

Pesquisa Científica e Inovação Tecnológica nas Engenharias

Franciele Braga Machado Tullio
(Organizadora)



Atena
Editora
Ano 2019

Pesquisa Científica e Inovação Tecnológica nas Engenharias

Franciele Braga Machado Tullio
(Organizadora)



Atena
Editora
Ano 2019

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Geraldo Alves

Edição de Arte: Lorena Prestes

Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. 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.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
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. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª 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. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná

Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª 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. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Msc. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Msc. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Msc. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
 Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
 Prof. Msc. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
 Prof. Msc. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
 Prof^a Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
 Prof. Msc. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
 Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Prof^a Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
 Prof^a Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
 Prof^a Dr^a Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
 Prof. Msc. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof. Msc. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá
 Prof. Msc. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof^a Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
 Prof^a Msc. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

P474 Pesquisa científica e inovação tecnológica nas engenharias [recurso eletrônico] / Organizadora Franciele Braga Machado Tullio. – Ponta Grossa PR: Atena Editora, 2019. – (Pesquisa Científica e Inovação Tecnológica nas Engenharias; v. 1)

Formato: PDF
 Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
 Modo de acesso: World Wide Web
 Inclui bibliografia
 ISBN 978-85-7247-902-8
 DOI 10.22533/at.ed.028200601

1. Engenharia – Pesquisa – Brasil. 2. Inovações tecnológicas.
 3. Tecnologia. I. Tullio, Franciele Braga Machado. II. Série.

CDD 658.5

Elaborado por Maurício Amormino Júnior | CRB6/2422

Atena Editora
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “Pesquisa Científica e Inovação Tecnológica nas Engenharias 1” contempla vinte e três capítulos em que os autores abordam pesquisas científicas e inovações tecnológicas aplicadas nas diversas áreas de engenharia.

Os resultados obtidos através de pesquisas científicas trazem benefícios a sociedade e promovem inovações tecnológicas, surgindo como uma engrenagem nas engenharias.

O estudo sobre o comportamento de determinados materiais sob determinadas situações permite avaliar e otimizar seu uso, proporcionando o controle das condições ideais, bem como viabilizando a utilização de determinadas matérias primas. Por sua vez, essas matérias primas podem trazer benefícios ao meio ambiente, bem como trazer resultados econômicos satisfatórios.

A avaliação de propriedades físicas e mecânicas de materiais permite também a sua utilização em diversos segmentos da engenharia, proporcionando o desenvolvimento de novos produtos, trazendo benefícios a sociedade.

Diante do exposto, esperamos que esta obra traga ao leitor conhecimento técnico de qualidade, fazendo com que o leitor reflita sobre o uso das pesquisas científicas e as inovações tecnológicas no desenvolvimento social, e faça uso dessas ferramentas na melhoria de qualidade de vida na sociedade.

Franciele Braga Machado Tullio

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
AÇÃO CORROSIVA DE SOLOS DO SUL DO BRASIL SOBRE ESTRUTURAS METÁLICAS	
Jessica Oliveira Ayres Matthews Teixeira Coutinho Devai Luciana Machado Rodrigues	
DOI 10.22533/at.ed.0282006011	
CAPÍTULO 2	10
ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE PAINÉIS AGLOMERADOS CONFECCIONADOS COM PINUS, EUCALIPTO, BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR E ADESIVO POLIURETANO DERIVADO DE ÓLEO DE MAMONA	
Estéfani Suana Sugahara Ana Laura Soler Cunha Buzo Raissa Pravatta Pivetta Sérgio Augusto Mello da Silva Elen Aparecida Martines Morales	
DOI 10.22533/at.ed.0282006012	
CAPÍTULO 3	21
ANÁLISE EXPERIMENTAL EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO REFORÇADAS AO CISALHAMENTO COM LAMINADOS DE PRFC	
Nara Villanova Menon Maicon de Freitas Arcine Juliana Penélope Caldeira Soares	
DOI 10.22533/at.ed.0282006013	
CAPÍTULO 4	35
CARACTERIZAÇÃO DE ARGAMASSA DE REVESTIMENTO DE FACHADA EM EDIFÍCIO LITORÂNEO COM EXPANSÃO, FISSURAÇÃO COM ESFARELAMENTO E BAIXA RESISTÊNCIA MECÂNICA: ESTUDO DE CASO	
Renato Freua Sahade Fabiano Ferreira Chotoli Sérgio Soares de Lima Priscila Rodrigues Melo Leal	
DOI 10.22533/at.ed.0282006014	
CAPÍTULO 5	45
CARACTERÍSTICAS E DESEMPENHO DA VERMICULITA NA CONSTRUÇÃO	
Paula Thais dos Santos Felix	
DOI 10.22533/at.ed.0282006015	
CAPÍTULO 6	55
PINUS E EUCALIPTO PARA CONSTRUÇÕES LEVES EM MADEIRA (WOODFRAME) NO BRASIL: COMPARATIVOS, POSSIBILIDADES E DESAFIOS	
Mirna Mota Martins Júlia Cruz da Silva Matheus Fernandes Lima Rita Dione Araújo Cunha	

CAPÍTULO 7 68

ANÁLISE DE COMPORTAMENTO DO DESLIZAMENTO PINO SOBRE DISCO DO AÇO ISI 4140 X H13

Eric Elian Lima Espíndola
Andrey Coelho das Neves
Beatriz Seabra Melo
Vinicius Silva dos Reis
Milena Cristina Melo Carvalho
Brenda Thayssa Figueira Daniel
Rodrigo Ribeiro Lima
Edgar Costa Cardoso
Aécio de Jesus Monteiro dos Santos
Emerson Rodrigues Prazeres
José Maria do Vale Quaresma

DOI 10.22533/at.ed.0282006017

CAPÍTULO 8 81

APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DO TIPO COSTANEIRAS DE CORYMBIA CITRIODORA PARA APLICAÇÃO EM MÓVEIS E COMPONENTES DECORATIVOS

Matheus Fernandes Lima
Mirna Mota Martins
Julia Cruz da Silva
Sandro Fábio Cesar
Rita Dione Araújo Cunha

