

ESTUDO EXPERIMENTAL DA INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE FIBRAS METÁLICAS NA RESISTÊNCIA A TRAÇÃO DO CONCRETO

Guilherme Durigon Cocco ¹

Mayara Delonzek Toledo da Silva ²

Gabriel de Campos Freitas ³

Andressa Paz Kerch ⁴

Luis Eduardo Kostascki ⁵

Ederli Marangon ⁶

Resumo:

Nos dias atuais, e do ponto de vista estrutural, a resistência à compressão é o principal fator de caracterização de concretos. Porém, quando sujeitos a esforços de tração apresentam um comportamento frágil e com deformação na ruptura, sendo a adição de fibras de aço a matriz uma opção de contorno a esse problema. Este reforço minimiza o caráter frágil devido à ponte de transferência de tensões entre a fibra e a matriz, fazendo o compósito apresentar um comportamento pseudo-dúctil. Assim, este trabalho tem por objetivo avaliar o comportamento mecânico à tração de amostras de concreto com e sem a adição de fibras de aço através dos ensaios: Ensaio de tração direta, tração por compressão diametral e tração na flexão; quantificando seus efeitos nos resultados obtidos. Para isso, foi usado um traço de concreto simples como referencia e no qual foram adicionados 1,5% de fibras em relação à massa de cimento, sendo confeccionados corpos de prova em forma cilíndrica, de diâmetro 100mm e altura 200mm; e forma prismática, com seções transversais de 25x100mm e 100x100mm, ambos com comprimento de 400mm. A execução destes ensaios foi de acordo com as seguintes normas brasileiras: NBR 5739, NBR 7222, NBR 10024 e NBR 12142, sendo o ensaio de tração direta não normatizado. Os resultados nos mostraram de forma experimental que a adição de fibras de aço produziram aumentos na ductilidade e controle de fissuras, assim como, aumentos de forma crescente em relação aos ensaios de tração direta, tração por compressão diametral e tração na flexão, onde os dois tipos de ensaios indiretos realizados retornam valores sem variações significativas.

Palavras-chave: Concreto, Fibras de Aço, Tração

Modalidade de Participação: Iniciação Científica

ESTUDO EXPERIMENTAL DA INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE FIBRAS METÁLICAS NA RESISTÊNCIA A TRAÇÃO DO CONCRETO

¹ Aluno de graduação. guidcocco@gmail.com. Autor principal

² Aluna de graduação em Engenharia Civil - UNIPAMPA. mayaradelonzek2@gmail.com. Co-autor

³ Aluno de Ensino Médio. gabrielcamposfreitas12@gmail.com. Co-autor

⁴ Aluna de Ensino Médio. luiskostascki@gmail.com. Co-autor

⁵ Docente. luiskostascki@unipampa.edu.br. Orientador

⁶ Professor/Orientador - UNIPAMPA. ederlimarangon@gmail.com. Co-orientador

ESTUDO EXPERIMENTAL DA INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE FIBRAS METÁLICAS NA RESISTÊNCIA A TRAÇÃO DO CONCRETO

1 INTRODUÇÃO

Do ponto de vista estrutural, o concreto geralmente é caracterizado a partir da sua resistência à compressão, devido ao fato desta ser sua principal propriedade mecânica. Entretanto, quando sujeito a esforços de tração, se comporta de maneira frágil e com pouca deformação na ruptura. Uma alternativa para contornar esse comportamento é adicionar fibras de aço à matriz, melhorando significativamente propriedades como resistência ao impacto, restrição à propagação de fissuras, ductilidade e tenacidade, corrigindo parcialmente essa conduta frágil do material [1-2-4-6-14].

Assim, ao reforçar um concreto com fibras de aço, é possível reverter seu caráter frágil devido à ponte de transferência de tensões formada através da fibra, fazendo com que a concentração de tensões nas extremidades do concreto seja minimizada e a velocidade de propagação das fissuras reduzida [5]. Porém, é comum a ocorrência de dispersões e diferenças significativas nos resultados, as quais podem ser geradas por variações na orientação, volume incorporado, geometria e uniformidade de distribuição das fibras no compósito [7].

Ao incluir fibras no compósito, o mesmo passa a desenvolver um maior número de fissuras pequenas e menos fissuras grandes, caracterizando assim um comportamento pseudo-dútil [3]. Uma maior energia necessária para fissuração gera um controle maior da mesma, tornando o material mais durável. Este maior controle é totalmente proporcional ao desempenho da interação fibra-matriz e a troca de esforços entre ambos [13].

