



## **Influência da utilização de fibras metálica e sintéticas na resistência do concreto**

*Influence of the use of metallic and synthetic fibers on the strength of concrete*

*Influencia del uso de fibras metálicas y sintéticas en la resistencia del concreto*

### **Jefferson Simões**

Mestrando em Engenharia Civil. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – UPE  
jss3@poli.br

### **Raphael Britto Moura Lins**

Mestrando em Engenharia Civil. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – UPE  
rbml@poli.br

### **Yêda Vieira Póvoas**

Professora Associada da Universidade de Pernambuco – UPE, Brasil.  
yvp@poli.br

### **Eliana Cristina Barreto Monteiro**

Professora Associada da Universidade de Pernambuco – UPE, Brasil e Universidade Católica de Pernambuco – UNICAP,  
Brasil  
eliana@poli.br

### **Willames de Albuquerque Soares**

Professor Associado da Universidade de Pernambuco – UPE, Brasil  
was@poli.br



#### **RESUMO**

O estudo tem por objetivo apresentar a influência da aplicação de fibras sintéticas e metálicas nas resistências mecânicas do concreto de cimento Portland para diferentes idades. O método adotado consiste na realização de ensaios de resistência à compressão, à tração por compressão diametral e à tração na flexão em corpos de prova moldados em laboratório seguindo as normas vigentes. Os ensaios foram realizados para quatro traços com diferentes frações das citadas fibras em sua composição para as idades de 7, 14 e 28 dias. Foi observado um crescimento para todos os traços de aproximadamente 30% na resistência à compressão e à tração por compressão diametral, enquanto para a resistência à tração na flexão foi de cerca de 22%. Os resultados alcançados indicam que não há intervenção por parte das fibras nos valores de resistência à compressão e de tração por compressão diametral. Entretanto, observou-se que a adição de fibras metálicas causou uma influência nos resultados dos ensaios de resistência à tração na flexão para a idade de 28 dias em cerca de 14%.

**PALAVRAS-CHAVE:** Concreto; Resistência à Compressão; Resistência à Tração Na Flexão; Resistência à Tração Por Compressão Diametral.

#### **ABSTRACT**

*The study aims to present the influence of the application of synthetic and metallic fibers on the mechanical resistances of Portland cement concrete for different ages. The method adopted consists of conducting compressive strength tests, diametral compression tensile strength tests, and flexural tensile strength tests on laboratory-molded specimens following current standards. The tests were carried out on four mixtures with different fractions of the mentioned fibers in their composition for the ages of 7, 14, and 28 days. An increase was observed for all mixtures of approximately 30% in compressive strength and diametral compression tensile strength, while for flexural tensile strength the increase was about 22%. The results indicate that there is no intervention from the fibers in the values of compressive strength and diametral compression tensile strength. However, it was observed that the addition of metallic fibers caused an influence on the results of the flexural tensile strength tests at the age of 28 days with an increase of about 14%.*

**KEYWORDS:** Concrete; Compressive Strength; Flexural Tensile Strength; Diametral Compression Tensile Strength.

#### **RESUMEN**

*El estudio tiene por objetivo presentar la influencia de la aplicación de fibras sintéticas y metálicas en las resistencias mecánicas del concreto de cemento Portland para diferentes edades. El método adoptado consiste en la realización de ensayos de resistencia a la compresión, la tracción por compresión diametral y la tracción en flexión en cuerpos de prueba moldeados en laboratorio siguiendo las normas vigentes. Los ensayos fueron realizados para cuatro mezclas con diferentes fracciones de las citadas fibras en su composición para las edades de 7, 14 y 28 días. Se observó un crecimiento para todos los trazos de aproximadamente 30% en la resistencia a la compresión y la tracción por compresión diametral, mientras que para la resistencia a la tracción en la flexión de cerca de 22%. Los resultados alcanzados indican que no hay intervención por parte de las fibras en los valores de resistencia a la compresión y de tracción por compresión diametral. Sin embargo, se observó que la adición de fibras metálicas causó una influencia en los resultados de los ensayos de resistencia a la tracción en la flexión para la edad de 28 días con cerca de 14%.*

**PALABRAS CLAVE:** Concreto; Resistencia A La Compresión; Resistencia A La Tracción En La Flexión; Resistencia A La Tracción Por Compresión Diametral



## 1 INTRODUÇÃO

O concreto é um dos materiais de construção mais utilizados no mundo, devido a diversos fatores. Conforme afirmam Mehta e Monteiro (2014), sua excelente resistência à água, facilidade de moldagem em diferentes formas, baixo custo e ampla disponibilidade são algumas das razões que justificam seu uso extensivo.

