

ESTUDO QUALITATIVO DO GANHO DE RESISTÊNCIA DA APLICAÇÃO DE TECIDO DE FIBRAS DE VIDRO EM VIGAS DE CONCRETO SIMPLES COMO TÉCNICA DE REFORÇO ESTRUTURAL

PAZ, André Lucas Bispo da

*Discente, Bacharelado em Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis
(andre-lbp@hotmail.com)*

MOREIRA, Thales Alves

*Discente, Bacharelado em Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis
(thalesalvesm@gmail.com)*

QUARESMA, Wanessa Mesquita Godoi

Professora Mestra, Bacharelado em Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis (wanessamgq@gmail.com)

RESUMO

Com a evolução da construção civil, o concreto armado se tornou uma das técnicas mais importantes para o ramo, visto que sua aplicação compreende um enorme leque de possibilidades. Entretanto os elementos que o compõe, são passíveis de patologias de diversas origens, variando desde as propriedades físicas a possíveis falhas na execução. A partir disto se mostrou importante o estudo de tecnologias de reparação e reforço de estruturas. O tecido de fibra de vidro, já é utilizado em uma área diversa da construção civil, e veio como um possível material a ser utilizado na área de reforço de estruturas devido seu baixo custo, como uma medida de desenvolvimento e aprimoramento de técnicas de reforço estrutural. Portanto o objetivo do estudo deste material é analisar as principais características estruturais da aplicação dos compósitos de fibra de vidro como reforço de vigas de concreto. A partir disto, foi estudado a literatura disponível acerca do tema e explanou-se sobre as vantagens e as desvantagens da aplicação deste método em relação aos já normalmente utilizados. A etapa seguinte foi o processo experimental, no qual foi calculado um traço de concreto convencional de acordo com as propriedades conhecidas com testes laboratoriais de cada elemento do traço, posteriormente foi moldado corpos de prova prismáticos, sendo metade reforçados e, em seguida, rompeu-se todos eles. O que nos possibilitou analisar o aumento de carga resistente à tração na flexão do corpo de prova de concreto reforçado em relação ao não reforçado. Com os resultados adquiridos analisou-se as vantagens e desvantagens observadas com este experimento.

PALAVRAS-CHAVE

Concreto Armado. Reforço Estrutural. Fibra de Vidro. Reforço de Vigas.

1 INTRODUÇÃO

Há muitos métodos para reforço estrutural, mas é preciso se atentar ao custo do material, desempenho, trabalhabilidade e durabilidade desse reforço, para melhor tomada de decisão.

Uma técnica mais limpa, esbelta e com bons resultados comprovados é reforço com compósito de fibra de carbono, porém, apesar das inúmeras vantagens é uma técnica de custo elevado. Logo, uma saída atraente é utilizar fibras mais econômicas, como por exemplo fibra de vidro.

Os materiais compósitos de PRFV (Polímero Reforçado com Fibra de Vidro) são constituídos, basicamente, de finíssimos filamentos de vidro que não são rígidos e são altamente flexíveis. A fibra de vidro para reforço é utilizada em reservatórios, pode ser encontrada de duas formas, uma em forma de manta e outra em forma de tecido (FIORELLI, 2002).

2 CONSIDERAÇÕES GERAIS

2.1 PATOLOGIAS DO CONCRETO ARMADO

Segundo Azevedo (2011), o desempenho estrutural e sua relação com os demais sistemas integrantes de uma construção, reação entre elementos do concreto e a atuação de agentes exteriores, têm sido reparados com importante constância e grande intensidade. Em geral, os sinistros que se apresentam nas estruturas de concreto demonstram sinais de desempenho desarmônico de integrantes do sistema, tendo que ser corretamente analisados e devidamente reparados para que não chegue a afetar os níveis de imobilidade e segurança do componente comprometido ou até da edificação. Essa espécie de dano ou imperfeição descreve o que denominamos de manifestação patológica e é instrumento da ciência identificada como PATOLOGIA.

