

CONCRETO COM ADIÇÃO DE FIBRA DE AÇO UMA ANÁLISE COMPARATIVA COM O CONCRETO CONVENCIONAL

DÉBORA FERREIRA MATOS¹, ANA CAROLINE PEREIRA NOLASCO², VANESSA OLIVEIRA DA SILVA³, MARIA EDUARDA RIBEIRO DA SILVA⁴ e WALEFF ALVES DE SOUSA⁵

¹Esp. em Engenharia de Segurança do Trabalho, LABORO, São Luís-MA, eng.deboramatos@hotmail.com;

²Esp. em Engenharia Ferroviária, IPOG, São Luís-MA, carolnolascoengcivil@gmail.com;

³Mestranda em Processos Construtivos e Saneamento Urbano, Engenharia Civil, UFPA, Belém-PA, vanessaeng123@gmail.com;

⁴Esp. em Design de Interiores, IPOG, São Luís-MA, engmariaeduardarbs@gmail.com;

⁵Esp. em Engenharia de Qualidade, IPOG, São Luís-MA, waleffalves@hotmail.com.

RESUMO: Este trabalho visa a realização dos ensaios simplificados para verificar o comportamento por meio de ensaios comparativos do concreto com adição de fibras de aço e uma análise do concreto convencional na região Tocantina do Maranhão, consistindo em um estudo experimental realizado no laboratório da empresa Franco Engenharia, sendo confeccionado amostras de concreto com diferentes idades (3, 7 e 28 dias) para ensaios e análises das amostras de concreto sem fibra de aço e com teor de 0,75% e 1,5%. Mediante aos ensaios de compressão axial, as amostras com adição de fibra resultaram em dados não satisfatórios. Já, nos ensaios de tração por compressão diametral, os dados obtidos estão dentro dos resultados, tendo como consequência, a maior possibilidade de ter um concreto final com boa regularidade.

PALAVRAS-CHAVE: Ensaios, concreto convencional, concreto com fibras de aço.

CONCRETE WITH ADDITION OF STEEL FIBER A COMPARATIVE ANALYSIS WITH CONVENTIONAL CONCRETE

ABSTRACT: This work aims to conduct simplified tests to verify the behavior of concrete with steel fiber additions and an analysis of conventional concrete in the Tocantina region of Maranhão, Brazil. This consists of an experimental study conducted in the laboratory of Franco Engenharia. Concrete samples of different ages (3, 7, and 28 days) were prepared for testing and analysis of concrete samples without steel fibers and with fiber contents of 0.75% and 1.5%. Axial compression tests revealed unsatisfactory results for the fiber-added samples. However, diametrical compression tensile tests yielded results within the expected range, resulting in a greater likelihood of a final concrete with good consistency.

KEYWORDS: Essays, conventional concrete, concrete with steel fibers.

INTRODUÇÃO

A construção civil é tida como um grande gestor do desenvolvimento socioeconômico do país, podendo promover subsídios promotores do crescimento, tornando-o atrativo para o investimento e capaz de fortalecer estruturas de mercado dependentes, produzindo o efeito que ocasiona a geração de renda (DIAS et al., 2021). Conforme Lopes et al. (2020), a construção civil tem se desenvolvido muito nos últimos anos, principalmente no aperfeiçoamento de materiais, sendo o principal insumo e o mais consumido no mundo, em relação aos materiais de construção, o concreto, depois da água.

Com o crescente uso do concreto, a busca por melhores características vem sendo estudado ao longo dos séculos, incidindo em desenvolvimento de técnicas de produção que aumentam significativamente sua resistência à compressão, permeabilidade, processabilidade e baixa ductilidade (BRAZ e NASCIMENTO, 2015). No entanto, o concreto ainda apresenta fragilidade, tendo como principal limitador a baixa resistência a tensão de tração, dessa forma, passou-se a utilizar alternativas

que possibilitasse a amenização da carência relacionada ao comportamento do concreto (SILVA et al., 2022).

A relevância do presente artigo deu-se mediante a vastas pesquisas que demonstram os benefícios do concreto com adição de fibras de aço e debatem aspectos como dosagem, preparo, propriedades nas condições de concreto fresco e endurecido. Pois, de acordo com Figueiredo 7 (2000), a adição da fibra metálica de aço no concreto torna-o um material pseudo-dúctil, ou seja, mantém a resistência residual às forças aplicadas a ele mesmo após a fissuração. A pertinência da adição de fibras está relacionada ao desenvolvimento tecnológico desse material, onde pesquisas evidenciam as melhorias nos modelos mecânicos que mostram o comportamento dos elementos estruturais sob diferentes condições de sollicitação.

