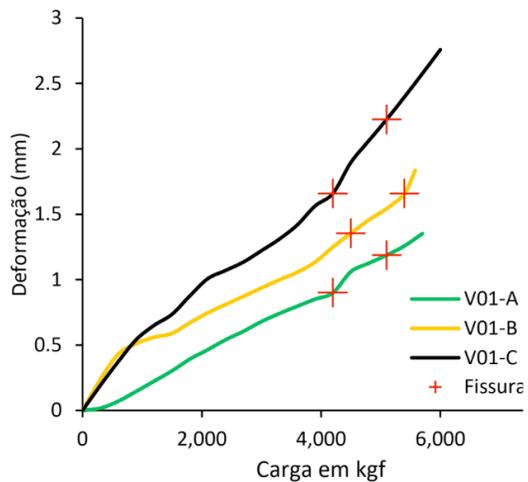


Figura 15 – Gráfico de carga versus deformação para as vigas V01-A, V01-B e V01-C.



Figura 16 – V01-A fissuras após o ensaio.

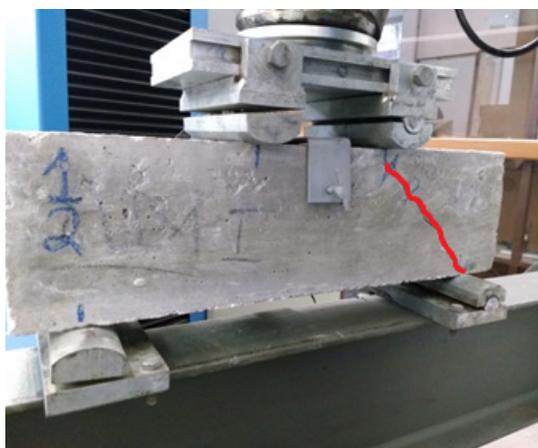


Figura 17 – V01-B fissuras após o ensaio



Figura 18 – V01–C fissuras após o ensaio.

Na figura 19 é apresentado os gráficos de carga versus deformação do ensaio das vigas com estribos retangulares que atendem as exigências da NBR 6118 (ABNT, 2014). A carga estimada, de acordo com os critérios da NBR 6118 (ABNT, 2014), como resistência flexão da viga corresponde a 5.000 kgf. A ruptura prevista para a viga se daria por flexão. Comparando-se as cargas de ruptura das vigas V01 e V02 é possível identificar o aumento da carga de ruptura que se deve ao aumento da resistência do elemento em função do efeito do confinamento do concreto em função dos estribos. Nas figuras 21, 22 e 23 são mostradas as fissuras após o ensaio da viga V02-A, V02-B e V02-C, respectivamente.

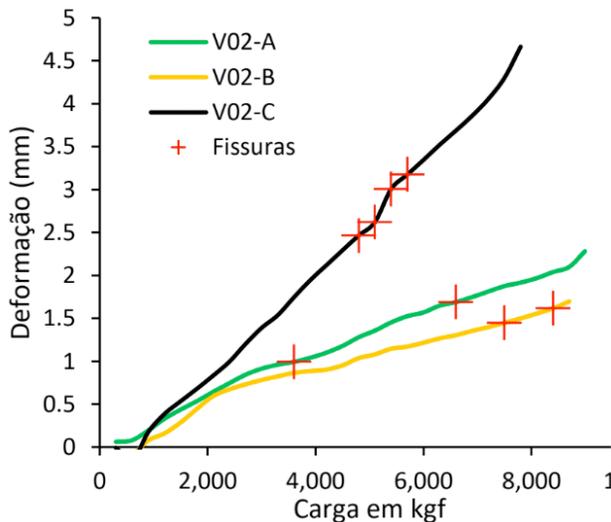


Figura 19 – Gráfico de carga versus deformação para as vigas V02-A, V02-B e V02-C.

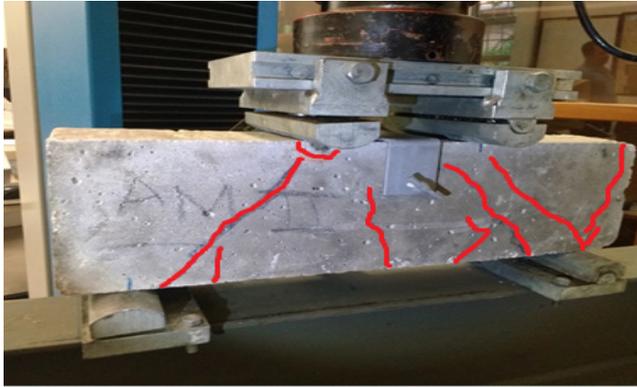


Figura 20 – V02–A fissuras após o ensaio.