2.2 CONCEITOS FUNDAMENTAIS

A patologia compreende ao estudo dos sinais apresentados pelas imperfeições que se apresentam na estrutura, busca a sua origem e os possíveis motivos e procedimentos

de funcionamento dos fatores incluídos na questão, determinando o que se chama de reconhecimento da patologia. A começar desse reconhecimento e tendo em consideração uma sequência de imposições técnicas e econômicas, decide-se o método corretivo apontado como mais correto para resolver o problema, período batizado de terapia (BASTOS, 2006; AZEVEDO, 2011).

2.3 ORIGEM DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NA ESTRUTURA

A NBR 6118 (ABNT, 2014) em seu item 6.3 determina que devem ser levados em consideração os mecanismos de envelhecimento e deterioração e a agressividade ambiental. Mecanismos estes que se dividem em: relativos ao concreto, relativos a armadura e os da estrutura propriamente dita.

2.4 DESEMPENHO

O fato de uma estrutura em certo instante demonstrar-se com comportamento insuficiente não quer dizer que ela se encontra conseqüentemente condenada. A análise deste cenário é, quem sabe, o propósito supremo da Patologia das estruturas, fase que esta é a oportunidade que exige rápida interferência técnica, de modo que ainda seja capaz de recuperar a estrutura (SOUZA & RIPPER, 1998).

2.5 VIDA ÚTIL E DURABILIDADE

Por vida útil de um insumo compreende-se a fase ao longo da qual as suas características continuam sobre os limites mínimos estabelecidos. O entendimento da vida útil e da curva individual de danificação de cada insumo ou estrutura são aspectos de essencial relevância para a fabricação de orçamentos verdadeiros para a construção. Da mesma forma como de programas de manutenção próprios e reais (SOUZA & RIPPER, 1998).

2.6 O CONCEITO DE MANUTENÇÃO

Compreende-se por manutenção de uma estrutura a união de métodos que possuam por objetivo o aumento da vida útil da construção, a um custo compensador (SOUZA & RIPPER, 1998).

2.7 SINTOMATOLOGIA DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

Os problemas patológicos possuem seus princípios derivados de erros que acontecem ao longo da consumação de uma ou mais das ações pertinentes ao procedimento geral a que se intitula de construção civil, procedimento este que consegue ser fragmentado, como já citado, em três fases principais: concepção, execução e utilização (SOUZA & RIPPER, 1998).

2.8 COMPORTAMENTO ESTRUTURAL

O estudo das seções de concreto armado tem por objetivo comprovar que, sob solicitações (efeitos das ações) de cálculo, a peça não supera os estados-limite, supondo que o concreto e o aço tenham, como resistências reais, as resistências características minoradas (resistência de cálculo). Assim, as solicitações de cálculo são aquelas que, se alcançadas, levarão a estrutura a atingir um estado-limite, caracterizando sua ruína (CARVALHO & FIGUEIREDO FILHO, 2014).

2.9 REFORÇOS DE ESTRUTURAS DE CONCRETO

2.9.1 Encamisamento

Segundo Timerman (2011) o encamisamento é a adição de uma nova camada, podendo ser constituída de concreto, microconcreto ou graute, a escolha do material depende da espessura que se encontra a patologia. O encamisamento é mais utilizado para reforço com deficiência de corrosão e inércia com a diminuição da seção de aço.

2.9.2 Protensão Externa

É um método que utiliza uma força externa para equilibrar as tensões, sendo elas internas e que não são previstas, e para incrementar a resistência da estrutura, sendo essas estruturas reforçadas caracterizadas como parcialmente protendido (SOUZA & RIPPER, 1998).

