

Resistência ao cisalhamento direto do concreto reforçado com fibras de aço

Direct shear strength of steel fiber reinforced concrete

João Daniel Moreno Costa(1); Gustavo Savaris(2); Carlos Eduardo Tino Balestra(3)

1 Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) – Câmpus Toledo, PR, Brasil.

E-mail: joadaniel_mc@hotmail.com

2 Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) – Câmpus Toledo, PR, Brasil.

E-mail: gsavaris@utfpr.edu.br | ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3311-2426>

3 Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) – Câmpus Toledo, PR, Brasil.

E-mail: carlosbalestra@utfpr.edu.br | ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7624-7921>

Revista de Engenharia Civil IMED, Passo Fundo, vol. 6, n. 2, p. 115-129, Julho-Dezembro 2019 - ISSN 2358-6508

[Recebido: Novembro 21, 2018; Aceito: Março 19, 2019]

DOI: <https://doi.org/10.18256/2358-6508.2019.v6i2.3243>

Endereço correspondente / Correspondence address

Gustavo Savaris

Rua Cristo Rei, nº 19 – Vila Becker – Toledo, PR, Brasil.

CEP 85902-490

Sistema de Avaliação: *Double Blind Review*

Editora: Luciana Oliveira Fernandes

Como citar este artigo / How to cite item: [clique aqui/click here!](#)

Resumo

O concreto convencional apresenta em seu comportamento mecânico baixas resistências à tração e ao cisalhamento quando comparadas com a resistência à compressão. Como forma de melhorar estas propriedades mecânicas, diversas pesquisas têm avaliado a combinação da matriz do concreto com fibras de aço, originando o compósito concreto reforçado com fibras de aço (CRFA), uma mistura heterogênea que visa unir de forma adequada as características de seus componentes e obter melhorias no comportamento mecânico do material, principalmente quando aplicado em estruturas. Este trabalho avalia o comportamento mecânico de peças de CRFA comparativamente ao concreto convencional. Para isto foi produzida uma mistura de concreto de referência, com resistência à compressão axial em torno de 40 MPa, na qual foram adicionadas fibras de aço retilíneas de 60 mm de comprimento, diâmetro de 0,75 mm e fator de forma igual a 80, com gancho nas extremidades, nas frações volumétricas de 0,5 e 1,0%, percentuais estes em relação ao volume total de concreto. Dezoito exemplares prismáticos de concreto (150mmx150mmx500mm) foram moldados e submetidos ao ensaio de cisalhamento direto até a ruptura, sendo avaliadas a tensão última e o deslocamento vertical do plano de cisalhamento. Os resultados demonstraram uma redução da resistência à compressão axial devido à adição de fibras, porém, obteve ganhos na resistência à tração e ao cisalhamento e o aumento da tenacidade do concreto, evitando sua ruptura de forma brusca.

Palavras-chave: Cisalhamento. Concreto. Fibras.

Abstract

Conventional concrete presents in its mechanical behavior low tensile and shear strengths when compared to the compressive strength. In order to improve these mechanical properties, several researches have evaluated the combination of concrete matrix with steel fibers, resulting the steel fiber reinforced concrete composite (SFRC), a heterogeneous mixture that aims to adequately unite the characteristics of its components and obtain improvements in the mechanical behavior of the material, especially when applied to structures. This work evaluates the mechanical behavior of SFRC specimens compared to conventional concrete. A reference concrete mixture with axial compressive strength around 40 MPa was produced, in which hooked end steel fibers of 60 mm in length, diameter of 0.75 mm and shape factor of 80 were added, in the volumetric fractions of 0.5 and 1.0%, percentages in relation to the total volume of concrete. Eighteen prismatic specimens (150mmx150mmx500mm) were cast and submitted to the direct shear test until rupture, and the ultimate stress and vertical displacement of the shear plane were evaluated. The results showed a reduction in the axial compressive strength due to the addition of fibers, however, it obtained gains in tensile and shear strength and increased concrete toughness, avoiding its sudden rupture.

Keywords: Shear. Concrete. Fibers.

1 Introdução

O concreto convencional é um dos materiais mais utilizados na construção civil, devido, dentre outros motivos, ao seu baixo custo e a capacidade de se acomodar a distintas condições. Quando solicitado por tensões cisalhantes o concreto apresenta um comportamento frágil, com ruptura brusca. Uma das formas de melhorar a resistência ao cisalhamento do concreto é a adição de fibras de aço, originando o compósito concreto reforçado com fibras de aço (CRFA), uma mistura heterogênea que une de forma adequada as características de seus componentes, melhorando as propriedades mecânicas do material, principalmente para uso em estruturas.

