

## INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE MICROFIBRAS DE POLIPROPILENO NO DESGASTE POR ABRASÃO EM CONCRETOS EMPREGADOS EM PISOS

**Cristina Vitorino da Silva<sup>(1)</sup>; Denise Carpena Coitinho Dal Molin<sup>(2)</sup>**

(1) Doutoranda NORIE-PPGEC, Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
e-mail: cristina\_vitorino@yahoo.com.br

(2) Professora Doutora em Engenharia Civil, NORIE-PPGEC, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. e-mail: dmolin@ufrgs.br

### **Resumo**

*A microfibras de polipropileno (PP) é um tipo de fibra sintética que tem sido muito aplicada em estruturas de concreto, tais como pisos. Existem na bibliografia alguns trabalhos que mencionam que a adição de fibras sintéticas de PP ao concreto traz efeitos benéficos com relação à exsudação. Dentro deste contexto, cabe ressaltar que a diminuição de água exsudada evita a formação da camada enfraquecida na parte superior dos concretos, podendo reduzir o desgaste ocasionado pela abrasão. Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência da adição de microfibras de PP em concretos empregados em pisos, frente à tendência de desgaste superficial por abrasão. Neste particular, foi avaliada a influência do tipo de cimento (CP IV; CP V-ARI) e da adição de microfibras de PP (600 g/m<sup>3</sup>). Os ensaios adotados para esta avaliação foram o de resistência à compressão uniaxial, resistência à tração na flexão, exsudação e resistência à abrasão. Os resultados encontrados mostraram que o tipo de cimento, para uma mesma relação água/cimento (a/c), influenciou diretamente as propriedades mecânicas e a resistência à abrasão dos concretos. Por outro lado, esse fator não mostrou influência significativa na exsudação das misturas. Quanto ao teor de adição de microfibras de PP, não se verificou significância relevante para os resultados obtidos nos ensaios realizados.*

**Palavras-chave:** Pisos de concreto, Desgaste superficial, Abrasão, Microfibras de polipropileno.

### **Abstract**

*Polypropylene staple fiber is a synthetic fiber type that has been widely applied in concrete structures, such as floors. There are some studies in the literature mentioning that the addition of synthetic polypropylene staple fibers to concrete brings beneficial effects regarding to bleeding. It is noteworthy that the decrease of bled water prevents the formation of a weak layer on concrete top, which may reduce surface wear caused by abrasion. Therefore, the objective of this study was to assess the influence of polypropylene staple fibers addition in concrete commonly used in floors against the tendency of surface wear by abrasion. In this context, it was evaluated the cement type (CP IV; CP V-ARI) and addition content of polypropylene staple fibers (0.6 kg/m<sup>3</sup>). The tests used for this assessment were compressive strength, flexural tensile strength, bleeding and abrasion resistance. The results showed that the cement for the same water/cement ratio (w/c) directly influence the mechanical properties and abrasion resistance of concrete. On the other hand, this factor demonstrated no significant influence on the bleeding of the mixtures. With regard to the addition content of polypropylene staple fibers, there was no relevant significance in the results obtained from the performed assays.*

**Keywords:** Concrete floors, Surface Wear, Abrasion, Polypropylene staple fibers.

## 1. INTRODUÇÃO

As fibras têm sido amplamente utilizadas em concreto a fim de melhorar suas propriedades mecânicas e sua durabilidade. A microfibras de polipropileno (PP) é um tipo de fibra sintética que tem sido muito aplicada em estruturas de concreto, tais como pisos (TARR; FARNY, 2008), e muitos pesquisadores têm estudado as propriedades dos compósitos cimentícios com a adição de tal material (SUN; XU, 2009).