2.9.3 Reforço com chapas e com perfis metálicos

Esse método consiste em colar na parte externa da peça de concreto, chapas ou perfis metálicos, devido a boa aderência das resinas epóxi ao concreto e o aço, encontramos uma grande aplicação dessa técnica, especialmente em vigas, para resistência a esforços de flexão e cortantes (TIMERMAN, 2011).

2.9.4 Reforço com fibras

Há alguns métodos de reforço com fibras, tanto da matriz cimentícia como o reforço com tecidos, o concreto que teve sua matriz reforçado com fibras pode ser considerado como concreto de cimento hidráulico, possuindo apenas agregados miúdos ou miúdos e graúdos e as fibras descontínuas discretas. Sendo as fibras de asbesto, sisal, celulose e as industrializadas como vidro, aço, carbono e polímeros (NEVILLE; BROOKS, 2013).

2.9.5 Reforço com fibras de vidro

Antes da aplicação da manta ou tecido de vidro, deve se haver uma preparação no local da aplicação do reforço para garantir uma boa aderência, garantindo assim uma boa eficiência do reforço, o local deve estar limpo, livres de substâncias como graxas, poeira, pó, partículas sólidas e substâncias oleosas. A aplicação pode ser realizada em superfície tratada e lisa, não precisando ser rugosa pois a aderência se dá através da resina ou adesivo epóxi (MACHADO, 2010; ZUCCHI, 2015).

3 PROGRAMA EXPERIMENTAL

Com o objetivo de atingir uma maior resistência á flexão consideramos a ideia que se reforçássemos corpos de prova prismáticos, simulando vigas, com o tecido de fibra de vidro, quando submetidos a ensaio de flexão, atingiriam maior resistência devido o reforço. Como a nossa meta era fazer um comparativo final, montamos então um plano experimental qualitativo de 4 corpos de prova, 2 reforçados e 2 não reforçados, para se ter prova e contra-prova. A partir disto teríamos então os dados suficientes para realizar o comparativo, avaliando então se haveria aumento da resistência de flexão ou não.

3.1 ESCRITA DO TRAÇO

Com os dados da caracterização dos agregados em mãos, o traço foi calculado conforme as normas da ABCP para uma resistência de 25 MPa. Pelo método da ABCP, considerando os fatores de cada concreto e um desvio padrão de 5,5 MPa foi obtido um f_{cj} de 34,1 MPa (tensão média de dosagem aos 28 dias). Foi estipulado um abatimento de 80 ± 10 mm.

Foi utilizado o cimento CP II F 32 (CAUÊ). Os cálculos resultaram, para 25 MPa, um traço de 1 : 2,18 : 2,34 : 0,58 Kg (Cimento:Areia:Brita:Água).

Com o intuito de produzir apenas 4 corpos de prova prismáticos, obteve-se o seguinte traço: 18 : 39,24 : 42,12 : 10,44 (Kg). Os corpos de provas foram confeccionados no Centro Tecnológico da Unievangélica, no dia 15 de agosto de 2018. O traço foi confeccionado na betoneira. Colocando-se primeiro o agregado graúdo e metade da água calculada no traço base e depois o agregado miúdo, após misturar os agregados colocou-se o cimento e o restante da água. Lembrando que foi adicionado um pouco de aditivo no traço para melhoria de trabalhabilidade do concreto.

3.2 MOLDAGEM DOS CORPOS DE PROVAS PRISMÁTICOS

O concreto foi introduzido nos moldes em duas camadas e foi aplicado 75 golpes para o adensamento em cada camada utilizando a haste de aço de apiloamento. A seguir foi feito o arrasamento com auxílio da régua metálica e colher de pedreiro, para se garantir uma superfície mais lisa e regular. Após a moldagem dos corpos de prova, esperou um tempo de cura inicial de 48 horas, aonde os corpos de provas permaneceram sobre uma superfície horizontal rígida, sem qualquer perturbação, para evitar a perda de água. Após ser observado o prazo de cura inicial descrito acima, estes foram transportados para a câmara úmida para o resto de cura acontecer.

