

III-028 - VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS: LAMA VERMELHA E AREIA DE FUNDIÇÃO

Maria Lúcia Pereira Antunes⁽¹⁾

Física pelo Instituto de Física da USP/S.P. Mestre em Física Nuclear pelo Instituto de Física da USP. Doutora em Ciências pelo Instituto de Física da USP. Professora Assistente Doutora do curso de graduação em Engenharia Ambiental e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da UNESP de Sorocaba.

Livia Sottovia⁽¹⁾

Engenheira Ambiental pela UNESP/Sorocaba. Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da UNESP.

Debora Ferreira de Oliveira⁽¹⁾

Tecnóloga Mecânica pela FATEC de Sorocaba. Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela UNESP. Atua nas áreas da Qualidade e de Meio Ambiente em indústrias e universidades.

Elidiane Cipriano Rangel⁽¹⁾

Física pela UNESP. Mestre em Física pela UNICAMP. Doutora em Ciências pela UNICAMP. Professora Livre-Docente do curso de graduação em Engenharia de Controle e Automação e do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Materiais da UNESP de Sorocaba.

Nilson Cristino da Cruz⁽¹⁾

Físico pela Universidade Federal do Paraná. Mestre em Física pela UNICAMP. Doutor em Física pela UNICAMP. Professor Livre-Docente do curso de graduação em Engenharia de Controle e Automação e do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Materiais da UNESP de Sorocaba.

Endereço⁽¹⁾: Av. Três de Março, 511 – Alto da Boa Vista - Sorocaba – SP - CEP: 18087-180 - Brasil - Tel: (15) 3238-3409 ramal 3460 - e-mail: malu@sorocaba.unesp.br

RESUMO

Os Processos Industriais estão sempre ligados à produção de resíduos que causam impactos negativos ao meio ambiente. Muito desses resíduos têm grande potencial para serem usados como matéria-prima em novos processos. Esta prática pode reduzir as áreas destinadas à disposição adequada desses resíduos, além de contribuir com a redução do consumo de matéria-prima e de custos de produção. É nesse cenário que se insere este trabalho, que tem como objetivo caracterizar dois resíduos industriais produzidos em grande escala no Brasil: a lama vermelha (denominação genérica do resíduo gerado no refino da Bauxita) e resíduo de fundição (pó de exaustão proveniente do processo de regeneração de areias de fundição). Esses resíduos apresentam composição química rica principalmente em óxido de alumínio, óxido de ferro, óxido de silício, o que favorece a utilização para aplicações na área de cerâmica. O uso da lama vermelha como matéria-prima de revestimentos cerâmicos é promissor, aumentando a resistência mecânica das ligas de alumínio. O resíduo de fundição utilizado como substituto de agregado miúdo em argamassas gera um produto que atende as especificações da norma brasileira para argamassa.

PALAVRAS-CHAVE: Valorização de resíduos, lama vermelha, areia de fundição.

INTRODUÇÃO

Os Processos Industriais estão sempre ligados à produção de resíduos, que representam um grande desperdício de matéria-prima, além de potenciais riscos à sociedade e ao meio ambiente. Muito desses resíduos têm grande potencial para serem usados como matéria-prima em novos processos. Esta prática pode reduzir as áreas destinadas à disposição adequada desses resíduos, além de contribuir com a redução do consumo dos recursos naturais e de custos de produção. A valorização de resíduos consiste em reutilizar, agregando valor a resíduos que teriam como destino final aterros sanitários.

Vale destacar dois resíduos que devido ao grande volume gerado, necessitam de grande espaço para a sua disposição de forma correta, acarretando um custo alto para essas indústrias. Esses resíduos são: a lama vermelha e o resíduo de fundição.

A produção mundial de alumina a partir da bauxita gera cerca de 120 milhões de toneladas por ano de um resíduo denominado lama vermelha. O processo do refino da bauxita, conhecido como processo Bayer, utiliza-se da propriedade do hidróxido de alumínio presente na bauxita dissolver-se em solução de hidróxido de sódio a elevada temperatura e pressão (1). Desta forma, um resíduo insolúvel e altamente alcalino se forma. A lama vermelha apresenta, em sua composição, uma série de valiosos elementos como óxidos de ferro, alumínio, titânio, silício, cálcio e sódio dentre outros elementos presentes em menor concentração (2).

A atividade de fundição é um dos mais antigos processos para obtenção de peças utilizada no mundo, permitindo a produção de peças de variados tamanhos, formas e complexidade. Nas fundições, o método mais empregado para obtenção das peças fundidas é a utilização de moldes em areia (3). Após a solidificação do metal líquido, os moldes de areia são destruídos durante a desmoldagem da peça fundida e a areia do molde é reaproveitada, contudo, após várias regenerações, ela vai se contaminando e perdendo suas propriedades físicas, acumulando finos no sistema de preparação de areia. Desta maneira, os finos convertem-se também em resíduos, a serem descartados juntamente com as areias que são perdidas por fugas no sistema de preparação de areia, moldagem e desmoldagem (4).

