



UNIVERSIDADE DA REGIÃO TOCANTINA DO MARANHÃO  
*CAMPUS AÇAILÂNDIA*  
CENTRO DE CIÊNCIA HUMANAS, SOCIAIS, TECNOLÓGICAS E LETRAS  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL BACHARELADO

**DEBORA FERREIRA MATOS**

**ANÁLISE EXPERIMENTAL DA ADIÇÃO DE FIBRA DE AÇO NAS PROPRIEDADES  
DO CONCRETO**

Açailândia-MA

2023

**DEBORA FERREIRA MATOS**

**ANÁLISE EXPERIMENTAL DA ADIÇÃO DE FIBRA DE AÇO NAS PROPRIEDADES  
DO CONCRETO**

Artigo apresentado ao Curso Engenharia Civil Bacharelado do Centro de Ciência Humanas, Sociais, Tecnológicas e Letras da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, *campus* Açailândia, como requisito para o grau de bacharelado em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Esp.: Ana Caroline Pereira Nolasco

Açailândia-MA

2023

M433a

Matos, Debora Ferreira

Análise experimental da adição de fibra de aço nas propriedades do concreto /  
Debora Ferreira Matos. – Açailândia: UEMASUL, 2023.

22 f. : il.

Artigo (Curso de Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade Estadual da  
Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL, Açailândia, MA, 2023.

Orientadora: Profa. Esp. Ana Caroline Pereira Nolasco

1. Concreto convencional. 2. Fibra de aço. 3. Ensaios. I. Título.

CDU 691

**DEBORA FERREIRA MATOS**

**ANÁLISE EXPERIMENTAL DA ADIÇÃO DE FIBRA DE AÇO NAS PROPRIEDADES  
DO CONCRETO**

Artigo apresentado ao Curso Engenharia Civil Bacharelado do Centro de Ciência Humanas, Sociais, Tecnológicas e Letras da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, *campus* Açailândia, como requisito para o grau de bacharelado em Engenharia Civil.

Aprovado em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**



Documento assinado digitalmente  
ANA CAROLINE PEREIRA NOLASCO  
Data: 05/07/2023 12:40:16-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof<sup>a</sup>. Esp. Ana Caroline Pereira Nolasco  
Especialista em MBA Engenharia Ferroviária  
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão

*Rachel de Andrade Avelar da Silva*

---

Prof<sup>a</sup>. Me. Rachel de Andrade Avelar da Silva  
Mestra em Ciências dos Materiais  
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão

*Galdino*

---

Prof<sup>a</sup>. Esp. Cristiane Mello Galdino  
Pós em Engenharia de Produção e Gerenciamento de Projetos.

**ANÁLISE EXPERIMENTAL DA ADIÇÃO DE FIBRA DE AÇO NAS PROPRIEDADES  
DO CONCRETO**  
**EXPERIMENTAL ANALYSIS OF THE ADDITION OF STEEL FIBER IN CONCRETE  
PROPERTIES**

**Matos, Debora Ferreira<sup>1</sup> Nolasco, Ana Caroline Pereira<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Açailândia/MA, Brasil.  
deboramatos.20180040396@uemasul.edu.br

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-5106-2349>

<sup>2</sup> Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Açailândia/MA, Brasil.  
carolnolascoengcivil@gmail.com

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-7770-9822>

**Resumo:** Com o crescente uso do concreto, a busca por melhores características vem sendo estudado ao longo dos séculos, incidindo em desenvolvimento de técnicas de produção que aumentam significativamente sua resistência, dentre eles destacam-se o uso de fibras, que tem o papel de potencializar a tração. Em virtude disso, este trabalho visa a realização dos ensaios simplificados para verificação satisfatória do comportamento mediante a ensaios do concreto com adição de fibras de aço e uma análise comparativa do comportamento do concreto convencional na região da Tocantina do Maranhão, consistindo em um estudo experimental realizado no laboratório da empresa Franco Engenharia, sendo confeccionado amostras de concreto com diferentes idades (3, 7 e 28 dias) para ensaios e análises das amostras de concreto sem fibra de aço e com teor de 0,75% e 1,5%. Mediante aos ensaios de compressão axial, as amostras com adição de fibra resultaram em dados não satisfatórios. Já, nos ensaios de tração por compressão diametral, os dados obtidos estão dentro dos resultados, tendo como consequência, a maior possibilidade de ter um concreto final com boa regularidade.

**Palavras-chave:** Concreto Convencional; Fibra de Aço; Ensaios.

**Abstract:** With the increasing use of concrete, the search for better characteristics has been studied over the centuries, focusing on the development of production techniques that significantly increase its resistance, among them the use of fibers stands out, which has the role of enhancing the traction. As a result, this work aims to carry out simplified tests for satisfactory verification of the behavior through tests of concrete with the addition of steel fibers and a comparative analysis of the behavior of conventional concrete in the region of Tocantina, Maranhão, consisting of an experimental study carried out in the laboratory of the company Franco Engenharia, concrete samples of different ages (3, 7 and 28 days) are made for testing and analysis of concrete samples without steel fiber and with content of 0.75% and 1.5%. Through the axial compression tests, the samples with fiber addition resulted in unsatisfactory data. Already, in the tensile tests by diametral compression, the data obtained are within the results, having as a consequence, the greater possibility of having a final concrete with good regularity.