3.3 REFORÇO COM O TECIDO DE FIBRA DE VIDRO

Primeiro retirou-se os corpos de prova da câmara úmida no dia 14 de setembro, com mais de 28 dias de idade do concreto, para que estes secassem durante 04 dias, já que a aplicação da fibra deve acontecer com a superfície do concreto limpa e seca.

No dia 19 de setembro reforçou-se os corpos. Antes de tudo, foi preparada a mistura da resina com o catalisador, sendo a proporção de 2% de catalisador para cada 100ml de resina.

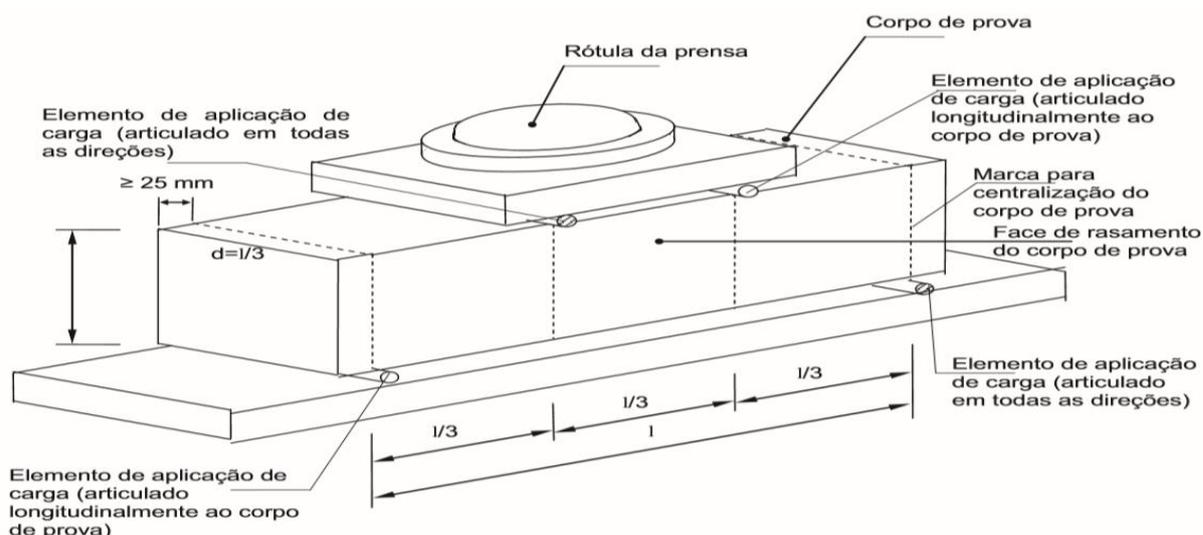
Logo após a mistura dos dois componentes esta foi aplicada direto no concreto, ou seja, por via seca, o Tecido veio logo em seguida sendo fixada na superfície do concreto já saturado com a resina-catalisador, e por fim aplicou-se a última camada da mistura.

Esperou-se 5 dias para realizar os ensaios de resistência dos corpos de prova, já que o recomendado pela empresa do produto é uma cura mínima de 1 dias para que o reforço esteja pronto para ser submetido à esforços mecânicos.

3.4 ENSAIO DE RESISTÊNCIA À TRAÇÃO A FLEXÃO EM CONCRETO

Os corpos de prova foram colocados paralelos ao seu eixo longitudinal, sobre os apoios, centralizados, com ajuda, das linhas que neles foram traçadas, tanto para centralização, quanto para determinar onde os apoios iriam encostar, como mostrado na Figura 1.

Figura 1 - Posição do corpo de prova no aparelho



Fonte: NBR 12.142, 2010.

