

**ANÁLISE DA ADIÇÃO DE FIBRAS DE AÇO NO CONCRETO:
Revisão da literatura
ANALYSIS OF THE ADDITION OF STEEL FIBERS IN THE
CONCRETE: Literature revision**

Rodrigo Mendes Bezerra
(*Graduando em Engenharia Civil*)

Deyse Celeste Soares Pereira
(*Graduanda em Engenharia Civil*)

Javane Pereira de Souza
(*Graduanda em Engenharia Civil*)

Lara Pereira Tavares Mendes
(*Graduanda em Engenharia Civil*)

Ranailsa de Souza Satiro
(*Graduanda em Engenharia Civil*)

Thalles Brennerry Santos
(*Graduando em Engenharia Civil*)

Hellykan Berliet dos Santos Monteiro
(*Orientadora, Prof. Ms em Estruturas*)

Received 10 December 2020; Accepted 26 December 2020

RESUMO

O concreto apresenta baixa resistência a tração - entre 7% e 11% de sua resistência a compressão, o que torna um problema a aplicação desse material em situações que envolvem esforços de tração. Dessa forma, a adição de fibras de aço ao concreto surge como uma opção para melhorar sua resistência à tração, reduzir o índice de fissuração, aumentar a tenacidade. Esse trabalho teve por objetivo, avaliar o comportamento mecânico do concreto com a adição de fibras de aço, sendo os resultados obtidos a partir de uma revisão da literatura. De acordo com os resultados obtidos, foi possível verificar que a adição de fibras de aço ao concreto gera um aumento de resistência à tração, com ganhos acima de 80% para fibras com ancoragens nas extremidades e aplicadas em um teor de 1,5%. Já a resistência à compressão apresentou variações nos resultados, havendo em alguns casos acréscimo de resistência e em outros casos decréscimo.

PALAVRAS CHAVE: Concretos especiais; Resistência à tração; Concreto reforçado com fibras de aço.

ABSTRACT

Concrete has low tensile strength - between 7% and 11% of its compressive strength, which makes it a problem to apply this material in situations involving tensile stresses. Thus, the addition of steel fibers to concrete appears as an option to improve its tensile strength, reduce the cracking rate, increase toughness. This work aimed to evaluate the mechanical behavior of concrete with the addition of steel fibers, the results being obtained from a literature review. According to the results obtained, it was possible to verify that the addition of steel fibers to concrete generates an increase in tensile strength, with gains above 80% for fibers with anchors at the ends and applied in a content of 1.5%. Compressive strength, on the other hand, showed variations in the results, with in some cases an increase in strength and in other cases a decrease.

KEY WORDS: *Special concretes; Tensile strength; Concrete reinforced with steel fibers.*

I. INTRODUÇÃO

Quando submetido a esforços de tração, o concreto expõe um comportamento insatisfatório no que se diz respeito à capacidade de deformação, sendo que após o surgimento de fissuras o mesmo perde totalmente a capacidade resistiva, gerando a ruptura. (FIGUEIREDO, 2011).

A resistência à tração do concreto está ente 7% e 11% de sua resistência à compressão, desse modo se faz necessário atribuir outros materiais ao concreto para melhorar a resistência a cerca dessa propriedade (MEHTA E MONTEIRO, 2014).

Com o intuito de melhorar a resistência à tração e reduzir o aparecimento de fissuras no concreto convencional, tem-se estudado a implementação de fibras de aço no concreto. (MOSCATELLI, 2011). Esses materiais gerados pela mistura de dois ou mais materiais são denominados de compósitos, sendo o concreto reforçado com fibras de aço (CRFA) caracterizado por fazer parte de uma classe de compósitos que é formado por uma matriz frágil (concreto) e um tipo de reforço (fibras), sendo as fibras de aço as mais utilizadas para aplicações estruturais. (MEHTA E MONTEIRO, 2014).

Figueiredo (2011) apresenta o comportamento da fibra-matriz no que se diz respeito ao processo de fissuração e distribuição de tensões. As Figuras 01 e 02 ilustram o esquema de concentração de tensões para o concreto sem fibras e com adição de fibras.

Figura 01 - Esquema de concentração de tensões para o concreto sem fibras.