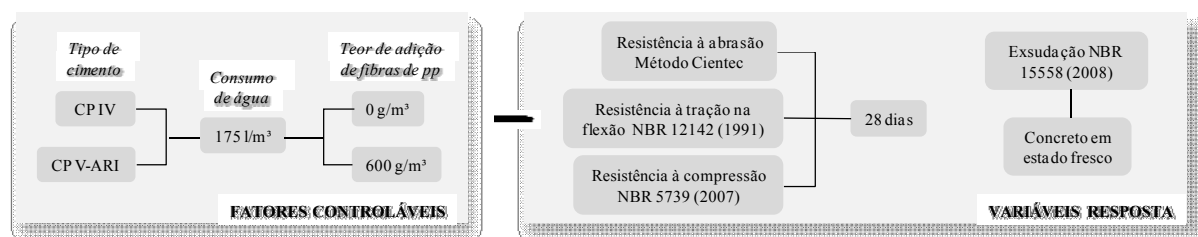
Chodounsky e Viecili (2007) relatam que as fibras sintéticas de PP ou nylon apresentam baixo módulo em comparação ao módulo de deformação do concreto, o que restringe a aplicação destas para o controle da fissuração por retração plástica, ou seja, enquanto o módulo de deformação do concreto for inferior ao da fibra. Por esta razão é que este material é caracterizado por proporcionar grandes benefícios no controle da fissuração do concreto nas primeiras idades. No entanto, segundo Richardson (2006) e Chodounsky e Viecili (2007), a adição de fibras sintéticas de PP ao concreto traz alguns efeitos secundários; um positivo, relacionado à redução da exsudação, diminuindo a mobilidade da água através da elevada superfície específica das fibras, e outros dois negativos, relacionados à redução da trabalhabilidade dos compósitos e ao possível afloramento das fibras em decorrência da baixa densidade das mesmas, principalmente em misturas com elevada plasticidade. Cabe ressaltar que, de acordo com os autores, a diminuição de água exsudada evita a formação da camada enfraquecida na parte superior dos concretos, diminuindo o desgaste superficial ocasionado pela abrasão.

Desta forma, a avaliação do uso destas microfibras adicionadas ao concreto foi considerada relevante; logo, buscou-se avaliar um teor de adição de microfibras de PP considerado ideal por fabricantes ( $600 \text{ g/m}^3$ ). Neste sentido, o objetivo deste trabalho é avaliar a influência da adição de microfibras de PP em concretos convencionais empregados em pisos com relação ao fenômeno do desgaste por abrasão.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A figura 1 apresenta o programa experimental empregado neste estudo.

Figura 1 – Programa experimental



### 2.1. Materiais Utilizados

Nesta pesquisa utilizaram-se cimentos CP IV e CP V-ARI. Tais cimentos foram caracterizados segundo o ensaio de massa específica (ABNT, NM 23/2001), apresentando valores de  $2,60 \text{ g/cm}^3$  e  $3,03 \text{ g/cm}^3$ , respectivamente, e segundo o ensaio de determinação da superfície específica (Blaine), constatando-se valores de  $5480 \text{ cm}^2/\text{g}$  e  $5100 \text{ cm}^2/\text{g}$ , respectivamente. Como agregado miúdo empregou-se uma areia de origem quartzosa natural, e, como agregado graúdo, uma brita de origem basáltica. Estes foram caracterizados quanto as suas propriedades físicas, segundo expresso na tabela 1.

Tabela 1 – Caracterização física dos agregados empregados

Ensaio	Norma	Areia	Brita
Massa unitária (g/cm <sup>3</sup> )	ABNT, NM 45/1996	1,55	1,55
Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )	ABNT, NM 52-53/ 2003	2,63	2,86
Módulo de finura	ABNT, NM 248/2003	2,55	6,74
Dimensão máxima característica (mm)	ABNT, NM 248/2003	4,75	19,00

Como adição foram utilizadas microfibras de PP, a qual, segundo seu fabricante, apresenta área superficial específica de 366 cm<sup>2</sup>/g, comprimento de 6 mm e diâmetro de 12 µm. A água utilizada na dosagem dos concretos foi proveniente da rede de abastecimento pública da cidade de Porto Alegre (RS). O aditivo químico utilizado nas misturas foi um superplastificante para concreto, a base de éter carboxílico, com densidade de 1,10 g/cm<sup>3</sup>.

## 2.2. Metodologia

Para este estudo foi adotada a metodologia de dosagem baseada no método do IPT/EPUSP, proposta por Helene e Terzian (1992), onde os parâmetros utilizados foram a obtenção de um abatimento de tronco de cone de 100 ± 20 mm, definido com base em especificações de projeto para pisos de concreto, e um teor de argamassa ( $\alpha$ ) de 55%, determinado experimentalmente. As tabelas 2 e 3 apresentam as dosagens experimentais realizadas para os cimentos pozolânico (CP IV) e de alta resistência inicial (CP V-ARI), respectivamente.

