

ESTUDO DO EFEITO DAS FIBRAS DE VIDRO E POLIPROPILENO NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO CONCRETO

Jéssica Spricigo da Rocha Bonifácio (1), Daiane dos Santos da Silva Godinho (2)

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense
(1) jessicaspricigo@hotmail.com (2) dss@unescc.net

RESUMO

A utilização de fibras adicionadas ao concreto, tem sido amplamente estudada, com o propósito de buscar novas tecnologias, que visam melhorar as propriedades desse material. O presente trabalho objetiva estudar a adição de fibras artificiais, especificamente, de vidro e polipropileno, nos compósitos de concreto, abordando a preparação, moldagem e análise dos resultados técnicos destas fibras em referência a uma amostra padrão sem incorporação de fibras. Durante o processo de manuseio e incorporação das fibras ao concreto, as dificuldades de trabalhabilidade também são abordadas e sintetizadas neste estudo. Os resultados obtidos através de ensaios realizados em um laboratório parametrizado, sendo eles de resistência à compressão axial, módulo de elasticidade, flexão e resistência à tração por compressão diametral, foram significativos e apresentados em formas de gráficos, que compõe a essência deste trabalho, com os quais é possível concluir que a adição de fibras tendem a melhorar as propriedades de tração e flexão do concreto, porém, reduziu a resistência à compressão do mesmo. O estudo da adição de fibras ao concreto possui potencial de aprofundamento em outras vertentes relacionadas ao tema.

PALAVRAS CHAVE: *Concreto. Fibras. Vidro. Polipropileno. Propriedades mecânicas.*

1. INTRODUÇÃO

O concreto é uma mistura heterogênea, composta basicamente de aglomerante (cimento Portland), agregados graúdos e miúdos (brita e areia) e água, podendo ainda conter aditivos e/ou adições.

Uma das grandes vantagens do concreto é sua capacidade de absorver aos esforços de compressão, sendo que aos 28 dias após a concretagem, o concreto já adquire a resistência de projeto, porém, a baixa resistência a tração é considerada uma desvantagem desse material. Segundo Figueiredo (2011), o concreto possui

um comportamento frágil e uma baixa capacidade de deformação, antes de o material entrar em ruptura quando esse for submetido a esforços de tração.

Quando são acrescentadas fibras ao concreto convencional, esse passa a ser denominado de concreto reforçado com fibras (CRF). Segundo a classificação da *Bureau International pour la Standardisation des Fibres Artificielles* (BISFA), associação internacional de produtores de fibras sintéticas, as fibras podem ser de origens naturais ou artificiais. Conforme Figueiredo (2011), referente as propriedades das fibras, as que possuem módulo de elasticidade menor que a do concreto endurecido, são chamadas de fibras de baixo módulo, e alto módulo quando for maior que a do concreto.

De acordo com Mehta e Monteiro (2008), o concreto convencional se rompe de forma repentina, quando a deflexão supera a resistência à flexão última. Já o concreto reforçado com fibras continua suportando cargas admissíveis, mesmo que as deformações sejam superiores a deflexão de ruptura do concreto convencional. Citado em Mehta e Monteiro (2008, p. 520), Shah explica o mecanismo de tenacidade em concreto reforçado com fibras:

O compósito suportará cargas cada vez maiores após a primeira fissura da matriz, caso a resistência das fibras ao arrancamento na primeira fissura for maior do que a carga na primeira fissuração; [...] em uma seção fissurada, a matriz não resiste a nenhuma tensão e as fibras suportam toda a carga do compósito. Com uma carga cada vez maior sobre o compósito, as fibras tendem a transferir a tensão adicional para a matriz através de tensões de aderência. Se as tensões de aderência não excederem a resistência de aderência, então pode haver fissuração adicional na matriz. Esse processo de fissuração múltipla continuará até que haja rompimento das fibras ou até que o escorregamento local acumulado leve ao arrancamento da fibra.

Para Figueiredo (2011), a eficácia da fibra está relacionada ao seu desempenho como ponte de transferência de tensão na fissura do concreto. O teor de fibras adicionadas a mistura, exerce forte influência sobre a capacidade de reforço da mesma. Portanto, quanto maior for o teor adotado, maior será o número de fibras desempenhando a função de ponte de transferência de tensão, aumentando assim, o reforço pós fissuração do concreto. Além do teor, outras propriedades como geometria e resistência das fibras, influenciam no seu desempenho pós fissuração. Esta pesquisa faz um estudo sobre o efeito da adição de fibras de vidro e polipropileno nas propriedades mecânicas do concreto, usando uma fração volumétrica de 0,5% de teor de fibra em relação ao volume total de concreto para

cada traço estudado. Sendo que esse teor de fibra adotado correspondente a 50% do valor máximo de baixa fração volumétrica, estabelecida em um volume inferior de 1%, conforme Mehta e Monteiro (2008).