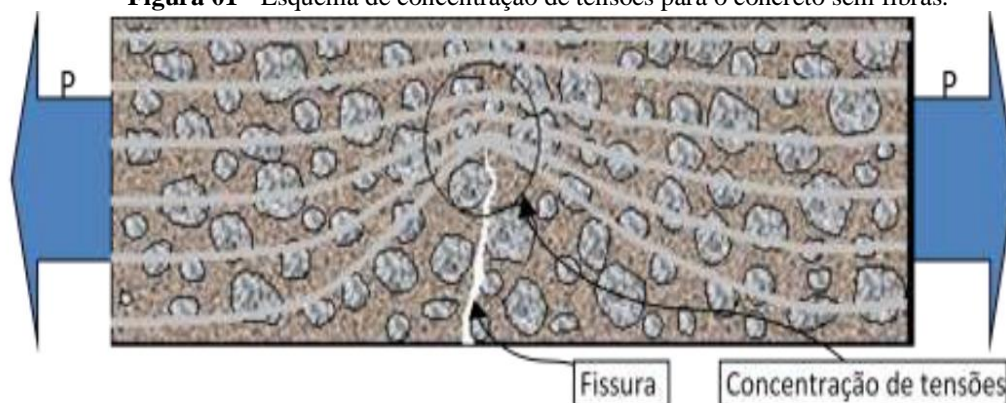
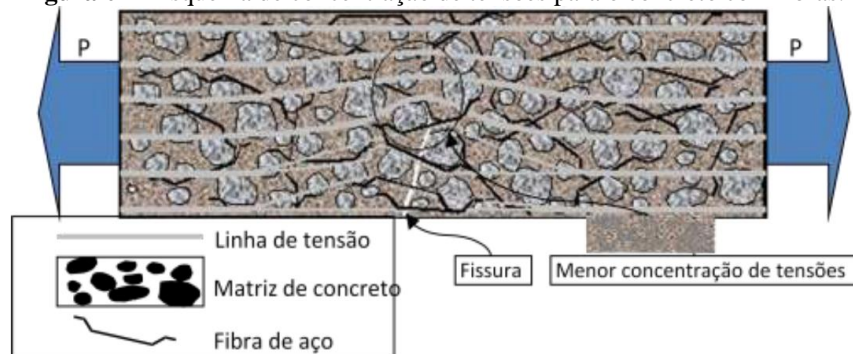


Figura 02 - Esquema de concentração de tensões para o concreto com fibras.



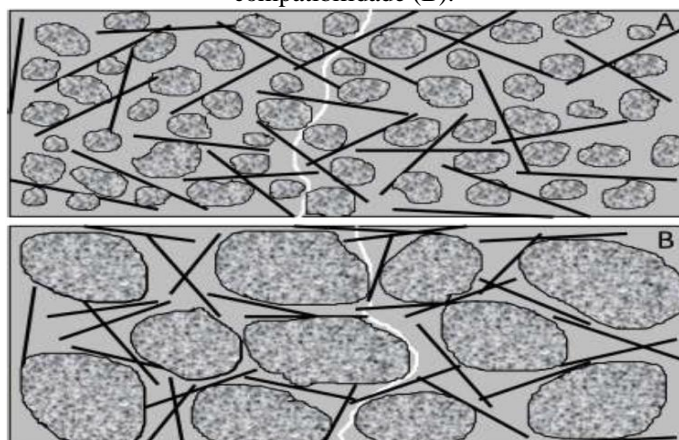
No concreto simples, quando ocorre a abertura de uma fissura, a mesma servirá de propagação de tensões de tração, ocasionando um aumento da fissura e conseqüentemente a ruptura, fato que se reduz consideravelmente no caso da adição de fibras, que com resistência e módulo de elasticidade adequados conseguem mudar o comportamento frágil do concreto para um comportamento pseudo-dúctil (concreto apresenta resistência após a abertura das fissuras), principalmente pelo fato das fibras atuarem como pontes de transmissão de tensões pelas fissuras, e com isso reduzirem a propagação das fissuras. (FIGUEIREDO, 2011).

O arrancamento das fibras no processo pós fissuração, apresenta o grau de eficiência da interação matriz-reforço, visto que, esse processo reflete como o material se comporta após o início das fissuras na matriz. (GÓIS, 2010).

No que se diz respeito à compatibilização, é de grande importância que as fibras estejam em concordância dimensional com o agregado graúdo.

A Figura 03 apresenta respectivamente um CRFA com compatibilidade dimensional entre as fibras e o agregado graúdo e um CRFA onde não há compatibilidade.

Figura 03 - CRFA com compatibilidade entre as fibras e o agregado graúdo (A) e CRFA onde não há compatibilidade (B).



Fonte: Figueiredo, 2011.

Quando não há essa compatibilidade entre os materiais poucas fibras trabalham como pontes de transferências nas aberturas das fissuras e assim perdem grande parte de sua função no compósito. Desse modo, é recomendado o uso de fibras com comprimento maior que o dobro da dimensão máxima característica do agregado graúdo, para que assim garanta uma compatibilidade aceitável. (GÓIS, 2010).