**Keywords:** Conventional Concrete; Steel Fiber; Essay.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>6</b>
<b>2. METODOLOGIA.....</b>	<b>7</b>
2.1 Materiais .....	8
2.2 Confeção e cura dos Corpos de Prova .....	8
2.3 Ensaios.....	12
2.3.1 Compressão Axial .....	12
2.3.2 Tração por Compressão Diametral.....	13
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>14</b>
3.1 Ensaio de Compressão Axial.....	14
3.2 Ensaio de Tração por Compressão Diametral .....	17
<b>4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>19</b>
<b>AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>21</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>22</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A construção civil é tida como um grande gestor do desenvolvimento socioeconômico do país, podendo promover subsídios promotores do crescimento, tornando-o atrativo para o investimento e capaz de fortalecer estruturas de mercado dependentes, produzindo o efeito que ocasiona a geração de renda (DIAS *et al.*, 2021). Conforme Lopes *et al.* (2020), a construção civil tem se desenvolvido muito nos últimos anos, principalmente no aperfeiçoamento de materiais, sendo o principal insumo e o mais consumido no mundo, em relação aos materiais de construção, o concreto, depois da água.

Com o crescente uso do concreto, a busca por melhores características vem sendo estudado ao longo dos séculos, incidindo em desenvolvimento de técnicas de produção que aumentam significativamente sua resistência à compressão, permeabilidade, processabilidade e baixa ductilidade (BRAZ e NASCIMENTO, 2015). No entanto, o concreto ainda apresenta fragilidade, tendo como principal limitador a baixa resistência a tensão de tração, dessa forma, passou-se a utilizar alternativas que possibilitasse a amenização da carência relacionada ao comportamento do concreto (SILVA *et al.*, 2022).

Para melhorar as características do concreto, são acrescentados componentes à mistura com objetivo de aumentar sua tenacidade, dentre eles destacam-se o uso de fibras, que tem o papel de potencializar a tração, e também, melhorar seu desempenho geral, pois a sua ação minimiza o comportamento de fragilidade característico do concreto (GÓIS, 2010). As propriedades pertinentes ao concreto, como: ductilidade, capacidade de absorção de energia, comportamento de fissuração, resistência a ações dinâmicas e estáticas, podem ser melhoradas com a correta adição de fibras à composição da matriz cimentícia (PASA, 2007).

Segundo Bernardi (2003), existem diversos tipos de fibras que são geradas a partir de diferentes materiais, dentre elas, podemos citar as fibras de aço, carbono, vidro, asbesto, aramida, polipropileno, sisal, coco e bambu, tais compósitos são utilizados na combinação do concreto para potencializar o seu desempenho e reforçar as matrizes cimentícias, agregando a estas diferentes características.

A relevância do presente artigo deu-se mediante a vastas pesquisas que demonstram os benefícios do concreto com adição de fibras de aço e debatem aspectos como dosagem, preparo, propriedades nas condições de concreto fresco e endurecido. Pois, de acordo com Figueiredo

(2000), a adição da fibra metálica de aço no concreto torna-o um material pseudo-dúctil, ou seja, mantém a resistência residual às forças aplicadas a ele mesmo após a fissuração.

A pertinência da adição de fibras está relacionada ao desenvolvimento tecnológico desse material, onde pesquisas evidenciam as melhorias nos modelos mecânicos que mostram o comportamento dos elementos estruturais sob diferentes condições de sollicitação.

Em virtude dos ensaios laboratoriais enfatizarem que o concreto com adição de fibras de aço apresentam desempenho satisfatório, este trabalho visa a realização dos ensaios simplificados para verificação satisfatória do comportamento mediante a ensaios do concreto com adição de fibras de aço e uma análise comparativa do comportamento do concreto convencional na região da Tocantina do Maranhão, visto que o Brasil possui um clima bastante diversificado devido à sua extensão territorial e às diferentes características de cada região, com isso, os resultados do desempenho do concreto com adição de fibra de aço podem variar de região para região, devido a diversidades dos fatores de grande importância como os agregados, clima e outros.

## **2. METODOLOGIA**

A pesquisa científica deu-se mediante a revisão bibliográfica de teses e periódicos já existem, através de instrumentos de pesquisas como google acadêmico, a partir de uma criteriosa compilação de obras relacionadas ao concreto com adição de fibras de aço. A metodologia utilizada é de caráter descritivo, pois descrevemos os métodos e procedimentos realizados, com intuito de avaliar as variações nas atribuições do concreto quando as fibras são adicionadas e estabelecemos, sistematicamente, uma série de procedimentos que facilitaram o desenvolvimento de informações, além de sintetizar e analisar os dados em virtude de maior compreensão da ocorrência.

Quanto ao procedimento técnico, consistiu em um estudo experimental quantitativo no qual foi executado no laboratório da empresa Franco Engenharia, na cidade de Imperatriz - MA, que nos forneceu todo o suporte técnico (máquinas, equipamentos e assistentes de laboratórios) e material (areia, seixo, cimento e água) para a produção das 36 amostras de concreto com diferentes idades (3, 7 e 28 dias) para ensaios e análises das amostras de concreto convencional e concreto reforço com fibras.