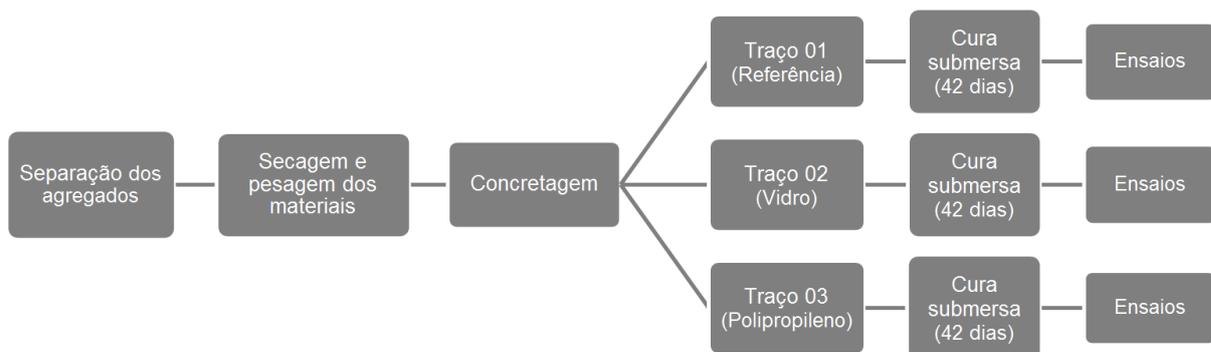
2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. MATERIAIS

O objetivo principal da presente pesquisa é estudar o comportamento das propriedades mecânicas do concreto com adições de diferentes fibras, sendo elas as fibras de vidro e fibras de polipropileno.

A partir da determinação do programa experimental (Figura 1), foi feita a separação dos materiais que foram utilizados na confecção das amostras. O concreto foi produzido com agregados disponíveis no sul do estado de Santa Catarina, fornecidos pelo Laboratório Experimental de Estruturas (LEE) da Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC.

Figura 1 – Fluxograma do programa experimental



Fonte: Autor, 2014.

O agregado gráudo possui densidade de $2,83 \text{ g/cm}^3$ e diâmetro máximo característico de 19 mm e é do tipo diábasio. Os agregados miúdos tem densidade de $2,54 \text{ g/cm}^3$ e diâmetro máximo de 6,3 mm. O cimento usado para as misturas foi o cimento Portland CP IV-32, com densidade de $2,82 \text{ g/cm}^3$. As fibras (Figura 2) também foram disponibilizadas pelo Laboratório Experimental de Estruturas, sendo

que as de vidro possuem densidade de $2,68 \text{ g/cm}^3$, já as de polipropileno $0,90 \text{ g/cm}^3$.

Figura 2 – Fibras utilizadas no estudo



a) Fibras de Vidro
Fonte: Autor, 2014.

b) Fibras de Polipropileno

O f_{ck} de projeto adotado para o concreto em estudo é de 30 MPa, que representa o indicado para classe de agressividade ambiental III, conforme recomenda a NBR 6118:2014. Para atingir o f_{ck} especificado, o traço de concreto utilizado para referência foi 1:2,85:3,15 com relação água/cimento de 0,55.

As fibras foram adicionadas ao concreto com teor de 0,5% do volume total do mesmo, exceto para a amostra de referência, a qual não possui adição de fibra. A Tabela 1 ilustra as características dos materiais utilizados para cada traço.

Tabela 1 – Características das misturas de concreto

Material	Traço 01 (Kg) Referência	Traço 02 (Kg) Vidro	Traço 03 (Kg) Polipropileno
Cimento	17,78	17,78	17,78
Areia	50,67	50,67	50,67
Brita	56,00	56,00	56,00
Água	9,78	9,78	9,78
Aditivo Plastificante	0,1244	0,3488	0,3488
Fibra	-	0,7187	0,2414
Volume	53,634 litros	53,634 litros	53,634 litros
Quantidade de CPs cilíndricos	09	09	09
Quantidade de CPs prismáticos	03	03	03

Fonte: Autor, 2014.

Figura 3 – Materiais utilizados para concretagem



Fonte: Autor, 2014.

2.2. MÉTODOS

Para início do processo de concretagem foi necessário retirar a umidade dos agregados, realizando a secagem do material através de uma estufa com temperatura constante na faixa de 105°C à 110°C, como determina a ABNT NBR 9939:2011, por um período de 48 horas. Após a retirada dos materiais da estufa, os agregados foram pesados com o auxílio de uma balança e armazenados em sacos plásticos, com a quantidade de areia e brita necessária para cada traço de concreto. A concretagem foi realizada no Laboratório Experimental de Estruturas, em uma betoneira de 400 litros. O procedimento de concretagem e moldagem dos corpos de prova foram realizados da seguinte forma: primeiro foi concretado o traço 01 correspondente ao de referência e posteriormente o traço 02 e 03, com adição de fibras de vidro e polipropileno, respectivamente.

Todas as três misturas foram submetidas ao *Slump Test*, para verificação da consistência do concreto em seu estado fresco, do qual se obteve o abatimento de tronco de cone de 6 cm para o traço 01, enquanto os traços 02 e 03 não houve abatimento.

