

Evaluation of the addition of steel fibers in lightweight structural concrete

Franciclei Lopes da Silva¹, Jorge Luiz Melo de Freitas², Wanderson Araújo Luz³, Daniel Damião Almeida de Almeida⁴, André Soares Mendes⁵

¹ Acadêmico de Engenharia Civil – Centro Universitário do Norte – UNINORTE – Manaus-AM.

^{2,3} Engenheiro Civil – Centro Universitário do Norte – UNINORTE – Manaus-AM.

⁴ Pós-graduando em Gerenciamento & Qualidade da Construção – Instituto de Especialização do Amazonas – ESP – Manaus-AM.

⁵ Professor Mestrando – Instituto Tocantinense de Pós-Graduação – ITOP – Palmas-TO.

Email: franciclei.lopes@hotmail.com, jorgefreitas879@gmail.com, wandersonluz81@gmail.com, engdanieldamiao@gmail.com, andre.ifo@gmail.com

ABSTRACT

Received: October 11th, 2018

Accepted: November 13th, 2018

Published: December 31th, 2018

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM).

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International

License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



The growth of structural requirements, as well as the large use of concrete in construction works, has led to the development of new materials such as structural lightweight concrete (SLC). The advantages in the use of this material are to reduce the own weight of the structure, as well as less expense with the foundations, transport and lifting in case of preformed parts. To obtain CLE it is necessary to use some light aggregate such as EPS pearls, expanded clay and vermiculite, with the aim of providing the reduction of the own weight of the concrete and obtain satisfactory mechanical resistances. In view of this problem, the present work had as objective to analyze the influence of the addition of steel fibers in the SLC to improve its mechanical performance, through an experimental analysis that included the study of compressive strength, diametral compression traction, and specific mass in the hardened state. Therefore, three specimens were molded for each age of 7 and 28 days.

Keywords: Lightweight concrete, Fibers, CPR.

Avaliação da adição de fibras de aço em concreto leve estrutural

RESUMO

O crescimento das exigências estruturais, bem como a grande utilização do concreto em obras de construção, tem levado ao desenvolvimento de novos materiais como o concreto leve estrutural (CLE). As vantagens na utilização deste material englobam a redução do peso próprio da estrutura, bem como menor custo com as fundações, o transporte e o içamento, no caso de peças pré-moldadas. Para a obtenção de CLE, é necessária a utilização de algum agregado leve, como pérolas de EPS, argila expandida e vermiculita, de forma a diminuir o peso próprio do concreto e também obter satisfatórias resistências mecânicas, seja à compressão ou à tração. Diante desta problemática, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência da adição de fibras de Aço no CLE para melhorar o seu desempenho mecânico, através de uma análise experimental que compreendeu um estudo da resistência à compressão, à tração por compressão diametral e em relação à massa específica no estado endurecido. Assim, foram moldados 3 corpos de prova para cada idade de 7 e 28 dias.

Palavras-Chave: Concreto leve, Fibras, CPR.

I INTRODUÇÃO

O concreto é um dos materiais mais utilizados no mundo em função, principalmente, de suas vantagens no ponto de vista econômico e a capacidade das peças se adequarem a diversas formas. Entretanto, entre os pontos negativos, destacam-se o seu

peso próprio, comportamento frágil e a sua baixa resistência à tração.

Atualmente, soluções para minimizar as desvantagens do concreto foram desenvolvidas, como o uso de agregados leves, onde se enquadram a argila expandida, a vermiculita e o EPS, de modo a diminuir o peso próprio da estrutura.

Com relação à baixa resistência à tração, uma das alternativas é a adoção de barras de aço junto ao concreto, sendo esta união conhecida como concreto armado. Porém, ao longo das últimas décadas, outra possibilidade surge para trabalhar como reforço estrutural do concreto. Trata-se da aplicação dos mais diversos tipos de fibras.

O concreto com substituição parcial ou total por agregados leves era definido como concreto leve [1]. Entretanto, após estudos ainda mais específicos com concretos com as mesmas características, verificou-se que a massa específica passou a ser o parâmetro determinante quanto à classificação do concreto como leve, normal ou pesado.

Desta forma, pode-se classificar como concreto pesado aquele cuja massa específica suplanta 3200 kg/m^3 , enquanto o concreto normal e o leve, apresentam, respectivamente, massa específica em torno de 2400 kg/m^3 e abaixo de 1800 kg/m^3 [2].

Entre outras classificações que divergem em relação à massa específica do concreto leve no estado fresco, pode-se citar a ASTM C567, que limita a massa específica do concreto leve a 1842 kg/m^3 e a ABNT NBR 8953, que estabelece o valor de 2000 kg/m^3 [3] [4].