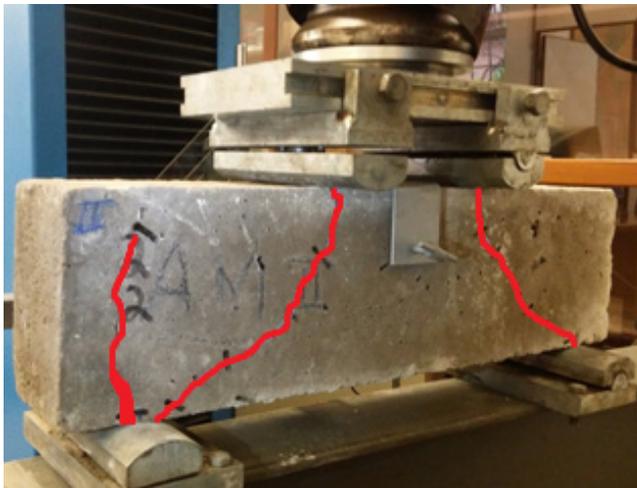


Figura 21 – V02–B fissuras após o ensaio.

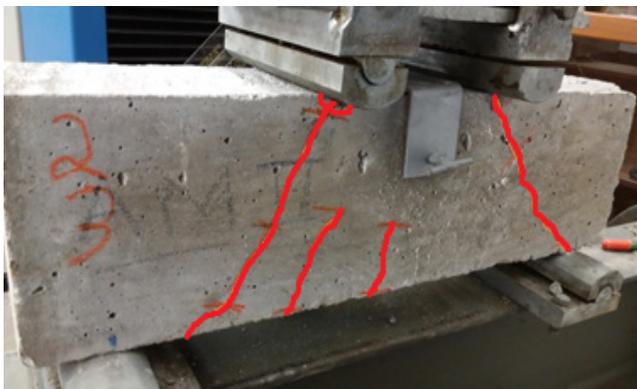


Figura 22 – V02–C fissuras após o ensaio.

A figura 23 e 27 apresentam os gráficos de carga versus deformação do ensaio das vigas com estribos contínuos com espaçamento de 7,5 cm. Nas figuras 24, 25 e 26 são mostradas as fissuras após o ensaio da viga V03-A, V03-B e V03-C, respectivamente. Já nas figuras 28, 29 e 30 são mostradas as fissuras após o ensaio da viga V04-A, V04-B e V04-C, respectivamente. A diferença existente entre as vigas V03 e V04 é que elas foram concretadas na primeira e na segunda etapa de concretagem. Ambas, no entanto apresentam o mesmo tipo de estribo e o mesmo espaçamento, 7,5 cm.

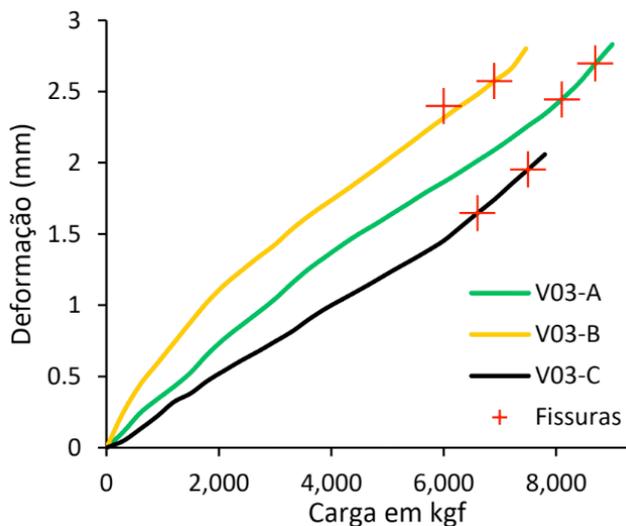


Figura 23 – Gráfico de carga versus deformação para as vigas V03-A, V03-B e V03-C.