DOI 10.22533/at.ed.0282006018

CAPÍTULO 9 94

AVALIAÇÃO DE PROJETOS DE PAINÉIS EM MADEIRA PARA REVESTIMENTO DE FACHADAS: RECOMENDAÇÕES PARA O DETALHAMENTO CONSTRUTIVO

Mônica Duarte Aprilanti
Simone Fernandes Tavares
Akemi Ino

DOI 10.22533/at.ed.0282006019

CAPÍTULO 10 108

COMPARTIMENTAÇÃO HORIZONTAL UTILIZANDO PLACAS DE SILICATO DE CÁLCIO DE ALTA DENSIDADE

Lilian Cristina Ciconello
Luciana Alves de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.02820060110

CAPÍTULO 11 121

INCIDÊNCIA DE DESCOLAMENTO EM REVESTIMENTOS CERÂMICOS ADERIDOS EM FACHADAS: CONTRIBUIÇÃO PARA O PROJETO E A PRODUÇÃO

Luciana Alves de Oliveira
Luciana Araújo Mauricio Varella
Renato Freua Sahade

DOI 10.22533/at.ed.02820060111

CAPÍTULO 12 133

COMPARAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO PARALELO ÀS FIBRAS DO *Eucalyptus urograndis*: CORPOS DE PROVA ISENTOS DE DEFEITOS X PEÇAS ESTRUTURAIS

Fabiana Yukiko Moritani
Carlito Calil Junior

DOI 10.22533/at.ed.02820060112

CAPÍTULO 13 145

CROSS LAMINATED TIMBER VS CONCRETO: RESISTÊNCIA MECÂNICA A COMPRESSÃO PARALELA ÀS FIBRAS E DENSIDADE

Aliane Cardoso de Almeida
Rafaele Almeida Munis
Jessé Salles Lara

DOI 10.22533/at.ed.02820060113

CAPÍTULO 14 158

DUREZA JANKA COMO ESTIMADOR DA DENSIDADE APARENTE E DAS RESISTÊNCIAS À FLEXÃO E COMPRESSÃO EM EUCALIPTO

Takashi Yojo
Cassiano Oliveira de Souza
Maria José de Andrade Casimiro Miranda
Sergio Brazolin

DOI 10.22533/at.ed.02820060114

CAPÍTULO 15 167

ESTUDO COMPARATIVO DOS EFEITOS DE NANOFIBRAS DE SÍLICA, OBTIDAS VIA SBS, E ARGILA MONTMORILONÍTICA EM POLIAMIDA 66

Edvânia Trajano Teófilo
Gabriel Lucena de Oliveira
Radamés da Silva Teixeira
Cláudio Bezerra Martins Júnior
Rosiane Maria da Costa Farias
Aline Vasconcelos Duarte
Ellen Cristine Lopes da Silva Bento
Raí Batista de Sousa
Francisco Diassis Cavalcante da Silva
Francisca Maria Martins Pereira

DOI 10.22533/at.ed.02820060115

CAPÍTULO 16 178

ESTUDO DAS FORÇAS DE CORTE NO MICROFRESAMENTO DO AÇO INOXIDÁVEL AUSTENÍTICO AISI 316L

Milla Caroline Gomes
Márcio Bacci da Silva

DOI 10.22533/at.ed.02820060116

CAPÍTULO 17 185

PROJETO E CONSTRUÇÃO DE FORNO DIDÁTICO PARA FUNDIÇÃO DE ALUMÍNIO

Carlos Eduardo Costa
Jefferson Maiko Luiz

Ivan Rodrigues dos Santos
Emerson da Silva Seixas
Milton Luis Polli

DOI 10.22533/at.ed.02820060117

CAPÍTULO 18 194

QUANTIFICAÇÃO DE HIDROGÊNIO EM CORPOS DE PROVA DE UM AÇO ARBL
PARA ENSAIOS DE PUNÇIONAMENTO ESFÉRICO

Luiz Fernando Maia de Almeida
Rosenda Valdés Arencibia
Sinésio Domingues Franco

DOI 10.22533/at.ed.02820060118

CAPÍTULO 19 200

METODOLOGIA PARA MONITORAMENTO DA PRÉ-TRINCA POR FADIGA NO
ENSAIO SNTT

Guilherme Bernardes Rodrigues
Waldek Wladimir Bose Filho
Sinésio Domingues Franco
Rosenda Valdés Arencibia

DOI 10.22533/at.ed.02820060119

CAPÍTULO 20 206

BIOSSORÇÃO DE METAIS PESADOS UTILIZANDO A MICROALGA *Synechococcus
nidulans*

Juliana Silveira de Quadros
Paulo Fernando Marques Duarte Filho
Fernando Junges

DOI 10.22533/at.ed.02820060120

CAPÍTULO 21 216

DISTRIBUIÇÃO BIDIMENSIONAL DA PROFUNDIDADE DE MISTURA NO
RESERVATÓRIO DE LAJEADO, TOCANTINS

Marcelo Marques
Elaine Patricia Arantes
Fernando Oliveira de Andrade
Alexandre Kolodynskie Guetter
Cristhiane Michiko Passos Okawa
Isabela Arantes Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.02820060121

CAPÍTULO 22 227

ESTUDO PROSPECTIVO E TECNOLÓGICO DA GERAÇÃO DE SYNGAS
UTILIZANDO CATALISADORES

Munique Gonçalves Guimarães
Grace Ferreira Ghesti
Camila Lisdália Dantas Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.02820060122

CAPÍTULO 23 240

UTILIZAÇÃO DE PELÍCULAS COMESTÍVEIS NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE MORANGOS

Tatiane Barbosa dos Santos

Matheus Luis Ferrari

Marcio Eduardo Hintz

João Paulo Brazão Gianini

Rafael Rodrigo Bombardelli

Idiana Marina Dalastra

DOI 10.22533/at.ed.02820060123

SOBRE A ORGANIZADORA..... 251

ÍNDICE REMISSIVO 252

ANÁLISE EXPERIMENTAL EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO REFORÇADAS AO CISALHAMENTO COM LAMINADOS DE PRFC

Data de aceite: 25/11/2019

Nara Villanova Menon

Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Engenharia Civil
Maringá, PR.

Maicon de Freitas Arcine

Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Engenharia Civil
Maringá, PR.

Juliana Penélope Caldeira Soares

Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Engenharia Civil
Maringá, PR.