A utilização do aço como reforço para o concreto iniciou-se no século XIX buscando uma melhor relação resistência/peso do concreto. Entretanto, este avanço trouxe uma desvantagem em relação à durabilidade do material devido à vulnerabilidade do aço à corrosão. As fibras surgem como alternativas às telas de aço e são elementos descontínuos que podem ter diferentes tamanhos e formatos, sendo fabricadas a partir de materiais variados, como aço, polímero e vidro.

As mudanças climáticas atuais têm tido um impacto direto nas estruturas devido à degradação que vem afetando diretamente o desempenho das mesmas. Desta forma, torna-se necessária a execução de técnicas de recuperação buscando aumentar a resiliência do concreto diante destas situações adversas.

Tipos de fibras com diferentes propriedades mecânicas, físicas e químicas têm sido empregados para reforçar matrizes cimentícias, sendo as de origem metálicas (aço) e poliméricas (polipropileno) as mais utilizadas atualmente (Alexander, Bentur e Mindess, 2017).

A adição de fibras metálicas em uma quantidade adequada pode aumentar significativamente a resistência à tração e ductilidade do concreto. A distribuição e orientação aleatória dessas fibras permite um reforço em três dimensões, algo que não pode ser alcançado com reforços convencionais, resultando em uma capacidade de tração mais uniforme. Assim, as fibras interceptam e transferem o estresse das fissuras formadas em todas as direções, elevando a resistência à tração de uma matriz fissurada, assim como a resistência ao cisalhamento dessas superfícies. Por esses motivos, as fibras podem melhorar substancialmente a resistência do concreto quando submetido a cargas de cisalhamento (Araújo et al., 2014).

As fibras sintéticas surgem como uma alternativa de adição que pode ser incluída no concreto e podem ser classificadas de acordo com sua forma física em microfibras (diâmetro inferior a 0,30 mm) e macrofibras (diâmetro superior a 0,30 mm). As microfibras buscam melhorar as propriedades do concreto ainda no estado fresco, reduzindo a exsudação e a fissuração por retração plástica. Já para as macrofibras, observa-se dimensões similares às fibras metálicas e possuem a finalidade de aumento de resistência pós-fissuração ao concreto (Leite, 2018).

O presente estudo apresenta os resultados de resistência à compressão, resistência à tração diametral e resistência à tração por compressão na flexão entre quatro traços de concreto com diferentes proporções de fibras metálicas e de macrofibras e microfibras de polipropileno. Assim, o objetivo do trabalho refere-se a analisar o desempenho mecânico do concreto a partir da associação com as fibras metálicas e sintéticas.

## 2 OBJETIVOS



Este artigo tem como objetivo demonstrar a influência das fibras no concreto, mostrando a eficiência e a boa combinação, na resistência do concreto.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Coleta de Dados

Para realização dos ensaios de laboratório, foi definido um traço de concreto cuja composição utilizava brita 0, com diâmetro máximo 12 mm, brita 1, com o diâmetro máximo 19 mm, areia “artificial” de caracterização média grossa e areia “natural” com a caracterização média fina. Para a primeira dosagem (traço 01), não houve adição de fibras, servindo este como referência. No traço 02 foi adicionada macrofibra de polipropileno, enquanto o traço 03, além da macrofibra, foi incluída a microfibra de polipropileno. Por fim, no traço 04 foi adicionada tanto a microfibra quanto a fibra metálica. Todas as dosagens utilizaram a mesma relação  $a/c = 0,49$ .

Para os 04 traços ensaiados, buscaram-se características de resistência à compressão  $F_{ck} = 30$  MPa, resistência à tração na flexão  $F_{ctm,k} = 4,2$  MPa e abatimento (“Slump”) = 120 +- 20 mm. O Quadro 1 apresenta as proporções para cada um dos traços apresentados. O artigo deverá ser inédito, cabendo ao autor declarar que o trabalho não foi publicado e não está sendo submetido a nenhuma outra revista. Uma vez aceito para publicação, o artigo não poderá ser republicado em nenhum outro lugar sem o consentimento dos editores.

