

UTILIZAÇÃO DA FIBRA DE CARBONO COMO ADIÇÃO EM CONCRETO E ARGAMASSA

Igor Novais Santos¹; Jorge Santos Lyra²; Fábio Conte Correia³; Eder Baroni da Silveira⁴

1. Estudante do Curso de Engenharia; e-mail: igor.novais.33@gmail.com
2. Professor da Universidade Mogi das Cruzes; e-mail: jorgesantos@umc.br;
3. Professor da Universidade de Mogi das Cruzes; e-mail: fabioconte@umc.br;
4. Professor da Universidade de Mogi das Cruzes; e-mail: edersilveira@umc.br

Área do Conhecimento: **Engenharia Civil, Estruturas – Estruturas de Concreto**

Palavras-chave: Fibra de carbono; argamassa; concreto; adição; resistência à compressão.

INTRODUÇÃO

O emprego dos materiais de construção adequados é de extrema importância para garantir a qualidade e estabilidade das edificações, por isso, se faz necessário pesquisa e desenvolvimento (P&D) nesta área. O concreto e a argamassa, utilizados em diversos projetos de engenharia civil, requer cuidado no seu preparo e dosagem, principalmente quando há algum tipo de adição, como no caso do presente trabalho, que adicionou fibra de carbono. Inúmeros fatores referentes à fibra são de extrema importância para a sua utilização como reforço: o tipo, suas propriedades, comprimento, teor, volume e orientação. As características mecânicas de um compósito reforçado com fibras não dependem somente das propriedades da fibra, mas também do grau segundo o qual uma carga aplicada é transmitida para as fibras pela fase matriz (CALLISTER & RETHWISCH, 2018). Essa transmissão está diretamente ligada à aderência entre a fibra e a matriz. A superfície da fibra e sua natureza química impactam na aderência fibra-matriz, o que influencia nas propriedades mecânicas de módulo de elasticidade e a resistência à tração (ISAIA, 2010). Além disso, a ligação mecânica entre a fibra e a matriz envolve ancoramento mecânico na interface. A resistência desse tipo de interface geralmente não é de grande magnitude quando submetida a esforços de tensão transversal, a menos que exista um grande número de reentrâncias, na forma de microporosidade, na superfície do reforço (NETO & PARDINI, 2016). Em relação ao tipo de fibra, a que se encontra em estudo nesta pesquisa é a de Carbono, classificada como CARBONTAPE 32U-50 de 12K fornecida pela empresa Texiglass. É formada por 12.000 filamentos de carbono em cada fio. Fibra sintética com massa específica de 1,76 g/cm³, elevada resistência à tração (4500 MPa), possuindo em sua superfície o tratamento polimérico *size* para reduzir as irregularidades superficiais. Elas foram adicionadas ao concreto e à argamassa aleatoriamente e sem orientação pré-estabelecida (fibras curtas), sendo sua contribuição para as propriedades mecânicas do compósito inferior ao das fibras longas orientadas paralelamente à carga, isto é, a eficiência das fibras curtas e inclinadas é menor (BENTUR & MINDESS, 1990). Quanto ao comprimento da fibra, um dos principais fatores segundo Figueiredo (2000) é a geometria da fibra, que requer maior quantidade de água e produz a perda da mobilidade do concreto no estado fresco. Além disso, nos compósitos com fibras curtas, o comprimento da fibra não é suficiente para aumentar significativamente a resistência (CALLISTER & RETHWISCH, 2018). No presente trabalho, o comprimento da fibra utilizada no concreto, foi de aproximadamente 5 cm de comprimento, “como se preconiza que as fibras tenham dimensões superiores a cerca de duas vezes a máxima dimensão do agregado” (FIGUEIREDO, 2011). Já na argamassa o comprimento utilizado foi estabelecido após testes de compressão com variados tamanhos de fibra, escolhendo o comprimento de 2

cm que resultou em melhores resultados dentre as demais. Com relação ao teor de fibra, deve-se salientar que quanto maior ele for, maior a probabilidade de que a fibra intercepte a fissura, já que o número de fibras dispostas na matriz é maior (TANESI & FIGUEIREDO, 1999). Contudo, existe um volume crítico de fibra a se empregar no concreto e na argamassa, sendo que, para que haja um aumento da resistência última do compósito, devido à inserção das fibras, é essencial que o teor de fibra empregado resulte num volume de fibras excedente ao crítico (ISAIA, 2010).