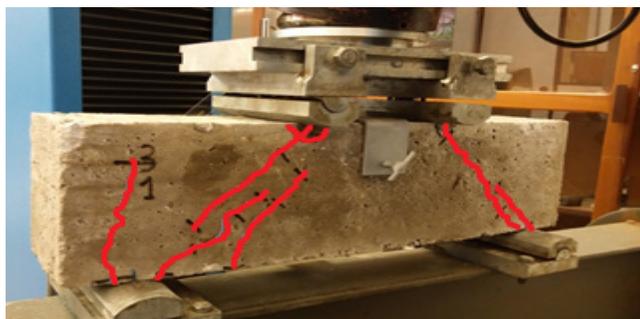


Figura 24 – V03-A fissuras após o ensaio.



Figura 25 – V03–B fissuras após o ensaio.



Figura 26 – V03–C fissuras após o ensaio.

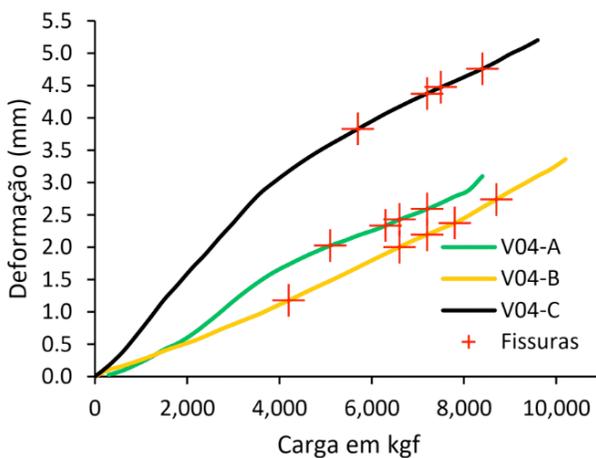


Figura 27 – Gráfico de carga versus deformação para as vigas V04-A, V04-B e V04-C.



Figura 28 –V04– fissuras após o ensaio.

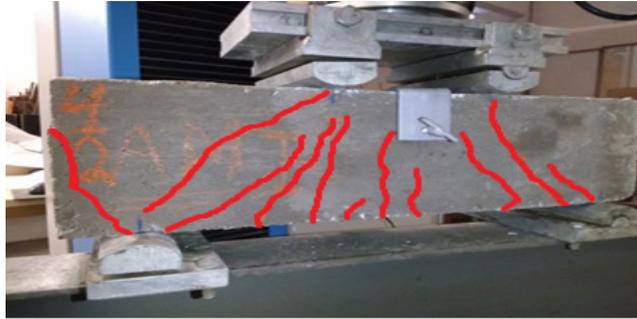


Figura 29 – V04–B fissuras após o ensaio.



Figura 30 – V04–C fissuras após o ensaio.

Na figura 31 é apresentado os gráficos de carga de versos deformação das vigas V05. As vigas V05 apresentam estribos contínuos com espaçamento de 5 centímetros. Nas figuras 32, 33 e 34 são mostradas as fissuras após o ensaio da viga V05-A, V05-B e V05-C, respectivamente.

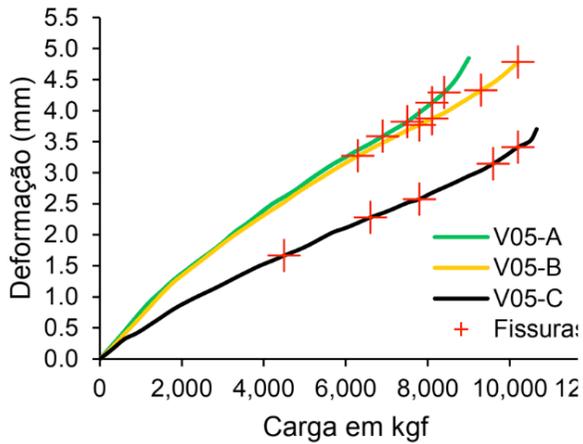


Figura 31 – Gráfico de carga versus deformação para as vigas V05-A, V05-B e V05-C.



Figura 32 – V05-A fissuras após o ensaio.



Figura 33 – V05-B fissuras após o ensaio.

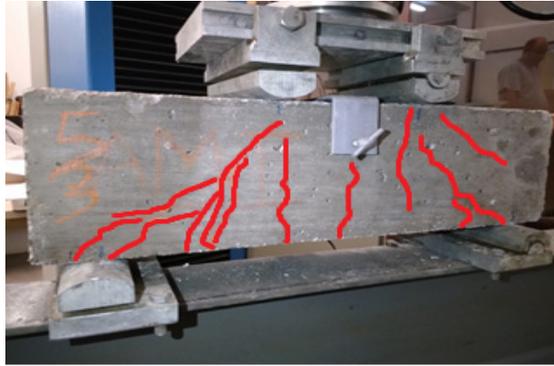


Figura 34 – V05–C fissuras após o ensaio.