Ao se caracterizar e estudar esses resíduos é possível identificar o valor desses materiais e assim desenvolver tecnologias inovadoras que promovam o reaproveitamento desses resíduos, gerando novos produtos. É neste cenário, que se insere este trabalho cujo objetivo é caracterizar esses resíduos pelas técnicas de Fluorescência de Raios-X (FRX), difração de raios-X (DRX), microscopia eletrônica de varredura (MEV/EDS) e apresentar usos alternativos que agregam valor a esses resíduos.

MATERIAIS E MÉTODOS

A lama vermelha utilizada, neste trabalho, foi fornecida por uma indústria de refino da bauxita, e o resíduo de fundição foi captado de um sistema de exaustão, no processo de recuperação de areia de uma fundição de aço. Ambos os resíduos são produzidos em grande escala na região de Sorocaba (S.P. – Brasil).

A composição química da amostra de lama vermelha foi analisada utilizando-se um espectrofotômetro de emissão em plasma indutivamente acoplado (ICP-ES) do Laboratório Acme (Analytical Laboratories LTDA, Vancouver Canadá). Já para o resíduo de fundição, sua composição química foi avaliada por Espectrometria de Fluorescência de Raios-X (FRX) do Laboratório de Caracterização Tecnológica da POLI-USP. A área superficial específica da amostra de lama vermelha foi obtida através da adsorção física de nitrogênio (N_2) a baixas temperaturas, e foi calculada empregando o método B.E.T (5). Os dados de adsorção foram obtidos utilizando um equipamento Porosímetro Micromeritics ASAP 2020. A mineralogia dos dois resíduos foi obtida utilizando-se um difratômetro de raios-X Panalytical X'Pert Powder (do Laboratório Multiusuários de Caracterização de Materiais do Grupo de Plasma e Materiais da UNESP/Sorocaba), através da radiação k-alfa do cobre, sendo o equipamento operado a 40kV e 40mA. Os picos foram identificados a partir de dados da literatura.

O resíduo lama vermelha foi estudado como matéria-prima para a produção de revestimentos cerâmicos em liga de alumínio, por plasma eletrolítico. Para a deposição dos revestimentos cerâmicos, foram utilizados substratos de liga de alumínio AA5052, de 1,5mm de espessura. A solução eletrolítica utilizada foi constituída por uma solução aquosa com concentração de 5g/L de resíduo. Foi utilizada uma densidade de corrente de 0,03 mA/cm², durante 300s aplicando-se uma tensão de 650V e 500Hz. Esses revestimentos foram avaliados quanto à sua mineralogia, por difração de raios-X (DRX) e sua morfologia foi observada por microscopia eletrônica de varredura (MEV). Foi utilizado um microscópio JEOL JSM-6010 (do Laboratório Multiusuários de Caracterização de Materiais do Grupo de Plasma e Materiais da UNESP/Sorocaba). A resistência ao desgaste foi avaliada através de ensaio de pino-sobre-disco.

O Resíduo de fundição foi avaliado como matéria-prima para a confecção de argamassas. Foram formuladas argamassas tendo uma parte do agregado miúdo sendo substituído pelo resíduo de fundição (nas proporções em massa: 10%, 20%, 30% e 40%). Essas argamassas foram avaliadas em estado fresco através de ensaios de consistência, e retenção de água. Já para a argamassa no estado endurecido foi avaliada a resistência à compressão, absorção de água e índice de vazios.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados da composição química dos resíduos: lama vermelha e pó de exaustão da indústria de fundição são apresentados na Tabela 1.

Pelos resultados da Tabela 1 observa-se que mais da metade da composição mássica da lama vermelha é constituída por óxidos de alumínio, óxidos de ferro e óxido de silício. O pó de exaustão gerado no sistema de areia da fundição é constituído por esses mesmos compostos, acrescido do óxido de cromo. Isso se deve ao processo de preparação dos moldes para a fundição que utilizam areia de cromita, rica em Cr (6). Observa-se também a presença de ferro proveniente das peças moldas na fundição.

Tabela 1 – Composição química dos resíduos

	Lama vermelha (% m)	Resíduo de fundição (% m)
Al ₂ O ₃	22,87	16,70
Fe ₂ O ₃	27,04	27,40
SiO ₂	19,19	13,50
Cr ₂ O ₃	--	27,60
TiO ₂	2,98	0,39
CaO	2,17	0,93
Na ₂ O	8,01	0,40
MnO	0,16	1,11
MgO	0,04	9,04

O resultado de área específica para a amostra de lama vermelha apresenta valor de 21,6m²/g e esse material quando calcinado a 400°C eleva a sua área específica para 39,06m²/g.

A *figura 1* apresenta o difratograma de raios-X da amostra de resíduo de fundição. Esse resíduo apresenta mineralogia correspondente a hematita, quartzo, aluminato de magnésio, olivina e espinélio. Já a lama vermelha apresenta como fases cristalinas: hematita, Gohetita, Gibsita, Boehmita, Quartzo, Calcita, Soldalita, Caulinita, Rutilo e silicatos de sódio, todas fases coerentes com a análise química do material.