Para realização desse estudo, foram concretados 36 corpos de prova, sendo 27 cilíndricos com dimensões de 10x20 cm e 9 prismáticos de 15x15x50 cm (Figura 4), conforme os procedimentos de moldagem previsto na ABNT NBR 5738:2003. A

quantidade de corpos de prova por traço de concreto foi de 9 cilíndricos e 3 prismáticos.

Figura 4 – Corpos de prova concretados



Fonte: Autor, 2014.

Três dias após a concretagem os corpos de prova foram desmoldados e permaneceram em cura submersa durante 42 dias (Figura 5), sendo que a idade estabelecida para submeter os mesmos aos ensaios mecânicos foi de 45 dias.

Figura 5 – Corpos de prova em processo de cura



Fonte: Autor, 2014.

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Materiais de Construção Civil (LMCC) da UNESC. Para analisar o efeito da adição de fibras de vidro e polipropileno nas propriedades mecânicas do concreto, foram necessários os

ensaios de resistência à compressão axial, módulo de elasticidade, flexão em corpos de prova prismáticos e resistência à tração por compressão diametral.

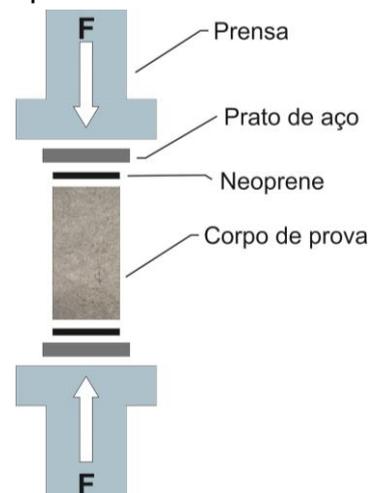
2.2.1. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL

Para aquisição da resistência à compressão axial, foram seguidas as orientações da ABNT NBR 5739:2007. Os equipamentos utilizados foram a prensa hidráulica da marca EMIC modelo PC200I, com capacidade máxima de 200 toneladas (Figura 6.a), que juntamente a um computador com software TESC - Test Script, fornece recursos para leitura e obtenção de resultados dos ensaios.

Figura 6 – Ensaio de compressão axial



a) Prensa hidráulica
Fonte: Autor, 2014.



b) Ilustração do ensaio

Os corpos de prova cilíndricos de concreto foram submetidos ao ensaio após serem retirados do processo de cura. Para isso suas superfícies, inferior e superior, foram revestidas com neoprene e um par de pratos de aço, no qual o neoprene é encaixado, garantindo a ambas faces do corpo de prova a uniformização, com bases lisas e paralelas para não influenciar os resultados do ensaio. Após o processo de capeamento, o corpo de prova foi posicionado no centro da prensa para dar início à aplicação da carga (Figura 6.b). A carga é aplicada de forma contínua até que haja uma queda na força de carregamento indicada no equipamento, a qual mostra a ruptura do corpo de prova.

Para cálculo da resistência à compressão, é utilizada a seguinte equação:

$$f_c = \frac{F}{A} \quad \text{Equação (1)}$$

Sendo:

f_c = resistência à compressão (MPa); F = carga máxima obtida no ensaio (N); A = área do corpo de prova (mm)

Foram ensaiados três corpos de prova para cada traço, com dimensões de 10x20cm e idade de 45 dias.

2.2.2. MÓDULO DE ELASTICIDADE

O ensaio de módulo de elasticidade tem o objetivo de determinar a deformação do concreto em seu estado endurecido em razão de uma carga aplicada. O método de ensaio é determinado pela ABNT NBR 8522:2003. Os equipamentos utilizados para a realização do mesmo foi a prensa servo-hidráulica da marca EMIC modelo PC200CS, com capacidade máxima de 200 toneladas acoplada a um computador com software TESC - Test Script.

Para determinar o módulo de elasticidade e medir as pequenas deformações nos corpos de prova cilíndricos, é incorporado à prensa um extensômetro eletrônico conforme mostra a Figura 7.

Figura 7 – Extensômetro de medição de pequenas deformações



Fonte: Autor, 2014.

Foram três ensaios para cada traço de concreto, sendo executados após a retirada do processo de cura com idade de 45 dias. É feita uma marcação no corpo de prova que funciona como linha de auxílio para posicionar o extensômetro, que posteriormente é fixado na amostra por meio de uma fita elástica.

Para dar início a determinação do módulo de elasticidade, é calculada a média da resistência à compressão do concreto, obtida a partir dos resultados do ensaio de compressão axial realizado anteriormente.

Após a centralização do corpo de prova em relação à prensa, é iniciada a aplicação da carga (Figura 8). O carregamento se dá por meio de ciclos, que consistem em aplicar a carga de maneira crescente até atingir a carga correspondente a 30% da resistência de ruptura do mesmo, que é mantida por 60 segundos, até que a carga seja reduzida com a mesma velocidade com que foi aplicada, e atinja a tensão básica estabelecida em 0,5 MPa, permanecendo nessa condição também por um período de 60 segundos. Esse ciclo de pré-carga é realizado três vezes antes da aplicação final, sendo que no último ciclo é realizada a leitura das deformações sofridas pelo concreto, lidas em um tempo máximo de 30 segundos. A partir desse processo de carregamento de cargas em ciclos, é gerado o relatório de resultados do ensaio dos módulos de elasticidade dos três traços de concreto estudado.