O objetivo dessa pesquisa, é averiguar o comportamento mecânico do concreto reforçado com fibras de aço, em relação a sua resistência à tração e à compressão, a partir da análise de resultados obtidos em pesquisas existentes na literatura.

II. METODOLOGIA

O trabalho foi realizado em 3 etapas. A primeira foi desenvolvida a partir da seleção bibliográfica conforme relevância das plataformas e palavras-chave utilizadas. Na segunda, foi realizada a adoção de dois critérios com o intuito de selecionar pesquisas experimentais que apresentassem a adição de fibras de aço no concreto. E por fim, a terceira etapa compreendeu a comparação dos resultados referentes resistência à compressão axial e resistência à tração por compressão diametral.

Para o levantamento bibliográfico foram utilizadas quatro plataformas principais, sendo elas: SciELO, Repositório UNICAMP, Teses USP, e o repositório UFMG, de modo que os arquivos pesquisados incluíssem monografias, dissertações, teses e artigos que foram filtrados pelos parâmetros adotados conforme relevância com o tema e com os critérios de pesquisa, onde foram selecionados um total de 3 pesquisas aplicadas, apresentadas no Quadro 01.

Quadro 01–Pesquisas selecionadas para análise do concreto reforçado com fibras de aço.

Autor	Título
GÓIS;BARBOZA, 2015	Avaliação da influência da adição de fibras de aço no concreto fluido solicitado por tensões de tração.
SHIMOSAKA, 2017	Influência do teor de diferentes tipos de fibras de aço em concretos auto adensáveis.
ROCHA et al., 2019	Estudo comparativo de desempenho entre concreto convencional e o concreto com adições de fibra de aço.

Fonte: Autores, 2020.

De forma inicial foram coletados dados referentes aos materiais componentes dos compostos produzidos pelos autores. O Quadro 02 apresenta os tipos de materiais utilizados em cada pesquisa.

Quadro 02–Pesquisas selecionadas para análise do concreto reforçado com fibras de aço.

AUTORES	CIMENTO	AREIA	BRITA	ADIÇÃO	FIBRA	ADITIVO
Góis e Barboza (2015)	CP II F-32	MÉDIA	BRITA 1	SEM ADIÇÃO	AI – FATOR FORMA = 50	Centrament N3
Rocha et al. (2019)	CP II Z-40 RS	FINA	BRITA 2	SEM ADIÇÃO	AI – FATOR FORMA = 80	Glenium 51
Shimosaka (2017)	CP V ARI	FINA	BRITA 0	FÍLER CALCÁRIO	AII – FATOR FORMA = 55	Tec Flow 7030

Fonte: Autores, 2020.

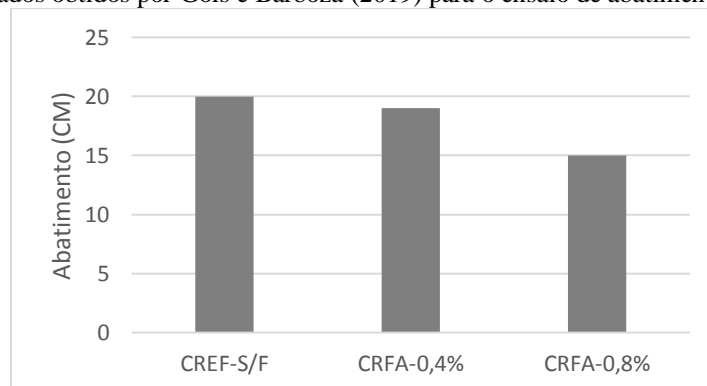
Posteriormente foram observados os resultados do concreto no estado fresco, como os métodos de dosagem selecionados, os diferentes traços, fator água/cimento e o ensaio de abatimento, e finalmente atentou-se aos ensaios de resistência à compressão e à tração por compressão diametral, sendo analisado posteriormente a viabilidade do emprego das fibras de aço ao concreto de acordo com os resultados obtidos pelas pesquisas citadas anteriormente.

Para isso, os autores desenvolveram traços referenciais sem nenhum tipo de alteração, para compará-los com misturas com a adição de fibras de aço nas proporções de 0,4% e 0,8% na pesquisa de Góis e Barboza, 2015, 0,4%, 0,8%, 1,2% e 1,5% em Shimosaka, 2017 e 0,25%, 0,32% e 0,375% em Rocha et al.,2019.