Segundo Braz e Nascimento (2015), a adição de fibras na mistura cimentícia resulta em uma significativa redução na velocidade de proliferação das fissuras no concreto e o material passa a ter um comportamento pseudo-dúctil. No concreto com adição de fibras ocorre o retardamento do aumento da fissura, visto que as fibras tornam-se pontes de ligação na mistura, desempenhando o papel de transferir as linhas de tensões de um lado a outro na matriz e assim diminuindo o acúmulo de esforços nas extremidades das fissuras (GÓIS, 2010).

Se as fibras forem suficientemente resistentes, bem aderidas à matriz cimentícia, e em bastante quantidade, elas ajudarão a manter pequena a abertura das fissuras e permitirão ao CRFA resistir a tensões de tração bem elevadas, com uma grande capacidade de deformação no estágio pós-fissuração (WATANABE, 2008).

Verifica-se que as fibras de aço possuem alta resistência e alto módulo de elasticidade, podendo assim atuar como reforço no concreto endurecido e até mesmo substituir parte da armadura convencional em algumas situações (FIGUEIREDO, 2011). O emprego de fibras nas misturas cimentícias em setores da Construção Civil vem ocorrendo de forma gradativa e diversificada, como, por exemplo, pavimentos rígidos, pisos industriais, projetados, áreas de piscina, pré-moldados, argamassas, tanques e reservatórios, entre outros. Elas são fabricadas em diversos materiais, diâmetros e comprimentos, sendo aplicáveis em praticamente qualquer tipo de concreto e até mesmo combinadas, com o intuito de atender simultaneamente a diferentes finalidades, isto é, reforçar concretos submetidos a altas temperaturas ou aumentar o módulo de deformação do material (ONUKE; GASPARETTO, 2013).

Além do controle das fissuras no concreto, as fibras também desempenham papel fundamental no melhoramento de certas propriedades mecânicas. Segundo Johnston (1994), a inclusão de fibras na matriz cimentícia pode resultar em dois efeitos vantajosos muito importantes: Fortalecer o compósito contra todos os tipos de carregamentos induzidos à tração, isto é, retração restringida, tração direta ou na flexão e cisalhamento; e melhora da ductilidade e tenacidade, resistência ao cisalhamento, à torção e à fadiga quando comparado ao concreto convencional.

Entretanto, a adição de qualquer tipo de fibra em concreto convencional reduz a trabalhabilidade. Independente do tipo de fibra, a perda da trabalhabilidade é consideravelmente proporcional ao volume de concentração de fibras no concreto. Geralmente, o requisito de trabalhabilidade adequada de mistura contendo fibras pode ser alcançado com o uso de ar incorporado, aditivos plastificantes, maior quantidade de pasta de cimento (com ou sem pozolana), e uso de fibras coladas em conjunto (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

De acordo com Braz e Nascimento (2015), essa significativa redução da trabalhabilidade é motivada pelo fator de forma e geometria da fibra, juntamente com a fração geométrica adicionada, o traço do concreto, granulometria dos agregados, em especial os grãos, e a aderência das fibras com a matriz. Quanto mais longas e mais acréscimo de fibras houver na mistura, maior será a diminuição da trabalhabilidade, todavia, esta propriedade pode ser corrigida com a utilização de aditivos superplastificantes.

Pesquisas como as de Mirsayah e Banthia (2002) e de Malatesta e Contreras (2009), demonstraram que a adição de fibras influencia positivamente na resistência ao cisalhamento em peças de concreto, devido à melhora no desempenho na contenção da propagação das fissuras e redistribuição de tensões.

Mirsayah e Banthia (2002) compararam dois tipos de fibras de aço, uma fibra ondulada de 50 mm com uma seção transversal crescente (CR) e uma fibra com extremidade achatada e seção transversal circular de diâmetro 50 mm (FE). Para as fibras FE, observaram uma fraca dispersão na mistura para frações volumétricas acima de 1,5%, considerando esta a dosagem máxima para essa fibra, enquanto as fibras CR apresentaram dispersão satisfatória até o percentual volumétrico de 2,0%, porém, todas as dosagens com frações de volume de fibras superiores a 1% necessitaram o uso de aditivos para melhora na trabalhabilidade. Os resultados demonstraram que o acréscimo de fibras de aço na mistura aumentou a tensão última cisalhante, sendo obtidos melhores resultados com as fibras FE.