Na figura 35 é apresentado os gráficos de carga de versus deformação das vigas V06. As vigas V06 apresentam estribos contínuos com espaçamento de 10 centímetros. Nas figuras 36, 37 e 38 são mostradas as fissuras após o ensaio da viga V06-A, V06-B e V06-C, respectivamente.

A partir dos resultados experimentais passa-se então para análise dos resultados. Na tabela 3 são apresentadas as cargas de ruptura das vigas. A partir dos resultados realizou-se uma análise de variância, que é apresentada na tabela 4. Através da análise de variância fica claro que a variável estudada é significativa. Através da comparação de médias identifica-se a existência de dois grupos diferentes. O primeiro é formado por V01 e V03 e o segundo grupo é formado por V02, V03, V04, V05 e V06. Na figura 39 são apresentados as médias e o seu devido intervalo de ocorrência. As vigas 01 apresentaram uma carga de ruptura menor em média, pois não apresentavam nenhum reforço transversal. Assim o concreto não estava devidamente confinado, o que implicou na diminuição da sua resistência.

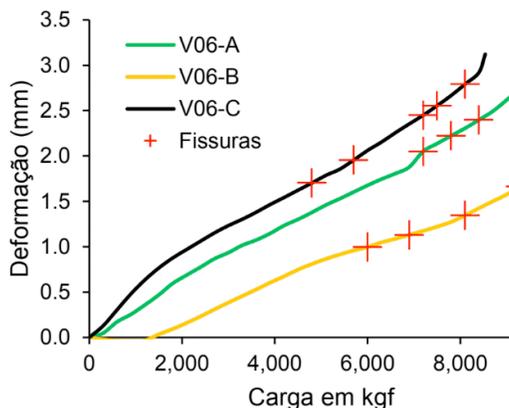


Figura 35 – Gráfico de carga versus deformação para as vigas V06-A, V06-B e V06-C.



Figura 36 – V06–A fissuras após o ensaio.



Figura 37 – V06–B fissuras após o ensaio.



Figura 38 – V06–C fissuras após o ensaio.

Por outro lado, o desempenho das vigas reforçadas transversalmente não apresentou mudança significativa nas suas médias. Ou seja, não há diferença em se empregar estribos

contínuos ou estribos retangulares quanto a carga de ruptura. Esta constatação vai de encontro com trabalhos correlatos como o desenvolvido por Müller (2013).

	V01	V02	V03	V04	V05	V06
A	5.961	8.992	9.318	8.434	9.111	10.022
B	5.580	8.832	7.464	10.369	10.290	9.853
C	6.264	7.944	8.074	9.746	10.658	8.537
Média	5935	8589	8285	9516	10020	9471

Tabela 3 – Cargas de ruptura das vigas estudadas (kgf)

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	32420361,81	5	6484072	10,75	0,000419827	3,10
Dentro dos grupos	7237463,297	12	603121,9			
Total	39657825,11	17				

Tabela 4 – Análise de variância ANOVA da carga de ruptura das vigas estudadas.

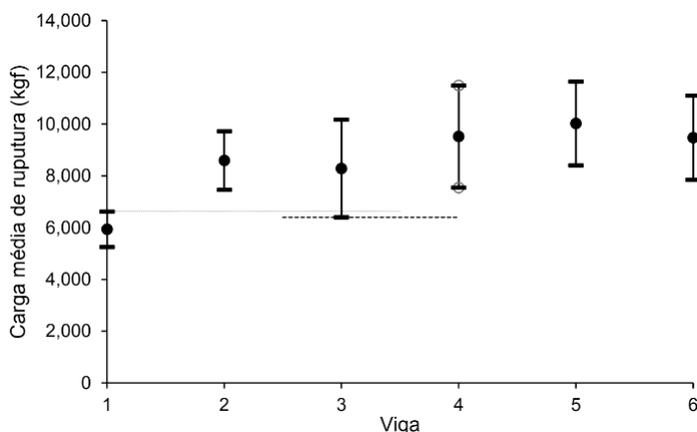


Figura 39 – Comparação de médias entre as vigas.