III. RESULTADOS

Góis e Barboza (2015), utilizaram para avaliação dos compósitos no estado fresco o ensaio de abatimento do tronco de cone, segundo a norma NBR NM 67 (ABNT,1998), sendo a moldagem dos corpos-de-prova realizada com adensamento externo, por mesa vibratória. Após a finalização da moldagem, a amostra foi colocada em temperatura ambiente por 24 horas até que seja liberada do molde. Após a desmoldagem, os corpos de prova eram colocados um tanque de imersão para cura, permanecendo até a data do ensaio (28 dias). A Figura 04 apresenta os valores obtidos no ensaio.

Figura 04 -Resultados obtidos por Góis e Barboza (2019) para o ensaio de abatimento de tronco de cone.



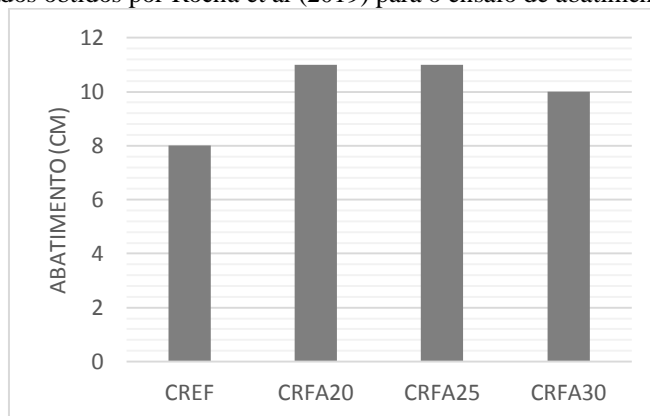
Fonte: Adaptado Góis e Barboza, 2015.

Nessa pesquisa, de acordo com os dados apresentados na Figura 04, os concretos produzidos apresentaram valores dentro da faixa característica de concretos fluidos e moles, necessitando para os concretos moles um adensamento mecânico, e já para os concretos fluidos esse adensamento é dispensado. A adição de

fibra induziu a uma redução no abatimento, tomando como referência a mistura CREF-S/F. Os resultados do abatimento apresentaram que a adição de um teor de 0,4% de fibras apresentou uma redução de trabalhabilidade igual a 5,3% e para um teor de 0,8% essa redução passou a ser de 33,3% em comparação com o concreto sem fibras.

De maneira análoga a pesquisa anteriormente citada, Rocha et al. (2019), também utilizou o ensaio de abatimento do tronco de cone para avaliação dos compósitos no estado fresco, segundo a norma NBR NM 67 (ABNT,1998). A Figura 05 apresenta os resultados obtidos no ensaio.

Figura 05 -Resultados obtidos por Rocha et al (2019) para o ensaio de abatimento de tronco de cone.



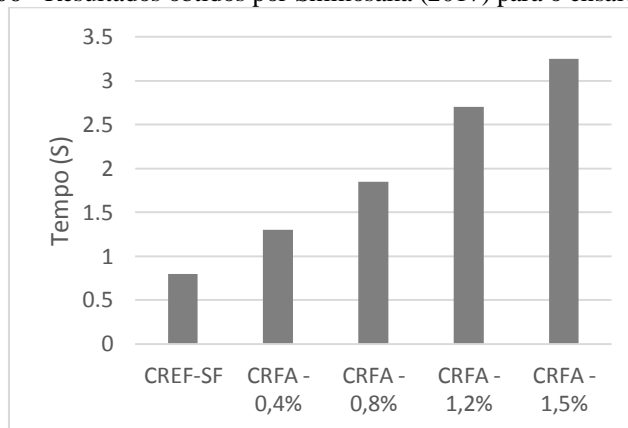
Fonte: Adaptado Rocha et al, 2019.

Observando a Figura 05, inicialmente percebe-se que quando o concreto sem fibras de aço era fabricado, o abatimento médio do concreto obtido no ensaio de abatimento era de 80 mm. Ao adicionar fibras com os respectivos teores, a consistência tenderia a diminuir, sendo utilizado o aditivo Glenium 51 para tornar o concreto com fibras mais trabalhável, ocasionando com isso valores até superiores ao concreto de referência, devido ao aumento da capacidade plástica atribuída ao material pelo aditivo superplastificante. Vale salientar que a implementação do aditivo não foi em quantidade suficiente para tornar o concreto autoadensável, sendo somente utilizado para manter a trabalhabilidade da mistura no padrão desejado.

Por fim, na pesquisa de Shimosaka (2017), divergindo um pouco dos pesquisadores citados anteriormente, foi utilizado para verificação da fluidez do concreto, ensaio do espalhamento e o t500 (tempo que o concreto demora para passar na marca de 500 mm), realizado conforme ABNT NBR 15823 (2010), pelo fato do autor em questão trabalhar com um concreto fluido (autoadensável).