RESUMO: A engenharia civil nas últimas décadas tem reconhecido a necessidade crescente de reforçar ou reabilitar as estruturas de concreto armado. Avaliar a resistência e o modo de colapso de vigas de concreto armado reforçadas ao esforço cortante com laminados e tecidos de PRFC (Polímeros Reforçados com Fibra de Carbono) externamente colados foi o objetivo desta pesquisa. Desenvolveu-se um programa experimental onde dezessete vigas dimensionadas com a mesma armadura longitudinal de flexão e com deficiente armadura convencional de cisalhamento foram ensaiadas. Quatro sistemas de reforços foram avaliados. Após atingir a carga máxima, as vigas reforçadas

com laminados apresentaram uma grande capacidade residual, demonstrativo da sua grande ductilidade para grandes deformações. O melhor desempenho deve ser atribuído aos laminados inseridos, pois apresentam alta eficácia, não ocorre desprendimento das lâminas e aumentam consideravelmente a capacidade resistente ao cisalhamento.

PALAVRAS CHAVE: concreto armado; reforço estrutural; vigas; cisalhamento; materiais compósitos de PRFC.

EXPERIMENTAL ANALYSIS IN REINFORCED CONCRETE BEAMS STRENGTHENED WITH CFRP PLATES

ABSTRACT: The present work studied the behavior of Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) composite used as strengthening and rehabilitating structural material in reinforced concrete (RC) beams submitted to shear stress. The current state of the knowledge related to this issue is presented, and different conceptual and design models for shear strengthening of RC beams with CFRP systems are introduced. Four strengthening systems were studied in this research. The study was carried out in conventional RC beams, which were shear strengthened with CFRP plates. Different external bonding positions of the strengthening plates, either on or inside the internal steel

stirrups were analyzed; an aspect that had not been mentioned in the specific literature before. The results obtained in the tests are interpreted, discussed and evaluated. These results indicate that the techniques used in this study, to shear strengthen RC beams with CFRP, are viable. They also showed that CFRP laminated plates embedded into slits cut on the beam's lateral surface was the most effective technique.

KEYWORDS: Reinforced concrete, structural strengthening, rectangular beams, shearing, CFRP.

1 | INTRODUÇÃO

Devido à sua curta existência em relação a outros materiais já consagrados, a utilização de PRF (Polímeros Reforçados com Fibras) não é muito difundida no mercado da construção civil e ainda necessita de estudos mais aprofundados para o aperfeiçoamento dos modelos de equações de projeto já existentes.

As primeiras pesquisas foram realizadas no Japão, há aproximadamente 25 anos, devido aos problemas com abalos sísmicos. O reforço estrutural com fibra de carbono é feito de maneira que os nós da estrutura sejam enrijecidos, evitando assim a liquefação, que é o efeito causado pelo abalo sísmico. Atualmente, usa-se o reforço em estruturas novas como forma de prevenção.

Após os japoneses, os americanos começaram a empregar o reforço para projetos aeroespaciais da NASA, estendendo-se posteriormente para projetos automobilísticos, como revestimento de carros de Fórmula um, a fim de evitar o esmagamento dos membros inferiores dos pilotos no caso de acidentes.

Segundo Hollaway (2004), em meados dos anos 80 realizaram-se os primeiros ensaios em vigas de concreto reforçadas com PRF efetuados no EMPA (Laboratório Suíço de Materiais), em Zürich. A intenção desse estudo seria a substituição de chapas de aço, inicialmente usadas para reforço, pelos compósitos, devido à suas melhores propriedades mecânicas, facilidade de aplicação e leveza.

Para tal fim, escolheu-se a fibra de carbono, pois essa apresenta um módulo de elasticidade mais alto e compatível com as deformações do concreto armado. Além disso, a matriz mais compatível com tal fibra demonstrou ser a resina epóxi, pois aglutina melhor, tem maior aderência e apresenta uma cura sem retração.

Em 1991, executou-se a primeira obra real com reforço de fibra de carbono, sendo essa a ponte Ibach em Lucerna (Suíça). Nos anos posteriores, realizaram-se mais obras, mas ainda com caráter experimental. Em 1995 o uso sistêmico do método construtivo foi estabelecido e começou-se a comercialização, especialmente na Suíça e Alemanha. (TÄLJSTEN, 1997)

Na América Latina, a utilização de reforço com PRF ainda é defasada em relação ao Japão, Estados Unidos e Europa, nos quais já existem, comitês de organizações

profissionais que publicaram códigos normativos, boletins, recomendações e guias de projetos.

Esta pesquisa analisou quatro sistemas de reforços ao cisalhamento em vigas de concreto armado: sistemas laminados em tiras, laminados em L, laminados embutidos no concreto e faixas de tecido de PRFC.

2 | UTILIZAÇÃO DE COMPÓSITOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Na engenharia civil, a utilização de compósitos pode ser dividida da seguinte forma:

- a) reabilitação: que consiste na restauração da capacidade estrutural de um elemento danificado para a situação anterior a manifestação do processo de degradação ou sinistro;
- b) reforço: consiste na alteração das características da estrutura existente buscando adequá-la a novos parâmetros devido a mudança e/ou aumento das cargas atuantes.

Os estudos sobre reforço de estruturas de concreto com compósitos foram iniciados na década de 90 e a utilização desta técnica tem crescido rapidamente nos últimos anos. Os materiais compostos ou compósitos avançados competem diretamente com as técnicas de reforço tradicionais, como alargamento da seção transversal, protensão externa e placas de aço coladas externamente (KHALIFA e NANNI, 1999).

Os compósitos com PRF oferecem muitas vantagens em relação a outros materiais para reforço como: excelente resistência à corrosão, resistência aos agentes ambientais, alta relação rigidez-peso e resistência-peso e fácil aplicação.

O aparente alto custo dos PRF em comparação com as técnicas convencionais é o maior obstáculo para o emprego dos PRF como material de reforço de estruturas, porém a comparação com base no preço unitário não é apropriada. Quando o custo da instalação é levado em consideração, o material composto pode competir com os materiais convencionais. O baixo peso dos PRF reduz as despesas com transporte e alguns sistemas pré-fabricados reduzem o tempo no local de trabalho. Se a comparação inclui custos de ciclo de vida, os PRF podem ter uma vantagem significativa (TALJSTEN, 2003).

Os sistemas de compósitos com PRFC têm sido utilizados na construção civil para o reforço em vigas, lajes, paredes, pilares, chaminés, reservatórios, silos, tanques, túneis e tantos outros elementos estruturais sujeitos à deterioração, acréscimo nos carregamentos previstos ou deformações excessivas causadas por mudança de utilização, erros de projeto ou construção, alteração das normas, reabilitação após abalos sísmicos ou após incêndio (Sika, 2003).

