

# UTILIZAÇÃO DE AREIA DE FUNDIÇÃO NA FABRICAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS

S.M. Biolo, I.A.H. Schneider

Faculdade de Engenharia e Arquitetura – Universidade de Passo Fundo  
Campus I, Bairro São José, CEP 99.001-970, Passo Fundo, RS, Brasil  
E-mail: ivoandre@upf.tche.br

## RESUMO

A areia de fundição, resultante da desmoldagem de peças metálicas, constitui-se em um grande problema ambiental para as empresas do setor. Dependendo do ligante empregado, o material pode ser classificado, em termos da NBR 10.004, como resíduo "não inerte" ou como "perigoso". O reúso do excedente da reciclagem das areias de fundição, como matéria-prima para a produção de materiais da construção civil, tem sido apontado como uma das alternativas para o descarte seguro desse material. Entretanto, poucos são os trabalhos práticos para verificar a real possibilidade de emprego para tal fim. Portanto, o objetivo do presente trabalho foi estudar a viabilidade de emprego de dois tipos de areia de fundição, "areia verde" e "areia ligada por cura-a-frio", como insumo na produção de blocos cerâmicos. O trabalho experimental consistiu na caracterização dos resíduos em termos de periculosidade conforme a NBR 10.004. Posteriormente, a areia de fundição, a uma proporção de 10%, foi empregada na massa para a produção de blocos cerâmicos em uma empresa local. As características dos tijolos fabricados, em termos de absorção de água, resistência à compressão e concentração de constituintes perigosos, foram comparados com blocos tradicionais. Os resultados demonstraram que a "areia verde" empregada no presente trabalho pode ser classificada como um material "não inerte" e a areia ligada quimicamente por "cura-a-frio" como um material "perigoso". Os blocos cerâmicos confeccionados com "areia verde" apresentaram valores de absorção de água e de resistência à compressão semelhante ao do bloco cerâmico convencional. As concentrações de elementos tóxicos foram reduzidas em todos os tipos de tijolos produzidos. Por fim, a utilização dos resíduos de fundição na fabricação de blocos cerâmicos é apresentada como uma proposta de minimização do seu potencial de agressão ao meio ambiente.

**PALAVRAS-CHAVE:** areia de fundição; resíduos sólidos; meio ambiente.

## 1. INTRODUÇÃO

O setor de fundição, apesar de consumir sucatas metálicas como matéria-prima, gera grandes volumes de resíduos sólidos, entre os quais escórias, areia de moldagem e poeiras diversas. O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de peças e, até hoje, em muitos locais, os resíduos são descartados em depósitos não licenciados pelos órgãos de controle ambiental.

A areia de moldagem corresponde ao maior volume de resíduos gerados pela Indústria de Fundição, com características quantitativas e qualitativas diferenciadas, em função das peculiaridades de cada processo. Dados da Associação Brasileira de Fundição (ABIFA) indicam que o Brasil gera quase dois milhões de toneladas anuais, correspondendo a mais de três quartos do total de resíduos sólidos gerados pela Indústria de Fundição (Mariotto, 2001). A areia de fundição é classificada, segundo os critérios da NBR 10.004 (ABNT, 1987a), como um resíduo Perigoso (Classe I) ou como Não Inerte (Classe II), dependendo do processo de moldagem / macharia utilizado (ABIFA, 1999).

As principais alternativas de minimização do impacto ambiental enquadram-se em alternativas de regeneração, reúso e descarte em aterros sanitários licenciados. A regeneração de uma areia de fundição implica na limpeza superficial de seus grãos com o objetivo de tornar a areia à condição de nova, permitindo a sua reutilização no processo. Os procedimentos mais empregados para isso são a atrição (seca ou úmida) e a calcinação (Mariotto, 2000a; 2000b). O reúso está relacionado à utilização das areias de fundição descartadas como agregado fino em aplicações externas à indústria de fundição. A construção civil tem sido indicada como a principal possibilidade de utilização segura das areias e as possibilidades variam desde substituição parcial da areia em concretos de baixa resistência, massa asfáltica para pavimentação, blocos cerâmicos e como fonte de sílica na produção de "clinker" em fornos de cimento Portland (Abichou et al, 1997; ABIFA, 1999; Ribeiro et al, 2001). Porém, essa prática, no Brasil, ainda depende de estudos e da aprovação dos órgãos ambientais.