Na realização dos testes, utilizamos recursos e normas padrões de pesquisa regidos pela NBR - Norma Técnica Brasileira, sendo empregadas as: ABNT NBR 5739:2018 - *Concreto* –

*Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos; ABNT NBR 15530:2019 - Fibras de Aço para o Concreto - Especificações; ABNT NBR 5738:2015 - Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova; ABNT NBR 7222:2011 - Concreto e Argamassa – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndrico.*

## **2.1 Materiais**

O cimento utilizado nos testes é regulamentado pela ABNT NBR 11578:1991 - *Cimento Portland Composto*, sendo classificado como CP II-E-32 RS que é o Cimento Portland Composto com adição de Escória, que possui classe de resistência 32 e resistência ao sulfato. O cimento foi selecionado de acordo com os critérios de uso geral e adequado para obras urbanas de resistência moderada, sendo adotado o cimento da marca Poty. Os agregados empregados foram a areia média e seixo, de acordo com as especificações da ABNT NBR NM 248:2003 - *Agregados – Determinação da composição granulométrica*, sendo a escolha referente a disponibilidade do material no mercado e o seu uso comum na construção civil, a mesma sendo oriunda das jazidas da região Tocantina.

O traço calculado para a confecção das amostras foram de 1:1:2 (cimento, areia e seixo), em massa, sendo selecionado, de acordo com a NBR 12655:2015 – *Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento* e a recomendação do fabricante da fibra de aço, a relação água /cimento de 0,44, tanto para o concreto convencional como para o concreto nos dois teores de fibras, porém tal fator foi alterado devido a umidade dos agregados, areia e seixo, disponíveis em laboratório. A relação água/cimento das amostras foram adotadas mediante a dosagem empírica com intuito de atingir o Slump Test, sendo empregado o fator de 0,37 para os corpos de prova de concreto convencional e 0,43 para o concreto com adição de fibra de aço.

Empregamos nos ensaios a fibras de aço Dramix Pactico do Tipo A e de classe I (ancoragem nas extremidades e originária de arame trefilado a frio), com 6 centímetros de comprimento e 0,075 centímetros de diâmetro, tendo assim um fator de fôrma de 80, o que permite uma mistura rápida e uma distribuição totalmente uniforme sem a formação de ouriços, que são a formação de bolas promovidas pelo acúmulo de fibras, pois o arame treliçado garante resistência à tração e facilita uma maior ancoragem dentro da matriz cimentícia. As fibras de aço

metálica foram empregadas em dois teores de fibras nos corpos de prova para ensaios, sendo eles 0,75% e 1,5%.

## 2.2 Confeção e cura dos corpos de prova

O processo de confecção deu-se inicialmente pela pesagem dos materiais que compõe o concreto, seguindo a dosagem estabelecida para cada material, conforme quadro 1. Com o auxílio de uma betoneira de 400 litros foram adicionados a areia e o seixo, misturados no equipamento, acrescentado o cimento e novamente misturado para uma maior homogeneização, e aos poucos, durante o funcionamento da betoneira, foram introduzindo a água até atingir a dosagem empírica. O mesmo processo repetiu-se para a confecção do concreto com adição de fibra de aço nas porcentagens de 0,75% e 1,5%, sendo incorporados de forma gradual para evitar a formação de "bolas" nas amostras, levando em consideração que as fibras vieram coladas em feixes por cola solúvel.

*Quadro 1 – Materiais e suas respectivas pesagens.*

Material	Traços		
	Convencional	Dramix 0,75%	Dramix 1,5%
Cimento	15 Kg	15 Kg	15 Kg
Areia	15 Kg	15 Kg	15 Kg
Seixo	30 Kg	30 Kg	30 Kg
Água	5,48 L	6,5 L	6,5 L
Fibra	-	0,45Kg	0,90Kg

*Fonte: Autora (2023).*



*Imagem 1 e 2 – Materiais pesados para a concretagem.*

*Fonte: Autora (2023).*

Os traços de concreto (convencional, fibra de 0,75% e fibra de 1,5%), após a sua homogeneização completa na betoneira, foram sujeitos ao Slump Test, que, conforme a ABNT NBR 16889: 2020 – *Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do troco de cone* consiste na medição do assentamento do concreto fresco, que determina a consistência do concreto. O teste foi realizado mediante a um molde em molde de tronco de cone oco - diâmetro interno da base inferior com 200 mm +/- 2 mm, a base superior com diâmetro de 100 mm +/- 2 mm e a altura 300 mm +/- 2 mm - uma haste usada para a compactação do material e uma placa metálica usada como base. O molde foi preenchido pelo concreto em três camadas, cada camada foi adensada com a haste em 25 golpes distribuídos de maneira uniforme sobre cada camada. O Slum Test é a medição de acordo com o abatimento do concreto, o mesmo é determinado pela diferença entre altura do eixo da amostra e a altura do molde, tendo como resultado para o traço 1 (concreto convencional), após a retirada do molde, o Slum Test de 17 cm, o traço 2 (fibra de aço 0,75%) obteve um resultado de 16 cm e o traço 3 (fibra de aço 1,5%) resultou em 17 cm, conforme a imagem 3.



