

III-267 – EMPREGO DE AREIA DE FUNDIÇÃO LIGADA QUIMICAMENTE EM ARGAMASSAS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL

Keilla Boehler Ferreira⁽¹⁾

Engenheira Agrícola pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Especialista em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Mestranda do Programa de Engenharia Ambiental – Universidade Federal do Rio de Janeiro.

João Alberto Ferreira⁽²⁾

Engenheiro, Mestre em Engenharia Ambiental e Doutor em Saúde Pública. Professor Adjunto da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ).

Luís Otávio Nunes da Silva⁽³⁾

Engenheira Agrônomo, Mestre e Doutor em Engenharia Agrícola. Professor Associado da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Endereço⁽¹⁾: Rua Sidnei Vasconcelos Aguiar, 1047, 1304, Bloco B. Glória. Macaé-RJ - CEP: 27937-010 - Brasil - Tel: +55 (21) 8324-9033 - e-mail: keillaboehler@gmail.com

RESUMO

Um grande problema enfrentado pela indústria de metalurgia atualmente é a disposição do resíduo gerado na produção de peças fundidas. A areia de fundição é utilizada como matéria prima dos moldes para vazamento de metais no processo de fundição. Em decorrência de impactos ambientais provocados pelo descarte inadequado do material e em alternativa aos custos com transporte e acondicionamento as fundições buscam soluções para a destinação do resíduo. Dentre as possíveis soluções, o emprego da areia descartada de fundição na construção civil é potencialmente considerado pela natureza do material e por possibilitar aplicações locais, próximas às unidades geradoras do resíduo. A aplicação do material residual como agregado na confecção de concretos e argamassas preconiza que sejam atendidos os requisitos para o agregado comum.

Este trabalho se propôs a avaliar a empregabilidade da areia descartada de uma fundição em argamassas. O processo de geração do resíduo baseia-se na mistura de ligantes químicos à areia e vazamento de ligas ferrosas. Visto isso, a avaliação foi composta das fases de classificação do resíduo, caracterização física e testes de resistência em argamassa confeccionada em traço 1:3 (cimento:areia), com substituição integral da areia convencional pela areia de fundição.

O material apresentou comportamento satisfatório nos critérios exigíveis para agregados miúdos nos ensaios realizados e se enquadrou na categoria III de resistência à compressão para argamassas evidenciando sua aptidão.

PALAVRAS-CHAVE: Areia de Fundição. Resíduos Sólidos. Construção Civil.

INTRODUÇÃO

A indústria de fundição tem participação efetiva na economia brasileira, sua produção serve de base para diversos setores como infra-estrutura, setor automobilístico, setores ferroviário e naval, entre outros. As fundições surgem num contexto de crescentes exigências ambientais como potenciais geradoras de resíduos, dentre eles destacam-se os vapores, a escória, materiais particulados e as Areias Descartadas de Fundição (ADF). Frente a essa tendência o setor direciona-se ao tratamento, aplicação e adequada destinação desses resíduos.

As areias descartadas de fundição são originadas em processos que utilizam moldes de areia para conformação das peças. O processo gera excedentes de areia regularmente, devido ao limite de diluição (mistura de areia residual com areia nova) e recirculação. A disposição do material residual é problemática pelo fato de incorporar partículas das ligas metálicas fundidas e outros elementos potencialmente poluidores.

Atualmente, o resíduo representa custo para a empresa geradora, relativos a seu transporte e disposição. As empresas do setor de fundição procuram alternativas como: aplicações externas dos seus resíduos, redução dos desperdícios, redução no número de moldes e um tratamento das areias de fundição que seriam descartadas.

O emprego da areia descartada de fundição na construção civil como agregado na confecção de concretos e argamassas é considerada pela natureza do material e por possibilitar aplicações locais. Ao atender, parâmetros de qualidade e resistência para emprego como agregado, as Areias Descartadas de Fundição (ADF) tornam-se um material com grande potencial econômico a ser explorado e impulsiona o crescente interesse em pesquisas para seu melhor aproveitamento. Em Santa Catarina e São Paulo, a areia residual da fundição pode ser reutilizada na construção civil, para fins não estruturais. Sabe-se que é possível utilizar o material no lastramento de ruas e confecção de artefatos de concreto.