OBJETIVO

Estudar a influência da adição de fibra de carbono na trabalhabilidade e na resistência à compressão de argamassas e concretos. Analisando a proporção de fibra que apresente maior incremento na resistência à compressão, especificando os benefícios e a viabilidade da mesma para essa aplicação na construção civil. Para tanto foi considerado o preparo, método de aplicação e desempenho da fibra.

METODOLOGIA

Foram realizados ensaios para a caracterização dos agregados, como a granulometria - NBR NM 248:2003; massa específica do agregado miúdo – NBR NM 52:2009; massa específica do agregado graúdo – NBR NM 53:2009 e massa unitária dos agregados – NBR NM 45:2006. Resistência à compressão da argamassa segundo a NBR 7215:1997. Ensaio de abatimento do tronco de cone no concreto – NBR NM 67:1998, seguida da moldagem e cura dos corpos de prova de concreto – NBR 5738:2016, e ensaio de resistência à compressão do concreto seguindo as disposições da NBR 5739:2018. A morfologia foi analisada a partir de imagens obtidas pelo microscópio eletrônico AMCAP, com faixa de ampliação de 50 a 500X.

RESULTADOS PARCIAIS E DISCUSSÃO

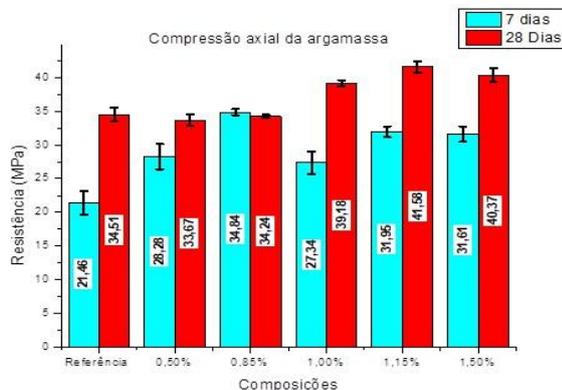
- **Trabalhabilidade**

Os resultados obtidos do *slump* para todas as composições com fibra resultaram em menores abatimentos em relação ao concreto de referência (Figura 1). Segundo Mehta & Monteiro (2008) a incorporação de qualquer tipo de fibra ao concreto convencional diminui sua trabalhabilidade. Independentemente do tipo de fibra, notou-se que a perda de trabalhabilidade é proporcional à fração volumétrica de fibras adicionadas no concreto.

- **Resistência à compressão**

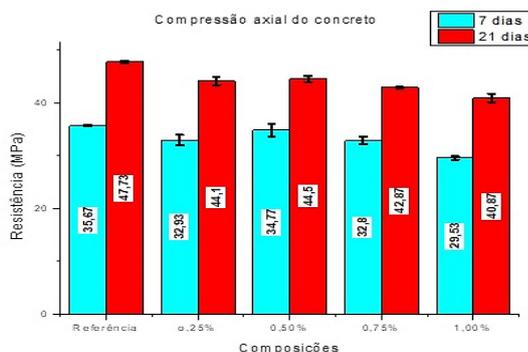
Os resultados do ensaio de compressão da argamassa (Figura 1), apresentaram aumento da resistência para algumas composições com fibra. Com os resultados obtidos, pode-se afirmar que o incremento de fibra de carbono na argamassa apresenta uma tendência ao aumento de resistência à compressão em ambas as idades estudadas (7 e 28 dias). Isso pode ser explicado devido à atuação da fibra como ponte de transferência de tensão entre as fissuras, aumentando a resistência pós-fissuração (FIGUEIREDO, 2000).

Figura 1 - Resultados da compressão axial da argamassa



A adição de fibra na argamassa resultou no aumento de resistência inicial (10,49 MPa para a concentração de 1,15% na idade de 7 dias), sendo esta de grande valia para a aplicação na construção civil, já que a necessidade de se reduzir o tempo nas obras e a garantia de resistência mínima com poucas idades têm se tornado cada vez mais indispensável. O ganho de resistência à compressão mais significativo encontra-se na composição de 1,15% de fibra em massa de cimento, que obteve melhora de 20,5% na resistência com a idade de 28 dias, o que corresponde a 7,07 MPa em relação a argamassa sem fibra. Sendo assim, dentre todas as composições estudadas, é recomendável a utilização desta para se obter maior eficiência em sua aplicação na construção. Já os resultados do concreto (Figura 2), apresentaram redução da resistência à compressão para todas as composições com fibra, em ambas as idades estudadas (7 e 21 dias).