Quando aplicado em vigas de concreto, conforme ilustrado na Figura 1, o sistema em PRFC pode reforçar a flexão, ao cisalhamento e à torção.

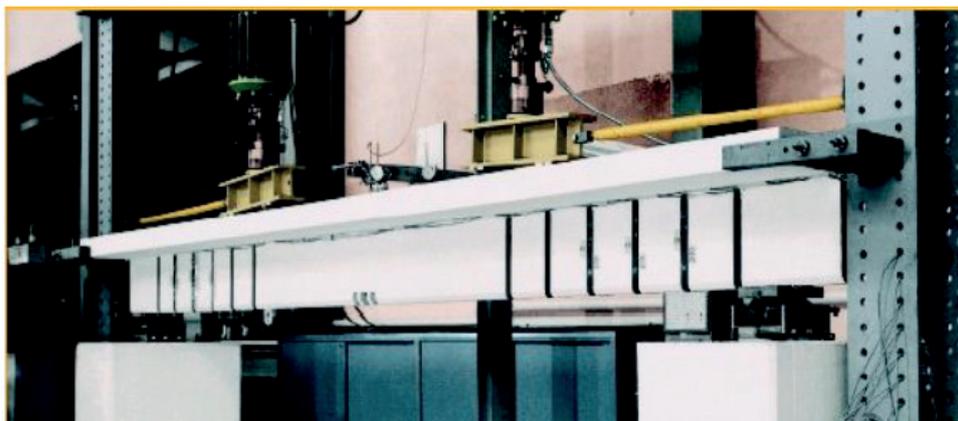


Figura 1: Ensaio de viga reforçada ao cisalhamento no EMPA

Fonte: Sika (2003).

A utilização do reforço em vigas inclui:

- pontes moldadas “*in loco*” ou pré-fabricadas, metálicas, vigas compostas de madeira laminada colada;
- estruturas para estacionamento;
- aplicações industriais: apoios para equipamentos, estruturas elevadas.

O sistema de reforço é indicado para aumentar a resistência à flexão e à força cortante no reforço de paredes de concreto ou alvenaria com cargas excessivas paralelas ou perpendiculares às mesmas, bem como sujeitas a impactos provenientes de explosões. Nas paredes, a utilização do reforço inclui: paredes de concreto, alvenaria ou pré-moldadas; parede submetida a recalque diferencial; parede de tanque; muro de arrimo; poço de elevador; estrutura industrial exposta a cargas de explosão e melhorias para combater abalos sísmicos.

O reforço com PRFC aumenta a resistência à flexão e à compressão por confinamento quando aplicado em pilares, Figura 2. O sistema de reforço com fibras de carbono é ideal em aplicações para carregamento contínuo. Quando aplicado em pilares, o sistema de reforço inclui:

- a) recomposição após abalos sísmicos;
- b) pontes, edifícios, ancoradouros.

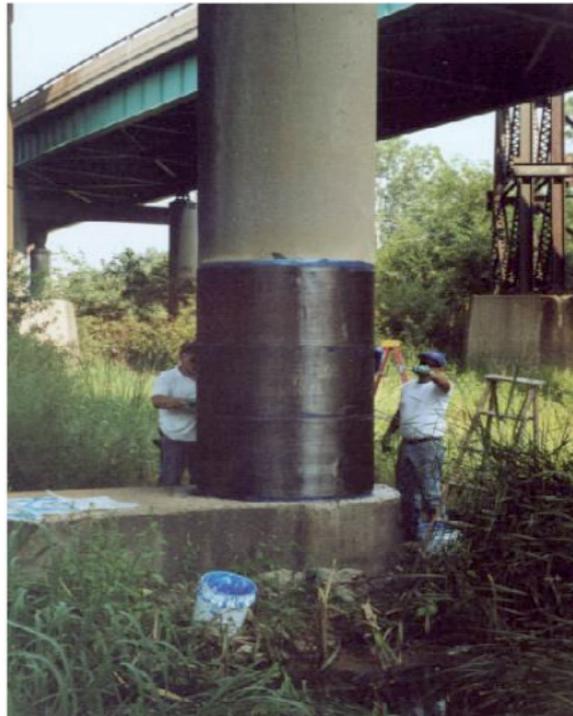


Figura 2: Encamisamento de pilar

Fonte: Master Builders (2001).

Em tubulações ou túneis, quando ocorre excesso de carga lateral, o reforço estrutural com PRFC é utilizado para diminuir a curvatura e o esforço circunferencial.

A Figura 3 ilustra a inclinação excessiva em chaminés devida à carga de vento (a) e o reforço estrutural com PRFC executado para aumentar a resistência à compressão por confinamento (b).

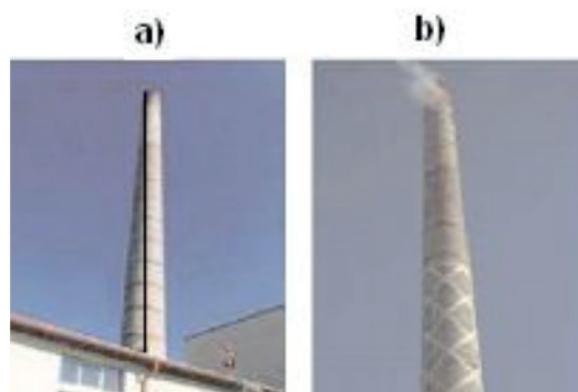


Figura 3: a) Chaminé antes do reforço e b) após reforço

Fonte: Master Builders (2001).

O reforço estrutural com PRFC é utilizado em silos e tanques para eliminar o excesso de esforço circunferencial que provoca propagação de trincas em estruturas hidráulicas.

Com o sistema de reforço em PRFC aplicado externamente nas lajes, orientado em uma ou duas direções, as cargas sobre as lajes podem ser aumentadas e as

deformações podem ser controladas. Conforme ilustra a Figura 4, a aplicação de fibras ao longo da face interior da laje melhora tanto sua capacidade de carga como também diminui a sua deformação, permitindo que esta absorva maiores momentos positivos.



Figura 4: Reforço em lajes

Fonte: Master Builders (2001).