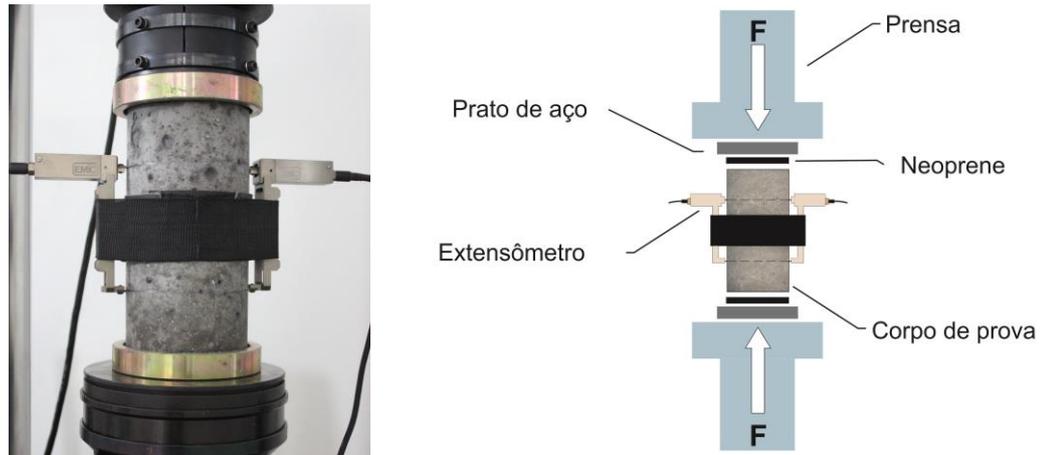
A ABNT NBR 8522:2003, estabelece que o módulo de elasticidade é calculado pela fórmula a seguir:

$$E_{ci} = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon} 10^{-3} = \frac{\sigma_b - \sigma_a}{\varepsilon_b - \varepsilon_a} 10^{-3} \quad \text{Equação (2)}$$

Onde:

E_{ci} = módulo de elasticidade (GPa); σ_b = tensão maior (MPa) ($\sigma_b = 0,3f_c$); σ_a = tensão básica (MPa) ($\sigma_a = 0,5$ MPa); ε_b = deformação específica média dos corpos de prova ensaiados sob a tensão maior; ε_a = deformação específica média dos corpos de prova ensaiados sob a tensão básica;

Figura 8 – Ensaio de módulo de elasticidade



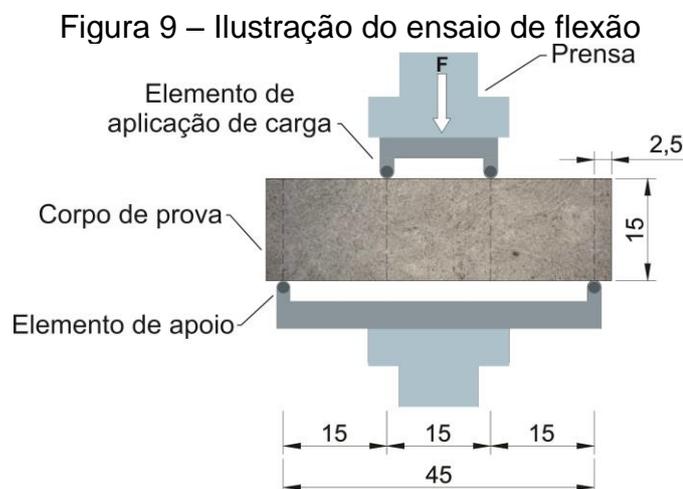
a) Corpo de prova sendo ensaiado
Fonte: Autor, 2014.

b) Ilustração do ensaio

2.2.3. FLEXÃO EM CORPO DE PROVA PRISMÁTICO

O ensaio de flexão em corpos de prova prismáticos foi realizado seguindo a ABNT NBR 12142:2010 e utilizando a prensa hidráulica EMIC modelo PC200I, junto ao computador com software TESC - Test Script, e um dispositivo para ensaios de flexão a quatro pontos embutido na rótula da prensa.