Malatesta e Contreras (2009) compararam dosagens de CRFA com proporção de fibras iguais a 0,5% e 1,0% ao concreto convencional, avaliando a tenacidade do CRFA utilizando ensaios de cisalhamento direto. Os concretos com adição de fibras demonstraram maior ductilidade, não havendo ocorrendo a ruptura abrupta observada no concreto convencional. A adição de fibras contribuiu no aumento da resistência ao cisalhamento, porém não foi observada uma relação linear entre esta resistência e o volume de fibras adicionado.

Neste sentido, este trabalho apresenta um estudo comparativo da resistência ao cisalhamento de uma mistura de concreto sem fibras e duas misturas com adição de fibras de aço, avaliando também a trabalhabilidade e as resistências à compressão e tração dos concretos, visando seu uso em estruturas.

2 Programa experimental

2.1 Materiais e produção dos corpos de prova

Para a produção do concreto, foi utilizado Cimento Portland tipo CP V de Alta Resistência Inicial (ARI), areia quartzosa natural extraída do Rio Paraná, com massa específica igual a $2,55 \text{ kg/dm}^3$, e uma mistura de agregados graúdos de origem basáltica com dimensões máximas características iguais a 9,5 mm e 19 mm, com massas específicas iguais a $2,88 \text{ kg/dm}^3$ e $2,91 \text{ kg/dm}^3$, respectivamente. Foram utilizadas fibras de aço de extremidades duplas, da marca Belgo Bekaert, modelo DRAMIX 3D, tipo RC-80/60-BN, cujas propriedades são apresentadas na Tabela 1. Para ajuste da trabalhabilidade nos concretos com adição de fibras foi utilizado o aditivo superplastificante Tec-Flow 8000 da marca GRACE.

Tabela 1 – Características das fibras de aço

Fibra	Comprimento (mm)	Diâmetro (mm)	Resistência à Tração (MPa)	Fator de Forma
RC-80/60-BN	60	0,75	1225	80

Fonte: Catálogo do fabricante.

As misturas de concreto foram representadas pela letra C seguida de um número correspondente à massa de fibras adicionadas por metro cúbico de concreto, iguais a 0 kg/m^3 , 40 kg/m^3 e 80 kg/m^3 , correspondentes às frações de 0%, 0,5% e 1,0% do volume de concreto, respectivamente. Na Tabela 2 são apresentadas as proporções de materiais empregados em cada mistura de concreto, mantido o traço 1:2,20:2,70, com relação água/cimento igual a 0,58, utilizado por Malatesta e Contreras (2009).

Tabela 2 – Quantidades de materiais para produção de 80 litros de concreto (kg)

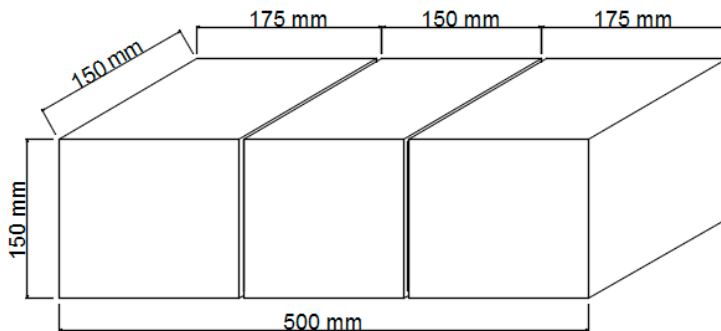
Material	C0	C40	C80
Cimento	29,77	29,77	29,77
Água	16,97	16,97	16,97
Areia	65,49	65,49	65,49
Brita (9,5 mm)	53,05	53,05	53,05
Brita (19 mm)	27,33	27,33	27,33
Fibra	0,00	3,20	6,40

Fonte: Próprio autor.

Os materiais foram misturados utilizando uma betoneira de eixo inclinável com capacidade de 240 litros, sendo produzidos 80 litros em cada betonada. No estado fresco os concretos foram caracterizados quanto à trabalhabilidade utilizando o ensaio de abatimento de tronco de cone, conforme norma NBR NM 67 (ABNT, 1998). O aditivo superplastificante foi dosado durante a produção dos concretos, visando ajustar a trabalhabilidade dos concretos com fibra para um abatimento de $\pm 100 \text{ mm}$.