Para poder entender e prever até certo ponto o comportamento dos materiais compostos é necessário conhecê-los um pouco mais, tanto nas características dos materiais como no comportamento destes durante seu processo de aplicação, sem necessidade de entrar necessariamente em aspectos muito complexos de engenharia química.

2.1 Definição de compósito

Um compósito é um material estrutural formado pela união de dois ou mais materiais de naturezas diferentes. Os constituintes são combinados ao nível macroscópico sendo que um deles é denominado de fase de reforço e o outro é responsável pela impregnação do reforço, conhecido como matriz (Figura 5). O material resultante possui comportamento superior àquele de seus componentes tomados separadamente. O material utilizado no reforço geralmente é um arranjo de fibras, contínuas ou não, de um material resistente que são impregnadas em uma matriz com resistência mecânica inferior às fibras.

Os compósitos são constituídos essencialmente por duas fases, conforme ilustra a Figura 5. Uma delas, as fibras, apresenta grande resistência, elevado módulo de elasticidade e tem a forma de filamentos de pequeno diâmetro. A outra fase é macia e tem características sinérgicas e denomina-se matriz. Esta última, sendo relativamente dúctil, envolve completamente a primeira fase, permitindo boa transferência de tensões entre as fibras interlaminares e no plano (conceito de

sinergia).

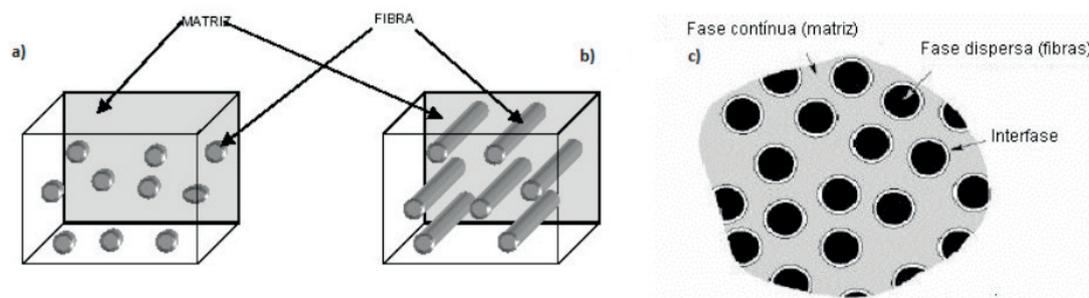


Figura 5: Compósitos reforçados com a) partículas e com b) fibras c) Representação esquemática das fases constituintes de um compósito

Fonte: CNR-DT-200 (2004).

Da conjugação destas duas fases nasce a verdadeira força geradora dentre os compósitos reforçados com fibras e as suas relevantes propriedades mecânicas, físicas e químicas quando comparados com os homólogos tradicionais. Embora o comportamento global de um compósito esteja condicionado pelo critério de composição, pelo processo de fabricação e pelos objetivos estruturais na fase de utilização, apresenta propriedades potenciais de interesse para a engenharia. Estas propriedades são: as elevadas resistência e rigidez, o seu baixo peso específico, a excelente resistência à agressividade ambiental, bem como a possibilidade em admitir propriedades direcionais a nível estrutural, elétrico e magnético, variáveis de acordo com a conveniência (Hull, 1987).

3 | METODOLOGIA

Com o objetivo de estudar a influência do reforço na resistência ao esforço cortante e o comportamento de diversos sistemas de reforços ao cisalhamento com PRFC, norteando-se numa ampla revisão bibliográfica, descreve-se o programa experimental desenvolvido. O trabalho experimental foi executado no laboratório de estruturas do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Maringá.

Baseando-se nos estudos experimentais de López *et al.* (2005), Timoner *et al.* (2005), Pellegrino *et al.* (2006) e Chaallal (2006) optou-se por um ensaio em três pontos com uma carga assimétrica situada a 0,63 metros do apoio esquerdo conforme ilustra a Figura 6.

Menon (2008) para sua tese de doutorado analisou experimentalmente 38 vigas, com seção transversal retangular, divididas em cinco séries de acordo com o sistema de reforço adotado. Quatro séries com quatro vigas cada, denominadas (VC,VCL,VCE,VCT) e uma viga que serviu serviu como referência (VR) serão

detalhadas neste trabalho. As quatro vigas que compõem a série que foram reforçadas com lâminas de PRFC cobrindo duas faces das vigas denominam-se VC. As vigas da série onde foram utilizados laminados em forma de L que cobriam três faces das vigas são as VCL. A série VCE foi reforçada por laminados inseridos no concreto de recobrimento a 45° e a série VCT por vigas reforçadas nas quatro faces por faixas de tecido. Uma viga foi utilizada como referência (VR). Todas as vigas foram igualmente dimensionadas: distância entre vãos de 222 cm e seção transversal de 12x25cm. As armaduras longitudinais de tração e compressão são compostas por duas barras de aço CA-50 com 16 mm de diâmetro. A armadura transversal foi subdimensionada, composta por estribos de aço CA- 60 de 4,2 mm de diâmetro com espaçamento de 18 cm. Para o reforço foram utilizadas quatro alternativas. Na Figura 6 apresenta-se o esquema das vigas ensaiadas com laminados e faixas de tecido a 90°.

O programa experimental avaliou os deslocamentos verticais abaixo da carga concentrada aplicada, que foram determinados através de um transdutor de deslocamento potenciométrico com curso de 100 mm. Para que os objetivos desta pesquisa fossem satisfatoriamente atingidos, especial atenção à extensometria tornou-se necessária. Para avaliação das deformações nos estribos, foram colocados extensômetros (KFG-2-120-C1-11) protegidos com massa para calafetar e fita isolante. Nas vigas reforçadas foi utilizado somente um extensômetro do tipo (KC-70-120-A1-11), posicionado no concreto entre as lâminas de reforço, disposto a 45°. Sobre as lâminas e tecido de fibra de carbono foram colados extensômetros do tipo (KFRP-5-120-C1-1). As aberturas das fissuras foram estudadas durante e após o término dos ensaios.

