



ARGAMASSAS COM ESCÓRIA DE FORNO PENELA

Palavras-Chave: Resíduos sólidos, sustentabilidade, argamassas, desempenho.

MYLENA ALVES DE CASTRO – Faculdade de Tecnologia
Prof.^a Dr.^a GISLEIVA CRISTINA S. FERREIRA – Faculdade de Tecnologia
Eng.^a TAYNÁ FRACÃO SILVA – Faculdade de Tecnologia

INTRODUÇÃO

O setor da construção civil é um grande gerador de resíduos, além de consumir volumes consideráveis de recursos naturais não-renováveis (entre 14% e 50% dos recursos disponíveis no planeta (SILVA, 2018)). Nesse mesmo contexto, encontra-se o setor siderúrgico, o qual apresenta aspectos semelhantes aos da construção civil, em relação aos impactos ambientais. Esse setor produtivo é responsável pela geração de vários tipos de resíduos sólidos (escória de alto-forno, escória de aciaria, escória de forno panela), que representam cerca de 18 milhões de toneladas anuais no Brasil, ou aproximadamente 621Kg a cada tonelada de aço produzido (IABr, 2020).

A escória de forno panela (EFP), gerada em fornos de aciaria durante o processo secundário de refino do aço, apresenta composição química compatível ao cimento Portland, ou seja, com altos teores de óxido de cálcio e dióxido de silício (PEREIRA, 2018; BARBOSA, 2013).

Essa similaridade direcionou diversos estudos sobre a utilização da EFP como aglomerante ou agregado, a depender dos aspectos físico-químicos de cada lote (RODRIGUEZ et al., 2009; MANSO et al., 2011; ANASTASIOU, PAPAYIANNI, PAPACHRISTOFOROU, 2014; VILAPLANA et al., 2015; MARINHO, 2015; HERRERO et al., 2016; JIANG et al., 2018; SIDERIS et al., 2018).

Considerando esse contexto, o objetivo principal desse estudo foi determinar as propriedades físicas e mecânicas de argamassas cimentícias com EFP.

METODOLOGIA

Os principais materiais que foram utilizados nesta pesquisa estão listados na Tabela 1. A amostra de escória de forno panela (EFP) foi fornecida por uma empresa do setor siderúrgico, localizada no estado de São Paulo. As características físico-químicas desta amostra (inferidas pelo tipo de resfriamento), foram determinantes para o uso como aglomerante secundário, em substituição ao cimento Portland. Após os procedimentos de secagem da amostra, foi realizado peneiramento e moagem em moinho de bolas, sendo utilizado o material passante na peneira com abertura de 0,6 mm.

Material	Sigla	Origem/Tipo	Localização
Escória de forno panela	EFP	Indústria do setor siderúrgico	Região de Limeira, SP.
Cimento Portland	CP II-F	Indústrias de cimento (Brasil)	Região de Limeira, SP.
Cinza de casca de arroz	CCA	-	-
Água	-	Rede de abastecimento	Limeira, SP
Areia quartzosa	AM AF	Depósitos de materiais de construção	Região de Limeira, SP

Tabela 1 - Principais materiais que foram utilizados durante as etapas da pesquisa

A EFP foi caracterizada pelos seguintes ensaios: ABNT NBR NM 24:2003 (Teor de umidade); ABNT NBR 16605:2017 (Massa específica); Granulometria a laser; Fluorescência de Raios X (FRX) e Perda ao fogo (PF). Com base no estudo realizado por Pereira (2018), fixou-se o teor de substituição de cimento Portland (CP) por EFP em 30%. O traço adotado foi 1:6:X (CP; areia: água/CP), sendo que a relação a/c foi definida em função do ensaio de Flow Table (NBR 13276: 2016), considerando uma consistência normal de 260 mm (± 5 mm). A Tabela 2 detalha as proporções do traço e respectivas identificações.

Identificação	Aglomerantes			Agregado		Relação a/c
	Cimento	EFP	Cinza de casca de arroz	Areia		
1 *REF	1	0	0	6		1,13
2 REF-CCA**	0,9	0	0,1	6		1,26
3 ***EFP	0,70	0,30	0	6		1,62
4 EFP-CCA	0,60	0,30	0,1	6		1,95

*REF: argamassa referência (0% EFP); **CCA: cinza de casca de arroz; ***EFP: escória de forno panela.