A ABNT NBR 15823 (2010) classifica o CAA em dois tipos referentes ao T500. Quando o tempo de espalhamento for menor ou igual a 2 segundos até atingir 500 mm de espalhamento, o CAA é classificado como VS1, sendo adequado de acordo com o autor para lajes, divisórias, pilares, pré-fabricados industriais e concreto aparente. Quando o tempo é maior que 2 segundos, o CAA é classificado como VS2 sendo adequado para vigas e estacas. A Figura 06 mostra os valores obtidos para cada mistura de estudo.

Figura 06 - Resultados obtidos por Shimosaka (2017) para o ensaio de T500.



Fonte: Adaptado Shimosaka, 2017.

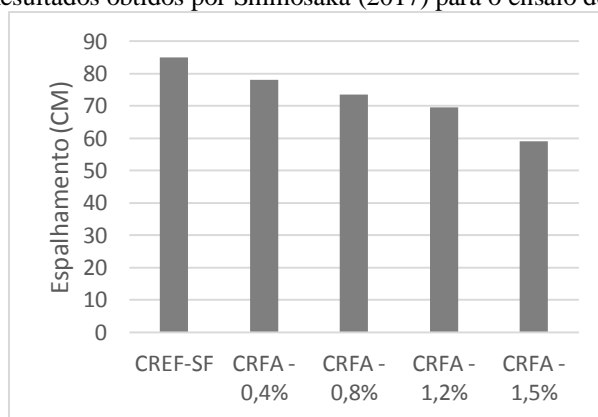
Conforme classificação apresentada anteriormente, analisando a Figura 06, o concreto de controle e os concretos com adição de 0,4% e 0,8% são classificados como VS1, e os concretos com 0,8% e 1,2% de adição de fibras, se classificam como VS2.

Já com relação ao espalhamento, a ABNT NBR 15823 (2010), classifica o CAA em 3 classes, que são:

- A Classe SF1 que tem espalhamento entre 550 e 650 mm
- SF2 (660 a 750 mm)
- SF3 cujo espalhamento varia de 760 a 850 mm.

A Figura 17 mostra os valores de espalhamento para cada mistura:

Figura 07 - Resultados obtidos por Shimosaka (2017) para o ensaio de espalhamento.

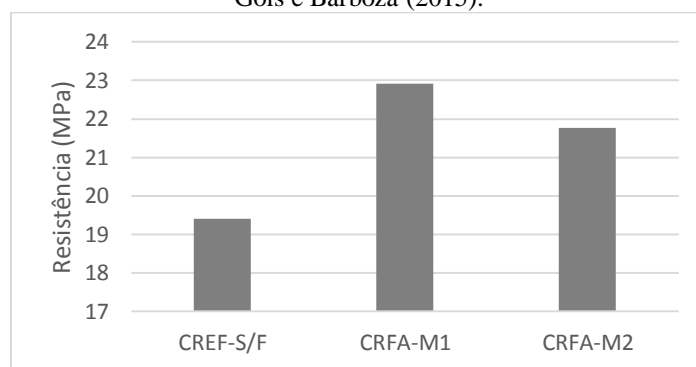


Fonte: Adaptado Shimosaka, 2017.

Analisando a Figura 07, o concreto de controle e o concreto com 0,4% de volume de fibras, se apresentam conforme classificação apresentada anteriormente como sendo da classe SF3, cuja indicação segundo o autor é para utilização em pilares-parede, paredes diafragma e pilares. Já no caso dos concretos com 0,8 e 1,2% de fibras, são classificados como SF2 e a indicação dos mesmos é para paredes, pilares e vigas, sendo que o concreto com 1,5% de fibras de aço se classificaram como SF1, sendo indicados para lajes, revestimentos de túneis e estacas e certas fundações profundas.

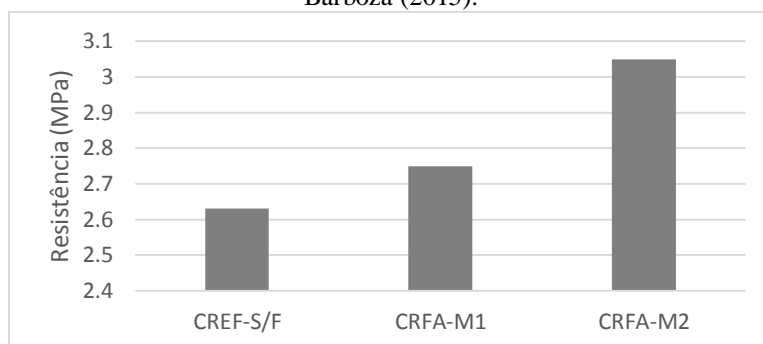
Na pesquisa de Góis e Barboza (2015), foram realizados ensaios de resistência à compressão e resistência à tração por compressão diametral de acordo com as recomendações da norma NBR 5739 (ABNT, 2007) e da NBR 7222 (ABNT, 1994) respectivamente. As Figuras 08 e 09 apresentam os resultados obtidos nos ensaios.