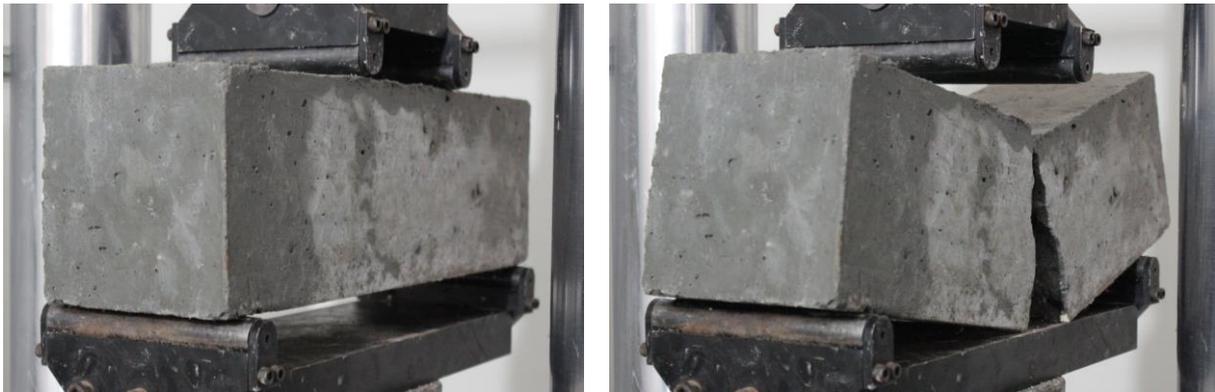
Os corpos de prova foram submetidos ao ensaio após serem retirados do processo de cura. Os mesmos foram apoiados por suas faces laterais, que ficaram em contato com o dispositivo de carregamento de carga. Essas faces são mais uniformes do que a de fundo e arrasamento, em relação a posição em que foram moldados, dessa forma a irregularidade da superfície não influencia nos resultados do ensaio. A Figura 9 ilustra como deve ser o posicionamento do corpo de prova na prensa.



Fonte: Autor, 2014.

Com o corpo de prova devidamente posicionado sobre os apoios, é dado início ao carregamento (Figura 10.a) onde a carga é aplicada de forma continua até que a amostra entre em ruptura (Figura 10.b).

Figura 10 – Ensaio de tração na flexão em corpo de prova prismático referência



a) Início da aplicação de carga

b) Momento da ruptura do corpo de prova

Fonte: Autor, 2014.

Para esse trabalho foram concretados três corpos de prova para cada traço a ser estudado, com dimensões de 15x15x50 cm, que permaneceram em processo de cura por 42 dias e ensaiados com idade de 45 dias.

O cálculo para resistência à tração na flexão, estabelecido pela ABNT NBR 12142:2010, depende do local onde ocorre a ruptura do corpo de prova. Como neste trabalho as rupturas dos corpos de prova ocorreram nos terços médios da distância entre os apoios, a equação utilizada foi:

$$f_{ctM} = \frac{p \cdot \ell}{b \cdot d^2} \quad \text{Equação (3)}$$

Onde:

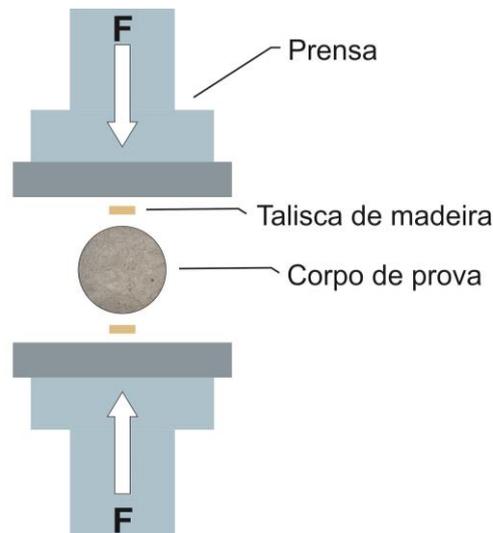
f_{ctM} = resistência à tração na flexão (MPa); p = carga máxima aplicada (N); ℓ = distância entre cutelos de suporte (mm); b = largura média do corpo de prova na seção de ruptura (mm); d = altura média do corpo de prova na seção de ruptura (mm)

2.2.4. RESISTÊNCIA À TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL

Assim como no ensaio de resistência à compressão axial e de flexão em corpo de prova prismático, foram utilizados os mesmos equipamentos, porém foi acoplado à prensa um par de placas metálicas retangulares.

Segundo a ABNT NBR 7222:2011, o corpo de prova e o par de placas do ensaio devem ligar-se na extensão das duas geratrizes opostas diametralmente do corpo de prova, portanto foram colocadas duas taliscas de madeira para fazer essa ligação, de acordo com a Figura 11.

Figura 11 – Ilustração do ensaio compressão diametral



Fonte: Autor, 2014.

Antes de iniciar o ensaio, é aplicada uma força de compressão com o objetivo apenas de ajustar as placas metálicas, até que seja possível manter estável a posição do corpo de prova. A partir de então, a carga de compressão diametral é aplicada de forma contínua, até haver a ruptura da amostra (Figura 12). Também foram ensaiados três corpos de prova para cada traço, com dimensões de 10x20 cm e idade de 45 dias.

Figura 12 – Ruptura à tração por compressão diametral do corpo de prova



Fonte: Autor, 2014.