Utilizando cada mistura de concreto foram moldados seis corpos de prova cilíndricos, com diâmetro de 100 mm e 200 mm de altura, para os ensaios de resistência à compressão axial e tração por compressão diametral, conforme normas NBR 5739 (ABNT, 2007) e NBR 7222 (ABNT, 2011), respectivamente, e seis corpos de prova prismáticos, com dimensões iguais a 500 mm x 150 mm x 150 mm, conforme apresentado na Figura 1, para ensaio de cisalhamento direto, seguidas as recomendações da norma japonesa SF6 (JSCE, 1990).

Figura 1 – Dimensões do corpo de prova para ensaio de cisalhamento direto

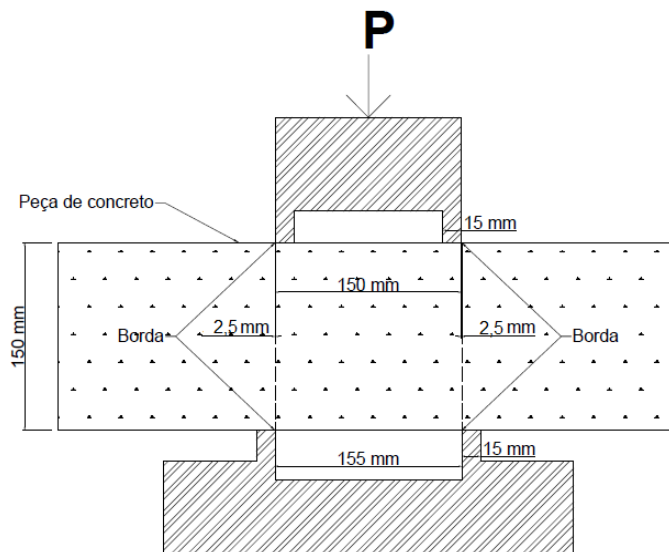


Fonte: Adaptado de JSCE, 1990.

Para induzir a ruptura no plano de cisalhamento, a seção transversal da peça foi reduzida utilizando barras chatas de aço com 2,5 mm de espessura e 15 mm de largura, sendo instalados nas quatro faces do corpo de prova a uma distância de 175 mm das extremidades, reduzindo o plano de cisalhamento para 120 mm x 120 mm.

Os ensaios de resistência ao cisalhamento direto foram realizados utilizando um molde de aço composto por um bloco superior com duas arestas cortantes distantes entre si 150 mm e um bloco inferior com um par de bordas cortantes com 155 mm de distância entre si, formando dois planos de cisalhamento, conforme apresentado na Figura 2.

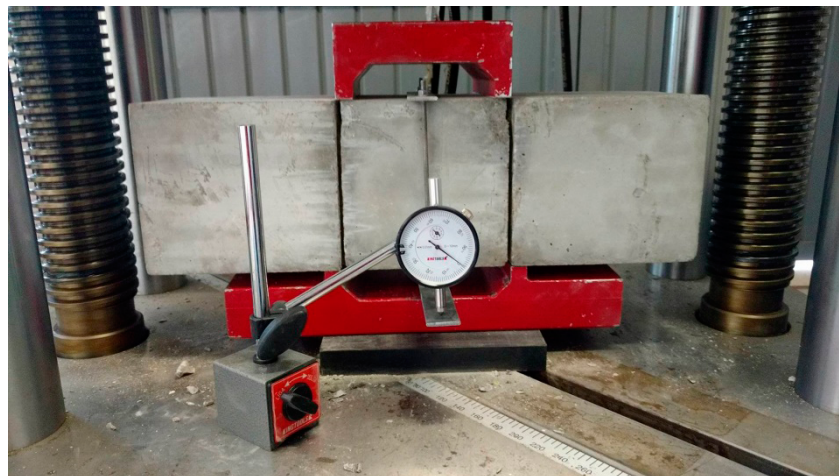
Figura 2 – Esquema do ensaio de cisalhamento direto



Fonte: Próprio autor.