*Imagem 3 – Slump Test do traço 1.  
Fonte: Autora (2023).*

De acordo com a ABNT NBR 8953:2015 – *Concreto para fins estruturais – Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência*, o concreto empregado se enquadra na classificação S160, que é a classe de consistência no estado fresco, sendo o valor de abatimento, em mm, variável de 160 a 220. Transformando os nossos resultados em mm, obtivemos 170 mm para o traço 1, 160 mm para o traço 2 e o traço 3 com 170 mm, nota-se que o ensaio de abatimento atendeu ao determinado em norma.

A montagem dos corpos de prova sucedeu-se através de moldes cilíndricos especificados na NBR 5738:2015, com o diâmetro de 10 cm e a altura de 20 cm. Os moldes cilíndricos foram internamente revestidos por uma fina camada de óleo vegetal que facilitou o desforme das amostras de concreto, sucessivamente foi realizado o preenchimento dos moldes cilíndricos com o concreto em duas camadas, cada camada foi adensada com o haste em 12 golpes distribuídos uniformemente sobre a seção de cada camada e realizado vibrações com o haste na borda para certificação da ocupação completa do molde, com uma colher de pedreiro foi retirado o excesso do topo do cilíndrico e realizado o acabamento superficial, imagem 4.



*Imagem 4 – Confeccção dos corpos de prova.  
Fonte: Autora (2023).*

Foram confeccionados 36 corpos de prova, dentre eles 18 para o ensaio de compressão e 18 para o ensaio de tração por compressão diametral, sendo 12 amostras de concreto convencional, 12 de concreto com 0,75% de fibra de aço e 12 amostras de concreto com 1,5% de fibra de aço. As identificações das amostras foram realizadas de acordo com tipo de fibra, seu teor, data de confecção e data do ensaio, para fins de nomenclatura nesse artigo, utilizamos T.C para o traço convencional, T.F para traço com fibra acompanhado do teor de fibra presente na amostra.

Os corpos de provas de provas, de acordo com a NBR 5738:2015, permaneceram no molde por um tempo limitado de 24 horas em um local protegido de intempéries e coberto por um material não reativo, após esse período, foram desenformados e confinados em um tanque de água a uma temperatura constante sem vibração ou ruído, para a cura por submersão. Os cilindros foram

deixados para a cura por 3, 7 e 28 dias, sendo importante destacar que a sua retirada do reservatório se deu no mínimo 2 horas antes dos ensaios, imagem 5.



*Imagem 5 – Corpos de Prova retirados para o ensaio.  
Fonte: Autora (2023).*

## **2.3 Ensaios**

### **2.3.1 Compressão Axial**

Os ensaios de compressão axial foram realizados em uma prensa hidráulica manual digital da marca Contenco que contabiliza até 100 toneladas. As amostras foram colocadas no equipamento e ajustadas de maneira que a carga aplicada fosse paralela ao eixo do corpo de prova e durante o ensaio foram feitos a leitura da carga até o rompimento do concreto, imagem 6.



*Imagem 6 – Ensaio de Compressão Axial  
Fonte: Autora (2023).*

As informações coletadas, em toneladas, foram utilizadas como parâmetro de referência para o cálculo da resistência, sendo calculado através da equação 1, estabelecida na NBR 5739: 2018, para a determinação da resistência a compressão expressada em MPa (MegaPascal).

$$F_c = \frac{4F}{\pi D^2} \quad \text{Equação 1}$$

Sendo:

$F_c$  = Resistência à compressão (MPa);

$F$  = Força máxima alcançada (N);

$D$  = Diâmetro do corpo de prova (mm).

### 2.3.2 Tração por Compressão Diametral

Nos testes de tração por compressão diametral foram utilizados a mesma presa mecânica, sendo exigidos nesse ensaio uma adaptação do equipamento. As amostras foram submetidas a cargas compressivas ao longo de dois eixos axiais, posta em horizontal e a carga aplicada perpendicular ao seu eixo, diametralmente opostos. O parâmetro resultante desse ensaio é importantíssimo para a avaliação das propriedades do concreto, especialmente quando se trata de concreto reforçado com fibras, imagem 7.



*Imagem 7 – Ensaio de Tração por Compressão Diametral.  
Fonte: Autora (2023).*

Os dados coletados, expostos através do display o valor de carga aplicada em toneladas, foram utilizadas como parâmetro de referência para o cálculo da resistência, sendo calculado por

meio da equação 2, apontada pela NBR 7222:2011, para a determinação da resistência a tração por compressão diametral expressada em MPa (MegaPascal).

$$F_{ct, sp} = \frac{2F}{\pi DL} \quad \text{Equação 2}$$

Sendo:

$F_{ct,sp}$  = resistência à tração por compressão diametral (MPa);

F = carga máxima obtida no ensaio (N);

D = diâmetro do corpo de prova (mm);

L = comprimento do corpo de prova (mm).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para uma análise do desempenho da resistência do concreto reforçado com fibras de aço, foram identificados primeiramente se houve ou não acréscimos na resistência das amostras de concreto em comparação as amostras com adição de fibra de aço, comparando com diferentes teores de fibra em suas respectivas idades. Com os resultados da carga de rompimento, provenientes do display da máquina, foi possível calcular a Resistência a Compressão e a Resistência a Tração por Compressão Diametral, em MegaPascal, dos corpos de prova submetido a estes ensaios.