Figura 08 – Resultados do ensaio de resistência à compressão, para os concretos produzidos na pesquisa de Góis e Barboza (2015).



Fonte: Adaptado Góis e Barboza, 2015.

Figura 09 – Resultados do ensaio de resistência à tração, para os concretos produzidos na pesquisa de Góis e Barboza (2015).



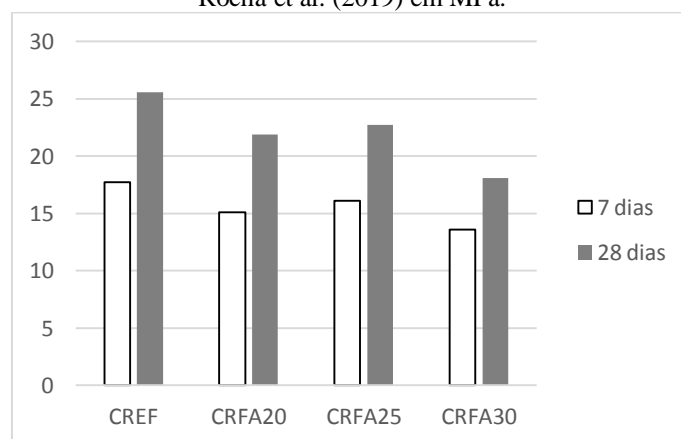
Fonte: Adaptado Góis e Barboza, 2015.

Os resultados médios obtidos para as resistências à compressão mostram que o concreto com fibras, apresenta melhor desempenho nessa propriedade, com acréscimo médio de aproximadamente 15%, em relação ao concreto de referência, sem reforço de fibra de aço.

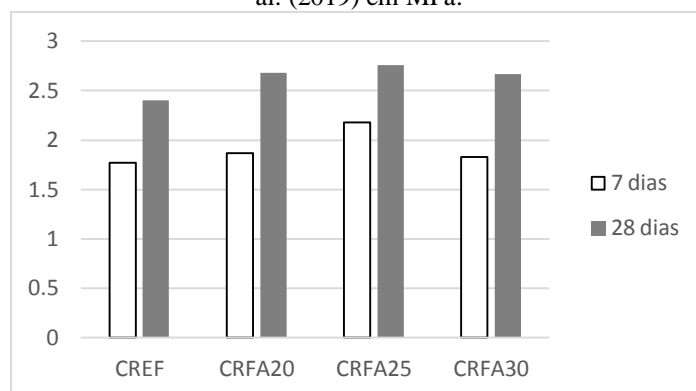
Sendo a resistência do concreto convencional à tração considerada baixa (entre 7-11% da resistência à compressão), com a adição de fibras de aço, a resistência à tração indireta foi de 13,1% da resistência à compressão, sendo observado de acordo com a Figura 09, nos dois concretos estudados, a resistência à tração por compressão diametral é significativamente melhorada em comparação com a matriz de referência sem adição de fibras.

Para a pesquisa de Rocha et al. (2019), de modo similar a pesquisa citada anteriormente, foram realizados ensaios de resistência à compressão e resistência à tração por compressão diametral de acordo com as respectivas normas. As amostras foram testadas nas idades de 7 e 28 dias, sob compressão axial e compressão diametral, sendo desse modo, obtidas suas resistências mecânicas. As Figuras 10 e 11 apresentam as resistências médias obtidas para o ensaio de compressão axial e compressão diametral, após o rompimento dos corpos de prova aos 7 e 28 dias.

Figura 10 – Resultados do ensaio de resistência à compressão, para os concretos produzidos na pesquisa de Rocha et al. (2019) em MPa.



Fonte: Adaptado Rocha et al, 2019.

Figura 11 – Resultados do ensaio de resistência à tração, para os concretos produzidos na pesquisa de Rocha et al. (2019) em MPa.