Tabela 2 – Proporções do traço de argamassa - 1:6:x

Os ensaios para a determinação das propriedades das argamassas no estado fresco e endurecido foram: NBR 13276:2005 (Determinação índice de consistência); NBR 13277:2005 (Determinação da retenção de água); NBR 13278:2005 (Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado); NBR 13279:2005 (Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão); NBR 13280:2005 (Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido); NBR 15259:2005 (Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade).

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Na primeira etapa da pesquisa foi realizada a caracterização química, física e mineralógica da amostra de EFP. As curvas granulométricas EFP, CP e CCA estão representadas na Figura 1.

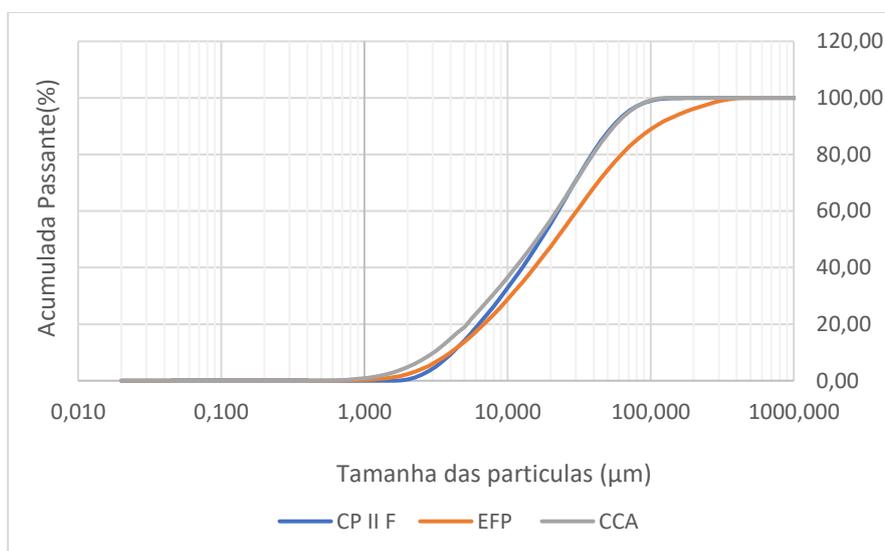


Figura 1 – Curvas Granulométricas das amostras de EFP, CCA e CP II-F

A tabela 3 apresenta os resultados da massa específica dos materiais utilizados nas argamassas (EFP, CP, CCA e Areia) e o teor de umidade, juntamente com os principais dados extraídos da Figura 1 (D (0.1); D (0.5); D (0.9); DM), respectivamente, diâmetro correspondente a 10% do material passante; diâmetro correspondente a 50% do material passante; diâmetro correspondente a 90% do material passante e diâmetro médio.

Amostras	Diâmetro (μm)				Massa específica (g/cm^3)	Teor de umidade (%)
	D (0.1)	D (0.5)	D (0.9)	Diâmetro médio (DM)		
CP II - F	4,14	17,14	54,18	25,15	3,00	-
EFP	4,00	21,83	107,96	44,60	2,70	0,34
Areia	-	-	-	-	2,65	-
CCA	3,05	16,07	55,60	24,91	2,05	-

Tabela 3 – Diâmetro médio, massa específica e teor de umidade das amostras

Na Tabela 4 é apresentada a composição química das amostras dos materiais utilizado na pesquisa, obtidos conforme análises de FRX.

Amostra	Elementos químicos (%)											PF (%)
	CaO	SiO ₂	MgO	Fe ₂ O ₃	MnO	SO ₃	Si	K	Ca	Al	Mn	
EFP	54,6	9,78	5,79	7,59	7,29	-	-	-	-	-	-	12
CCA	-	-	-	-	-	-	88,94	5,97	1,66	1,33	1,15	-
CPII-F	63,4	12,4	2,83	3,86	-	2,76	-	-	-	-	-	10,8

Tabela 4 – Composição química das amostras

Na segunda etapa da pesquisa foi realizado os ensaios para determinar as propriedades das argamassas no estado fresco e endurecido. A tabela 5 apresenta todos os resultados obtidos no estado fresco, através das normas NBR 13276; NBR 13277 e NBR 13278. A Tabela 6 apresenta todos os resultados no estado endurecido pelas normas NBR 13279; NBR 13280 e NBR 15259 aos 28 dias.