Atualmente, no mercado brasileiro da construção civil, a aplicação das fibras é concentrada principalmente para pisos industriais, concreto projetado e pré-moldados [5].

Dentre os tipos de fibras mais utilizados, ressalta-se a de aço, que possui como uma das maiores vantagens o fato de possuir norma com especificações que asseguram as capacidades desse material para atuar como reforço. Além disso, as fibras de aço possuem alta resistência e alto módulo de elasticidade e atuam como reforço do concreto endurecido, podendo até substituir a armadura convencional em determinadas aplicações [5].

No Brasil, a norma para especificação de fibras de aço é a ABNT NBR 15530. Nesta ocasião, as classificações estão dispostas como tipo A (com ancoragem nas extremidades), tipo C (corrugada) e a tipo R (reta) [6].

No que se diz à diversidade de materiais que podem substituir o agregado graúdo com finalidade de se obter, por exemplo, massas específicas inferiores, o Poliestireno Expandido (EPS) se sobressai em relação aos demais por possuir características consideravelmente vantajosas como baixa densidade, baixo custo, fácil manuseio e também pelo fato de ser um material com características termicamente isolantes. Ademais, também se aplica à possibilidade de serem obtidos por meio de processos de reuso e reciclagem [5].

A vermiculita, outro agregado leve cuja utilização é muito difundida, é um silicato hidratado de magnésio, alumínio e ferro que, quando distribuído em sua forma expandida, apresenta propriedades atrativas, como baixos valores de massa específica aparente e de condutividade térmica. Tais propriedades juntamente com a sua granulometria, justificam o seu uso frequente como agregado leve [7].

Por fim, apresentada também em forma expandida e utilizada como agregado leve, a argila (expandida) é obtida através de processos de cozedura da argila em sua forma natural, o que propicia a sua expansão. Tem como principais vantagens a durabilidade e satisfatório isolamento termoacústico, além de ser um material incombustível e inerte [8].

II MATERIAIS E MÉTODOS

II.1 MATERIAIS

II.1.1 AGLOMERANTE

O aglomerante adotado foi o Cimento *Portland* de alta resistência inicial, conhecido como CP V - ARI, em decorrência de ser um material que passa por um processo de moagem com o objetivo de se tornar mais fino, o que influencia diretamente na sua capacidade de reação com a água, e adquirindo assim, resistência superior com velocidade elevada.

II.1.2 AGREGADO MIÚDO

No que se refere ao agregado miúdo, utilizou-se areia fina da cidade de Manaus, Amazonas. Neste caso, o material passou por processos de lavagem e secagem até obter as características ideais relativas ao índice de materiais pulverulentos e de umidade.

Quanto às suas características físicas, a tabela a seguir apresenta os dados.

Tabela 1: Características físicas da areia.

Massa específica (NBR NM 52:2009)	2732 kg/m^3
Classificação (NBR 7211:2009)	Areia fina
Módulo de finura (MF) (NBR NM 248:2003)	1,95

Fonte: Autores, (2018).

II.1.3 SÍLICA ATIVA

A sílica ativa foi doada ao Laboratório de Materiais de Construção do Centro Universitário do Norte (UniNorte) e utilizada com a função de fornecer ao concreto, maior resistência e durabilidade, sendo de grande importância sua utilização para o presente estudo.

De acordo com dados fornecidos pelo fabricante, a massa específica é de 2222 kg/m^3 , com a partícula possuindo formato esférico e diâmetro médio de $0,2 \mu\text{m}$. Ademais, a sílica ativa utilizada tem um teor mínimo de SiO_2 de aproximadamente 85% e umidade máxima de 3%.

II.1.4 EPS INDUSTRIALIZADO

O produto foi adquirido na fábrica Termotécnica da Amazônia e utilizado como substituto do agregado graúdo, sendo o diâmetro característico das pérolas igual a $0,75 \text{ mm}$.

II.1.5 FIBRAS DE AÇO

No tocante às fibras de aço, com o propósito de reforçar o concreto em estudo, optou-se por utilizar as do tipo "R", caracterizada por seu formato reto, conforme descrito na ABNT NBR 15530:2007.

II.1.6 PÓ DE QUARTZO

O pó de quartzo empregado foi fornecido pela Mineração Jundu.

Em sua composição granulométrica, cerca de 90% dos grãos da amostra estudada apresentaram diâmetros inferiores a $37,37 \mu\text{m}$, já a porcentagem de diâmetros menores que $10,80 \mu\text{m}$ é de 50%. Por fim, apenas 10% apresentaram diâmetro inferior a $1,33 \mu\text{m}$.