Quadro 1 – proporção dos 04 traços adotados no estudo

<b>TRAÇO</b> <b>F<sub>ck</sub> = 30 MPa</b> <b>F<sub>ctm,k</sub> = 4,2 MPa</b> <b>Slump = 120 +- 20 mm</b>	<b>Traço 01</b>	<b>Traço 02</b>	<b>Traço 03</b>	<b>Traço 04</b>
Fibra Metálica - Dramix (kg/m <sup>3</sup> )	-	-	-	25
Macrofibra de polipropileno (kg/m <sup>3</sup> )	-	5,5	5,5	-
Microfibra de polipropileno (kg/m <sup>3</sup> )	-	-	0,6	0,6
Cimento CP II F 40 (kg/m <sup>3</sup> )	380	380	380	380
Brita 0 (kg/m <sup>3</sup> )	309	309	309	309
Brita 1 (kg/m <sup>3</sup> )	720	720	720	720
Areia Artificial (kg/m <sup>3</sup> )	156	156	156	156
Areia Natural (kg/m <sup>3</sup> )	615	615	615	615
Água	185	185	185	185
Fator a/c	0,49	0,49	0,49	0,49

Fonte: Autores (2024)

Para cada um dos traços dosados foram moldados corpos de prova do tipo cilíndrico (dimensões de 10x20 cm) para realização de ensaios de resistência à compressão axial e de resistência à tração por compressão diametral, além de corpos de prova do tipo prismático



(dimensões de 10x10x20 cm) para ensaios de resistência à tração na flexão. Analisou-se também a variação da resistência em função do tempo realizando cada um dos ensaios em 02 corpos de prova para as idades de 7, 14 e 28 dias. Desta forma, após a realização dos 03 ensaios citados adotando as variáveis de tipo de traço e idade de ruptura dos corpos de prova, ensaiou-se um total de 72 corpos de prova. O Quadro 2 apresenta a distribuição do número de ensaios realizados.

Os traços foram misturados em laboratório em condições controladas e padronizadas seguidos da moldagem de corpos de prova e do processo de cura em tanque de água saturado com cal conforme referência normativa NBR 5738:2015 - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova.

Quadro 2 – Quantidade de corpos de prova ensaiados para cada um dos ensaios realizados

Ensaio	Resistência à Compressão Axial	Resistência à Tração por Compressão Diametral	Resistência à Tração na Flexão
<b>Traço 01</b>	2 CP's (7 dias) 2 CP's (14 dias) 2 CP's (28 dias)	2 CP's (7 dias) 2 CP's (14 dias) 2 CP's (28 dias)	2 CP's (7 dias) 2 CP's (14 dias) 2 CP's (28 dias)
<b>Traço 02</b>	2 CP's (7 dias) 2 CP's (14 dias) 2 CP's (28 dias)	2 CP's (7 dias) 2 CP's (14 dias) 2 CP's (28 dias)	2 CP's (7 dias) 2 CP's (14 dias) 2 CP's (28 dias)
<b>Traço 03</b>	2 CP's (7 dias) 2 CP's (14 dias) 2 CP's (28 dias)	2 CP's (7 dias) 2 CP's (14 dias) 2 CP's (28 dias)	2 CP's (7 dias) 2 CP's (14 dias) 2 CP's (28 dias)
<b>Traço 04</b>	2 CP's (7 dias) 2 CP's (14 dias) 2 CP's (28 dias)	2 CP's (7 dias) 2 CP's (14 dias) 2 CP's (28 dias)	2 CP's (7 dias) 2 CP's (14 dias) 2 CP's (28 dias)

Fonte: Autores (2024)

Ao atingir as respectivas idades para realização dos ensaios, realizou-se preparo com capeamento de pasta de cimento com relação de a/c 0,40 conforme procedimento NM 77:96 (Confirmada em 2019) - Concreto - Preparação das bases dos corpos de prova e testemunhos cilíndricos para ensaio de compressão.