Em virtude dos ensaios laboratoriais enfatizarem que o concreto com adição de fibras de aço apresenta desempenho satisfatório, este trabalho visa a realização dos ensaios simplificados para verificação do comportamento mediante a ensaios do concreto com adição de fibras de aço e uma análise comparativa do comportamento do concreto convencional na região Tocantina do Maranhão, visto que o Brasil possui um clima bastante diversificado devido à sua extensão territorial e às diferentes características de cada região, com isso, os resultados do desempenho do concreto com adição de fibra de aço podem variar de região para região, devido a diversidades dos fatores de grande importância como os agregados, clima e outros.

MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia é descritiva, com base na avaliação das variações nas propriedades do concreto com a adição de fibras, por meio de um estudo experimental quantitativo realizado no laboratório da Franco Engenharia em Imperatriz - MA, que forneceu suporte técnico e material para a produção de 36 amostras de concreto com diferentes idades (3, 7 e 28 dias) para ensaios comparativos entre concreto convencional e reforçado com fibras.

O traço calculado para a confecção das amostras foi de 1:1:2 (cimento, areia e seixo), em massa, sendo selecionado, de acordo com a NBR 12655:2015 – Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento e a recomendação do fabricante da fibra de aço, a relação água /cimento de 0,44, tanto para o concreto convencional como para o concreto nos dois teores de fibras, porém tal fator foi alterado devido a umidade dos agregados, areia e seixo, disponíveis em laboratório. A relação água/cimento das amostras foram adotadas mediante a dosagem empírica com intuito de atingir o Slump Test, sendo empregado o fator de 0,37 para os corpos de prova de concreto convencional e 0,43 para o concreto com adição de fibra de aço.

Foram aplicadas nos ensaios a fibras de aço Dramix Pactico do Tipo A e de classe I (ancoragem nas extremidades e originária de arame trefilado a frio), com 6 centímetros de comprimento e 0,075 centímetros de diâmetro, tendo assim um fator de forma de 80, o que permite uma mistura rápida e uma distribuição totalmente uniforme sem a formação de ouriços, que são a formação de promovidas pelo acúmulo de fibras, pois o arame treliçado garante resistência à tração e facilita uma maior ancoragem dentro da matriz cimentícia. As fibras de aço metálica foram empregadas em dois teores de fibras nos corpos de prova para ensaios, sendo eles 0,75% e 1,5%.

O processo de confecção deu-se inicialmente pela pesagem dos materiais que compõe o concreto, seguindo a dosagem estabelecida para cada material, conforme quadro 1. Com o auxílio de uma betoneira de 400 litros foram adicionados a areia e o seixo, misturados no equipamento, acrescentado o cimento e novamente misturado para uma maior homogeneização, e aos poucos, durante o funcionamento da betoneira, foram introduzindo a água até atingir a dosagem empírica. O mesmo processo repetiu-se para a confecção do concreto com adição de fibra de aço nas porcentagens de 0,75% e 1,5%, sendo incorporados de forma gradual para evitar a formação de "bolas" nas amostras, levando em consideração que as fibras vieram coladas em feixes por cola solúvel.

Tabela 1. Materiais e suas respectivas pesagens.

Material	Traços		
	Convencional	Dramix 0,75%	Dramix 1,5%
Cimento	15 Kg	15 Kg	15 Kg
Areia	15 Kg	15 Kg	15 Kg
Seixo	30 Kg	30 Kg	30 Kg
Água	5,48 L	6,5 L	6,5 L
Fibra	-	0,45Kg	0,90Kg

Os traços de concreto (convencional, fibra de 0,75% e fibra de 1,5%), após a sua homogeneização completa na betoneira, foram sujeitos ao Slump Test, que, conforme a ABNT NBR 16889: 2020 – Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do troco de cone consiste na medição do assentamento do concreto fresco, que determina a consistência do concreto. O teste foi realizado mediante a um molde em forma de tronco de cone oco - diâmetro interno da base inferior com 200 mm +/- 2 mm, a base superior com diâmetro de 100 mm +/- 2 mm e a altura 300 mm +/- 2 mm - uma haste usada para a compactação do material e uma placa metálica usada como base. O molde foi preenchido pelo concreto em três camadas, cada camada foi adensada com a haste em 25 golpes distribuídos de maneira uniforme sobre cada camada. O Slump Test é a medição de acordo com o abatimento do concreto, o mesmo é determinado pela diferença entre altura do eixo da amostra e a altura do molde, tendo como resultado para o traço 1 (concreto convencional), após a retirada do molde, o Slump Test de 17 cm, o traço 2 (fibra de aço 0,75%) obteve um resultado de 16 cm e o traço 3 (fibra de aço 1,5%) resultou em 17 cm.