II.1.7 ADITIVO

Utilizou-se o Hiperplastificante Plastol 4100, da marca Viapol. Suas características técnicas estão descritas na tabela a seguir:

Tabela 2: Características técnicas do aditivo.

Ação principal	Aditivo Superplastificante tipo II (SP-II n) - (Hiperplastificante)
Ação secundária	Redutor de água de amassamento (A/C)
Composição	Solução de Policarboxilatos em meio aquoso
Aspecto	Líquido
Cor	Levemente amarela
Massa específica	$\cong 1,1 \text{ g/cm}^3$
Teor de Cloreto	Não contém cloretos

Fonte: Viapol, (2018).

II.1.8 ÁGUA

A água utilizada foi obtida pelo Laboratório de Materiais de Construção do Centro Universitário do Norte (UniNorte), distribuída pela rede pública de abastecimento.

II.2 MÉTODOS

Ao considerar a adoção de dois traços, o processo se inicia através da mistura dos materiais finos, ou seja, a sílica ativa, o pó de quartzo e o cimento, com a finalidade de obter-se maior homogeneidade. Posteriormente, se adiciona o agregado miúdo, mas ressalta-se que o referido processo foi realizado em recipiente separado. Na betoneira, acrescenta-se o EPS juntamente com 50% da quantidade de água estabelica para o traço, e após um determinado intervalo de tempo, também os materiais ligantes com o agregado miúdo. Por fim, os 50% restantes de água e o aditivo são acrescentados à mistura.

No traço que utilizou as fibras de aço, a metodologia apenas foi alterada apenas no final, sendo as referidas fibras adicionadas quando o concreto já estava preparado.

III RESULTADOS

III.1 MASSA ESPECÍFICA E RESISTÊNCIAS

Segundo a tabela abaixo, é possível verificar que ambos os traços obtiveram valores que os caracterizam como concreto leve e mesmo que a massa específica do aço seja relativamente alta, não houve grandes variações na massa específica do traço T-2, que é o traço que contém fibra, em relação a T-1, que é o traço sem fibra. A NBR 7222 Define que a resistência a tração por compressão diametral é calculada pela expressão abaixo:

$$f_{t,D} = \frac{2.F}{b.d.L} \quad (1)$$

Tabela 3: Resultados obtidos com a dosagem da fibra de aço.

Traço	Tensão média de compressão aos 28 dias (MPa)	Tensão média de tração aos 28 dias (MPa)	Massa específica (kg/m ³)
T-1	16,245	1,655	1473,16
T-2	18,790	1,480	1464,31

Fonte: Autores, (2018).

Tabela 4: Valores de referência de massa específica dos concretos leves estruturais.

Referência	Massa específica admitida (kg/m ³)	Traços que obedeceram à referência
ACI 213R-03 (2003)	$1120 < \gamma < 1920$	T-1 e T-2
EUROCODE 2 (2007)	$900 < \gamma < 2000$	T-1 e T-2
NS 3473 E (1998)	$1200 < \gamma < 2200$	T-1 e T-2
CEB-FIO (1977)	$\gamma < 2000$	T-1 e T-2
RILEM (1975)	$\gamma < 2000$	T-1 e T-2

Fonte: Autores, (2018).

III.2 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

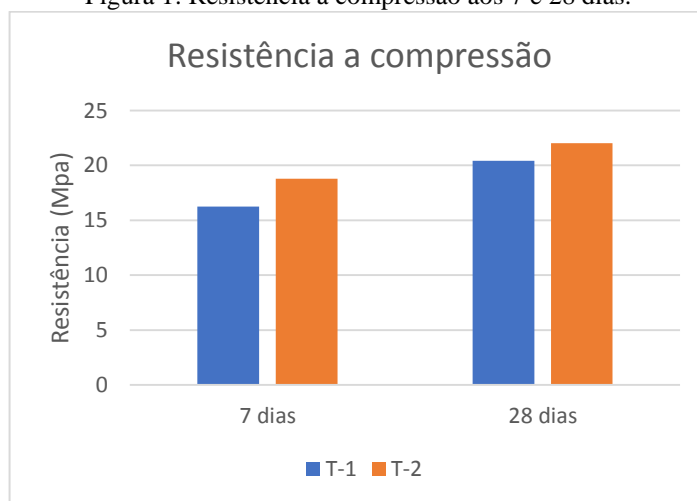
Segundo a ACI 213R-87, o concreto leve estrutural precisa ter aos 28 dias resistência à compressão de no mínimo 17,2 MPa e, além desse parâmetro, a NBR NM 35 (1995) define valores de resistência que um concreto leve deve ter em função da sua massa [9].