Sendo assim, o presente estudo tem como objetivo avaliar o comportamento mecânico de amostras de concreto com e sem adição de fibras de aço quanto à resistência à tração medida de três formas diferentes: Ensaio de tração direta, tração por compressão diametral e tração na flexão. A relação entre estes métodos diferentes de ensaio é conferida em comparação com as normas e bibliografia. Ainda, busca-se quantificar o efeito da adição das fibras nos resultados obtidos por esses três métodos.

2 METODOLOGIA

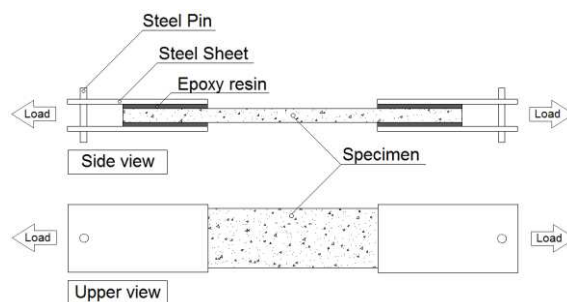
Para a análise comparativa foram usados um traço de concreto simples (CS), que serviu de referência, e um reforçado com fibras curtas de aço em proporção de 1,5% em relação à massa de cimento, sendo este denominado CRF. O traço base tem a seguinte caracterização: 43% de brita, 14% de areia tipo 1, 17% de areia tipo 2, 18% de cimento, 0,24% de superplastificante e 8% de água (relação água/cimento de 0,44).

Foram confeccionados 3 distintos tipos de corpos de prova, tendo eles forma cilíndrica com diâmetro de 100mm e altura de 200mm; e forma prismática, com seções transversais de 25x100mm e 100x100mm, ambos com comprimento de 400mm. O procedimento de moldagem e cura seguiu a normativa NBR 5738 [8]. A caracterização mecânica desse compósito foi avaliada a partir dos seguintes ensaios: compressão axial, tração direta, tração por compressão diametral e tração na flexão.

Os ensaios de compressão axial foram realizados conforme os procedimentos descritos na NBR 5739 [9], com deslocamentos encontrados por extensômetros e velocidade de ensaio de 0,08mm/min.

O ensaio de tração direta foi realizado com prismas de concreto de seção transversal de 25x100mm, sendo estes anexados a placas de aço por adesivo epóxi em ambos lados, conforme descrito na figura 1.

Figura 1: Instrumentação dos corpos de prova submetidos à tração direta.



Fonte: Autoria própria.

A metodologia prescrita pela NBR 7222 [10] foi utilizada para a confecção e realização dos ensaios de tração por compressão diametral, sendo utilizadas para este, taliscas da madeira “Cumaru” (*Dipteryx Odorata*) conforme especificações da NBR 10024 [11]. Os ensaios foram realizados com uma velocidade de deslocamento do travessão de 1,1mm/min.

Os ensaios de tração na flexão foram realizados segundo a NBR 12142 [12], chamado de ensaio de flexão em 4 pontos (ausência de esforço cisalhante no intervalo central), e a uma velocidade de ensaio de 0,5mm/min do deslocamento do travessão da máquina.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As caracterizações e classificações do concreto foram realizadas a partir de ensaios de compressão axial com três corpos de prova cilíndricos, nos quais foram alcançadas resistências médias (f_{ck28}) de 49,3MPa (CV=3,2%) e 48,5MPa (CV=3,0%) para CS e CRF, respectivamente. As curvas típicas tensão versus deformação deste ensaio são mostradas na Figura 2a, apontando que a adição de fibras de aço ao concreto proporciona uma melhora relativamente baixa em sua ductilidade e módulo de elasticidade, em média de 33 GPa para os dois concretos.