#### 3.1 Ensaio de Compressão Axial

Os resultados obtidos, conforme exposto na tabela 1, nos ensaios realizados aos 3 dias de idade, observou-se que a maior resistência do concreto convencional alcançado foi 30,12 MPa, sendo que o concreto reforçado com fibra de aço com o percentual de 0,75% apresentou 13,57 MPa que equivale a uma diminuição na resistência à compressão de 54,93% e o concreto com percentual de 1,5% de fibra de aço, com 17,26 MPa, uma redução de 42,70%, em relação a maior resistência alcançada de cada percentual das amostras, diante do traço de referência.

Comparado ao concreto convencional com idade de 7 dias, a maior resistência foi de 37,23 MPa, obtendo-se uma redução de 45,64% mediante a amostra com fibra de 0,75% que corresponde a 20,24 MPa e uma redução de 42,02% da amostra com fibra de 1,5%, com 21,59 MPa. Já, para o último ensaio, com idade de 28 dias, o concreto de referência apresentou a maior resistência 45,34 MPa, quando levado em consideração as fibras de aço com 0,75%, com 28,18 MPa obteve uma redução de 37,84% e para 1,5%, 31,18 MPa, 31,23%.

Tabela 1 – Ensaio de compressão axial

<b>Corpos de Prova</b>	<b>Carga de Rompimento (tf)</b>	<b>Resistencia a Compressão (MPa)</b>	<b>Maior Resistência a Compressão (MPa)</b>
T.C – 1 – 3	24,12	30,11	30,12
T.C – 2 – 3	21,70	27,10	
T. F 0,75% – 3 – 3	10,87	13,57	13,57
T. F 0,75% – 4 – 3	9,32	11,64	
T. F 1,5% – 5 – 3	13,82	17,26	17,26
T. F 1,5% – 6 – 3	13,35	16,67	
T.C – 1 – 7	24,85	31,03	37,23
T.C – 2 – 7	29,82	37,23	
T. F 0,75% – 3 – 7	16,21	20,24	20,24
T. F 0,75% – 4 – 7	14,20	17,73	
T. F 1,5% – 5 – 7	17,29	21,59	21,59
T. F 1,5% – 6 – 7	16,74	20,90	
T.C – 1 – 28	36,31	45,34	45,34
T.C – 2 – 28	33,66	42,03	
T. F 0,75% – 3 – 28	22,57	28,18	28,18
T. F 0,75% – 4 – 28	22,22	27,74	
T. F 1,5% – 5 – 28	23,65	29,53	31,18
T. F 1,5% – 5 – 28	24,97	31,18	

Fonte: Autora (2023).

Mediante a esses ensaios, nota-se que as amostras com adição de fibra, desde o primeiro teste, apresentaram bons resultado, porém, encontra-se divergências com as informações descritas

na literatura utilizada, quando comparadas com os resultados obtidos dos ensaios de compressão axial. Acredita-se que a discordância esteja associada a vários fatores que influenciaram o desempenho da amostra, pois, segundo Tasca (2010) a adição da fibra constitui um novo material, com novas propriedades. Helene e Andrade (2007) destacam que a quantidade de água é importante para o enrijecimento do concreto, porém a menor quantidade de água no cimento proporciona uma maior resistência, podendo ser apontado como um dos fatores que influenciaram os dados obtidos nos ensaios, levando em consideração que a realização do ensaio ocorreu no inverno e os agregados disponíveis estavam expostos ao ambiente, areia e seixo, apresentavam umidade que acarretou na alteração da relação água/cimento determinada por norma.

Acredita-se que uma das causas que também podem ter influenciado o resultado seja a granulometria do agregado, pois Júnior *et al.* (2017) enfatiza que a granulometria mais fina dos agregados resulta em um acréscimo maior a resistência do concreto, sendo previsto na literatura o uso da brita 1 e no ensaio foram utilizados o seixo com uma grande quantidade de areia úmida. De acordo com Alves e Nolasco (2019), os resultados insatisfatórios das amostras podem ser explicados pela ausência de aditivos que intensificasse o adensamento.

Conforme a figura 1, podemos perceber que a amostra com o percentual de fibra de 1,5% apresentou uma menor redução comparada a amostra com o teor de 0,75%, esse dado nos demonstra que com o aumento da quantidade do teor de fibra incorporado há um acréscimo na resistência à compressão do concreto (BERNARDI, 2003).