Tabela 5: Esforços Reduzidos na Seção Remanescente ($\gamma_f = 1,4$).

Resistência à compressão aos 28 Dias (MPa) (Valores Mínimos)	Massa específica aparente (kg/m ³) (Valores Mínimos)
28	1840
21	1760
17	1680

Fonte: Autores, (2018).

Figura 1: Resistência à compressão aos 7 e 28 dias.



Fonte: Autores, (2018).

Portanto, ao comparar os resultados com as referências, ambos os traços se enquadram como concretos leves estruturais aos 28 dias, sendo o Traço T-2 (com fibra) aquele com desempenho relativamente superior ao traço de referência.

III.3 RESISTÊNCIA À TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL

Os resultados da resistência à tração foram obtidos de forma indireta, pelo ensaio de tração por compressão diametral, e assim sendo, os resultados de tração foram calculados seguindo as recomendações da ABNT NBR 7222:2010.

Tabela 6: Resistência à tração por compressão diametral.

Traço	Resistência média à Tração (MPa)
T-1	1,480
T-2	1,655

Fonte: Autores, (2018).

Ao analisar os resultados acima, é possível perceber uma melhora na resistência à tração para o traço com fibra, o que demonstra o efeito positivo na ação da resistência à tração do concreto.

III.4 FATOR DE EFICIÊNCIA

Define-se fator de eficiência em concretos como a razão existente entre a resistência à compressão e a massa específica aparente. Entretanto, o parâmetro existe somente para concreto leve de alto desempenho, ou seja, concreto leve estrutural não se enquadra no preceito.

De acordo com SPITZNER (1994) e ARMELIN et al. (1994), é indicado que o valor esteja acima de 25 MPa.dm³/kg.

Assim, os valores obtidos no presente estudo estão demonstrados na seguinte tabela:

Tabela 7: Fator de Eficiência.

Traço	Resistência à compressão aos 28 dias (MPa) (Valores Mínimos)	Massa Específica (kg/dm ³)	Fator de eficiência (MPa.dm ³ /kg)
T-1	20,41	1,473	13,85
T-2	22,04	1,464	15,05

Fonte: Autores, (2018).

Nenhum traço possui o fator de eficiência superior a 25 MPa.dm³/kg.

IV CONCLUSÃO

Por meio dos estudos realizados no presente artigo, foi possível obter uma análise acerca de como as fibras de aço se comportam, no intento de melhorar a resistência final do concreto, seja à compressão ou à tração. Desta forma, apesar de não registrar um aumento significativo no que se refere à tensão de compressão no prazo de 28 dias, nota-se que as fibras de aço conferiram ao concreto resultado superior quando comparadas com o traço sem a referida aplicação. Portanto, ao associar esta característica com o fato do concreto possuir massa específica que o enquadra na classificação de concreto leve, é possível, com estudos mais aprofundados e ensaios mais rigorosos, atingir resultados ainda mais satisfatórios, tornando viável a substituição do concreto comum por um concreto leve com fibras de aço, e adquirindo assim, um melhor custo-benefício, no tocante a estruturas igualmente resistentes, porém com menor custo e mais leves.

V REFERÊNCIAS

[1] Short, A; Kinniburgh, W. **Lightweight Concrete**. 3 ed. London: Applied Science, 1978.

[2] Mehta, P. K.; Monteiro, P. J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. São Paulo. Pini, 1994.

[3] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL. **ASTM C567: standard test method for determining density of structural lightweight concrete**. West Conshohocken, 2011.

[4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 8953: concretos para fins estruturais: classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência**. Rio de Janeiro, 2015.

[5] Figueiredo, Antonio Domingues de. **Concreto reforçado com fibras**. 2011. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

[6] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15530: Fibras de aço para concreto**. Rio de Janeiro, 2007.

[7] Ugarte, J. F. O.; Sampaio, J. A.; França, S. C. A. **Vermiculita**. CETEM, 2005.

[8] Silva, B. **Betão Leve Estrutural Com Agregados de Argila Expandida**. MSc thesis, FEUP, 2007.

[9] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR NM 35: Agregados leves para concreto estrutural - Especificações**. Rio de Janeiro, 1995.

[10] Rocha, B. F. M., Figueiredo, F. B., Altran, D. A. (2016). **Estudo das propriedades físicas, mecânicas e aplicação do concreto leve com a utilização de agregados de poliestireno expandido - EPS**. In: Colloquium Exactarum. 2016.