## 2.2 Ensaios Realizados

Com os corpos de prova devidamente preparados, os ensaios realizados seguiram as respectivas referências normativas: NBR 5739:2018 - Ensaio de compressão em corpos de prova cilíndricos; NBR 12142:2010 – Determinação de resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos; e NBR 7222:2011 – Concreto e argamassa – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos.



### 2.3 Análise estatística dos resultados obtidos

Para verificar se existe presença de Outliers (valores extremos), foi feito um intervalo qui-quartílico.

As resistências dos concretos com fibras em função dos concretos convencionais são dados que provém de uma família de distribuição normal, comprovado pelo teste de aderência Shapiro-Wilks com auxílio do software estatístico R, com os valores obtidos nos ensaios de resistência a compressão axial, resistência a compressão diametral e de resistência a tração na compressão.

pretende-se determinar dados de comparação do traço 01 com concreto simples em relação aos demais traços com fibra, para só então realizar uma Análise de Variância (ANOVA) para cada um dos três ensaios.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As Tabelas 3, 4 e 5 apresentam os resultados para os respectivos ensaios realizados de resistência à compressão, resistência à tração por compressão diametral e resistência à tração na flexão.

Tabela 1 – Resultado do ensaio de resistência à compressão axial realizado para os 04 traços nas idades de 07, 14 e 28 dias.

Ensaio	Resistência à Compressão		
	7 dias	14 dias	28 dias
<b>Traço 01</b>	29,7	33,6	37,4
<b>(MPa)</b>	27,7	31,7	35,6
<b>Traço 02</b>	30,2	35,1	38,7
<b>(MPa)</b>	29,4	34,0	37,7
<b>Traço 03</b>	29,8	34,2	39,7
<b>(MPa)</b>	29,4	32,4	38,1
<b>Traço 04</b>	31,0	36,2	41,5
<b>(MPa)</b>	29,4	31,0	40,6

Fonte: Autores (2024)

Tabela 2 – Resultado do ensaio de resistência à tração por compressão diametral realizado para os 04 traços nas idades de 07, 14 e 28 dias.

Ensaio	Resistência à Tração por Compressão Diametral		
	7 dias	14 dias	28 dias
Traço 01 (MPa)	2,2	2,6	2,9
	2,1	2,5	2,9
Traço 02 (MPa)	2,2	2,5	2,8
	2,1	2,5	2,8
Traço 03 (MPa)	2,1	2,4	2,8
	2,0	2,4	2,8
Traço 04 (MPa)	2,0	2,4	2,7
	2,0	2,3	2,7

Fonte: Autores (2024)

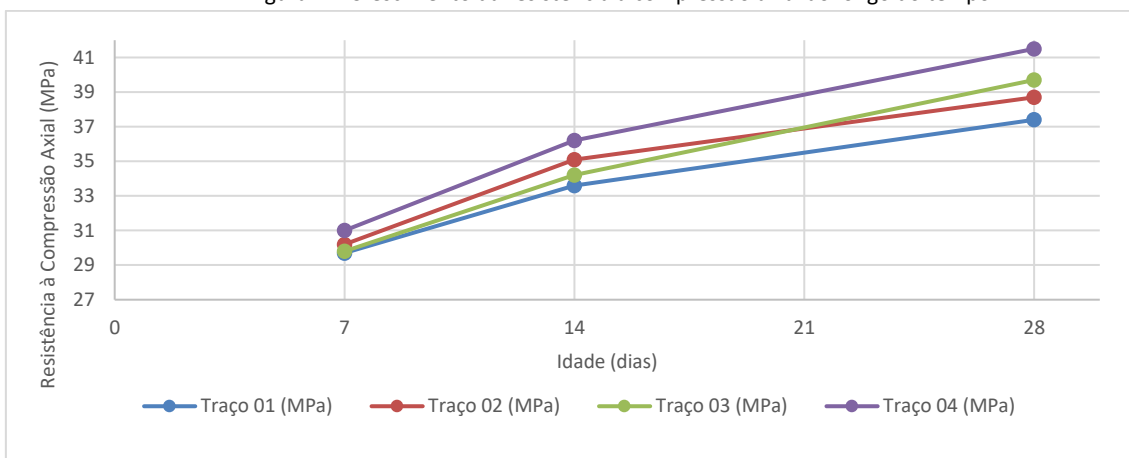
Tabela 3 – Resultado do ensaio de resistência à tração na flexão realizado para os 04 traços nas idades de 07, 14 e 28 dias.