Foram confeccionados 36 corpos de prova, dentre eles 18 para o ensaio de compressão e 18 para o ensaio de tração por compressão diametral, sendo 12 amostras de concreto convencional, 12 de concreto com 0,75% de fibra de aço e 12 amostras de concreto com 1,5% de fibra de aço. As identificações das amostras foram realizadas de acordo com tipo de fibra, seu teor, data de confecção e data do ensaio, para fins de nomenclatura nesse artigo, utilizamos T.C para o traço convencional, T.F para traço com fibra acompanhado do teor de fibra presente na amostra.

Os ensaios de compressão axial foram realizados em uma prensa hidráulica manual digital da marca Contenco que contabiliza até 100 toneladas. As amostras foram colocadas no equipamento e ajustadas de maneira que a carga aplicada fosse paralela ao eixo do corpo de prova e durante o ensaio foram feitos a leitura da carga até o rompimento do concreto.

Nos testes de tração por compressão diametral foram utilizados a mesma prensa mecânica, sendo exigidos nesse ensaio uma adaptação do equipamento. As amostras foram submetidas a cargas compressivas ao longo de dois eixos axiais, posta em horizontal e a carga aplicada perpendicular ao seu eixo, diametralmente opostos. O parâmetro resultante desse ensaio é importantíssimo para a avaliação das propriedades do concreto, especialmente quando se trata de concreto reforçado com fibras.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

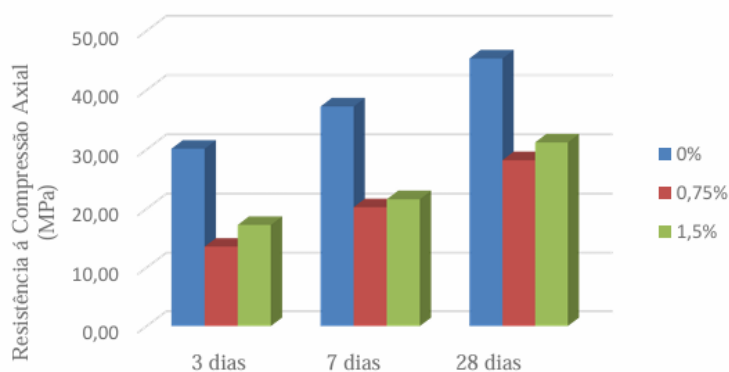
Para uma análise do desempenho da resistência do concreto reforçado com fibras de aço, foram identificados primeiramente se houve ou não acréscimos na resistência das amostras de concreto em comparação as amostras com adição de fibra de aço, comparando com diferentes teores de fibra em suas respectivas idades. Com os resultados da carga de rompimento, provenientes do display da máquina, foi possível calcular a Resistência a Compressão e a Resistência a Tração por Compressão Diametral, em MegaPascal, dos corpos de prova submetido a estes ensaios.

Os resultados obtidos nos ensaios realizados aos 3 dias de idade, observou-se que a maior resistência do concreto convencional alcançado foi 30,12 MPa, sendo que o concreto reforçado com

fibra de aço com o percentual de 0,75% apresentou 13,57 MPa que equivale a uma diminuição na resistência à compressão de 54,93% e o concreto com percentual de 1,5% de fibra de aço, com 17,26 MPa, uma redução de 42,70%, em relação a maior resistência alcançada de cada percentual das amostras, diante do traço de referência.

Comparado ao concreto convencional com idade de 7 dias, a maior resistência foi de 37,23 MPa, obtendo-se uma redução de 45,64% mediante a amostra com fibra de 0,75% que corresponde a 20,24 MPa e uma redução de 42,02% da amostra com fibra de 1,5%, com 21,59 MPa. Já, para o último ensaio, com idade de 28 dias, o concreto de referência apresentou a maior resistência 45,34 MPa, quando levado em consideração as fibras de aço com 0,75%, com 28,18 MPa obteve uma redução de 37,84% e para 1,5%, 31,18 MPa, 31,23%