O carregamento vertical foi aplicado de forma contínua, com deslocamento controlado igual a 1 mm/min, utilizando uma prensa hidráulica com capacidade de 300 kN, até a ruptura da peça. Para determinação da carga aplicada foi utilizada a célula de carga instalada na prensa e o deslocamento vertical do plano de cisalhamento foi mensurado utilizando um extensômetro instalado na peça central, referenciado em uma barra metálica fixada na face inferior do corpo de prova, como apresentado na Figura 3.

Figura 3 – Instrumentação do ensaio



Fonte: Próprio autor.

Após a ruptura as dimensões dos planos de cisalhamento foram medidas, utilizando de um paquímetro eletrônico, e utilizando os valores experimentais de força máxima de ruptura por cisalhamento foram calculadas as tensões últimas de cisalhamento, utilizando a Equação (1).

$$\tau_u = \frac{F_u}{2 A_{vm}} \quad (1)$$

Sendo:

τ_u : Tensão cisalhante última;

F_u : Força máxima de ruptura por cisalhamento direto;

A_{vm} : Média das áreas dos planos de cisalhamento.

3 Resultados e discussões

3.1 Trabalhabilidade e propriedades mecânicas dos concretos

O traço de concreto convencional apresentou abatimento no ensaio de tronco de cone igual a 9 cm, enquanto os concretos com fibras C40 e C80 apresentaram inicialmente abatimento inferior a 5 cm, necessitando a adição de superplastificante. Seguindo estudos realizados anteriormente (PUFAL, 2017), para produção do concreto

C40 foi utilizado inicialmente 1% de aditivo em relação à massa de cimento, resultando em um abatimento de 12,5 cm, porém, mantendo essa mesma quantidade de aditivo na produção do concreto C80 resultou em abatimento igual a 3,5 cm e optou-se por não aumentar a dosagem para se evitar a exsudação e a segregação do concreto.

A resistência à compressão axial dos concretos estudados foram medidas utilizando três corpos de prova para cada dosagem, sendo apresentadas na Tabela 3 as resistências à compressão axial (f_c), obtidas para cada corpo de prova, e os valores de resistência média (f_{cm}) e o desvio padrão (S) calculados para cada mistura.

Tabela 3 – Resistência à compressão axial dos concretos

Concreto	Exemplar	f_c (MPa)	f_{cm} (MPa)	S (MPa)
C0	A	43,67	41,47	1,96
	B	40,82		
	C	39,93		
C40	A	39,30	40,89	1,85
	B	42,92		
	C	40,44		
C80	A	30,97	34,66	8,23
	B	28,92		
	C	44,09		

Fonte: Próprio autor.

Observa-se uma redução da resistência à compressão média devido à adição de fibras, bem como com aumento no acréscimo de fibras de aço no compósito, semelhante aos resultados apresentados por Boulekbache et al. (2012), os quais afirmam que esta redução ocorre devido aos vazios existentes em volta das fibras presentes na matriz de concreto, havendo então maior porosidade nas peças de concreto com fibras de aço em relação ao concreto convencional, reduzindo a compacidade do material e consequentemente sua resistência à compressão. Entre os concretos C0 e C40 a redução da resistência à compressão axial média foi inferior a 5%, entretanto entre os concretos C0 e C80 verificou-se uma redução de 16,4%.

Na Tabela 4 são apresentados os valores de resistência à tração (f_t), obtida pelo ensaio de compressão diametral, bem como as resistências médias (f_{tm}) e o desvio padrão (S) dos exemplares calculadas para cada mistura de concreto.

Tabela 4 – Resistência à tração por compressão diametral dos concretos

Concreto	Exemplar	f_t (MPa)	f_{tm} (MPa)	S (MPa)
C0	A	5,23	4,90	0,49
	B	5,12		
	C	4,34		
C40	A	4,64	4,80	0,24
	B	4,68		
	C	5,08		
C80	A	8,20	6,82	1,48
	B	6,98		
	C	5,26		

Fonte: Próprio autor.

Com a adição de fibras de aço na mistura há uma tendência da resistência à tração do concreto aumentar, devido ao melhor desempenho do aço quanto a esta sollicitação mecânica. Neste trabalho, não foi observado um aumento na resistência à tração quando adicionado 0,5% de fibras ao concreto, entretanto para adição de 1,0% verificou-se um aumento de aproximadamente 40% na resistência à tração média, indicando que a adição de fibras influencia nesta propriedade mecânica a partir de uma certa dosagem no compósito.