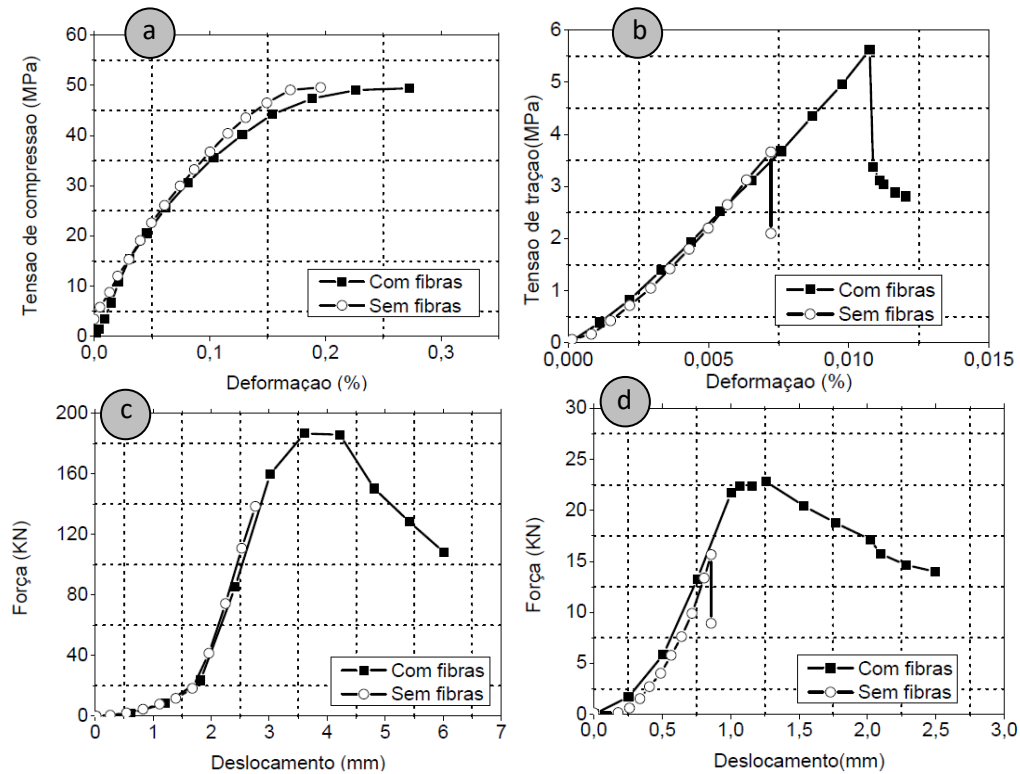
Os resultados dos esforços axiais encontrados para o ensaio de tração direta, representados pelas curvas típicas da Figura 2b, nos mostram que o CRF obteve um desempenho na ordem de 40% maior que o CS. Como comentado por Figueiredo [5], isso ocorre devido ao fato das fibras de aço dispostas no interior da matriz atuarem como pontes de ligação entre as fissuras.

O CRF, quando comparado ao CS, apresentou ganhos de resistência de 56 e 60% para compressão diametral e tração na flexão, respectivamente. As curvas típicas de força versus deslocamento encontradas nestes últimos ensaios são apresentadas na Figura 2c e Figura 2d respectivamente.

Com os dados representados na Figura 3, realizou-se uma análise de variância (ANOVA) dos resultados, constatando-se que a interação entre os métodos de ensaio e a utilização ou não de fibras não são fatores estatisticamente significativos (confiança de 95%) . Analisando médias pelo método de Fisher [15], não se encontraram também variações estatisticamente significativas, em ambos os concretos, para compressão diametral e tração na flexão.

Ressalta-se também o papel das fibras diante o controle e desenvolvimento de múltiplas fissuras [7], desenvolvidos pelas mesmas através da melhor distribuição das tensões no interior do compósito [5]. Observa-se através das curvas que o CRF apresentou um comportamento pseudodúctil, sem ruptura frágil e com aumentos significativos na resistência aos esforços de tração direta e indireta.

Figura 2: Curvas Típicas: a) Compressão Axial b) Tração direta c) Compressão Diametral d) Tração na flexão.



A Figura 3 e Tabela 1 mostram os resultados das resistências médias e desvios padrão dos ensaios diretos e indiretos.

Figura 3: Tensões de tração do CS e CRF obtidos com diferentes métodos.

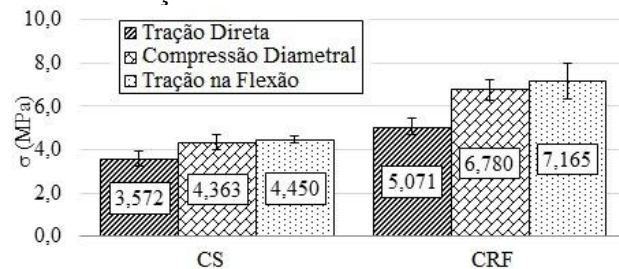


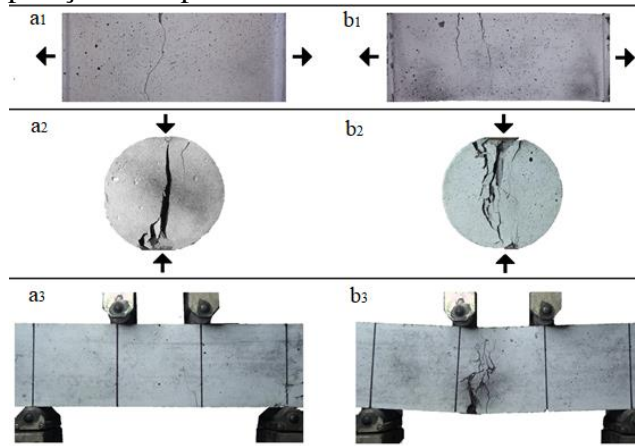
Tabela1: Resistências à tração máximas obtidas.