A força foi aplicada continuamente e sem choques, de forma que o aumento da tensão sobre o corpo de prova foi compreendido no intervalo de 0,9 MPa/min a 1,2

MPa/min. A resistência à tração na flexão, todos os dados e gráficos são dados pelo programa do computador.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em conformidade com o apresentado no procedimento experimental e associado aos objetivos propostos foram atingidos os seguintes resultados e discussões:

4.1 ANÁLISE VISUAL E OPERACIONAL

A Tabela 1 apresenta o resultado do experimento do ensaio de flexão. Verifica-se que houve aumento de mais de 36% da carga de ruptura dos elementos reforçados com o tecido.

Tabela 1: Resultados á Flexão.

Arranjo dos corpos de prova prismáticos	Carga de Ruptura
Concreto Simples	2575 kgf
Concreto com 1 camada de tecido	3525 kgf

Fonte: Próprios Autores, 2018.

Deve-se lembrar que as instruções do fabricante sobre a aplicação do produto foram seguidas rigorosamente, descartando a ideia de ter ocorrido falhas na aplicação do reforço ou aplicação incorreta da quantidade da mistura resina-catalisador, confirmando a ideia de que a resina não é adequada para reforço de concreto, uma vez que o material é usado em reservatórios.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a meta de atingir os objetivos propostos, estudamos as características do tecido de fibra de vidro e o testamos como um possível método de reforço estrutural na construção civil. Para isso, foi necessário realizarmos ensaios, sendo estes padronizados por normas, dos agregados que seriam utilizados no traço até a ruptura dos corpos de prova.

Observaram-se bons resultados de ganho de resistência na aplicação para o reforço estrutural, considerando a relação custo/benefício. Se o reforço com tecido de fibra de vidro for realizado para pequenas obras, se torna viável visto que conseguimos obter um significativo ganho de resistência com um material de valor acessível.

A partir dos resultados alcançados neste trabalho pôde-se concluir que a viabilidade da utilização do compósito de fibra de vidro para o reforço estrutural irá depender da dimensão da obra em que será aplicado. Todavia, necessita-se uma maior atenção aos reforços de vigas, devido ao esforço de cisalhamento que ocorre na interface concreto/resina e que pode causar o descolamento do reforço.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto de estruturas de concreto - Procedimento: NBR6118. 2014

_____. NBR NM 45: Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.

_____. NBR NM 52: Agregado miúdo -Determinação de massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.

_____. NBR NM 53: Agregado graúdo - Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2009.

_____. NBR NM 67: Concreto -Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998.

_____. NBR NM 248: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

_____. NBR NM-ISO 3310-1: Peneiras de ensaio – Requisitos técnicos e verificação - Parte 1: Peneiras de ensaio com tela de tecido metálico. Rio de Janeiro, 1997.

_____. NBR 5738: Concreto – corpo de prova. São Paulo, 2015.

_____. NBR 12142: Concreto – Determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos. Rio de Janeiro, 2010.

ACI 440 2R:02: Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures. U.S.A.: American Concrete Institute, 2008. 80 p. Disponível em: <<http://cvl.araku.ac.ir/download/-440->>. Acesso em: 15 mar. 2018.

AZEVEDO, Minos Trocoli de. Patologia das Estruturas de Concreto. In: ISAIA, Geraldo Cechella. Concreto: Ciência e Tecnologia vol. II. São Paulo: Ibracon, 2011. p. 1095-1128.

BASTOS, PAULO SÉRGIO DOS SANTOS. FUNDAMENTOS DO CONCRETO ARMADO. 2006. Disponível em: <https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/43189267/FUNDAMENTOS_Concreto.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1540927696&Signature=FikOVcDdOwUGXVXk8%2BP037%2F8eSA%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DUNIVERSIDADE_ESTADUAL_PAULISTA_UNESP_-Ca.pdf>. Acesso em: 05 jun. 2018.

BEBER, Andriei José. Comportamento Estrutural de Vigas de Concreto Armado Reforçadas com Compósitos de Fibra de Carbono. 2003. 317 p. Tese (Doutor em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/2974>>. Acesso em: 04 jun. 2018.