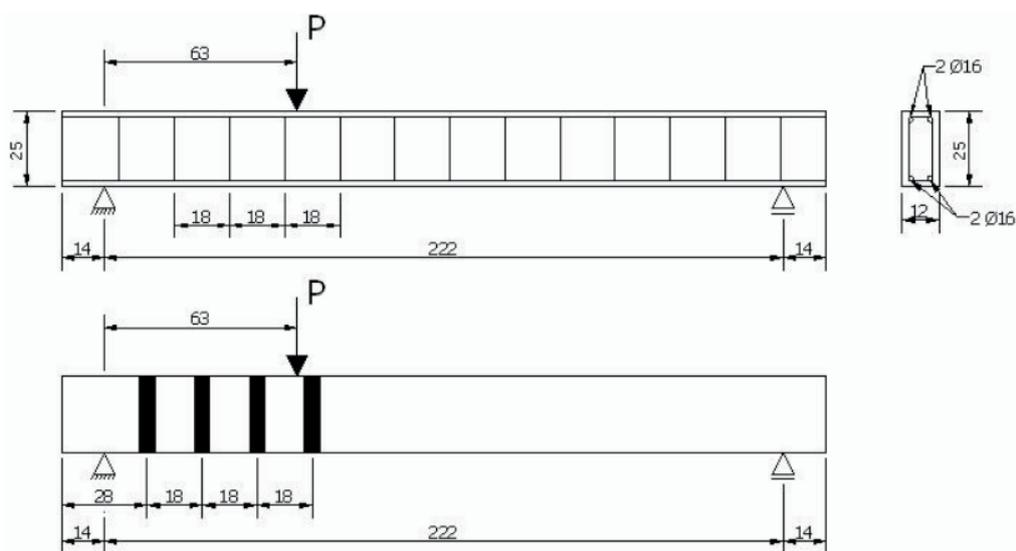


Figura 6: Representação esquemática das vigas reforçadas

Fonte: Menon (2008).

3.1 Caracterização dos materiais

3.1.1 Concreto e aço das armaduras

A avaliação da resistência à compressão do concreto foi efetuada experimentalmente aos 28 dias e nas datas das realizações dos ensaios das vigas. Foram utilizados 10 corpos de prova, de 10 centímetros de diâmetro por 20 centímetros de altura, para a obtenção do valor da resistência média aos 28 dias (f_{cm}) e três para as outras datas. Na Tabela 1 apresentam-se os resultados dos ensaios efetuados para a caracterização do concreto e do aço segundo as normas da ABNT NBR 5739/2007 e NBR 6152/2002.

	dias	F_{cm} (MPa)		
Concreto	28	31,9		
	60	32,2		
	90	34,7		
	Amostra	Diâmetro (mm)	Tensão de escoamento (MPa)	Tensão de ruptura (MPa)
Aço	1	4,2		790,96
	2	4,2		805,61
	1	16,0	591,74	730,97
	2	16,0	606,66	740,95

Tabela 1: Características do concreto e do aço das armadura

Fonte: Menon (2008).

3.1.2 Sistemas de PRFC

Para a pesquisa foram utilizados dois sistemas de compósitos de PRFC laminados pré-fabricados, Sika Carbodur S 512, Sika Carbohear L 4/20/50 (laminados) e Sikawrap- 230 C (tecido). As características dos materiais constituintes dos sistemas adotados foram obtidas das fichas técnicas disponibilizadas pelo fornecedor Sika, que se encontram resumidas na Tabela 2.

Tipo	Materiais	Resistência à tração (MPa)	Módulo de elasticidade (GPa)	Deformação unit. ruptura (%)	Espessura (mm)
Sika Carbodur S 512	laminado	2800	165	1,9	1,2
Sikadur – 30	adesivo	-	10	-	-
Sika Carbohear – L 4/20/50	laminado	2250	120	1,7	1,4
Sikawrap – 230 C	tecido unidirecional	3450	234	1,5	0,12
Sikadur - 330	adesivo	-	45	-	-

Tabela 2: Características dos constituintes dos sistemas de PRFC

Fonte: Menon (2008).

3.2 Técnica de aplicação do reforço

Cada tipo de reforço utilizado envolveu técnicas de preparo diferentes. Os pré-fabricados (laminados) ilustrados na Figura 7 exigiram as seguintes tarefas: 1) abertura de faixas no recobrimento do concreto nas três faces das vigas através de um esmeril, com cerca de 50 mm de largura e 15 mm de profundidade; 2) aplicação de jatos de ar para eliminar as impurezas; 3) aplicação do adesivo nas faixas e nos laminados; 4) colagem dos laminados nas faixas abertas no concreto.



Figura 7: Sistemas de reforço utilizando Sika Carbodur e Sika CarboShear L

Fonte: Menon (2008).

O sistema pré-fabricado (embutidos) inserido em ranhuras efetuadas no concreto de cobrimento das faces laterais das vigas envolveu as seguintes tarefas: 1) abertura das ranhuras no concreto de recobrimento das faces das vigas, com cerca de 5 mm de largura e 15 mm de profundidade; 2) limpeza das ranhuras com aplicação de ar comprimido; 3) corte dos laminados com esmeril; 4) limpeza dos laminados com acetona industrial; 5) aplicação do adesivo nas ranhuras e nos laminados; 6) inserção dos laminados nas ranhuras e retirada do excesso de adesivo com uma espátula.

Já o sistema curado “*in situ*” (tecido) exigiu as seguintes tarefas: 1) preparação da superfície através de um esmeril e abertura de faixas com cerca de 50 mm de largura; 2) aplicação de jatos de ar para eliminar as impurezas; 3) aplicação de uma camada de primário com rolo de espuma para melhorar a aderência concreto-PRFC; 4) colagem do tecido recorrendo a uma resina epoxídica.



Figura 8: Sistemas de reforço utilizando a) laminados inseridos e b) faixas de tecido

Fonte: Menon (2008).

3.3 Análise experimental

Conforme ilustrado na figura 9 o sistema de ensaio experimental foi constituído por: macaco hidráulico manual, célula de carga, transdutor de deslocamento potenciométrico e três tipos de extensômetros da marca KYOWA (KFG-2-120-C1-11 para aço, KC-70-120-A1-11 para concreto e KPRF-5-120-C1-1 para PRFC), que foram estrategicamente localizados nos estribos, no concreto e nos reforços de PRFC, através de $\frac{1}{2}$ ponte de Wheatstone. Estes instrumentos estavam ligados em um sistema de aquisição de dados, sendo que os valores das medidas indiretas foram obtidos e armazenados no computador através de softwares apropriados.