Tabela 2 – Dosagem experimental: cimento CP IV

Traço unitário (1:m)	Relação água/cimento (a/c)	Resistência potencial 28 dias (MPa)	Consumo de cimento (kg/m <sup>3</sup> )	H (%)	Abatimento (mm)
1 : 3,5	0,43	30,9	486	9,66	80
1 : 5,0	0,53	26,1	370	8,86	80
1 : 6,5	0,67	17,1	295	8,92	100

Tabela 3 – Dosagem experimental: cimento CP V-ARI

Traço unitário (1:m)	Relação água/cimento (a/c)	Resistência potencial 28 dias (MPa)	Consumo de cimento (kg/m <sup>3</sup> )	H (%)	Abatimento (mm)
1 : 3,5	0,39	49,2	503	8,77	85
1 : 5,0	0,50	38,1	378	8,36	95
1 : 6,5	0,64	28,7	300	8,54	85

Para determinação dos traços de concreto foram fixados o valor referente à relação a/c e o consumo de água, sendo estes definidos como 0,53 e 175 l/m<sup>3</sup>; parâmetros comumente utilizados em especificações de projetos de pisos de concreto. Além disso, para os concretos estudados, os valores referentes aos seus abatimentos foram fixados em 100 ± 20 mm. Todos os traços de concreto receberam dosagem de aditivo superplastificante de acordo com o necessário para se manter a trabalhabilidade das misturas e promover uma maior dispersão dos materiais. A tabela 4 apresenta os parâmetros dos traços avaliados nesta pesquisa.

Tabela 4 – Traços dos concretos avaliados nesta pesquisa

Traço	Fatores controláveis			Consumo de cimento (kg/m <sup>3</sup> )	Traço unitário			Parâmetros			
	Tipo de cimento	Consumo de água (l/m <sup>3</sup> )	Teor de fibras de PP (g/cm <sup>3</sup> )		cim	a	p	H (%)	$\alpha$ (%)	Abat. (mm)	Aditivo (%)
1 A	CP IV	175	0	330	1	2,87	3,16	7,54	55	100	0,16
2 A	CP IV	175	600	330	1	2,87	3,17	7,54	55	110	0,27
1 B	CP V-ARI	175	0	330	1	3,04	3,30	7,22	55	100	0,03
2 B	CP V-ARI	175	600	330	1	3,04	3,30	7,22	55	100	0,14

### 3. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste item estão apresentados os resultados obtidos para as propriedades analisadas. Cabe salientar que foi realizada uma análise estatística dos dados através do método de análise de variância (ANOVA).

#### 3.1. Propriedades Mecânicas

As análises dos dados experimentais obtidos para as resistências à compressão uniaxial e à tração na flexão dos concretos encontram-se nas tabelas 5 e 6, nas quais verifica-se que somente o efeito isolado do tipo de cimento foi estatisticamente significativo nos resultados obtidos para tais propriedades.

Tabela 5 – Análise de variância (ANOVA) – Resistência à compressão aos 28 dias

	GDL	MQ	F (calc)	P	SIGNIFICÂNCIA
Tipo de cimento (1)	1	467,28	22,1501	0,000135	S
Fibras (2)	1	67,54	3,2013	0,088734	NS
1 x 2	1	72,59	3,4410	0,078398	NS
Erro	20	21,10			