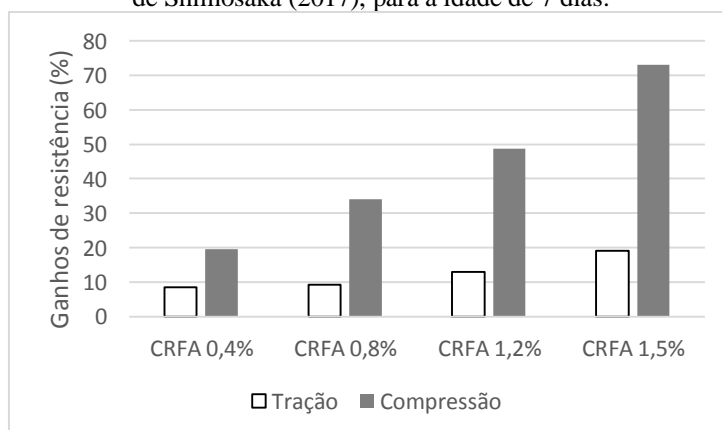
Fonte: Adaptado Rocha et al, 2019.

Conforme apresentado na Figura 10, o concreto de referência apresentou melhores resultados que os demais para resistência à compressão. Para as idades apresentadas, o concreto com adição de 20 kg/m³ de fibras de aço sofreu uma perda de resistência à compressão em torno de 14% para as idades de 7 e 28 dias, em comparação com o concreto sem fibras. Já os concretos com adição de 25 kg/m³ apresentou reduções de resistência de 9,35% para 7 dias e 11,11% para idade de 28 dias. E por fim, o concreto com 30 kg/m³ apresentou redução de resistência de 23,54% e 29,2% para as idades de 7 e 28 dias respectivamente. De acordo com Góis (2010), o concreto com adição de fibras pode aumentar ou reduzir a resistência à compressão, sendo que as reduções podem ocorrer devido a maior quantidade de água que se adiciona nesse tipo de concreto para manter a trabalhabilidade e também pela quantidade de ar incorporado na mistura. Vale destacar que com os resultados obtidos, percebe-se que os concretos utilizados nessa pesquisa, não podem ser utilizados para fins estruturais, por apresentarem resistências inferiores a 20 Mpa.

Já para resistência à tração com valores apresentados na Figura 11, para as idades apresentadas, o concreto com adição de 25 kg/m³ de fibras de aço apresentou melhores resultados para os ganhos de resistência à tração, com ganhos de resistência em torno de 23,16% e 15% para as idades de 7 e 28 dias respectivamente. Para o concreto com adição de 20 kg/m³, os ganhos foram de aproximadamente 5,64% para a idade de 7 dias e de 11,66% para 28 dias. Por fim, para o concreto com 30 kg/m³, os incrementos de resistência foram de 3,3% para idade de 7 dias e de 11,25% para idade de 28 dias. A partir dos resultados obtidos, pode-se afirmar que a implementação de fibras de aço ao concreto, melhora sua resistência à tração, mesmo para baixos teores de fibras, sendo que, de acordo com Figueiredo (2011), para obter consideráveis ganhos de resistência, é necessário a adição de fibras em teores elevados $\geq 1,5\%$.

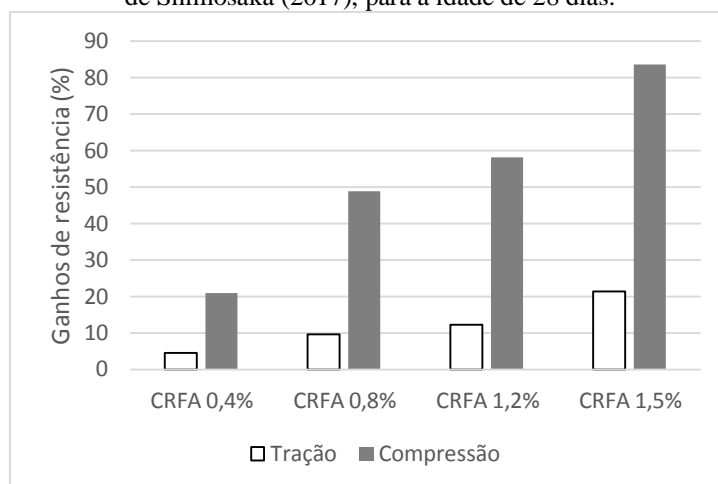
Por fim, na pesquisa de Shimosaka (2017), foram realizados ensaios do estado endurecido após alcançadas as idades de 7 e 28 dias. Vale salientar que os elevados ganhos de resistência iniciais e finais foram possíveis pelo aglomerante usado pelo autor (CP V-ARI).

No que se diz respeito a resistência à compressão e tração por compressão diametral, os ganhos percentuais apresentados em comparação com o concreto de referência estão apresentados nas Figuras 12 e 13.

Figura 12 – Ganhos percentuais de resistência à compressão e tração, para os concretos produzidos na pesquisa de Shimosaka (2017), para a idade de 7 dias.

Fonte: Adaptado Shimosaka, 2017.