CARNEIRO, Luiz Antônio Vieira; TEXEIRA, Ana Maria Abreu Jorge. Propriedades e características dos materiais compósitos poliméricos usados na Engenharia de Construção. 2008. 13 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Instituto Militar de Engenharia, Revista Militar de Ciência e Tecnologia, 2008. Disponível em: <http://rmct.ime.eb.br/arquivos/RMCT_3_quad_2008/propr_caract_compostos_compositos.pdf>. Acesso em: 06 jun. 2018.

CARVALHO, Roberto Chust; FIGUEIREDO FILHO, Jasson Rodrigues de. Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado: segundo a NBR 6118:2014. 4. ed. São Carlos: EdUFSCar, 2014. 415 p.

CATÁLOGO Saint-Gobain Vetrotex. Disponível em: <<https://www.vetrotextextiles.com/>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

CORAZZA, Ismael. Tecnologia de materiais. 2012. Disponível em: <http://www.tecnologiademateriais.com.br/mt/2012/cobertura_paineis/tecnologias/apresentacoes/jushi.pdf> - ISMAEL CORAZZA Jushi-Sinosia>. Acesso em: 06 junho 2018.

FIORELLI, Juliano. Utilização de Fibra de Carbono e de Fibras de Vidro para reforço de vigas de madeira. 2002. 168 p. Tese de Mestrado (Engenharia Civil) - Universidade de São Paulo, [S.l.], 2002. Disponível em: <https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/44390226/disjuliano.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1528482306&Signature=cdNKGmwFAD6w%2BaE32OtXevKTtiU%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DUNIVERSIDADE_DE_SAO_PAULO_ESCOLA_DE_ENGE.pdf>. Acesso em: 04 jun. 2018.

FONTES, Gabriela Azevedo; CUNHA, Larissa Lisboa. ESTUDO DO GANHO DE RESISTÊNCIA DA APLICAÇÃO DE MANTA DE FIBRAS DE CARBONO EM VIGAS DE CONCRETO SIMPLES. 2017. 79 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil)- UniEvangelica, Anápolis, 2017.

HULL, D. An Introduction to composite materials. Cambridge University, 1995.

MACHADO, Ari de Paula. Manual de Reforço das Estruturas de Concreto Armado com Fibras de Carbono. [S.l.: s.n.], 2010. 120 p.

MATEUS, Ricardo. NOVAS TECNOLOGIAS CONSTRUTIVAS COM VISTA À SUSTENTABILIDADE DA CONSTRUÇÃO. 2004. 79 p. Defesa de Mestrado (Engenharia Civil)- ESCOLA DE ENGENHARIA – Departamento de Engenharia Civil, [S.l.], 2004.

Disponível em:

<<https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/817/5/Parte%20I.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2018.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concreto Microestrutura, Propriedade e Materiais – 3ª edição. Ed.: IBRACON. ISBN.: 978-85-98576121. Português, p. 674. 2008.

NEVILLE, A.M; BROOKS, J.J. Tecnologia do Concreto. 2. ed. [S.l.]: BROOKMAN, 2013. p. 1-452.

SOUZA, Vicente Custódio Moreira de; RIPPER, Thomaz. Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto. São Paulo: Pini, 1998. 255 p.

TEIXEIRA, A. M. A. J., 2007, Ponte Desmontável em Material Compósito de Fibra de Vidro”. Tese de D.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.

TIMERMAN, Julio. Reabilitação e Reforço de Estruturas de Concreto. In: ISAIA, Geraldo Cechella. Concreto: Ciência e Tecnologia vol. II. São Paulo: Ibracon, 2011. p. 1175-1210.

ZUCCHI, Fernando Luiz. Técnicas para o Reforço de Elementos Estruturais. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Maria - UFSM. Santa Maria, 2015.