Este trabalho avalia a aptidão da areia residual da fundição de ligas ferrosas na construção civil. O material é testado como agregado miúdo em substituição da areia convencional na confecção de argamassas através das etapas de classificação do resíduo, caracterização física e testes de resistência em argamassa. A aplicação do resíduo é limitada à confecção de argamassas para fins não estruturais e dependeu da classificação do material de acordo com a NBR 10004; da caracterização física através de testes aplicados a agregados miúdos e sua resistência à compressão quando submetido aos testes em argamassa de cimento e ADF.

MATERIAIS E MÉTODOS

A areia descartada de fundição analisada foi originada de um processo de fundição de materiais ferrosos em que se emprega o aglomerante silicato de sódio e tratamento dos moldes pelo processo CO₂. O material foi classificado quanto ao comportamento ambiental conforme a norma técnica brasileira de classificação de resíduos sólidos (NBR 10004), por comparação entre os teores de elementos químicos encontrados nas análises químicas da amostra e os limites regulamentados na norma para atribuição da classe ao material.

A caracterização física seguiu os preceitos dos testes realizados em agregados miúdos empregados na construção civil, observaram-se as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) que regulamenta os procedimentos e testes aplicáveis a agregados miúdos. Para a caracterização foram realizados ensaios de qualificação dos agregados miúdos indicados pela NBR 12654 que fixa as condições exigíveis para realização do controle tecnológico dos materiais componentes do concreto. Dentre esses ensaios foram realizados: composição granulométrica conforme NBR NM 248:2003; determinação da massa unitária em estado solto conforme a NM 45; determinação do inchamento NBR 6467; massa específica conforme NBR NM 52:2003; teor de umidade conforme NBR 9775; teor de umidade método secagem em estufa DER. ME 213/94 (não especificado na NBR 12654).

A partir da mistura cimento:ADF, traço 1:3 em massa e relação água/cimento igual a 0,48 foram confeccionados seis corpos-de-prova cilíndricos de 5 cm de diâmetro e 10 cm de altura conforme a NBR 7215/1996 remetida pela NBR 13279. O cimento utilizado foi CPII-E-32. A ruptura dos corpos-de-prova em ensaio de resistência à compressão conforme o procedimento prescrito na NBR 7215:1996 ocorreu em idades de 3, 7 e 28 dias.

RESULTADOS

• CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL RESIDUAL

O resíduo classificou-se como II – B – Inerte, por nenhum elemento exceder as concentrações exigidas pela NBR 1004:2004 para enquadramento nesta classe.

• CLASSIFICAÇÃO FÍSICA COMO AGREGADO

A análise granulométrica atestou possibilidade de utilização do material como agregado miúdo, dentro dos limites utilizáveis (Figura 1). O Módulo de Finura (MF) médio resultante (2,74) enquadra-se na zona ótima utilizável que varia de 2,20 até 2,90.