Para determinar da resistência à tração por compressão diametral, são utilizados os resultados das cargas máximas aplicadas, obtidas pela prensa hidráulica, na seguinte equação dada pela ABNT NBR 7222:2011:

$$f_{t,D} = \frac{2 \cdot F}{\pi \cdot d \cdot L} \quad \text{Equação (4)}$$

Sendo:

$f_{t,D}$ = resistência à tração por compressão diametral (MPa); F = carga máxima obtida no ensaio (kN) ; d = diâmetro do corpo de prova (mm) ; L = largura do corpo de prova (mm)

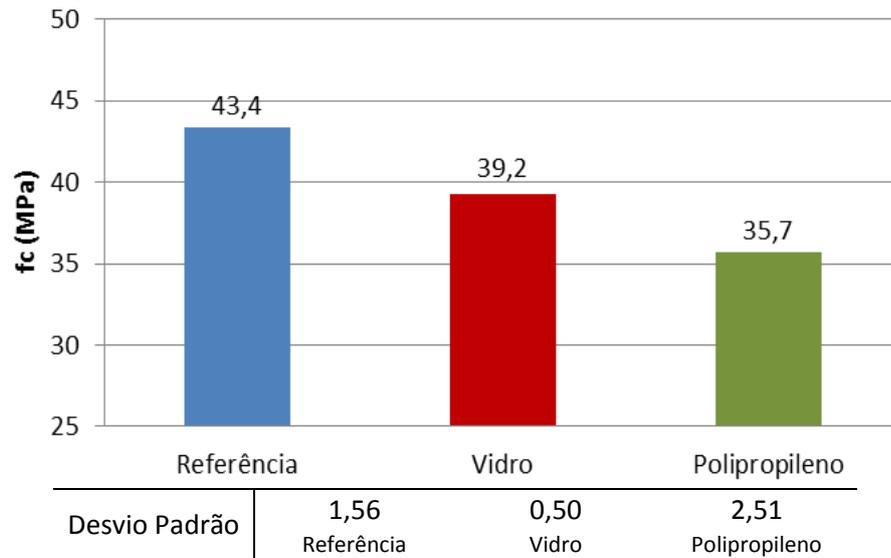
Com isso foi possível obter os resultados da resistência à tração por compressão diametral para posterior confecção dos gráficos e análise dos dados para o estudo.

3. RESULTADOS

3.1. ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL

Com os resultados obtidos no ensaio, verificou-se que os concretos com adição de fibras tiveram uma queda na resistência à compressão axial em relação ao traço de referência. Sendo que o concreto com fibra de vidro teve um redução de 9,7% e o com fibra de polipropileno 17,8%, conforme Figura 13.

Figura 13 – Resultados de resistência à compressão axial

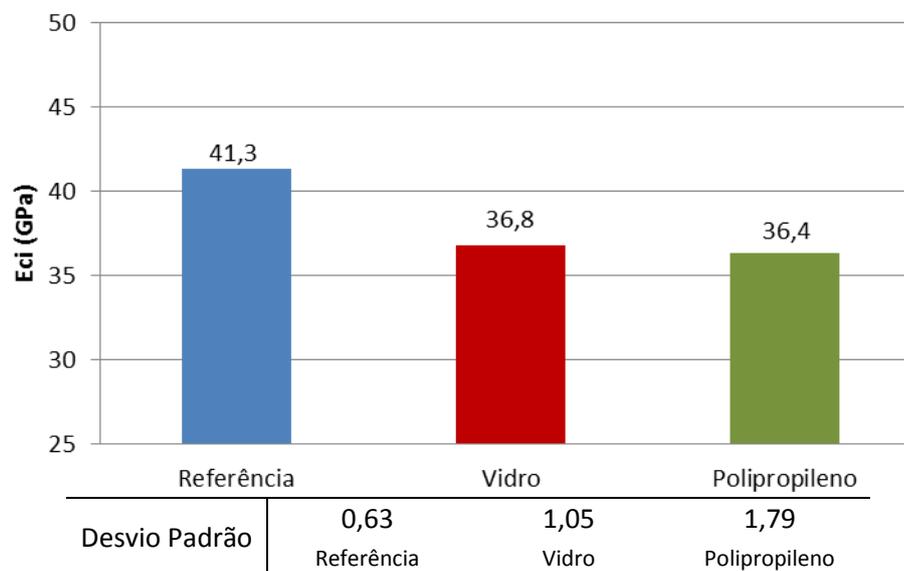


Fonte: Autor, 2014.

3.2. ENSAIO DE MÓDULO DE ELASTICIDADE

Assim como os resultados do ensaio de compressão axial, os traços de concreto com adição de fibras também tiveram uma queda nos resultados comparados ao traço de referência, como mostra a Figura 14. Sendo 10,9% para fibra de vidro e 11,9% para polipropileno. Este efeito já era esperado, uma vez que o módulo de elasticidade está diretamente ligado a resistência à compressão axial do concreto.