Na tabela 5 são apresentadas as cargas correspondentes a abertura da primeira fissura. Diferentemente da carga de ruptura, nesta verificação não se observou diferença significativa entre o comportamento das vigas V01 e as demais, como pode ser constatado na tabela 6. Isto se deve ao fato da armadura somente ser solicitada após o surgimento das primeiras fissuras. Mais uma vez constata-se que o desempenho dos estribos contínuos e dos estribos retangulares são equivalentes. Esta constatação é corroborada por estudos anteriores, como em Bartoli (2009), Borges (2012) e Müller (2013).

	V01	V02	V03	V04	V05	V06
A	4.200	3.600	8.100	5.100	6.900	7.200
B	4.500	7.500	6.300	4.200	6.300	6.000
C	4.200	4.800	6.600	5.700	4.500	4.800

Tabela 5 – Cargas correspondentes a primeira fissura (kgf)

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	13.045.000	5	2.609.000	1,837	0,179	3,105
Dentro dos grupos	17.040.000	12	1.420.000			
Total	30.085.000	17				

Tabela 6 – Análise de variância ANOVA da carga correspondente a primeira fissura (kgf).

Quanto as fissuras apresentadas nas vigas também não há um comportamento diferenciado percebido entre as vigas com estribos contínuos e a viga V02, com estribos retangulares. O que é notório é a diferença de fissuras existentes nos lados opostos da mesma viga com estribos contínuos. Enquanto a distribuição de fissuras nas vigas com estribos retangulares é bastante similar nas suas duas faces, nas vigas com estribos contínuos observa-se uma concentração de fissuras maior em uma das faces da peça. Esse aspecto não foi objeto do presente trabalho, contudo outros autores como Müller (2013) identificaram esse comportamento e há referência não somente ao número de fissuras, mas também a abertura das mesmas ser diferenciada em cada uma das faces. Outro aspecto importante a se destacar ainda é o fato de não ter havido a ocorrência de ruptura dos estribos em nenhuma das vigas ensaiadas.

6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência dos estribos contínuos comparando os mesmos com estribos convencionais. Ao fim deste estudo conclui-se que:

- As vigas que continham armadura transversal resistiram mais do que as vigas sem a armadura transversal. Essa observação comprovam o efeito do confinamento do concreto pelos estribos.
- As vigas V02 com estribos convencional comparadas com as V03 e V04 de estribos contínuos com os mesmos espaçamentos apresentaram características de rupturas muito próximas.
- As vigas V05 tinham o menor espaçamento entre os estribos o que apresentou maior resistência para a ruptura e também uma maior deflexão.

Como sugestões para trabalhos futuros recomenda-se moldar elementos maiores e

com outras configurações de carga.

REFERÊNCIAS

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

_____. **NBR 5739**: Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, ABNT, 2007.

_____. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto – procedimento. Rio de Janeiro, ABNT, 2014.

_____. **NBR 8953**: Concreto para fins estruturais – Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência. Rio de Janeiro, ABNT, 2015.

Araújo, José Milton de. Curso de concreto armado. v.1, 2ed. Rio Grande: Dunas, 2003.

Bartoli, Gianni. **Experimental Tests at Failure of Rectangular Reinforced Concrete Beams with “Spirex” Stirrups and Traditional Stirrups**. University of Florence, 2009.

CARVALHO, Roberto Chust; FILHO, Jasson Rodrigues de Figueiredo. **Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado**: Segundo a NBR 6118:14. 4ed. São Carlos: EdUFSCar, 2016.

Chies, J. A.; Rohden, A. B.; Silva Filho, L. C. P. **Tratamentos superficiais em corpos de prova de concreto submetidos à compressão**. Revista do Ibracon de Estruturas e Materiais. v7, n 5. IBRACON, 2012.

FUSCO, Pérciles Brasiliense. **Técnica de armar as estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 1995.

Mueller, Melody. **Experimental analysis of continuous transverse reinforcement to be used in structural concrete desing**. Master. Universty of Cincinnati, 2013.

Riva, Paolo. **Cyclic Test on Column-Foundations Using “Spirex” Stirrups**. University of Bergamo, 2009.

Souza, Regina Helena; Melo Silva, Valnice L.; Oliveira, Luiz Octávio; Tavares, Maria Elizabeth; Teixeira, Paulo José B. **A utilização de estribos contínuos em vigas de concreto armado**. 58º Congresso Brasileiro do Concreto. Belo Horizonte. IBRACON, 2016.

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