3.2 Resistência ao cisalhamento direto

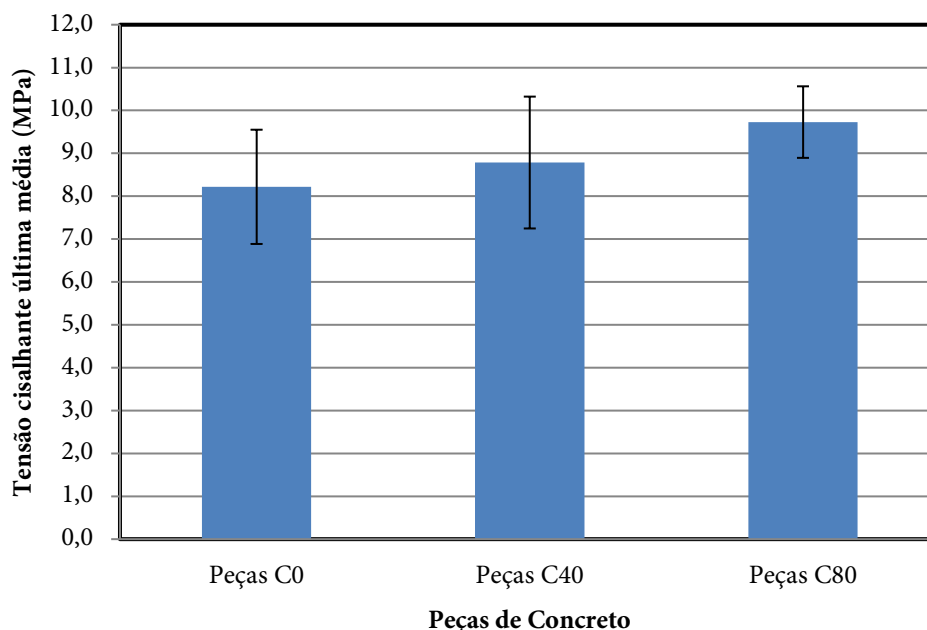
Na Tabela 5 são apresentados os resultados de força máxima de ruptura por cisalhamento direto (F_{uv}), a média das áreas dos planos de cisalhamento (A_{vm}) e tensão de cisalhamento última (τ_u) calculadas para cada corpo de prova ensaiado, bem como a tensão de cisalhamento média ($\tau_{u,m}$) e o desvio padrão médio (S) de cada mistura de concreto.

Tabela 5 – Resistência ao cisalhamento direto

Concreto	Corpos de prova	F_{uv} (KN)	A_{vm} (mm ²)	τ_u (MPa)	τ_{um} (MPa)	S (MPa)
C0	A	119,04	12.789,17	9,31	8,22	1,33
	B	114,31	12.434,45	9,19		
	C	82,26	12.093,40	6,80		
	D	123,45	13.248,77	9,32		
	E	103,32	12.383,20	8,34		
	F	80	12.609,04	6,34		
C40	A	121,25	12.531,67	9,68	8,79	1,54
	B	144,45	12.924,07	11,18		
	C	92,75	12.558,16	7,39		
	D	114,35	12.881,14	8,88		
	E	107,50	12.453,04	8,63		
	F	85,00	12.207,14	6,96		
C80	A	120,90	11.989,69	10,08	9,73	0,83
	B	122,10	12.297,11	9,93		
	C	125,30	12.071,19	10,38		
	D	127,85	12.091,76	10,57		
	E	103,70	12.182,24	8,51		
	F	108,35	12.183,72	8,89		

Fonte: Próprio autor.

Inicialmente foi realizada uma análise estatística para identificação de *outliers* dentro dos resultados de cada mistura de concreto, verificando que nenhum dos valores apresentou dispersão suficiente para ser descartado. Na Figura 4 são apresentadas as resistências médias com os respectivos desvios padrões dos exemplares de concreto C0, C40 e C80. Comparando as tensões cisalhantes últimas médias de cada mistura constata-se que a resistência ao cisalhamento aumenta com o acréscimo de fibras de aço no concreto, semelhante aos resultados apresentados por Mirsayah e Banthia (2002), Malatesta e Contreras (2009), Boulekbache et al. (2012) e Araújo et al. (2014), comprovando assim que esta adição traz benefícios ao concreto convencional.