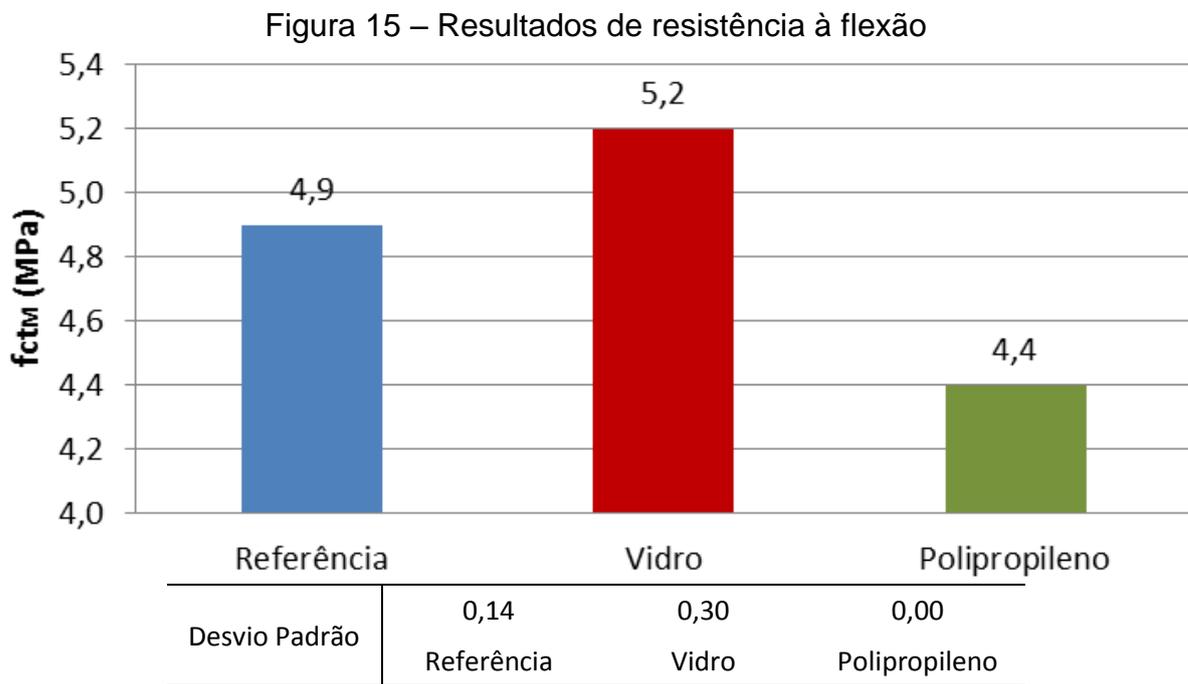
Figura 14 – Resultados do módulo de elasticidade



Fonte: Autor, 2014.

3.3. ENSAIO DE FLEXÃO EM CORPO DE PROVA PRISMÁTICO

No ensaio de flexão, a resistência do concreto com adição de fibra de vidro mostrou uma melhoria de 6,1% em relação ao traço de referência, porém o mesmo não se repetiu para a fibra de polipropileno, que teve uma redução de 10,3%, de acordo com a Figura 15.

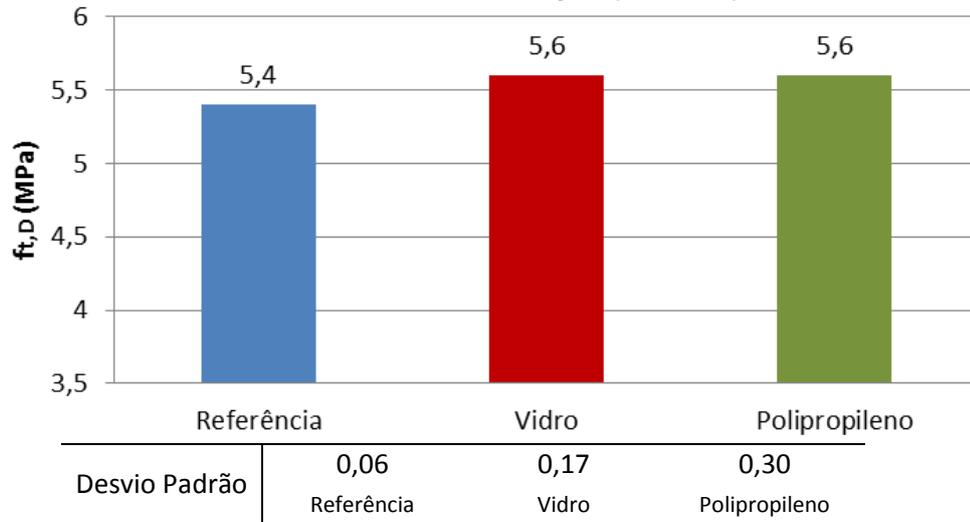


Fonte: Autor, 2014.

3.4. ENSAIO DE RESISTÊNCIA À TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL

Ambas misturas com presença de fibras em suas composições obtiveram um aumento de 3,7% na resistência à tração por compressão diametral, como pode ser analisado na Figura 16.