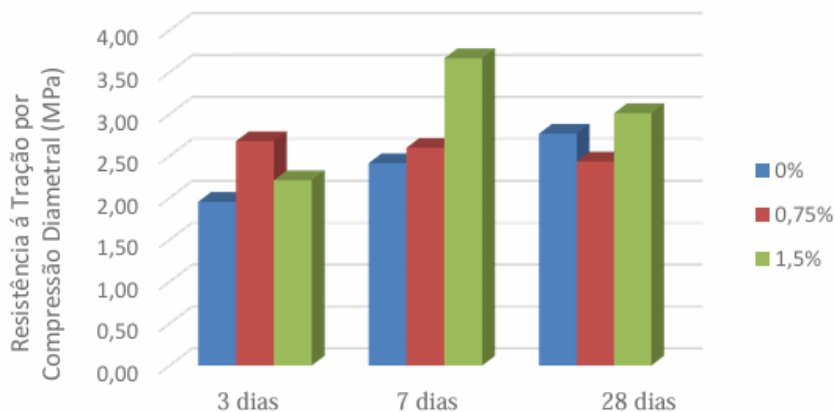
Figura 1. Relação das amostras por compressão axial.



Nos ensaios de compressão, as amostras de concreto com adição de fibras de aço mostraram reduções significativas na resistência em comparação ao concreto convencional, com perdas de até 54,93% na resistência à compressão aos 3 dias. Em contrapartida, os ensaios de tração por compressão diametral indicaram um desempenho positivo, com aumentos de resistência nas amostras com fibra, especialmente para o teor de 1,5% nas idades de 7 e 28 dias. As discrepâncias nos resultados foram atribuídas a fatores como umidade dos agregados e granulometria, evidenciando a complexidade do comportamento do concreto reforçado com fibras em diferentes condições. A seção conclui que, apesar dos benefícios em tração, a adição de fibras de aço pode não melhorar a resistência à compressão, exigindo mais investigações para otimizar sua aplicação.

A redução da resistência à compressão pode estar associada a fatores como a dificuldade de uniformidade das fibras na matriz cimentícia, a presença de aglomerados e a interferência no adensamento do concreto, que compromete a capacidade do material. Além disso, a elevada relação água/cimento necessária para manter a trabalhabilidade com adição de fibras pode ter contribuído para maior porosidade e, conseqüentemente, menor desempenho em compressão. Por outro lado, os resultados positivos na tração por compressão diametral reforçam a literatura, que aponta que a fibra atua principalmente no controle de fissuração e na redistribuição das tensões, características que conferem ao concreto uma maior ductilidade e melhor comportamento pós-fissuração. Esses achados indicam que o uso de fibras de aço deve ser cuidadosamente dosado e ajustado às condições locais (umidade dos agregados, granulometria e procedimentos de mistura) para que os ganhos esperados em resistência à tração não sejam anulados por perdas em compressão.

Figura 2. Relação das amostras por compressão diametral.



CONCLUSÃO

Os ensaios de compressão axial e tração por compressão diametral revelaram que, embora o concreto com fibra tenha mostrado benefícios em tração, a resistência à compressão foi insatisfatória, apresentando reduções significativas em comparação ao concreto convencional.

Na prática, isso significa que o uso do concreto com fibras de aço pode não ser a solução mais adequada para elementos estruturais cuja principal sollicitação seja a compressão simples, como pilares maciços ou blocos de fundação. Entretanto, em situações onde a tração e o controle de fissuras têm papel mais relevante como pisos industriais, pavimentos rígidos, revestimentos projetados e estruturas sujeitas a impactos ou esforços dinâmicos, o concreto com fibra de aço apresenta vantagens importantes. Assim, a adoção desse material deve ser avaliada de forma criteriosa, considerando o tipo de obra, o ambiente de exposição e a compatibilidade com o processo executivo.

Os resultados obtidos reforçam a necessidade de continuidade de pesquisas para aprimorar o processo de dosagem e mistura, de modo a potencializar os benefícios do material sem comprometer seu desempenho global.

REFERÊNCIAS

- Alves, T. R. A., Nolasco, A. C. P. Análise comparativa entre o concreto convencional e o concreto com adição de fibras de aço a partir dos ensaios de compressão, tração por compressão diametral e tração na flexão. Anais do 61º Congresso Brasileiro do Concreto CBC – IBRACON. 2019.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 11578: Cimento Portland Composto. Rio de Janeiro, 1991.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12655: Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento. Rio de Janeiro, 2015.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5739: Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018.
- Braz, M.C.A., NASCIMENTO, F.B.C. Concreto reforçado com fibras de aço. Ciências exatas e tecnológicas, v.3, n.1, pp. 43-56, 2015.
- Dias, J. C. R. et al. Comportamento do concreto reforçado com cavacos de aço e alumínio: resistência à tração por compressão diametral. Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 5, p. 51880-51889, 2021.
- Figueiredo, A. D. Concreto com Fibras de Aço. Boletim Técnico, Série BT/PCC/260 – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.