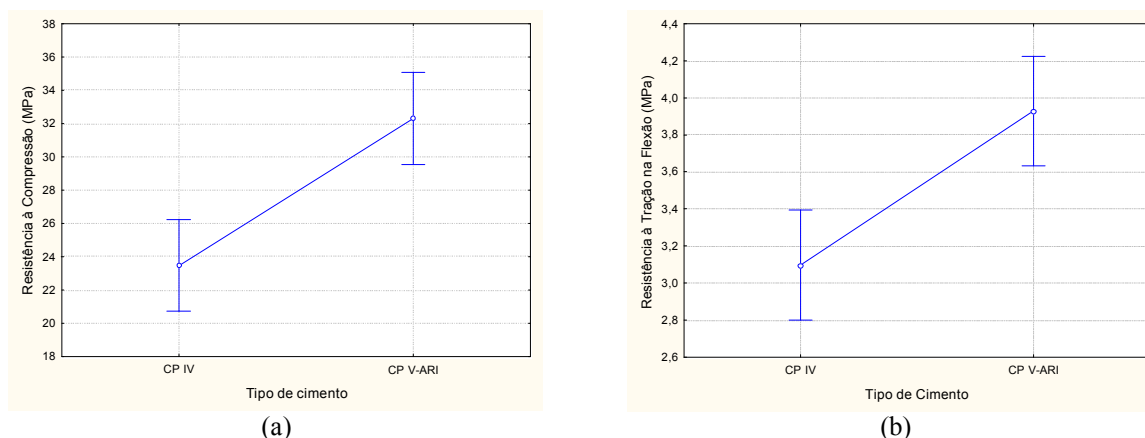
GDL: graus de liberdade (n-1) MQ: média quadrática F(calc): valor calculado de F p: nível de significância S: valor significativo NS: valor não significativo Se  $p < 5\%$  = efeito significativo

Tabela 6 – Análise de variância (ANOVA) – Resistência à tração na flexão aos 28 dias

	GDL	MQ	F (calc)	P	SIGNIFICÂNCIA
Tipo de cimento (1)	1	4,1583	17,101	0,000513	S
Fibras (2)	1	0,1162	0,478	0,497328	NS
1 x 2	1	0,0002	0,001	0,977171	NS
Erro	20	0,2432			

A figura 2 apresenta a tendência de comportamento para o efeito isolado do tipo de cimento nas propriedades mecânicas dos concretos estudados.

Figura 2 – Efeito isolado do tipo de cimento: (a) na resistência à compressão uniaxial e (b) na resistência à tração na flexão dos concretos



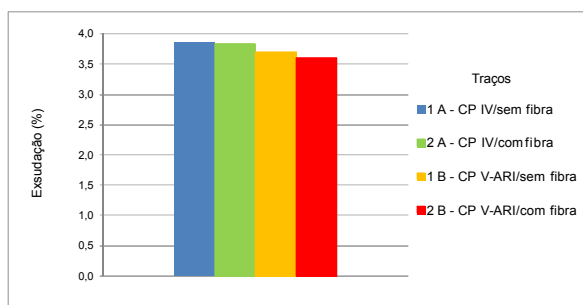
Através da figura, é possível verificar a influência significativa do tipo de cimento nas propriedades mecânicas dos concretos estudados. A hidratação do cimento pozolânico se dá de forma mais lenta, fato que afeta diretamente a porosidade da matriz cimentícia nas idades mais jovens, e, portanto, a resistência à compressão e à tração na flexão dos compostos. Logo, a resistência mecânica dos concretos com cimento pozolânico, para uma mesma relação a/c e na idade de 28 dias foi inferior, principalmente por conta da velocidade das reações de hidratação, da menor quantidade de clínquer na composição, em função da substituição por

pozolanas, e da menor quantidade de  $C_3S$ .

### 3.2. Exsudação

A figura 3 apresenta os resultados da exsudação para os traços de concreto estudados.

Figura 3 – Quantidade de água exsudada expressa como uma porcentagem da água de amassamento



Analisando a figura, observa-se que a presença das microfibras de PP nas misturas de concreto com os cimentos CP IV e CP V-ARI mostraram uma leve tendência de redução da exsudação, no entanto, através de análise estatística verificou-se que esta redução não foi significativa. Além disso, o tipo de cimento empregado na produção dos concretos também não influenciou de forma significativa os resultados obtidos para tal propriedade. Fato que pode ser explicado em função da finura dos cimentos, uma vez que ambos mostraram valores semelhantes para a área superficial específica determinada através do ensaio de permeabilidade ao ar pelo Método de Blaine (item 2.1), comportamento não esperado.

### 3.3. Resistência à Abrasão

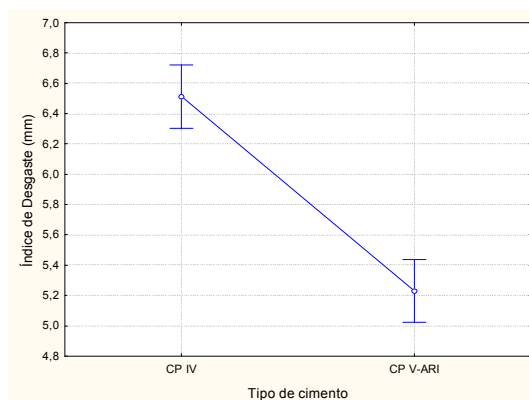
A análise dos dados experimentais obtidos para a resistência à abrasão dos concretos encontra-se na tabela 7, onde somente o fator isolado tipo de cimento mostrou ser estatisticamente significativo nos resultados.