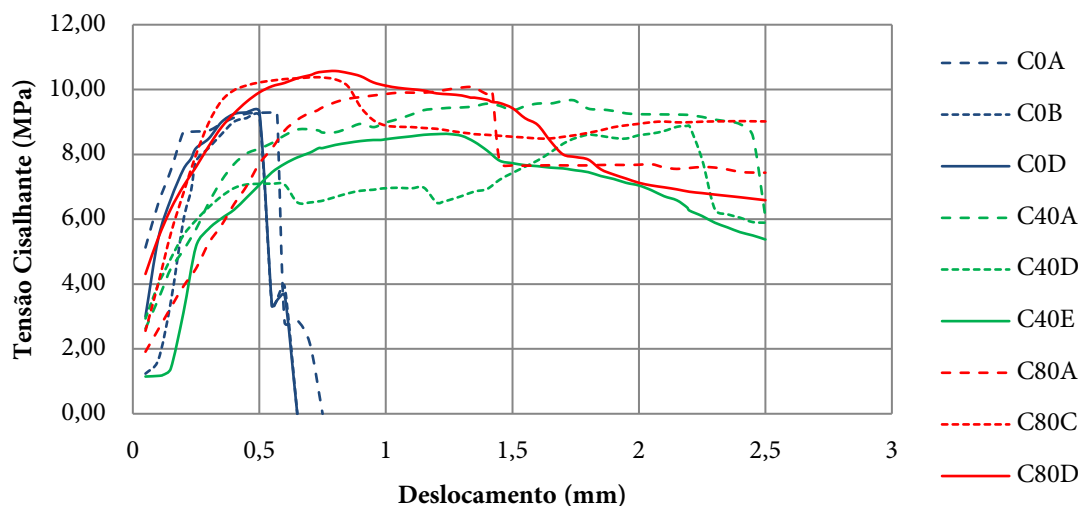
Figura 4 – Tensão cisalhante última dos concretos C0, C40 e C80

Fonte: Próprio autor.

Para avaliar a significância da variação das resistências ao cisalhamento das misturas foi efetuado o teste t para comparação das médias dos resultados obtidos. Como resultado nas comparações entre as peças C0 e C40 e, também, entre as peças C40 e C80, obteve-se p-valor superior a 0,05, indicando que não ocorreu uma variação estatística considerável entre os valores comparados. Porém, a comparação entre as peças C0 e C80 resultou em p-valor igual a 0,046, ocorrendo a condição de que os valores de resistência ao cisalhamento entre as peças C0 e C80 possuem, estatisticamente, variação considerável, ou seja, o acréscimo de 1% de fibras de aço na mistura contribuiu significativamente no aumento da resistência ao cisalhamento quando comparado ao concreto sem fibras de aço.

3.3 Comportamento pós-fissuração

A leitura do deslocamento da peça durante o ensaio de cisalhamento foi realizada somente em três exemplares de cada mistura de concreto, escolhidas de forma aleatória, constatando-se que a principal contribuição da adição de fibras ao concreto ocorre na alteração do comportamento frágil do material, como pode ser verificado na Figura 5.

Figura 5 – Tensão cisalhante vs. deslocamento vertical.

Fonte: Próprio autor.

Os exemplares de concreto C0 apresentaram ruptura com deslocamento do plano de cisalhamento próximo de 0,5 mm com ruptura frágil e redução completa da carga após atingir a tensão cisalhante última, enquanto nas peças de concreto reforçado com fibras de aço (C40 e C80) foram medidos deslocamento verticais até 2,5 mm, quando a instrumentação foi retirada para evitar danificar os equipamentos.

Nos corpos de prova de concreto C40 e C80 observou-se a formação da fissura no plano de cisalhamento entre 0,5 mm e 1,0 mm, que pode ser verificado na Figura 5 quando ocorre uma queda brusca de tensão. Entretanto, para o concreto C40 verificou-se após a formação das fissuras um incremento gradativo da carga resistida até atingir a tensão cisalhante última em deslocamentos próximos a 2 mm, enquanto para o concreto C80 ocorreu uma redução gradativa da carga resistida logo após atingir a tensão cisalhante última. Este comportamento indica a formação de pontes pelas fibras, interligando as faces das fissuras e gerando um engrenamento entre os agregados, influenciando na resistência ao cisalhamento, entretanto uma quantidade maior de exemplares deve ser ensaiada para confirmação desta hipótese.