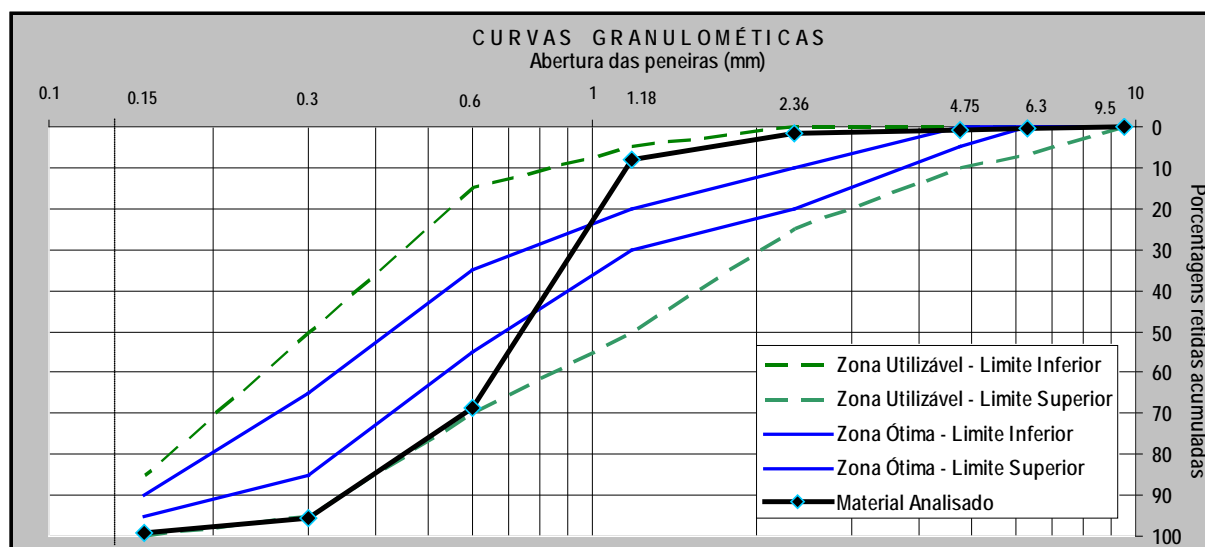


Figura 1 – Curvas granulométricas e Limites do agregado miúdo (baseados na NBR 7211:2005)

A partir de três ensaios de determinação da massa específica, conforme a NBR 9776 obteve-se 2.730 kg.m⁻³ para a ADF. Tal resultado é semelhante à massa específica, de rochas comumente utilizadas: entre 2600 e 2700kg.m⁻³. Para fins de dosagem do concreto, é suficiente a determinação da massa específica, que é definida como a massa do material por unidade de volume, incluindo os poros internos das partículas.

Definida como a massa das partículas do agregado que ocupam uma unidade de volume, a massa unitária, é uma informação importante para a dosagem de concretos uma vez que não é possível acondicionar as partículas dos agregados juntas, de tal forma que não haja espaços vazios. A massa unitária aproximada dos agregados comumente usados em concreto normal varia de 1300 a 1750 kg.m⁻³, a massa unitária da ADF, 1470 kg.m⁻³, encontra-se nesse intervalo. A umidade superficial do material foi determinada pelo método frasco de Chapman, segundo NBR 9775. O resultado obtido foi 0.2%.

O inchamento é a variação do volume aparente do agregado devido a absorção de água livre pelos grãos e incide sobre a massa unitária, dependente do teor de umidade e composição granulométrica do agregado. Essa variação no volume da areia seca em estufa pode chegar até 38% de aumento com acréscimo de 5% de umidade acrescida na amostra. O Coeficiente de Inchamento médio obtido foi 1,35.

• CLASSIFICAÇÃO DA ARGAMASSA QUANTO À RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

As argamassas são classificadas em categorias conforme a resistência à compressão atingida aos 28 dias, capacidade de retenção de água e teor de ar incorporado durante a mistura. Os requisitos mecânicos e reológicos exigidos para a conformidade das argamassas são dispostos pela NBR 13281 (ABNT, 2001). De acordo com esta norma, a argamassa preparada contendo ADF em substituição à areia convencional se enquadra na categoria III, relativa à resistência à compressão, com resistência média de 12,8 MPa. aos 28 dias. Os valores obtidos nos ensaios são apresentados na tabela 1.

Tabela 1 – Resistência a compressão

Idade dos Corpos-de-Prova	Ensaio	Frup.	Área (cm ³)	Rc (MPa)
3 dias	1	1100	19,63	5,6
	2	1050	19,63	5,3
7 dias	3	1280	19,63	6,3
	4	1430	19,63	7,2
28 dias	5	2750	19,63	14
	6	2290	19,63	11,6

Em que: F_{rup} é a Carga de ruptura observada no ensaio; A a Área da seção do corpo-de-prova; R_c a Resistência a compressão; H a Altura corpo-de-prova 5 cm e D o Diâmetro corpo-de-prova 10 cm.

A norma também apresenta o requisito referente ao teor de ar incorporado, com três classes para enquadramento. No entanto, normalmente o teor ar incorporado nas argamassas não ultrapassa 3 a 4%, para isto devem ser empregados de aditivos incorporadores de ar. Outro requisito para enquadramento é a capacidade de retenção de água da argamassa, esta pode variar entre 80 e 90% e ser classificada como Normal ou apresentar retenção superior a 90%, Alta. Adicionalmente, a maioria das argamassas nacionais tem retenção de água acima de 90%. Nesse sentido, uma provável classificação da argamassa produzida com a resistência à compressão aos 28 dias encontradas; e retenção de água e teor de ar incorporado normalmente encontrados nas condições brasileiras seria III – Alta – a, baseada na NBR 13281.

