

USO DE REJEITO DE SIDERURGIA EM ARGAMASSA ECOEFICIENTE

Marina Magalhães Rodrigues¹, Rui Barbosa de Souza² Rafael Barreto Castelo da Cruz³

^{1,3} Departamento de Engenharia Civil, Centro Universitário FEI

² Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Sergipe
marinamagalhaesr@gmail.com e rafaelcastelo@fei.edu.br

Resumo: O objetivo do estudo é analisar os efeitos da incorporação de escória granular de alto-forno, gerada por usina com produção integrada de aço, nas propriedades de matrizes cimentícias, a fim de reduzir a demanda de extração de matérias-primas naturais e mitigar a pegada de CO_2 . Os resultados mostraram que a escória pode ser incorporada a matrizes cimentícias sem prejuízo significativo ao seu comportamento, em elevados teores (até 50% de incorporação).

1. Introdução

O Brasil possui importante participação no mercado siderúrgico mundial, com 27 usinas siderúrgicas, sendo 12 integradas e 15 semi integradas [2]. Segundo as estatísticas do Brazil Steel Institute, a produção brasileira de aço bruto foi de cerca de 32 milhões de toneladas no ano de 2020, sendo 55% sua parcela de produção na América latina [3].

Dentre as atividades desenvolvidas na indústria, a siderurgia é a atividade mais poluente de todos os setores da indústria metalúrgica, pois seu setor demanda por quantidades de energia e insumos que geram grandes quantidades de resíduos, emitem o gás carbônico responsável pelo fenômeno do efeito estufa, e geram os pós, lamas e escórias residuais [5].

No ano de 2008, foram encaminhados para aterros industriais cerca de 1.561.838 toneladas de resíduos sólidos. Neste mesmo ano, a quantidade de resíduos gerados durante o processo de fabricação de aço foi de 266,3 milhões de m^3 , o que equivale a marca de 14,7 milhões de toneladas de emissões de CO_2 na atmosfera. Estima-se que em média 0,7 tonelada de resíduo sólido é gerada para cada tonelada de aço produzido [5].

A indústria cimentícia também possui forte influência quanto à intensas emissões de gás carbônico na atmosfera. Dentre os materiais de construção civil responsáveis pela emissão dos gases de efeito estufa, tem-se o calcário em fase de decomposição, que é importante matéria-prima para a produção do cimento e apresenta processo industrial agressivo ambientalmente. A produção do clínquer libera cerca de 510 kg de CO_2 a cada 1 tonelada produzida [4].

Atualmente, órgãos ambientais estão crescendo suas exigências frente ao controle de geração de resíduos nas indústrias [5]. As empresas precisam desenvolver sistemas que agreguem em sua produtividade, enquanto preservam o meio ambiente.

Portanto, objetivou-se avaliar os efeitos da incorporação de escória granular de alto-forno, caracterizada como resíduo siderúrgico, a fim de avaliar a reatividade do material na interface cimento e rejeito, em conjunto com as propriedades mecânicas de

argamassas, onde a caracterização física e química, comparação com um material inerte e argamassa referencial, respectivamente, é o processo principal.

2. Metodologia

O fluxograma ilustrado na Figura 1 aponta um resumo do plano de trabalho que compõe este estudo, que está dividido em 4 etapas, descritas a seguir.

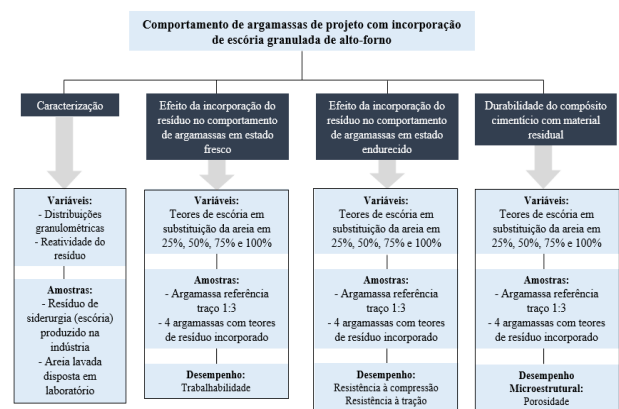


Figura 1 – Plano geral de trabalho

Caracterização dos materiais: Análises de composição física e química dos materiais utilizados.

Efeito da incorporação do resíduo no comportamento de argamassas em estado fresco: Esta etapa buscou compreender os efeitos da incorporação do resíduo de projeto frente a trabalhabilidade das argamassas, através do ensaio normatizado para índice de consistência de argamassa apontado na ABNT NBR 13276:2016 [1].

Efeito da incorporação do resíduo no comportamento de argamassas em estado endurecido: Nesta etapa buscou-se compreender o desempenho mecânico das argamassas de projeto, tanto no que tange seu desempenho a resistência à compressão quanto à tração por compressão diametral.

Durabilidade do composto cimentício com material residual: Com enfoque na durabilidade do material, analisou-se os índices de poros existente nos compósitos através do Princípio de Arquimedes.

3. Resultados

O ensaio da Mesa de Consistência demonstrou que a incorporação da escória granular não prejudicou a consistência da argamassa, resultando em pequeno aumento no espalhamento, conforme ilustra a Figura 2.