Dentro das aplicações acima listadas, o emprego da areia de fundição como constituinte da massa na produção de blocos cerâmicos é uma alternativa promissora, pois o tratamento térmico empregado é capaz de mineralizar os compostos

fenólicos e imobilizar os metais pesados presentes na areia. Assim, o objetivo do presente trabalho foi analisar técnica e ambientalmente o reúso da areia de fundição descartada dos processos de moldagem a “verde” e “cura-a-frio” na fabricação de blocos cerâmicos.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

As areias de fundição foram obtidas da Empresa CERCENA Indústria Metalúrgica Ltda, localizada em Erexim – RS, que volta a sua atividade para a produção de peças de ferro fundido cinzento e nodular com sucata de aço, sucata de ferro fundido, ferro liga e ferro gusa. As amostras de “areia verde” e areia “cura-a-frio” foram coletadas no pátio de armazenagem da empresa, de acordo com a NBR 10.007 (ABNT, 1987d), antes de sua destinação para um aterro sanitário autorizado.

Os materiais foram identificados e classificados, quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e saúde pública, conforme a NBR 10.004 - Resíduos Sólidos – Classificação (ABNT, 1987a). Para tal, foram utilizados os procedimentos recomendados nas Normas NBR 10.005 (Lixiviação de Resíduos - Procedimento) e NBR 10.006 (Solubilização de Resíduos - Procedimento) (ABNT, 1987b; ABNT, 1987c).

Os resíduos, tanto a “areia verde” como a “areia cura-a-frio”, foram empregados na confecção de blocos cerâmicos em uma indústria cerâmica local. Tipicamente, os blocos são confeccionados através da mistura de três tipos de argilas com diferentes propriedades. A porção substituída pelo rejeito é a de argila que contém maior quantidade de sílica, equivalendo a 10% da massa total do bloco. Os blocos produzidos são vazados com seis furos e com dimensões de 11 x 30 x 20 cm.

O processo de fabricação dos blocos seguiu a rotina da indústria cerâmica que consiste na moldagem dos blocos, secagem natural por 8 dias e queima em forno estático por 90 horas em temperatura que atinge até 900°C. Seguindo esta sistemática, foram separados, para estudos comparativos, 14 blocos usando a matéria-prima tradicional da empresa, 14 blocos contendo 10% de “areia verde” e 14 blocos contendo 10% de areia “cura-a-frio”.

Avaliou-se a qualidade final dos blocos produzidos através de ensaios de resistência à compressão (ABNT, 1983), ensaios de absorção de água (ABNT, 1992) e observação visual da presença ou não de trincas. Adicionalmente, caracterizou-se a periculosidade do material do bloco cerâmico conforme a NBR 10.004, incluindo os ensaios de lixiviação, solubilização e massa bruta de fenol.

Os dados obtidos nos ensaios de resistência à compressão e de absorção de água foram estatisticamente analisados. Os resultados são expressos em termos da média ( $\bar{x}$ ), desvio padrão ( $S_x$ ), valor máximo alcançado ( $V_{max}$ ), valor mínimo alcançado ( $V_{min}$ ) e análise das médias através do método ANOVA (Montgomery, 2000). Quando rejeitada a hipótese de igualdade entre as médias, aplicou-se o método de Tuckey para a verificação das diferenças estatisticamente significativas ao nível de 0,05.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Tabelas 1, 2, 3 e 4 apresentam as características da “areia verde” e da areia “cura-a-frio” estudadas no presente trabalho. Comparativamente, estão incluídas nas mesmas tabelas as características dos blocos cerâmicos convencionais e dos blocos cerâmicos moldados com uma proporção de 10% desses resíduos.

A “areia verde”, conforme os resultados obtidos nos ensaios de solubilização e lixiviação, classifica-se como resíduo Classe II – Não Inerte, em função dos limites excedidos dos metais alumínio, cromo e ferro e de substâncias como surfactantes, fenol e cloreto no ensaio de solubilização. A areia “cura-a-frio”, além de apresentar excedidos os mesmos compostos listados acima, apresenta ainda uma elevada concentração em massa bruta de fenol (102 mg/Kg) proveniente dos ligantes químicos empregados. Assim, a areia moldada por “cura-a-frio” é classificada em termos da NBR 10.004 como resíduo Classe I - Perigoso. Esses resultados estão de acordo com dados da literatura, onde tipicamente as areias verdes são classificadas como Classe II e as areias ligadas quimicamente como Classe I (ABIFA, 1999).