Figura 9: Sistema de ensaio

Fonte: Menon (2008).

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados experimentais são mostrados na Tabela 3. Para cada grupo de sistema de reforço são apresentados: a carga máxima de ruptura, valores teórico e experimental das forças cortantes últimas, deslocamento no ponto de aplicação da carga concentrada, o modo como se romperam e a normalização das medidas.

Viga	Carga ruptura (kN)	V última teórico (kN)	V última experimental (kN)	Incremento (%)	Deslocamento (cm)	Incremento (%)	Modo de ruptura
VR	77,71	37,71	55,86		1,11		Cisalhamento
VC1	109,07	54,58	78,12	40,35	1,75	57,66	Descolamento
							Cisalhamento
VC2	115,44		82,68	48,55	5,25	372,97	Flexão
VC3	96,16		68,87	23,74	1,39	25,22	Descolamento
							Cisalhamento
VC4	118,08	84,57	51,95	6,38	474,77	Flexão	

VCL1	105,20	51,07	75,35	35,38	4,51	306,31	Flexão
VCL2	105,20		81,86	47,01	4,47	302,70	Flexão
VCL3	113,10		81,00	45,54	5,08	357,66	Flexão
VCL4	115,30		82,58	48,37	3,83	245,05	Flexão
VCE1	118,60	51,07	84,94	52,62	5,63	407,21	Flexão
VCE2	117,30		84,01	50,95	6,65	499,10	Flexão
VCE3	128,6		92,11	65,49	7,09	538,74	Flexão
VCE4	118,5		84,87	52,50	5,67	410,81	Flexão
VCT1	117,40	28,93	84,08	51,07	5,16	364,86	Flexão
VCT2	120,0		85,95	54,42	5,37	383,78	Flexão
VCT3	114,60		82,08	47,47	4,84	336,04	Flexão
VCT4	116,60		83,51	50,05	5,66	355,04	Flexão

Tabela 3: Principais resultados dos ensaios

Fonte: Menon (2008).

A viga referência rompeu-se pela ocorrência de uma fissura de cisalhamento no vão de cisalhamento após desenvolvimento de pequenas fissuras de flexão. As vigas VC1, VC3 tiveram um modo de ruptura frágil ocasionado pelo descolamento da segunda e terceira faixas de laminado no vão de cisalhamento. Este fato ocasionou a abertura excessiva de uma fissura de cisalhamento e pela formação de pequenas fissuras de flexão e cisalhamento ao longo da viga, ocorrendo também o rompimento da armadura transversal. As vigas VC2 e VC4 apresentaram ruptura dúctil, pois se romperam por fissuras de flexão. Estas duas últimas vigas apresentaram alta ductilidade, sendo que a viga VC4 atingiu um deslocamento 474% maior que o da viga de referência. As vigas do grupo VCL romperam por flexão, onde a região de tração atingiu o seu máximo e apresentaram pequenas fissuras de cisalhamento e flexão ao longo da viga. Nestas vigas a carga residual do valor próximo da correspondente carga máxima foi mantida até flechas elevadas.

Os sistemas de reforços com laminados garantiram um aumento em torno de 50% das suas capacidades de carga das vigas. Mas o melhor desempenho dos laminados é mais notório em termos de ductilidade. As vigas que não tiveram descolamento do sistema de reforço atingiram deslocamentos entre 300% e 470% superiores ao da viga referência.

O melhor desempenho dos laminados foi o fornecido pelo sistema de laminados inseridos no concreto recobrimento. Em termos de ductilidade é notório que neste programa experimental este sistema de reforço atingiu 538.74% sendo que Dias e Barros (2003) atingiram 1006% de acréscimo em seus protótipos. As vigas reforçadas com laminados inseridos no concreto de recobrimento apresentaram modo de ruptura mais dúctil que o verificado no sistema que utilizou tecido de PRFC ou laminados

colados nas faces das vigas.

O sistema de reforço que utilizou faixas de tecido de PRFC apresentou bom desempenho, demonstrando constância nos resultados dos protótipos ensaiados. Apesar de vários autores afirmarem que o sistema de reforço com tecido apresenta ruptura mais frágil, as vigas analisadas neste estudo mostraram-se tão eficientes quanto os sistemas que utilizaram laminado.

5 | CONCLUSÕES

Os reforços que utilizaram o sistema Sika Carboshear L apresentaram mais eficácia, pois o mesmo comportamento foi verificado em todas as vigas ensaiadas. Quando se utilizou sistema Sika Carbodur as vigas romperam-se de duas formas: quando não havia o descolamento das lâminas, este sistema mostrou-se tão eficiente quanto o outro. Mas quando as lâminas descolavam, com cargas em torno de 50 kN o ganho era pequeno e apresentavam ruptura frágil.

O melhor desempenho deve ser atribuído aos laminados inseridos, pois apresenta alta eficácia, não ocorre desprendimento das laminas e aumenta consideravelmente a capacidade resistente ao cisalhamento. Ainda pode-se acrescentar a notória ductilidade que este sistema proporciona nas vigas reforçadas.

O sistema de reforço que utilizou faixas de tecido de PRFC apresentou um bom desempenho, apresentando constância nos resultados dos protótipos ensaiados e mostra-se tão eficiente quanto o sistema que utilizou laminados em forma de L.

A utilização de compósitos de PRFC colados externamente como elementos resistentes ao esforço cortante permite aumentos significativos na capacidade de carga das vigas de concreto armado. Após atingir a carga máxima, as vigas reforçadas com laminados apresentaram uma grande capacidade residual, demonstrativo da sua alta ductilidade para grandes deformações.

REFERÊNCIAS

ABNT_NBR 5739. **Concreto- ensaios de compressão de corpos de –prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, ABNT, 2007.

ABNT_NBR 6152. **Materiais metálicos-Ensaio de tração à temperatura ambiente**. Rio de Janeiro, ABNT, 2002.

CNR-DT 200/2004. **Guide for the design and construction of externally bonded frp systems for strengthening existing structures**. Advisory Committee on Technical Recommendations for Construction, Rome-Italy, 2004.

DIAS, S.; BARROS, J. **Materiais compósitos de CFRP no reforço ao corte de vigas de betão armado**. 3º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia. Maputo, Moçambique, p. 539-550. Ago. 2003.

HOLLAWAY, L. C. **Development and review of advanced polymer/fibre composites used in the European construction industry.** II FC INTERNATIONAL, v. 1, n.1, May 2004.