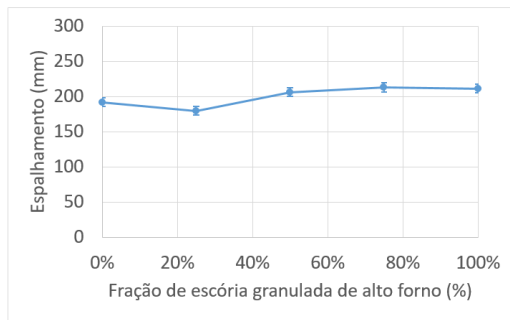


Figura 2 – Resultados de espalhamento devido ensaio de Mesa de Consistência

Há duas ações que podem atuar significativamente na demanda de água e consistência da mistura: (a) redução da área superficial específica da escória, considerando como premissa que as partículas são de formato esférico, e que a escória é mais grossa que a areia (Figura 3); (b) aumento da área superficial específica da escória devido sua morfologia fibrosa em parte de sua composição. No entanto, a resultante desses efeitos gerou misturas com menor demanda de água e espalhamentos superiores à argamassa referência, em traços com relação água/cimento fixada.

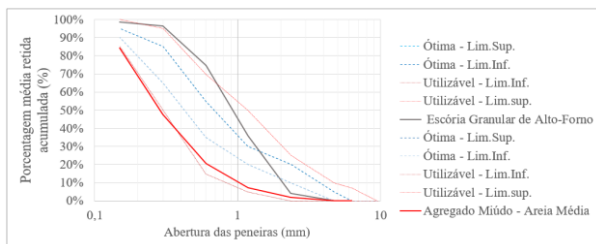


Figura 3 – Distribuição granulométrica da escória granulada de alto-forno e areia média lavada

A redução da consistência indica que há mais água sobrando na mistura, não necessária para hidratação do cimento e coesão das partículas, o que pode resultar em maior porosidade da matriz. No entanto, os resultados de porosidade foram estatisticamente iguais. Na compressão houve uma redução de até 20% da resistência a partir de 50% de incorporação de escória, sendo que na tração só a partir de incorporação superior à 75% mediu-se redução da resistência (Figura 4).

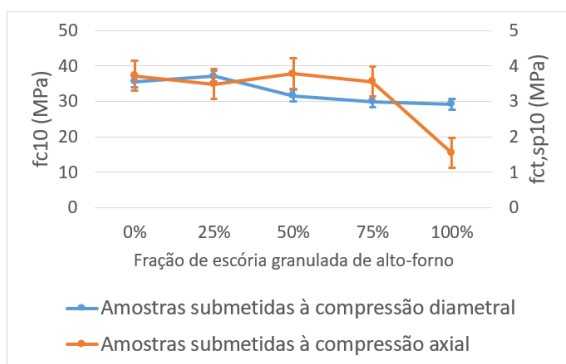


Figura 4 – Fração de incorporação de escória nas argamassas de projeto em relação ao comportamento mecânico em estado endurecido

Como o resíduo de estudo é um material que possui partículas e fibras (Figura 5), é possível que a fase fibrosa tenha retardado o início da abertura de microfissuras quando solicitadas mecanicamente, o que levou à equivalência de resultados frente à argamassa referência.

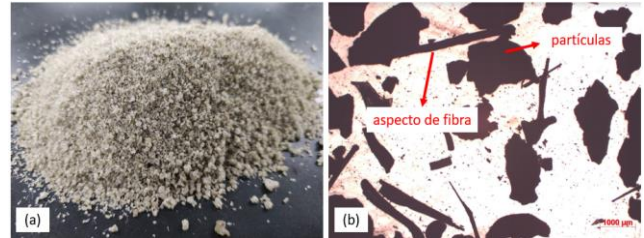


Figura 5 – (a) Fotografia da escória granulada de alto-forno (b) Microscopia óptica da escória granulada de alto-forno

4. Conclusões

Foi possível concluir que a incorporação da escória granulada de alto-forno tem potencial para ser incorporada como material substituinte da areia, sem prejuízo ao comportamento mecânico das argamassas, neste estudo, até o teor de 50%.

Como a escória de alto forno tem elevado grau de amorfismo, e solubilidade com as fases hidratadas do cimento, espera-se que a longo prazo o comportamento desses compostos possa melhorar, com a formação de fases químicas hidráulicas nas interfaces pasta-agregado. A análise a longo prazo desses compostos é uma sugestão para estudos futuros.

5. Referências

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13276:2016: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – determinação do índice de consistência.
- [2] CALDAS, Análise de duas rotas tecnológicas na siderurgia brasileira com foco na eficiência energética. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Curso de Engenharia de Produção. Faculdade de Engenharia da Universidade de Juiz de Fora, 2011.
- [3] INSTITUTO AÇO DO BRASIL. Estatísticas da Siderurgia. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://acobrasil.org.br/site/estatistica-mensal/>. Acesso em: janeiro/2022.
- [4] JOHN, V. M.; ANGULO, S. C.; KAHN, H. Controle da qualidade dos agregados de resíduos de construção e demolição reciclados para concretos a partir de uma ferramenta de caracterização. In: SATTler, M. A.; PEREIRA, F. O. R. Construção e meio ambiente. 1. ed. Porto Alegre: ANTAC, 2006. p. 168-207.
- [5] SANTOS, A. L. Inventário dos Rejeitos, Efluentes e Sub-Produtos das Indústrias Siderúrgicas Integradas na Fabricação de Aço Líquido. 2010.

¹ Aluna de IC do Centro Universitário FEI. Projeto com vigência de 11/2021 a 10/2022.