CP'S	Tração Direta [MPa]		Compressão Diametral [MPa]		Tração na flexão [MPa]	
	CS	CRF	CS	CRF	CS	CRF
I	3,24	4,93	4,01	7,31	4,44	6,03
II	3,66	4,67	3,96	6,92	4,42	7,51
III	4,09	5,62	4,89	6,90	4,00	6,85
IV	3,30	----	4,59	5,99	4,24	8,27
Média	3,57	5,07	4,36	6,78	4,45	7,17
CV [%]	9,45	7,96	9,00	7,12	3,65	11,51

Fonte: Autoria própria

Os estados de ruptura dos ensaios são mostrados na Figura 4, onde “1”, “2” e “3” representam tração direta, compressão diametral e tração na flexão; e “a” e “b” representam CS e CRF, respectivamente. Nota-se assim únicas fissuras para CS e múltiplas para CRF.

Figura 4: Comparação da ruptura do CS e do CRF frente aos ensaios de tração.



Fonte: Autoria Própria

4 CONCLUSÕES

Neste trabalho é apresentado um estudo experimental sobre a influência da adição de fibras na resistência a tração do concreto obtida por diferentes métodos, onde as resistências à tração direta do CS e CRF ficam inferiores às medições em forma indireta entre 20% e 25-30%, respectivamente.

A adição de fibra de aço ao concreto simples seguiu o esperado e contribuiu para o aumento da ductilidade e controle das fissuras. Essa adição também proporcionou ganhos positivos de maneira crescente em relação aos ensaios de tração direta, tração por compressão diametral e tração na flexão. Além disso, foi possível notar que os dois tipos de ensaios indiretos realizados retornam valores sem variações significativas.

5 AGREDECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio da UNIPAMPA, da FAPERGS e do CNPq que fizeram e fazem possível a realização de nossas pesquisas. Especialmente agradecem o apoio da empresa Pilecco Nobre, parceira constante do grupo de pesquisa MAEC.

REFERÊNCIAS

- [1] Abbass, W., Khan, M. I., Mourad, S., 'Evaluation of mechanical properties of steel fiber reinforced concrete with different strengths of concrete', Saudi Arabia, April, 2018 (Construction and Building Materials) 556-569.
- [2] Bencardino, F., Rizzuti, L., Spadea, G., Swamy, R. N., 'Fracture properties of steel fiber reinforced high strength concrete using work of fracture and size effect methods', Iran, July, 2017 (Composites: Part B) 17-24.
- [3] BRANDT, A.M. Cement based composites – Materials, mechanical properties and performance. London: E & F.N. Spon, 1995.

- [4] Domski, J., Katzer, J., Zakrzewski, M., Ponikiewski, T., 'Comparison of the mechanical characteristics of engineered and waste steel fiber used as reinforcement for concrete', Poland, August, 2017 (Journal of Cleaner Production) 18-28.
- [5] Figueiredo, A. D., 'Concreto reforçado com fibras', Tese (Livre Docência em Materiais e Componentes de Construção Civil) - Escola Politécnica, University of São Paulo, São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/livredocencia/3/tde-18052012-112833/>>. Acesso em: 29-08-2018.
- [6] Kazemi, M. T., Golsorkhtabar, H., Beygi, M. H. A., Gholamitabar, H., 'Experimental evaluation of fiber reinforced concrete fracture properties', Italy, January, 2010 (Construction and Building Materials) 482-489.
- [7] Marangon, E., 'Caracterização material e estrutural de concretos autoadensáveis reforçados com fibras de aço', Tese (Doutorado) - COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2011.
- [8] NBR 5738, Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. ABNT, 2003.
- [9] NBR 5739, Concreto – Ensaio de Compressão de Corpos-de-prova Cilíndricos. ABNT, 1994.
- [10] NBR 7222, Concreto e argamassa — Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. ABNT, 2011.
- [11] NBR 10024, Chapa dura de fibra de madeira — Requisitos e métodos de ensaio. ABNT, 2012.
- [12] NBR 12142, Concreto - Determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos. ABNT, 2010.
- [13] NUNES, Nelson Lúcio. Contribuição para a aplicação do concreto reforçado com fibras de aço em elementos de superfície restringidos. 2006. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. doi:10.11606/T.3.2006.tde-04052006-170328. Acesso em: 2018-04-17.
- [14] Sirijaroonchai, K., El-Tawil, S., Parra-Montesinos, G., 'Behavior of high performance fiber reinforced cement composites under multi-axial compressive loading', United States, January, 2010 (Cement & Concrete Composites) 62-72.
- [15] William W.H., et al., 'Probabilidade e Estatística na Engenharia, 4ª ed. (Rio de Janeiro, Brasil, 2012).