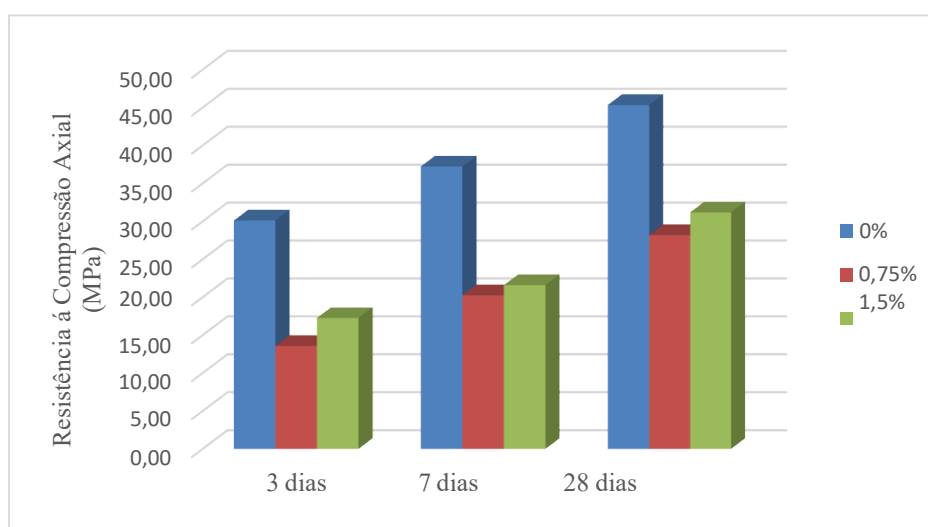


Figura 1 – Relação das amostras do ensaio de compressão axial.

Fonte: Autora (2023).

### 3.2 Ensaio de Tração por Compressão Diametral

Os dados do ensaio foram dispostos na tabela 2, que ao avaliar, detectou-se, na amostra de 3 dias de idade, uma resistência a tração por compressão diametral média do concreto convencional de 2,64 MPa, obtendo um acréscimo de 8,99% nas amostras com adição de fibra de aço com percentual de 0,75%, que corresponde a 2,87 MPa, e um acréscimo de 4,26% as amostras de 1,5% de fibras de aço com 2,75 MPa. Os resultados obtidos na idade de 7 dias para a média do concreto convencional foram iguais a 2,46 MPa, com crescente na resistência de 6,10% nas amostras de 0,75%, 2,61 MPa, e 59,59% nas amostras de 1,5%, 3,92 MPa. No ensaio final, com 28 dias de idade, o concreto convencional alcançou uma resistência de 3,34 MPa, em comparação, o concreto com teor de 0,75% de fibra de aço apresentou 2,62 MPa, uma redução de 19,17%, e o de 1,5% resultou em 3,12 MPa, uma redução de 3,75%.

*Tabela 2 – Ensaio de compressão da diametral (continua)*

<b>Corpos de Prova</b>	<b>Carga de Rompimento (tf)</b>	<b>Resistencia a Tração por Compressão Diametral (MPa)</b>	<b>Maior da Resistência a Tração por Compressão Diametral (MPa)</b>
T.C – 7 – 3	4,06	1,27	2,64
T.C – 8 – 3	8,45	2,64	
T. F 0,75% – 9 – 3	9,21	2,87	2,87
T. F 0,75% – 10 – 3	7,94	2,48	
T. F 1,5% – 11 – 3	8,81	2,75	2,75
T. F 1,5% – 12 – 3	5,35	1,67	
T.C – 7 – 7	7,87	2,46	2,46
T.C – 8 – 7	7,59	2,37	
T. F 0,75% – 9 – 7	8,29	2,59	2,61
T. F 0,75% – 10 – 7	8,35	2,61	

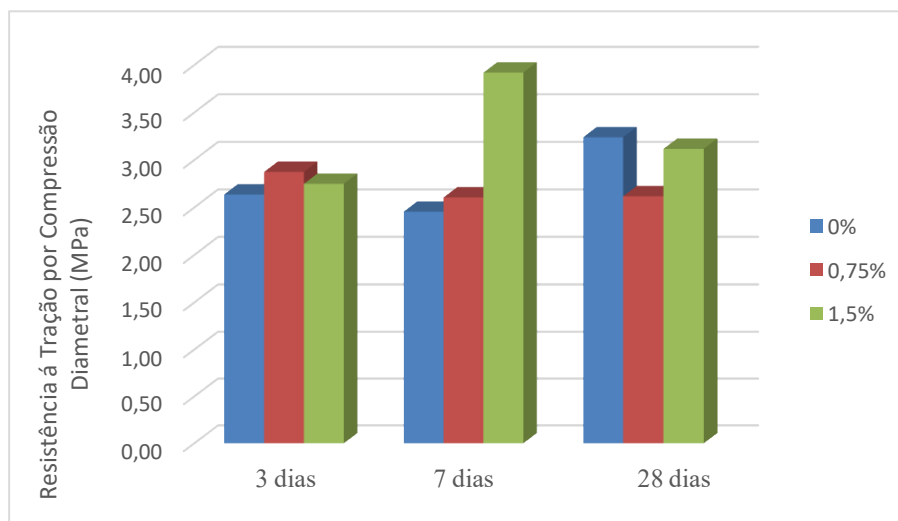
Tabela 2 – Ensaio de compressão da diametral (conclusão)