Figura 13 – Ganhos percentuais de resistência à compressão e tração, para os concretos produzidos na pesquisa de Shimosaka (2017), para a idade de 28 dias.



Fonte: Adaptado Shimosaka, 2017.

Analisando os dados apresentados nas Figuras 12 e 13, para a idade de 7 dias, pode-se observar que mesmo para adição de 0,4% de fibras, que é teor mínimo adicionado, há um acréscimo na resistência à compressão e tração em comparação com o concreto de controle. Os demais percentuais também apresentam ganhos de resistência mecânica, sendo esses ganhos aumentados conforme se eleva o teor de fibra adicionada ao concreto. Com relação a idade de 28 dias, de acordo com o gráfico, o comportamento se assemelha ao de 7 dias, pelo fato de que quanto maior o teor de fibras, mais ganhos de resistência apresentam os concretos.

IV. CONCLUSÃO

Diante dos resultados apresentados, foi possível observar variados comportamentos das amostras com adição de fibras de aço, em relação a trabalhabilidade e resistência mecânica.

No que se diz respeito a trabalhabilidade, com os resultados obtidos é possível afirmar que em todas as pesquisas haveria uma redução dessa propriedade, porém dentro do planejamento da incorporação de fibras de aço ao concreto, os autores optaram pela adoção de medidas para garantir essa propriedade de forma aceitável, e a principal medida foi a introdução de aditivos plastificantes para melhorar essa trabalhabilidade reduzida com a adição das fibras.

Nos estudos, demonstrou-se que os compósitos reforçados com fibras de aço apresentaram variações de resistência à compressão em relação ao concreto de referência, sofrendo em alguns casos uma redução e em outros um acréscimo.

Já a resistência à tração, principal propriedade analisada nos estudos, foi consideravelmente melhorada com a adição das fibras de aço ao concreto. Concretos com adição de maiores teores de fibras, apresentavam melhores resultados a cerca dessa propriedade, chegando a ganhos em torno de 83% para o teor de 1,5%.

Portanto, conclui-se a viabilidade técnica do emprego de fibras de aço na produção de concreto por apresentarem características e propriedades satisfatórias, que indicam sua eficácia na resistência à tração do concreto.

REFERÊNCIAS

- [1]. ABNT NBR 15823-1. **Concreto auto adensável**. Parte 1: Classificação, controle e recebimento no estado fresco. Rio de Janeiro. 2017.
- [2]. ABNT NBR NM 67:1998. **Concreto** - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone – Método de Ensaio. Rio de Janeiro. 1998. 8p.
- [3]. ABNT NBR 5739:2018. **Concreto** - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos – Método de Ensaio. ABNT/MB 3. Rio de Janeiro, 2018.
- [4]. ABNT NBR 7222:2011. **Concreto e argamassa** — Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro. 2011.
- [5]. FIGUEIREDO, Antônio Domingues. **Concreto reforçado com fibras**. 2011. Tese (Livre Docência em Materiais e Componentes de Construção Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. doi:10.11606/T.3.2012.tde-18052012-112833.
- [6]. GÓIS.F.A.P; BARBOSA. A.S.R. **Avaliação da influência da adição de fibras de aço no concreto fluido solicitado por tensões de tração**. Scientia Plena. V.11.Nº 11, Nov 2015.

- [7]. GÓIS, Fernanda Alves Pinto. **Avaliação experimental do comportamento do concreto fluido reforçado com fibras de aço:** influência do fator de forma e da fração volumétrica das fibras nas propriedades mecânicas do concreto. 2010. 158 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2010.
- [8]. MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto Microestrutura, Propriedade e Materiais-** 2ª Edição. Ed.: IBRACON. ISBN: 978-85-98576213. Português, p. 751.
- [9]. MOSCATELLI, Ivo. **Fibras de aço em concreto de cimento Portland aplicados a pavimento.** 2011. 133 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, SP.
- [10]. ROCHA.N.L.et al. **estudo comparativo de desempenho entre concreto convencional e o concreto com adições de fibra de aço.** Revista de engenharia e tecnologia, V.11, Nº 4, Dez 2019.
- [11]. SHIMOSAKA, Tobias Jun. **Influência do teor de diferentes tipos de fibras de aço em concretos auto adensáveis.** 2017. 121 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2017.

Rodrigo Mendes Bezerra, et. al. “ANÁLISE DA ADIÇÃO DE FIBRAS DE AÇO NO CONCRETO: Revisão da literature ANALYSIS OF THE ADDITION OF STEEL FIBERS IN THE CONCRETE: Literature revision.” *IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN)*, 10(12), 2020, pp. 39-48.