CONCLUSÕES

A areia residual de fundição analisada apresenta comportamento classificado como II – B – Inerte, por nenhum elemento exceder as os limites prescritos pela norma NBR 10.004 para enquadramento nesta classe. Este material não necessita sofrer tratamento para a aplicação.

O material apresentou resultados satisfatórios nos ensaios de caracterização física com requisitos exigíveis para agregado miúdo, no entanto, para validação estatística e confirmação dos resultados é recomendada a realização de mais ensaios e nova realização dos ensaios apresentados com maior número de repetições.

A inertização da areia ligada quimicamente descartada de fundição de materiais ferrosos em massas cimentícias é tecnicamente viável e pode ser empregada na confecção de argamassas de revestimento (fins não estruturais), à base de cimento, visto que alcança resistência especificada.

Apresenta também viabilidade econômica por dispensar gastos com transporte a longas distâncias para descarte do resíduo em local apropriado, por ser um insumo regularmente adquirido e não demandar mudanças no processo produtivo e representar uma possível fonte de renda mediante estudos mais detalhados.

Para futuras aplicações do material residual em maior escala recomenda-se a realização de mais testes indicados de caracterização agregados e argamassas e a repetição dos ensaios apresentados. Também é recomendável o estudo do efeito da variação da composição metálica presente no agregado com possibilidade de segregação de correntes de descarte oriundas de determinadas ligas fundidas se verificado interferência no desempenho do concreto e possibilidade de mais aplicações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARMANGE, L.C.; NEPPEL, L.F., GEMELLI, E., CAMARGO, N.H.A. Utilização de Areia de Fundição Residual para uso em Argamassa Revista Matéria, v. 10, n. 1, pp. 51 – 62, Mar. de 2005.
2. NAKAKURA, E. H., CINCOTTO, M. A. 2004 Análise dos Requisitos de Classificação de Argamassas de Assentamento e Revestimento BT/PCC/359 Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP Departamento de Engenharia de Construção Civil São Paulo – 2004.
3. LOPES, J.E.; FERREIRA, F.F.; DEZENA, M.L. Sistema de Recuperação de Areias Alcalinas de Fundição. Caderno Técnico, Revista Fundição e Matérias Primas. Jan./fev. 2004.
4. SIQUEIRA, L. V. M. Agregados. 1ª Parte. Laboratório De Materiais De Construção – II. Departamento de Engenharia Civil Centro de Ciências Tecnológicas Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC. Joinville, SC, 2008.
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT NBR 10004 Resíduos sólidos – Classificação Segunda edição Rio de Janeiro – RJ maio 2004.
6. ABNT. NBR 5738 Modelagem e Cura de Corpos de Prova Cilíndricos ou Prismáticos de Concreto. Rio de Janeiro – RJ, 1994.
7. _____. NBR 12821 Preparação de concreto em Laboratório,. Rio de Janeiro, 1993.
8. _____. NBR 7215 Determinação da Resistência à Compressão – Método de Ensaio. Rio de Janeiro – RJ, 1982.

9. _____. NBR 5739 Ensaio de Compressão de Corpos de Prova Cilíndricos de Concreto. Rio de Janeiro – RJ, 1980.
10. _____. NM 248 Agregados - Determinação da composição granulométrica Rio de Janeiro – RJ, 2003.
11. _____. NBR 9776 Agregados - Determinação da Massa Específica de Agregados Miúdos por meio do Frasco Chapman Rio de Janeiro – RJ, 1987.
12. _____. NBR 9775 Agregados - Determinação da Umidade Superficial em Agregados Miúdos por meio do Frasco de Chapman Rio de Janeiro – RJ, 1987.
13. _____. NBR 7251 Agregado em Estado Solto – Determinação da Massa Unitária Método de Ensaio – RJ, 1982.
14. _____. NBR 6467 Agregados – Determinação do Inchamento de Agregado Miúdo Método de Ensaio – RJ, 1987.
15. _____. NBR 13281 Argamassa para Assentamento e Revestimento de Paredes e Tetos - Requisitos Rio de Janeiro – RJ, 2001.
16. _____. NBR 7211 Agregados para Concreto – Especificação. Rio de Janeiro – RJ, 2005.