<b>Corpos de Prova</b>	<b>Carga de Rompimento (tf)</b>	<b>Resistencia a Tração por Compressão Diametral (MPa)</b>	<b>Maior da Resistência a Tração por Compressão Diametral (MPa)</b>
T. F 1,5% – 11 – 7	10,93	3,41	3,92
T. F 1,5% – 12 – 7	12,56	3,92	
T.C – 7 – 28	10,38	3,24	3,24
T.C – 8 – 28	7,34	2,29	
T. F 0,75% – 9 – 28	7,20	2,25	2,62
T. F 0,75% – 10 – 28	8,39	2,62	
T. F 1,5% – 11 – 28	9,30	2,90	3,12
T. F 1,5% – 12 – 28	9,99	3,12	

*Fonte: Autora (2023).*

Por intermédio desses ensaios, nota-se que os dados obtidos estão dentro dos resultados esperados referentes a literatura, tendo como consequência, a maior possibilidade de ter um concreto final com boa regularidade. Porém, algumas divergências são analisadas da tabela 2, possuindo discrepância entre amostras da mesma idade e teor de fibra, acredita-se que tal causa é resultante da adaptação realizada na máquina para a realização desse ensaio, na qual obteve um menor contato da placa com a amostra, acarretando em menores pontos de distribuição e uma maior concentração de carga em uma determinada área (GARCEZ, 2005).

De acordo com Góis (2010), os resultados positivos expostos na figura 2 são provenientes do fator de fôrma da fibra que apresentaram melhor ancoragem, resultando em um aumento no valor de resistência à tração do concreto. Isto ocorre porque as fibras passam a controlar a fissuração de forma mais eficaz, mantendo a integridade do corpo de prova em tensões maiores, o que se reflete em um leve aumento da capacidade de carga, pois as mesmas resistem a cargas aplicadas mesmo após o início das primeiras fissuras até o rompimento total (GARCEZ, 2005).



*Figura 2 – Relação das amostras de tração por compressão diametral.  
Fonte: Autora (2023).*

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Mediante aos resultados obtidos, foi possível verificar o comportamento das fibras de aço quando adicionadas ao concreto sob influência das características da região Tocantina do Maranhão.

Por meio dos ensaios de compressão axial e tração por compressão diametral com as amostras de concreto com teor de 0,75% e 1,5%, observou-se que o concreto com adição de fibras de aço apresenta propriedades diferentes do concreto convencional, constituindo assim um novo material, com resultados satisfatórios, atingindo a resistência desejada após o prazo determinado, destacando-se as amostras com teor de fibra de aço de 1,5% na idade de 28 dias, nos ensaios de compressão axial, e na amostra de 1,5% na idade de 7 dias, para o ensaio de resistência a tração por compressão diametral.

## **AGRADECIMENTOS**

Sou grata ao meu Deus por me proporcionar vida, a oportunidade, a força e acima de tudo, a perseverança necessária para concluir mais um ciclo da minha vida acadêmica, das muitas que virão. Como estar escrito em Salmos, capítulo 126 e versículo 5 “Aqueles que semeiam com lágrimas, com cantos de alegria colherão”.

A minha família, em especial aos meus pais, por acreditarem em mim e tornarem os meus sonhos uma parte dos seus, nos momentos mais difíceis me acolheram com amor e incentivaram a nunca desistir. Obrigada por toda compreensão e por sempre proverem o necessário para o meu sustento.

À Prof<sup>a</sup> Ana Caroline, que tive a honra de ser orientanda, pelo apoio, paciência, dedicação e tempo. Grata por todo o ensinamento e confiança ao longo desse período de pesquisa.

Aos meus amigos de curso e TCC, que tive o privilégio de trilhar, durante cinco anos, o mesmo caminho, acompanhando o crescimento e amadurecimento, saibam que a caminhada se tornou mais leve com as nossas conversas, brincadeiras e auxílio.

Ao Rodrigo, sou imensamente grata pelo companheirismo, paciência, compressão e apoio durante essa jornada. Obrigada por sempre segurar a minha mão em meio as dificuldades.

Por fim, sou grata a empresa Franco Engenharia que acolheu, motivou e não mediu esforços durante o período de ensaio, disponibilizando técnicos laboratoriais para o auxílio dos experimentos, além de fornecer todo o aparato necessário para a pesquisa (materiais e equipamentos). Vocês foram de suma importância para o desenvolvimento desse trabalho, que Deus lhes recompensem.