Figura 2 - Resultados da compressão axial do concreto



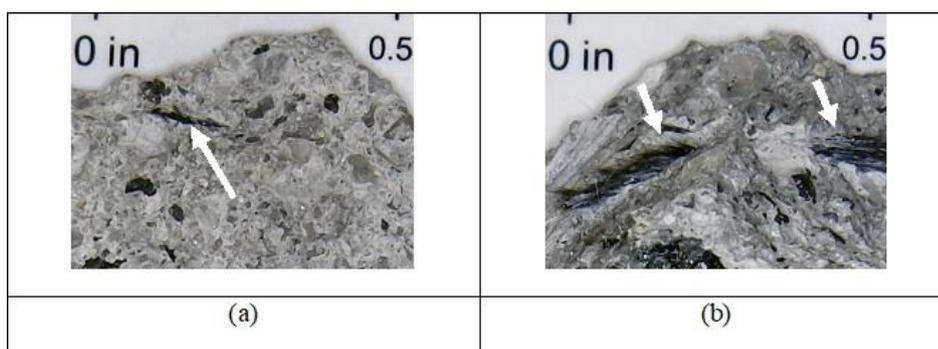
Diante dos resultados obtidos, a redução mínima obtida para 21 dias foi de 6,77% o que representa 3,23 MPa com a composição de 0,5%. Mostrando que, para a aplicação onde se requer compressão não é indicada, já que nesse percentual de redução pode-se atingir a tolerância especificada em projeto. Com uma certa ressalva, pode-se afirmar que o máximo a ser utilizado de fibra é a composição de 0,5% de fibra em relação a massa de cimento, pois a partir desta, segue uma tendência de redução da resistência, atingindo uma diferença de 6,86 MPa em relação à composição de 1%, não sendo viável a utilização de composições acima de 0,5%.

- **Análise da morfologia**

As morfologias são apresentadas na Figura 3, nota-se que as fibras estão concentradas na forma de aglomerados (setas brancas) e que sua adesão com a fase matriz

é suficiente para transferência de tensões durante a solicitação mecânica, visto que não houve destacamento. Apesar do resultado positivo obtido pelas composições de argamassa, desfazer os pequenos aglomerados pode proporcionar ainda mais ganhos em resistência à compressão. A morfologia do concreto e da argamassa são semelhantes, no entanto, no concreto os aglomerados são maiores, o que sugere que as perdas em propriedades observadas estão associadas com a ineficiente dispersão das fibras.

Figura 3. Imagens dos CP's fraturados sob compressão. (a) argamassa 1,15%; (b) concreto 0,5%.



CONCLUSÕES

A fibra de carbono mostrou-se adequada para aplicação como adição em argamassas, visto que todas as composições obtiveram ganhos em resistência à compressão, destaque para a composição com concentração de 1,15% em massa, que obteve o melhor desempenho para a idade de 28 dias. Já no concreto houve perda de trabalhabilidade e resistência à compressão para todas as composições com fibra, perdas que possivelmente estão associadas a dispersão ineficiente das fibras.

REFERÊNCIAS

- J. William D. Callister e D. G. Rethwisch, CIÊNCIA E ENGENHARIA DE MATERIAIS - UMA INTRODUÇÃO 9.ed., Rio de Janeiro: LTC, 2018.
- G. C. Isaia, MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL E PRINCÍPIOS DE CIÊNCIA E ENGENHARIA DE MATERIAIS. vol.2, São Paulo: IBRACON, 2010.
- F. L. Neto e L. C. Pardini, COMPÓSITOS ESTRUTURAIS: CIÊNCIA E TECNOLOGIA 2ª ed., São Paulo: Blucher, 2016.
- A. Bentur e S. Mindess, FIBRE REINFORCED CEMENTITIOUS COMPOSITES, London and New York: Modern concrete technology series, 2007.
- A. D. d. Figueiredo, CONCRETO COM FIBRAS DE AÇO, São Paulo: EPUSP, 2000.
- A. D. d. Figueiredo, CONCRETO REFORÇADO COM FIBRAS, São Paulo, 2011.
- J. Tanesi e A. D. Figueiredo, FISSURAÇÃO POR RETRAÇÃO EM CONCRETOS REFORÇADOS COM FIBRAS DE POLIPROPILENO (CRFP), São Paulo: EPUSP, 1999.

P. K. Mehta e P. J. M. Monteiro, CONCRETO - ESTRUTURA, PROPRIEDADES E MATERIAIS, São Paulo: IBRACON, 2008.

AGRADECIMENTOS

Dayvid Guedes de Lima (ABCP), Ana Lídia da Silva Lino, Luis Gustavo Zerbato Sanchez, Mateus de Macedo e Eng. Vinicius Oliveira Lima (UMC), Pedro Garcia Lins (USP), Sr. Romeci Sales e Sr. Mohamad Harati (Polimix).