**Tabela 1-** Análise elementar das arcias de fundição.

Parâmetros	Areia Verde	Areia Cura-a-Frio	Bloco Cerâmico Convencional	Bloco Cerâmico c/ Areia Verde	Bloco Cerâmico c/ Areia Cura-a-Frio
Matéria Org. (%)	12,81	4,4	0,36	0,22	0,33
Cinzas (%)	83,74	95,0	88,24	87,18	87,43
Umidade (%)	3,45	0,6	11,40	12,60	12,24
pH	7,81	8,0	6,12	6,34	6,16

**Tabela 2 -** Resultados dos ensaios de Lixiviação conforme a NBR 10.005

Parâmetros	Areia Verde	Areia Cura-a-Frio	Bloco Cerâmico Convencional	Bloco Cerâmico c/ Areia Verde	Bloco Cerâmico c/ Areia Cura-a-Frio	Limite Máximo (NBR 10005)
Arsênio (mg/l)	ND	ND	ND	ND	ND	5,0
Bário (mg/l)	0,051	0,043	ND	0,010	0,020	100,0
Cádmio (mg/l)	ND	ND	ND	ND	ND	0,5
Chumbo (mg/l)	ND	ND	ND	ND	ND	5,0
Cromo total (mg/l)	1,150	1,259	ND	0,153	0,131	5,0
Mercúrio (mg/l)	ND	ND	ND	ND	ND	0,1
Prata (mg/l)	ND	ND	ND	ND	ND	5,0
Fluoreto (mg/l)	0,010	0,020	0,065	0,070	0,067	150,0

NOTA: ND = Não detectado

**Tabela 3 -** Resultados dos ensaios de Solubilização conforme a NBR 10.006.

PARÂMETROS	Areia Verde	Areia Cura-a-Frio	Bloco Cerâmico Convencional	Bloco Cerâmico c/ Areia Verde	Bloco Cerâmico c/ Areia Cura-a-Frio	Limite Máximo (NBR 10006)
Alumínio (mg/l)	2,17	1,76	0,815	0,882	0,885	0,2
Arsênio (mg/l)	ND	ND	ND	ND	ND	0,05
Bário (mg/l)	ND	ND	ND	ND	ND	1,0
Cádmio (mg/l)	ND	ND	ND	ND	0,050	0,005
Sódio (mg/l)	123,5	83,0	1,801	2,041	1,683	200,0
Cobre (mg/l)	0,004	0,004	ND	ND	ND	1,0
Zinco (mg/l)	0,069	0,714	0,110	0,058	0,336	5,0
Chumbo (mg/l)	ND	ND	ND	ND	ND	0,05
Cromo Total (mg/l)	1,329	1,281	ND	0,129	0,112	0,05
Ferro (mg/l)	1,233	1,575	0,743	0,821	0,498	0,3
Manganês (mg/l)	0,012	0,016	0,030	0,025	0,030	0,1
Mercúrio (mg/l)	ND	ND	ND	ND	ND	0,001
Fenol (mg/l)	0,318	0,402	ND	ND	ND	0,001
Dureza (mg/l)	76,15	57,13	8,8	8,80	13,2	500,0
Nitrato (mg/l)	5,19	6,09	ND	4,586	ND	10,0
Cianeto (mg/l)	ND	ND	ND	ND	ND	0,1
Sulfato (mg/l)	5,23	4,77	32,09	9,96	23,24	400,0
Surfactantes (mg/l)	0,604	0,734	ND	ND	ND	0,2
Cloreto (mg/l)	327,56	283,89	223,9	149,26	211,46	250,0
Fluoreto (mg/l)	0,178	0,291	0,064	0,080	0,065	1,5

NOTA: ND = Não detectado

**Tabela 4 - Análise de fenol na massa bruta.**

Amostra	Fenol (mg/Kg)	Limite máximo (mg/Kg)
Areia Verde	< 0,1	10
Areia Cura-a-Frio	102,0	10
Bloco Cerâmico c/ Areia Verde	2,5	10
Bloco Cerâmico c/ Areia Cura-a-Frio	4,0	10

A Tabela 5 apresenta os resultados obtidos nos ensaios de resistência à compressão e de absorção de água dos blocos cerâmicos confeccionados de forma tradicional e quando foi incluído na massa 10% de cada um dos tipos de resíduos. Em relação à absorção de água, os resultados da análise de variância mostraram que as diferenças entre as médias não são estatisticamente significativas ao um nível de 0,05, podendo ser considerados iguais. Em relação à resistência a compressão, observou-se que não existe uma diferença significativa entre a média dos blocos tradicionais e os blocos que receberam a areia verde. Porém, o estudo comparativo entre os blocos convencionais e os blocos que receberam a areia "cura-a-frio" mostraram uma diferença significativa a um nível de 0,05, indicando uma menor resistência à compressão dos blocos que receberam a areia "cura-a-frio". Apesar dos dados não serem conclusivos, dentro de um conjunto de 14 amostras para cada lote, contabilizou-se 5 blocos convencionais trincados, 3 blocos com areia cura-a-frio trincados e 2 blocos com areia verde trincados, indicando que a adição dos resíduos pode ser uma forma de amenizar esse problema.