## REFERÊNCIAS

ALVES, T. R. A., NOLASCO, A. C. P. **Análise comparativa entre o concreto convencional e o concreto com adição de fibras de aço a partir dos ensaios de compressão, tração por compressão diametral e tração na flexão.** Anais do 61º Congresso Brasileiro do Concreto CBC – IBRACON. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11578: **Cimento Portland Composto.** Rio de Janeiro, 1991. Disponível em: <<https://engenhariacivilfsp.files.wordpress.com/2015/02/nbr-11578-cimento-portland-composto.pdf>>. Acesso em: 23 dez 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12655: **Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento.** Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbXJ25jcmV0b2FybWfkb3VuaWNhcHxneDozNjhmYWE2ZGRlYzBlOWZm>>. Acesso em: 03 mai 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15530: **Fibras de Aço para o Concreto - Especificações.** Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <<https://www.normas.com.br/docviewer/?sig=NTJyTWNOcnQ0eThaNG1uK2lzMGdneFN6eWxEK3M5cEtqVTB0SW95aWRkTXdQRU1aTHBEZzllanVoR2paS0E2TGN5YTZnQWtkbHBzmljNE9rNm9xZ0FPeDh4Ly9tbGVod0pGTIU2ejZ3MldFTFhHNfIR1Exd1MzUVgzdU4vSmFGU2VISHNmdm1MRE84Yjd4eXh4SEZCNXZvUURmN3JkNm01TIJSWldDM0gvRTI2Z0o3ZVNVMXN2bFFGQjJtVXBUOW1rYTZxZGd5Tnc4OGtwOUJKM0pOK3kxZnJrMGFY041YmVjVjhORWlZV2VxbHpuelpzTm5ZVjdCVDFUWUJ2eUZCRUxNcTZpTWl0YU9GM2xiRUdWMnpSODlnYkd6M3VwcEp0YkYvSDg1VUk9&J=NkQ0RkI0NkYtNTAzRC00NTE2LTg5ODgtMzg1RkZFNzk2QTFE>>. Acesso em: 23 dez 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738: **Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova.** Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <[https://kupdf.net/download/nbr-5738-2015-procedimentos-para-moldagem-e-cura-de-corpos-de-prova\\_5907cadc0d60e00f959eda\\_pdf](https://kupdf.net/download/nbr-5738-2015-procedimentos-para-moldagem-e-cura-de-corpos-de-prova_5907cadc0d60e00f959eda_pdf)>. Acesso em: 16 dez 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739: **Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos.** Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <[https://kupdf.net/download/nbr-5739-2018-concreto-ensaio-de-compressao-de-corpos-de-prova-cilindricos\\_5c3482bde2b6f55f1100ddcd\\_pdf](https://kupdf.net/download/nbr-5739-2018-concreto-ensaio-de-compressao-de-corpos-de-prova-cilindricos_5c3482bde2b6f55f1100ddcd_pdf)>. Acesso em: 15 dez 2022.

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. Disponível em: <<https://dokumen.tips/documents/nbr-7222-11.html>>. Acesso em: 20 dez 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 248: **Agregados – Determinação da composição granulométrica.** Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: <

[https://kupdf.net/download/nbr-nm-248-2003\\_5cc5ea35e2b6f55d5bc653da\\_pdf](https://kupdf.net/download/nbr-nm-248-2003_5cc5ea35e2b6f55d5bc653da_pdf)>. Acesso: 22 dez 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16889: **Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do troco de cone**. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: < <https://pdfcoffee.com/nbr-16889-2020-pdf-free.html>>. Acesso: 25 mai 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8953: **Concreto para fins estruturais – Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência**. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: < <https://www.studocu.com/pt-br/document/instituto-federal-de-educacao-ciencia-e-tecnologia-do-ceara/fundamentos-de-engenharia-civil/nbr-8953-2015-concreto-para-fins-estruturais/27710595>>. Acesso: 25 mai 2023.

BERNARDI, S.T. **Avaliação do comportamento de materiais compósitos de matrizes cimentícias reforçadas com fibra de aramida kevlar**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2003.

BRAZ, M.C.A., NASCIMENTO, F.B.C. **Concreto reforçado com fibras de aço**. Ciências exatas e tecnológicas, v.3, n.1, pp. 43-56, 2015.

DIAS, J. C. R. *et al.* **Comportamento do concreto reforçado com cavacos de aço e alumínio: resistência à tração por compressão diametral**. Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 5, p. 51880-51889, 2021.

FIGUEIREDO, A. D. **Concreto com Fibras de Aço**. Boletim Técnico, Série BT/PCC/260 – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.

GARCEZ, E. O. **Análise teórico-experimental do comportamento de concretos reforçados com fibras de aço submetidos a cargas de impacto**. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2005.

GÓIS, Fernanda Alves Pinto. **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**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Alagoas. Maceió, 2010.

HELENE, Paulo; ANDRADE, Tibério. **Concreto de cimento Portland**. Isaia, Geraldo Cechella. Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais. São Paulo: IBRACON, v. 2, p. 905-944, 2007.

JÚNIOR, L. C. A. *et al.* **Análise da resistência característica a compressão do concreto produzido com vidro como parte do agregado miúdo**. UNIFAFIBE de São Paulo. Bebedouro, 2017.

LOPES, H.M.T., PEÇANHA, A.C.C., CASTRO, A.L. **Considerações sobre a eficiência de misturas de concreto de cimento Portland com base no conceito de empacotamento de partículas.** Revista Matéria, v.25, n.1, e-12549, 2020.

PASA, Vanessa Fátima. **Análise do Comportamento de Estruturas de Concreto Reforçado com Fibras de Aço via Método dos Elementos Finitos.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2007.

SILVA, L. A. et al. **Modelagem preditiva de propriedades mecânicas em concretos reforçados com fibra de aço utilizando redes neurais artificiais.** Ambiente Construído, v. 22, n. 2, p. 215–232, 2022.

TASCA, M. et al. **Estudo da viabilidade de adição de fibras de aço no concreto exposto ao ambiente marítimo: Análise da melhoria das propriedades de resistência.** 4º Seminário e Workshop em Engenharia Oceânica, FURG. Rio Grande, 2010.