Ensaio	Resistência à Tração na Flexão		
	7 dias	14 dias	28 dias
Traço 01 (MPa)	3,7	4,0	4,4
	3,5	4,1	4,3
Traço 02 (MPa)	3,8	4,1	4,6
	3,7	3,9	4,4
Traço 03 (MPa)	3,9	4,4	4,7
	3,8	4,1	4,6
Traço 04 (MPa)	3,9	4,6	5,0
	3,8	4,4	4,9

Fonte: Autores (2024)

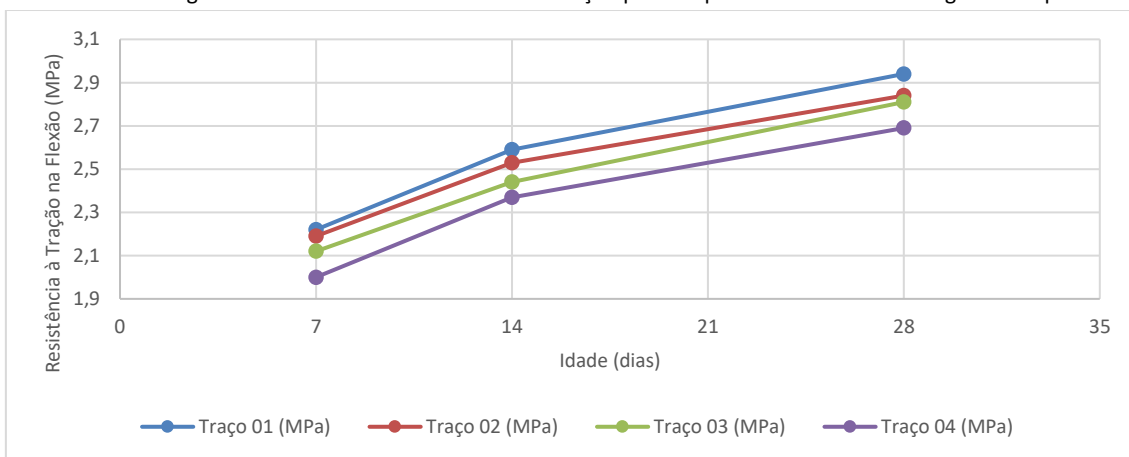
As Figuras 1, 2 e 3 demonstram o crescimento dos resultados dos ensaios realizados em função das idades ensaiadas. Ressalta-se que são apresentados os maiores resultados de cada par, conforme critério de aceitação presente na NBR 12655:2022 – Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento.

Figura 1 – Crescimento da resistência à compressão axial ao longo do tempo



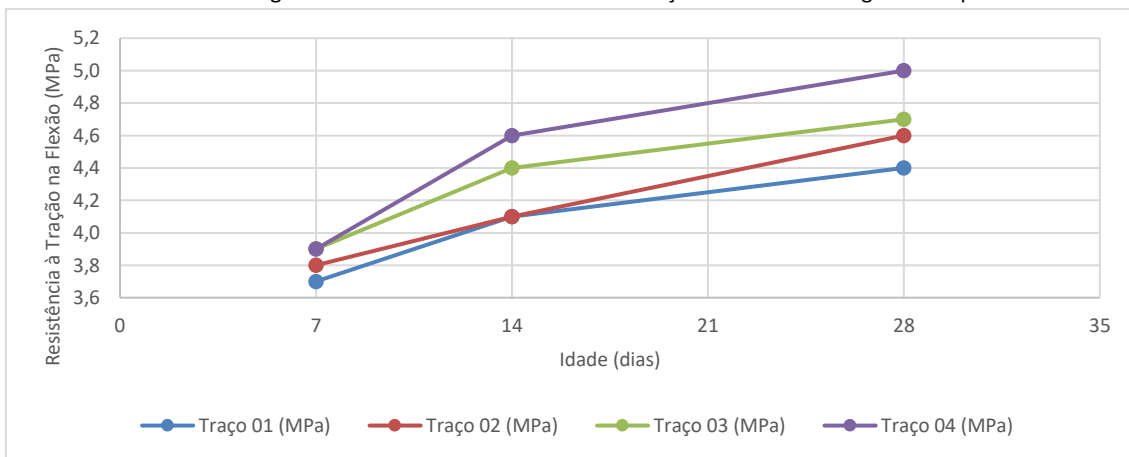
Fonte: Autores (2024)