4 Considerações finais

Empregando ensaios com concretos sem fibras de aço e com adições em teores de 0,5% e 1,0% e após as análises de resultados obtidos para resistências à compressão, à tração por compressão diametral e ao cisalhamento, pode-se concluir que:

A adição de 0,5% de fibras no concreto não apresentou redução significativa na resistência à compressão axial dos corpos de prova ensaiados em relação ao concreto sem fibras, entretanto para adição de 1,0% verificou-se a redução de 16,4%, atribuída à alteração na trabalhabilidade e compacidade do material.

Resultado semelhante foi observado para resistência à tração por compressão diametral que somente apresentou variação significativa para adição de 1,0% de fibras, com aumento de aproximadamente 40%.

A adição de fibras no concreto não somente aumentou a resistência ao cisalhamento como também evitou a ruptura abrupta da peça de concreto. Isto pode ser comprovado comparando os deslocamentos verticais medidos durante os ensaios. As peças C0 demonstraram rupturas quase imediatas após a primeira fissura, enquanto que as peças C40 e C80 apresentaram comportamento pós-ruptura.

Portanto, diante dos resultados encontrados, pode-se comprovar os efeitos benéficos da adição de fibras ao concreto em relação à resistência à tração e ao cisalhamento, bem como na prevenção de rupturas frágeis da estrutura.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao apoio dado pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná para o desenvolvimento desta pesquisa.

Referências

- ARAUJO, Daniel de L.; NUNES, Fernanda G. T.; TOLEDO FILHO, Romildo D.; ANDRADE, Moacir A. S. de. Resistência ao cisalhamento de vigas de concreto reforçado com fibras de aço. *Acta Scientiarum Technology*. Maringá, v. 36, n. 3, p. 389-397, julho-setembro 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR NM 67: Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone*. Rio de Janeiro, 1998.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 5739: Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos*. Rio de Janeiro, 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 7222: Concreto e argamassa – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos*. Rio de Janeiro, 2011.
- BOULEKBACHE, B.; HAMRAT, M.; CHEMROUK, M.; AMZIANE, S. Influência no comportamento da resistência ao cisalhamento e à compressão em concreto armado reforçado com fibras de aço. *Periódico da revista Construção e Materiais de Construção, Estados Unidos*, v. 27(1), p. 6-14, 2012.
- BRAZ, M. C. de A.; NASCIMENTO, F. B. C. Concreto reforçado com fibras de aço. *Ciências exatas e tecnológicas*, Maceió, v. 3, n. 1, p. 43-56, novembro 2015.
- FIGUEIREDO, A. D. *Concreto reforçado com fibras*. 2011. 248p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil II. São Paulo, 2011.
- GÓIS, F. A. P. *Avaliação experimental do comportamento de concreto fluido reforçado com fibras de aço: Influência do fator de forma e da fração volumétrica das fibras nas propriedades mecânicas do concreto*. 2010. 156p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Alagoas. Maceió, 2010.
- JAPANESE SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS (JSCE). *JSCE-SF6: Método de ensaio para resistência ao cisalhamento de concreto reforçado com fibras de aço (SFRC)*, Tóquio, 1990.
- JOHNSTON, C. D. *Cimento e concreto reforçado com fibras: avanços tecnológicos do concreto*. 2ª ed. Londres, p. 603-673, 1994.
- MALATESTA, S. C.; CONTRERAS, M. C. Comportamento ao corte de cisalhamento do concreto armado com fibras de aço. *Revista Ingeniería de Construcción*, v. 24, n. 1, abril 2009.
- MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. *Concreto: estrutura, propriedades e materiais*. São Paulo: IBRACON, 2014. 674p.
- MIRSAYAH, A. A.; BANTHIA, N. Resistência ao cisalhamento de concreto armado com fibras de aço. *ACI Materials Journal*, Farmington Hills, Michigan, v. 99(5), p. 473-479, 2002.
- ONUKEI, M. A. F.; GASPARETTO, P. A. *Comparativo das propriedades do concreto no estado fresco e endurecido com adição de fibras de aço e de polipropileno*. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba – PR, 2013.

PUFAL, Kellyn M. *Comparativo da Resistência ao Cisalhamento Direto entre Concretos Autoadensável e Convencional*. 2017. 67 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Toledo, 2017.

WATANABE, P. S. *Concretos especiais: propriedades, materiais e aplicações*. Relatório final de pesquisa (Bolsa de Iniciação Científica FAPESP) – Universidade Estadual Paulista (UNESP), Bauru, fevereiro 2008, 192p.