Material	Índice de consistência (mm)	Retenção de água (%)	Densidade (Kg/m ³)
REF	257	74	2158
REF-CCA	258	77	2153
EFP	260	63	2138
EFP-CCA	262	79	2174

Tabela 5 – Ensaios realizado no estado fresco

Traço	R _{t,m} (MPa)	DP (MPa)	CV (MPa)	Classe	R _{c,m} (MPa)	DP (MPa)	CV (MPa)	Classe	Densidade (Kg/m ³)	Classe	Coefficiente de capilaridade	Classe
REF	1,82	0,09	0,05	R2	6,81	0,45	0,07	P5	1905	M5	4,38	C4
REF-CCA	1,84	0,04	0,02	R2	6,19	0,23	0,04	P4	1915	M5	5,79	C4
EFP	1,48	0,07	0,05	R2	4,66	0,17	0,04	P4	1879	M5	8,95	C5
EFP-CCA	1,41	0,16	0,11	R2	4,13	0,19	0,05	P4	1899	M5	9,35	C5

Tabela 6 – Ensaios realizados no estado endurecido aos 28 dias

CONCLUSÕES

Ao considerar os objetivos deste trabalho, pode-se concluir que o uso da EFP como aglomerante secundário, na substituição parcial do CP (30%), não prejudicou o comportamento das argamassas em função da resistência à tração na flexão, pois a classificação em função da NBR 13281 (ABNT, 2005), foi igual para todos os traços. Já em relação resistência à compressão, a classificação foi diferente entre o traço referência e os demais traços. Para o coeficiente de capilaridade, a presença da EFP proporcionou o aumento desse parâmetro em relação ao traço referência, o que pode ser considerado como uma vantagem, já que as argamassas de assentamento e revestimento precisam apresentar menor rigidez e maior capacidade de absorção das tensões provenientes da movimentação do substrato.

BIBLIOGRAFIA

- ANASTASIOU, E. K; PAPAYAIANNI, I.; PAPACHISTOFOROU, M. **Behavior of self compacting concrete containing ladle furnace slag and steel fiber reinforcement.** *Materials & Design*, v. 59, p. 454-460, 2014.
- BARBOSA, M R. **Caracterização geoambiental da escória de aciaria de cinco estados brasileiros.** [s. 1.] Dissertação (Mestrado em Geotecnia). Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 139f, 2013.
- HERERO, T. et al. **Effect of high-alumina ladle furnace slag as cement substitution in masonry mortars.** *Construction and Building Materials*, v. 123, p. 404-413, 2016.
- JIANG, Y. et al. **Characteristics of steel slag and their use in cement and concrete – A review.** *Resources, Conservation & Recycling*, v. 136, p. 187-197, 2018.
- MANSO, J. M. et al. **The durability of masonry mortars made with ladle furnace slag.** *Construction and Building Materials*, v. 25, n. 8, p. 3508-3519, 2011.
- MARINHO, Ana Luiza Borges. **Aglomerante ecológico para argamassas: reciclagem da escória de forno panela.** 2015.
- PAPAYAIANNI, I.; ANASTASIOU, E. **Effect of granulometry on cementitious properties of ladle furnace slag.** *Cement and Concrete Composites*, v. 34, p. 400-407, 2012.
- PEREIRA, V. F. R. **Utilização de escória de Forno Panela da Indústria Siderúrgica em Matrizes Cimentícias.** Dissertação (Mestrado em Tecnologia). Universidade Estadual de Campinas, Limeira, 146f, 2018.
- RODRIGUEZ, Á. et al. **Strength and workability of masonry mortars manufactured with ladle furnace slag.** *Resources, Conservation and Recycling*, v. 53, n. 11, p. 645-651, 2009.
- SIDERIS, K. K et al. **Mechanical Characteristics and durability of self compacting concretes produced with ladle furnace slag.** *Construction and Building Materials*, v. 170, p. 660-667, 2018.
- SILVA, Wanner Kelly Damasceno. **Caracterização da escória de aciaria e a avaliação do seu uso na produção de argamassa de revestimento.** Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Civil, Fortaleza, 2018
- VILAPLANA, A. S. -D. -G. et al. **Utilization of ladle Furnace slag from a steelwork for laboratory production of Portland cement.** *Construction and Building Materials*, v. 94, p. 837-843, 2015.