Figura 2 – Crescimento da resistência à tração por compressão diametral ao longo do tempo



Fonte: Autores (2024)

Figura 3 – Crescimento da resistência à tração na flexão ao longo do tempo



Fonte: Autores (2024)





Conforme Tabela 1, para os ensaios de resistência à compressão axial, verifica-se uma homogeneidade entre os resultados obtidos para os traços 02, 03 e 04 com presença de fibras, quando comparados ao traço 01 sem fibras, em qualquer uma das 03 idades analisadas. O crescimento observado entre os valores de 7 e 28 dias manteve-se praticamente constante para os 04 traços em um valor aproximado de 30%. Ao adicionar fibras metálicas no traço 04, observou-se um leve crescimento na resistência à compressão axial quando comparado aos demais traços, sendo mais evidenciado para a idade de 28 dias, em cerca de 11%, quando comparado ao traço de controle nesta mesma idade (Figura1).

Analisando os resultados dos ensaios de resistência à tração por compressão diametral, constantes do Tabela 2, observa-se uma forte homogeneidade entre os resultados dos 04 traços ensaiados em cada uma das 03 idades, como comprovado estatisticamente. Considerando todos os corpos de prova ensaiados aos 7 dias, foi encontrado um valor médio de 2,1 MPa, enquanto para os 14 dias foi de 2,5 MPa e de 2,8 MPa para 28 dias. O crescimento médio observado dos resultados de 7 para 28 dias, foi de 32% para os valores obtidos.

No Tabela 3, referente aos ensaios de resistência à tração na flexão, observam-se resultados homogêneos para os traços 01, 02 e 03, com valores médios de 3,8 MPa e 4,6 MPa para as respectivas idades de 7 e 28 dias e um crescimento médio de 20% entre eles. O traço 04 difere em relação aos demais, pois devido à presença do teor de fibra metálica, ocorre um aumento de 13% para o resultado aos 28 dias, em relação ao traço 01 sem fibras nesta mesma idade.

Análise estatística com software estatístico “R”



Tabela 4 – Banco de dados utilizados para análise estatística em Software “R”

Tipo de fibra	Traço	Idade (Dias)	Ensaio de Compressão Axial (MPa)	Ensaio de Compressão diâmetral (MPa)	Ensaio de Tração na flexão (Mpa)
Concreto convencional sem fibras	1	7	29,7	2,22	3,7
Concreto convencional sem fibras	1	14	33,6	2,59	4
Concreto convencional sem fibras	1	28	37,4	2,94	4,4
Macrofibra (4,0 kg/m <sup>3</sup> )	2	7	30,2	2,19	3,8
Macrofibra (4,0 kg/m <sup>3</sup> )	2	14	35,1	2,53	4,1
Macrofibra (4,0 kg/m <sup>3</sup> )	2	28	38,7	2,84	4,6
Macrofibra (5,5 kg/m <sup>3</sup> ) e Microfibra de polipropileno (0,6 kg/m <sup>3</sup> )	3	7	29,8	2,12	3,9
Macrofibra (5,5 kg/m <sup>3</sup> ) e Microfibra de polipropileno (0,6 kg/m <sup>3</sup> )	3	14	34,2	2,44	4,4
Macrofibra (5,5 kg/m <sup>3</sup> ) e Microfibra de polipropileno (0,6 kg/m <sup>3</sup> )	3	28	39,7	2,81	4,7
Fibra Metálica - Dramix (25 kg/m <sup>3</sup> ) e Microfibra de polipropileno (0,6 kg/m <sup>3</sup> )	4	7	31	2	3,9
Fibra Metálica - Dramix (25 kg/m <sup>3</sup> ) e Microfibra de polipropileno (0,6 kg/m <sup>3</sup> )	4	14	36,2	2,4	4,6
Fibra Metálica - Dramix (25 kg/m <sup>3</sup> ) e Microfibra de polipropileno (0,6 kg/m <sup>3</sup> )	4	28	41,5	2,7	5