Figura 16 – Resultados de resistência à tração por compressão diametral



Fonte: Autor, 2014.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

No presente trabalho, verificou-se que os concretos reforçados com fibras, tanto para o traço com fibras de vidro quanto para o traço com fibras de polipropileno, apresentaram uma redução na sua resistência à compressão axial. PEREIRA (2005), em sua tese de doutorado sobre a avaliação da influência da adição de fibras sintéticas ao concreto, também encontrou resultados, na qual o concreto com adição de fibras de polipropileno, com teor de 0,6% em 7 e 28 dias, apresentou uma queda de resistência à compressão axial, se comparado a amostra de referência. Esta queda de resultados nos traços com fibras incorporadas ao concreto, também ocorreu nos ensaios de módulo de elasticidade, pois ambas propriedades mecânicas estão diretamente relacionadas.

De acordo com Mehta e Monteiro (2008), baseado em um estudo experimental feito por Shah e Ragan, a contribuição da adição de fibras ao concreto, para fração volumétrica baixa ou moderada, não é para a resistência do material, mas para a tenacidade à flexão do mesmo. Como no presente trabalho foi adotado uma fração volumétrica baixa, que consiste em um teor abaixo de 1% do volume de concreto, foi possível observar a partir dos resultados do ensaio de flexão, que o concreto reforçado com fibras de vidro mostrou uma melhoria de 6,1% em relação ao traço de referência. Porém a afirmação de Mehta e Monteiro (2008), não se repetiu para a

fibra de polipropileno, que teve uma redução de 10,3% em sua resistência. Tal resultado pode ser oriundo do processo de moldagem dos corpos de prova, já que a mistura com fibras de polipropileno, teve sua trabalhabilidade bastante comprometida.

Para os ensaios de tração por compressão diametral foi possível observar que as fibras contribuíram para o aumento da resistência em 3,7% para os dois traços com adição de fibras. Este resultado está de acordo com o pesquisado na literatura, conforme citado por Silva et al. (2008) *apud* Silva et al. (2012), as principais razões de se adicionar fibras ao concreto, é aumentar sua resistência a tração e flexão do material, aumentando também a capacidade do mesmo em absorver energia pós-pico antes de entrar em ruptura.

5. CONCLUSÕES

No presente trabalho foi realizado um estudo do efeito da adição de fibras nas propriedades mecânicas do concreto. A partir da análise dos resultados, pode-se observar que:

- As fibras diminuíram a resistência à compressão axial do concreto, pelo fato de reduzirem a trabalhabilidade do material. Sendo que o traço de concreto com fibras de polipropileno, teve o menor desempenho, tanto no seu resultado como em sua trabalhabilidade no momento de moldagem dos corpos de prova. Em consequência deste processo pode ter ocasionado a incorporação de ar na mistura ou ainda nichos de concretagens, funcionando como pontos de fragilidade na estrutura, resultando na diminuição da resistência.
- O módulo de elasticidade, assim como a resistência à compressão axial foi reduzido com a adição de fibras, pois o módulo de elasticidade está diretamente ligado a resistência à compressão axial do concreto. Ambas propriedades foram comprometidas devido a trabalhabilidade do material.
- A resistência a flexão do concreto, teve um aumento de 6,1% com adição de fibras de vidro à mistura e uma redução equivalente a 10,3% com adição de fibras de polipropileno.

- A resistência à tração por compressão diametral, apresentou resultados positivos para os traços com adições de fibras em relação ao traço de referência, já que ocorreu um aumento em de 3,7% na resistência dos concretos reforçados com fibras.

6. SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Fica como sugestões para futuros trabalhos:

- Ajustar a trabalhabilidade do concreto com aditivos, afim de melhorar e nivelar o mesmo abatimento para todos os traços de concreto;
- Alterar o percentual de adição de fibras no concreto;
- Estudar o efeito das fibras na retração do concreto;
- Estudar o efeito das fibras para concreto em situação de incêndio;
- Estudar o efeito das fibras naturais nas propriedades mecânicas do concreto;

7. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739: Concreto: Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 2007.

_____. **NBR 6118: Projeto de Estrutura de Concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.

_____. **NBR 7222: Concreto e argamassa: Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 2011.

_____. **NBR 12142: Concreto: Determinação da resistência à tração na flexão em corpos de prova prismáticos - Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **NBR 5738: Concreto: Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova**. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 8522: Concreto: Determinação dos módulos estáticos de elasticidade e de deformações e da curva tensão-deformação**. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 9939: Agregado graúdo: Determinação do teor de umidade total – Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 2011.

Bureau International pour la Standardisation des Fibres Artificielles. **Terminology of man-made fibres**. 2009.

FIGUEIREDO, A. D. **Concreto reforçado com fibras**. Tese (Livre-Docência). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. 248p. São Paulo, 2011.

MEHTA, P. Kumar; MONTEIRO, Paulo J. M. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: PINI, 2008.

PEREIRA, C. H. A. F. **Avaliação da influência da adição de fibras sintéticas ao concreto quanto ao ingresso de íons cloreto**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Estrutura e Construção Civil, UnB, Brasília, DF, 2005.

SILVA, E.; MARQUES, M.; FORNARI JÚNIOR, C. **Aplicação de fibra de coco em matrizes cimentícias**. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, v. 8, nº 8, p. 1555 - 1561. 2012.