HULL, D. **An introduction to composite materials.** Cambridge University Press, Great Britain. 1987.

KHALIFA, A.; NANNI A. **Rehabilitation of rectangular simply supported rc beams with shear deficiencies using frp composites.** Construction and Building Materials, Apr. 1999.

MASTER BUILDER. **Externally bonded FRP reinforcement system.** Disponível em: <<http://www.mbrace.com>>. Acesso em: 20 abr. 2001.

MENON, N.V. **Estudo experimental de sistemas de reforço ao cisalhamento em vigas de concreto armado utilizando-se polímero reforçado com fibras de carbono (PRFC).** Tese (Doutorado em Estruturas). 327f. Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, 2008.

SIKA. **Guía de diseño e instalación sistema Sika Carbodur.** Sika Colombia S.A., Set. 2003. CD-ROM.

TÄLJSTEN, B. **Strengthening of concrete structures for shear with bonded CFRP fabrics. Recent advances in bridge engineering.** U. Meier and R. eds. EMPA. p. 67-74, Switzerland, 1997.

TÄLJSTEN, B. Strengthening concrete Beams for Shear with CFRP sheets. **Construction and Building Materials**, Elsevier, USA, 2003.

SOBRE A ORGANIZADORA

Franciele Braga Machado Tullio - Engenheira Civil (Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG/2006), Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho (Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR/2009, Mestre em Ensino de Ciências e Tecnologia (Universidade Tecnológica federal do Paraná – UTFPR/2016). Trabalha como Engenheira Civil na administração pública, atuando na fiscalização e orçamento de obras públicas. Atua também como Perita Judicial em perícias de engenharia. E-mail para contato: francielebmachado@gmail.com

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aço inoxidável 178, 181
Aproveitamento de costaneira 81
Argamassa de revestimento 35, 36, 42, 44, 45
Argila montmorilonítica 167, 168

C

Carga normal 68, 71, 73, 74, 75, 77, 78, 79
Cisalhamento 21, 23, 24, 27, 31, 32, 33, 34, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 203, 217
CLT 97, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 155, 156, 157
Coeficiente de atrito 68, 71, 73, 74, 79
Comparação 7, 13, 14, 23, 40, 56, 57, 58, 61, 63, 73, 75, 77, 78, 79, 86, 133, 135, 140, 145, 206, 209, 244, 245, 247
Compartimentação horizontal 108, 110, 111, 118
Compressão 24, 25, 28, 29, 33, 48, 114, 115, 135, 137, 145, 147, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 158, 159, 160, 161, 164, 165, 166, 201
Concreto 21, 22, 23, 24, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 37, 44, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 61, 97, 117, 118, 123, 145, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 190
Concreto armado 21, 22, 23, 33, 34, 37, 123, 148, 156, 157
Conforto acústico 45
Conforto térmico 45, 47, 50, 53, 122
Construção civil 12, 18, 22, 23, 36, 44, 45, 49, 50, 51, 52, 55, 56, 57, 59, 65, 96, 97, 98, 108, 110, 128, 132, 144, 145, 146, 147, 149, 150, 156, 187
Construções leves 55, 56, 60, 61, 65, 66
Corrosão 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 23, 112, 113, 181, 195
Corymbia citriodora 81, 82, 83, 84, 85, 92, 93
Cura 15, 22, 35, 43, 44, 145, 152, 156

D

Densidade 5, 10, 12, 13, 15, 16, 18, 47, 51, 63, 108, 110, 111, 113, 114, 115, 145, 149, 150, 151, 153, 155, 156, 157, 158, 160, 161, 162, 163, 165, 166, 187, 190, 191, 207
Descolamento 31, 32, 33, 38, 121, 124, 125, 126, 127, 128, 130, 131, 132
Desgaste deslizante 68, 76
Detalhe construtivo 94
Durabilidade 36, 50, 56, 57, 64, 94, 96, 97, 98, 99, 103, 106, 107, 115, 122
Dureza Janka 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166

E

Eletroquímica 1, 2, 196, 197
Ensaios de caracterização 35, 39, 40, 42

Escória 35, 41, 43, 44, 188

Eucalipto 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 55, 56, 57, 58, 59, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 82, 93, 101, 136, 144, 148, 158, 159, 160, 161

F

Fachadas de edifícios 121, 123, 132

Fachadas em madeira 94, 95, 96, 100

Fiação por sopro em solução 167, 168, 169, 170, 171, 176

Flexão 10, 13, 17, 21, 24, 31, 32, 114, 135, 136, 137, 141, 142, 143, 158, 159, 160, 161, 163, 164, 165, 166, 201

Forças de corte 178, 179, 180, 181, 183

Forno didático 185, 191, 192

M

Madeira 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 24, 52, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 81, 82, 83, 84, 85, 88, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 106, 107, 119, 129, 133, 134, 135, 139, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 156, 157, 158, 159, 160, 163, 164, 165, 166

Manifestação patológica 35

Materiais alternativos 19, 45, 47

Materiais compósitos de PRFC 21

Metal 1, 2, 5, 6, 178, 180, 181, 182, 206, 207, 210, 212, 213, 214, 215, 229

Microfresamento 178, 180, 181, 183

Microusinagem 178, 179, 180, 181

N

Nanofibras de sílica 167, 168, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 177

P

Painéis de madeira 11, 18, 19, 20, 81, 83, 97, 157

Parede corta-fogo 108, 119

Patologia 121, 123

Pinus 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 55, 56, 57, 58, 59, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 101, 143, 144, 145, 151

Poliamida 66 167, 168, 170, 173, 174, 175

Prática acadêmica 185

Processo de fundição 185

Projeto de revestimento 121

Proteção contra incêndio 108

R

Reforço estrutural 21, 22, 25

Resíduo de madeira 81, 92

Revestimento cerâmico 121, 122, 126, 128, 130, 132

Revestimento em madeira 94

S

Sistema construtivo em placas de silicato de cálcio 108

Solo 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 65, 100, 134, 231

T

Tecnologia de vedações verticais leves 108

Tubulação 1

V

Vermiculita 45, 47, 49, 50, 51, 52, 53

Vigas 21, 22, 23, 24, 27, 28, 29, 30, 32, 33, 34, 37, 114, 123

W

Wood frame 55, 56, 57, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67