Fonte: Autores (2024)

Figura 4 – verificar se existe presença de Outliers em Software “R”

```
> # Transformando a variável ID em fator
> dados$fibra <- factor(dados$fibra)
> dados$traco <- factor(dados$traco)
> dados$dias <- factor(dados$dias)
> glimpse(dados)
Rows: 12
Columns: 7
$ fibra <fct> 1, 1, 1, 2, 2, 2, 3, 3, 3, 4, 4, 4
$ traco <fct> 1, 1, 1, 2, 2, 2, 3, 3, 3, 4, 4, 4
$ dias <fct> 7, 14, 28, 7, 14, 28, 7, 14, 28, 7, 14, 28
$ axial <dbl> 29.7, 33.6, 37.4, 30.2, 35.1, 38.7, 29.8, 34.2, 39.7, 31.0, 36.2, 41.5
$ diametral <dbl> 2.22, 2.59, 2.94, 2.19, 2.53, 2.84, 2.12, 2.44, 2.81, 2.00, 2.40, 2.70
$ flexao <dbl> 3.7, 4.0, 4.4, 3.8, 4.1, 4.6, 3.9, 4.4, 4.7, 3.9, 4.6, 5.0
$ ID <fct> 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12
> # Verificando a presença de outliers por grupo
> dados %>% group_by(dias) %>%
+ identify_outliers(axial)
[1] dias fibra traco axial diametral flexao ID is.outlier
[9] is.extreme
<0 linhas> (ou row.names de comprimento 0)
> dados %>% group_by(dias) %>%
+ identify_outliers(diametral)
[1] dias fibra traco axial diametral flexao ID is.outlier
[9] is.extreme
<0 linhas> (ou row.names de comprimento 0)
> dados %>% group_by(dias) %>%
+ identify_outliers(flexao)
[1] dias fibra traco axial diametral flexao ID is.outlier
[9] is.extreme
<0 linhas> (ou row.names de comprimento 0)
```

Fonte: Autores (2024).

Com base nos dados apresentados no Tabela 4, e análise feita no software estatístico “R” na Figura 4, é possível afirmar a ausência de outliers nas medidas de resistência axial, diametral e flexão em cada tipo de fibra indica que não há valores extremos que poderiam distorcer as análises estatísticas. A identificação e tratamento de outliers são essenciais para garantir a robustez e a validade dos resultados obtidos, pois valores atípicos podem influenciar significativamente as conclusões da análise.

Figura 5 – teste de aderência Shapiro-Wilks em Software “R”

```
> dados %>% group_by(dias) %>%
+ shapiro_test(axial)
# A tibble: 3 × 4
  dias variable statistic p
<fct> <chr> <dbl> <dbl>
1 17 axial 0.880 0.338
2 14 axial 0.975 0.871
3 28 axial 0.993 0.972
> dados %>% group_by(dias) %>%
+ shapiro_test(flexao)
# A tibble: 3 × 4
  dias variable statistic p
<fct> <chr> <dbl> <dbl>
1 17 flexao 0.863 0.272
2 14 flexao 0.939 0.650
3 28 flexao 0.982 0.911
```

Fonte: Autores (2024).

Os testes de normalidade de Shapiro-Wilk aplicado na Figura 5 são utilizados para verificar se as medidas de resistência dos ensaios em cada traço descritos no Quadro 6, em função das fibras seguem uma distribuição normal. Os altos valores de p-valor (acima de 0.05) indicam que as medidas se aproximam de uma distribuição Normal, o que é fundamental para a aplicação de testes estatísticos paramétricos. Isso significa que as suposições de normalidade estão sendo atendidas, o que fortalece a validade das análises estatísticas realizadas.

Figura 6 – teste de Levene em Software “R”

```
> leveneTest(axial ~ traco, dados, center = mean)
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = mean)
Df F value Pr(>F)
group 3 0.0864 0.9655
8
> leveneTest(diametral ~ traco, dados, center = mean)
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = mean)
Df F value Pr(>F)
group 3 0.0101 0.9985
8
> leveneTest(flexao ~ traco, dados, center = mean)
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = mean)
Df F value Pr(>F)
group 3 0.2936 0.8291
8
```

Fonte: Autores (2024).