**Tabela 5 - Resistência à compressão e absorção de água dos blocos cerâmicos convencionais, confeccionados com 10% em massa de areia de fundição "cura-a-frio" e com 10% em massa de "areia verde".**

Bloco Cerâmico	Absorção de Água (%)				Resistência à Compressão (MPa)				Blocos com trincas (n = 14)
	x	S <sub>x</sub>	V <sub>max</sub>	V <sub>min</sub>	x	S <sub>x</sub>	V <sub>max</sub>	V <sub>min</sub>	
Convencional	19,74	0,30	20,23	19,51	0,82	0,11	0,97	0,66	5
c/ 10% de areia cura-a frio	19,37	0,64	20,38	18,13	0,65	0,09	0,82	0,55	3
c/10% de areia verde	19,64	0,69	20,65	18,52	0,76	0,13	0,98	0,53	2

Por fim, os ensaios de lixiviação e solubilização realizados no material dos blocos cerâmicos demonstraram que a periculosidade diminuiu significativamente. O tratamento térmico durante a queima dos blocos cerâmicos eliminou a presença de fenol e surfactantes. Dentro dos limites estabelecidos nos ensaios de Solubilização de Resíduos, somente ficaram excedidos os teores dos metais cromo, alumínio e ferro, sendo que os dois últimos não devem ser correlacionados ao resíduo, uma vez que são solubilizados também nos blocos cerâmicos convencionais. A concentração de cromo solubilizado na água ficou reduzida proporcionalmente em função da quantidade de areia utilizada na confecção de blocos cerâmicos (em torno de 10%).

#### 4. CONCLUSÃO

Os resultados acima demonstram que a areia de fundição pode ser empregada para a confecção de blocos cerâmicos. Os dados indicam que, nas dosagens aplicadas, a areia verde não prejudica as características finais dos blocos produzidos. Em termos ambientais, os níveis de periculosidade alcançados são bastante baixos. Mesmo assim, estudos adicionais deverão ser conduzidos para otimizar dosagens e investigar profundamente a relação custo-benefício da presente proposta, onde o objetivo final seria de estabelecer um procedimento seguro para obter a regulamentação perante os órgãos de controle ambiental. Deve-se, ainda, salientar a necessidade de licenciamento ambiental tanto da empresa fornecedora do material poluente (Indústria de Fundição) como da fábrica beneficiadora (Indústria Cerâmica) para implementação de tal prática de reúso. A areia de fundição deverá ser manuseada de forma segura e com controle de qualidade para o abastecimento das olarias. Assim, espera-se que o uso da areia de fundição em materiais cerâmicos seja uma alternativa viável e que possa ser considerada para minimizar o impacto ambiental da indústria de fundição.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Eng. Metalurgista do IPT Cláudio L. Mariotto pelo acompanhamento do trabalho, à Profa. da UPF Luciana Marcondes dos Santos pela ajuda nos ensaios de resistência à compressão e à CERCENA Indústria Metalúrgica Ltda pelo fornecimento de material e transporte dos blocos cerâmicos para a Universidade de Passo Fundo.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abichou, T.; Benson, C.H.; Edil, T.B. Development of a Database on Beneficial Reuse of Foundry By-Products. Environmental Geotechnics Report 97-7. University of Wisconsin, Madison. 1997, 36p.
- ABIFA – Associação Brasileira de Fundição. Manual de Regeneração e Reuso de Areias de Fundição. São Paulo, 1999, 49p.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Bloco Cerâmico para Alvenaria – Verificação da Resistência à Compressão. NBR 6.461, 1983.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Resíduos Sólidos - Classificação. NBR 10.004, 1987a.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Lixiviação de Resíduos – Procedimento. NBR 10005, 1987b.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Solubilização de Resíduos – Procedimento. NBR 10.006, 1987c.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Amostragem de Resíduos – Procedimento. NBR 10.007, 1987d.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Bloco Cerâmico para Alvenaria. NBR 7.171, 1992.
- Mariotto, C.L. Regeneração de areias: Uma tentativa de discussão sistemática. *Fundição & Matérias-Primas*, 33:42, p.1, 2000a.
- Mariotto, C.L. Regeneração de areias: Como selecionar um processo? *Anais do CINTEC 2000*, Joinville, Brasil, 2000b.
- Mariotto, C.L. Recuperação de areia ganha importância. *Fundição & Matérias-Primas*, 41:50, p.20, 2001.
- Montgomery, D.C. Design and analysis of experiments. 5nd ed., John Wiley, New York, 2000. 672p.
- Ribeiro C.A.S.; Malheiros, L.F.; Costa, H.M. Utilização de resíduos de fundição como matérias primas. *Anais do XVIII Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa*, v.3, p.484-489, Rio de Janeiro, Brasil, 2001.