Tabela 7 – Análise variância (ANOVA) – Resistência à abrasão aos 28 dias

	GDL	MQ	F (calc)	P	SIGNIFICÂNCIA
Tipo de cimento (1)	1	3,670	11,948	0,001765	S
Fibras (2)	1	0,022	0,071	0,791446	NS
1 x 2	1	0,239	0,779	0,385066	NS
Erro	28	0,307			

A figura 4 demonstra o comportamento para o tipo de cimento na resistência à abrasão dos concretos.

Figura 4 – Efeito isolado do tipo de cimento na resistência à abrasão dos concretos



Através da análise da figura, verifica-se a influência da variável tipo de cimento na resistência à abrasão dos concretos estudados, conforme esperado. Os resultados de desgaste encontrados para os concretos com cimento CP V-ARI foram significativamente menores quando comparados aos concretos com cimento CP IV. Tal resultado verificado mostra uma importante relação das propriedades de resistência dos concretos com a resistência à abrasão. Resumidamente, a resistência superficial pode ser correlacionada diretamente com as propriedades mecânicas dos concretos, como já relatado por alguns autores (CHODOUNSKY; VIECILI, 2007; SIDDIQUE; KHATIB, 2009).

#### 4. CONCLUSÕES

O teor de adição de microfibras de PP não mostrou influência significativa nas propriedades mecânicas, na exsudação e na abrasão, fato já esperado, uma vez que este tipo de fibra empregado destina-se, principalmente, para melhorar a fissuração por retração dos compósitos cimentícios. Importante salientar que alguns estudos encontrados na bibliografia mencionam a influência das microfibras de PP na exsudação, o que não foi observado nesta pesquisa, considerando o teor analisado (600 g/m<sup>3</sup>).

#### REFERÊNCIAS

- ASOCIACIÓN MERCOSUR DE NORMALIZACIÓN. **NM 45:95**: Agregados – Determinação da massa unitária e dos espaços vazios. [s. l.], 1996.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 23**: Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica. [s. l.], 2001.
- \_\_\_\_\_. **NBR NM 52**: Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.
- \_\_\_\_\_. **NBR NM 53**: Agregado graúdo – Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.
- \_\_\_\_\_. **NBR NM 76**: Cimento Portland – Determinação da finura pelo método de permeabilidade ao ar (Método Blaine). Rio de Janeiro: ABNT, 1998.
- \_\_\_\_\_. **NBR NM 248**: Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.
- \_\_\_\_\_. **NBR 5739**: Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.
- \_\_\_\_\_. **NBR 12142**: Concreto – Determinação da resistência à tração na flexão em corpos-de-prova prismáticos. Rio de Janeiro: ABNT, 1991.
- \_\_\_\_\_. **NBR 15558**: Concreto – Determinação da exsudação. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.
- CHODOUNSKY, M. A.; VIECILI, F. A. **Pisos Industriais de Concreto - Aspectos Teóricos e Executivos**. São Paulo: Reggenza, 2007.
- HELENE, P.; TERZIAN, P. **Manual de dosagem e controle do concreto**. São Paulo: PINI, 1992. 349p.
- RICHARDSON, A. E. Compressive strength of concrete with polypropylene fibre additions. **Structural Survey**. v. 24, n. 2, p. 138-153, 2006.
- SIDDIQUE, R.; KHATIB, J. M. Abrasion resistance and mechanical properties of high-volume fly ash concrete. **Materials and Structures**. v. 43, n. 5, p. 709-718, jul. 2009.
- SUN, Z.; XU, Q. Microscopic, physical and mechanical analysis of polypropylene fiber reinforced concrete. **Materials Science and Engineering A**. v. 527, n. 1-2, p. 198-204, dec. 2009.
- TARR, S. M.; FARNY, J. A. **Concrete Floors on Ground**. 4 ed. Portland Cement Association, Skokie, Illinois, U.S.A., 2008.