O teste de Levene realizado na Figura 6 é empregado para avaliar se as variâncias das medidas de resistência são consistentes entre os diferentes ensaios aplicados nos traços. Os altos valores de p-valor (acima de 0.05) indicam que as variâncias são homogêneas, ou seja, não há diferenças significativas na dispersão dos dados entre os grupos. A homogeneidade de



variância é uma premissa importante para a ANOVA, garantindo que as comparações entre os grupos sejam confiáveis e interpretáveis.

Figura 7 – Resultados da ANOVA em Software “R”

```
> anova_axial <- aov(axial ~ traco, dados)
> summary(anova_axial)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
traco   3  10.92   3.641   0.171 0.913
Residuals 8 170.39 21.298

> anova_diametral <- aov(diametral ~ traco, dados)
> summary(anova_diametral)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
traco   3  0.0770 0.02566   0.215 0.883
Residuals 8  0.9558 0.11947

> anova_flexao <- aov(flexao ~ traco, dados)
> summary(anova_flexao)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
traco   3  0.3692 0.1231   0.648 0.606
Residuals 8  1.5200 0.1900
```

Fonte: Autores (2024).

Os resultados da ANOVA indicam que não há diferenças estatisticamente significativas na adição de fibra em traços de concreto. Os altos valores de p-valor (acima de 0.05) sugerem que as médias das resistências não variam de forma significativa, o crescimento é uniforme entre os ensaios. Isso significa que, com base nos dados analisados, há evidências estatísticas para afirmar que a adição de fibras influencia na resistência do concreto de forma significativa.

#### 4 CONCLUSÕES

Com base nas análises realizadas, pode-se concluir que para os resultados dos ensaios realizados de resistência à compressão e resistência à tração por compressão diametral, foi observada uma certa homogeneidade nos valores obtidos para os 04 traços, indicando que não há influência quanto à presença de fibras sintéticas e/ou metálicas para estes ensaios, independente das idades de 7, 14 e 28 dias ensaiadas. Observa-se que para o traço 04 com presença de microfibras sintética e de fibra metálica, o valor de resistência à compressão teve um leve acréscimo da ordem 11% em relação ao traço 01, sem adições, para a idade de 28 dias. O crescimento da resistência do concreto manteve-se da ordem de 30% para ambos os ensaios quando comparando os valores de 7 e 28 dias.

Para os valores de resistência à tração na flexão, foi mantida a homogeneidade entre os resultados das amostras dos 04 traços. A influência das fibras é apenas observada para os corpos de prova rompidos aos 28 dias para o traço 04, no qual verifica-se um crescimento de 28% nos valores de 7 para 28 dias, enquanto para os demais traços este valor de crescimento equivale a 20% em média. Além disso, observou-se que ao adicionar a fibra metálica, o valor de resistência à tração na flexão aumentou em cerca de 14% em relação aos demais traços



Na análise estatística com auxílio do software “R”, foi observado que o crescimento das resistências dos concretos nos ensaios apresentados, apresentam distribuição Normal, possibilitando a análise estatística, que mostrou a influência das fibras no concreto convencional.

## REFERENCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5738**: Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5739**: ensaio de compressão em corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7222**: concreto e argamassa — Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 12655**: concreto – Determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 12142**: concreto – concreto de cimento Portland – preparo, controle, recebimento e aceitação. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

ALEXANDER, M.; BENTUR, A.; MINDESS, S. **Durability of concrete**: design and construction. Sidney: CRC Press, 2017.

ARAÚJO, D.; NUNES, F.; TOLEDO FILHO; ANDRADE, M. **Shear strength of steel fiber-reinforced concrete beams**. Acta Scientiarum. Technology, 36(3), 389-397, 2014.

LEITE, A. M. **Avaliação do uso da macrofibra polimérica na composição de concreto para fins estruturais**. 2018. Dissertação (Mestrado em Estruturas) - Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2018.

MEHTA, P. K; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto**: microestrutura, propriedades e materiais. São Paulo: IBRACON, 2014.

NORMA MERCOSUL. **NM 77**: concreto - preparação das bases dos corpos-de-prova e testemunhos cilíndricos para ensaio de compressão. 1996.