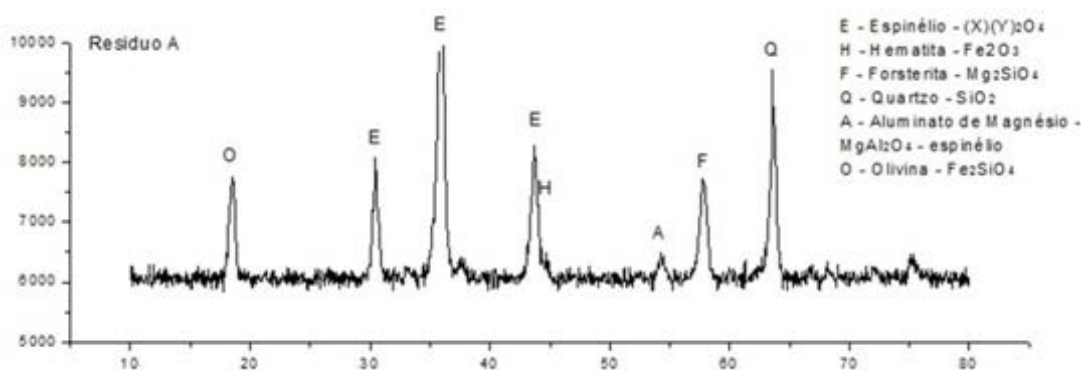


Figura 1 – DRX do resíduo de fundição

Os revestimentos cerâmicos obtidos a partir da lama vermelha em liga de alumínio são constituídos por óxidos de alumínio e óxidos de silício. A *figura 2* apresenta uma micrografia do revestimento obtido com esse resíduo. Nota-se a formação de poros e outras áreas onde se observa a coalescência do material. Desta forma, se produz um aumento na resistência mecânica das ligas de alumínio quando revestidas com esse material. No teste de pino sobre disco, a liga de alumínio sem revestimento perde massa no valor correspondente a 0,7mg, e com o revestimento cerâmico, não se observa perda de massa, apenas um desgaste no pino utilizado para o teste.

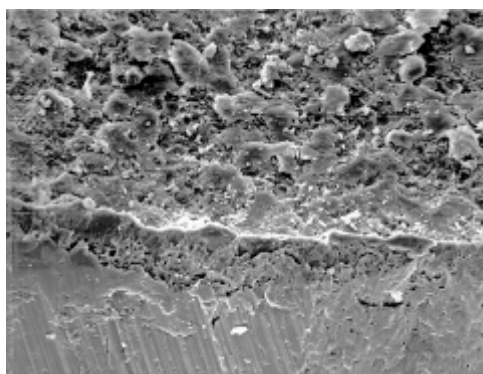


Figura 2 – Micrografia (MEV) da superfície de alumínio revestida com lama vermelha.

O resíduo de fundição foi utilizado como substituto de agregado miúdo em argamassas nas porcentagens em massa de 10%, 20%, 30% e 40%. A *figura 3* apresenta os resultados de resistência a compressão obtidos para cada substituição do agregado miúdo pelo resíduo de fundição. Observa-se que a incorporação desse resíduo em argamassa reduz a resistência à compressão, em relação à argamassa produzida sem resíduo. Porém os valores obtidos atendem as especificação da norma NBR 13279, classificando essas argamassas como classe P6 (valores acima de 8MPa), na ausência de resíduo e como classe P5 (valores entre a faixa 5,5MPa a 9,0MPa).

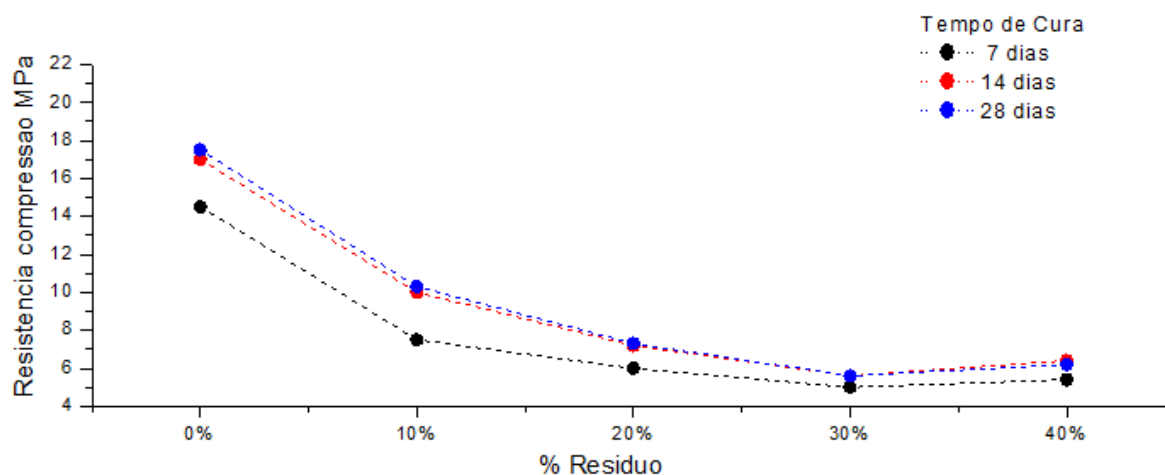


Figura 3 – Resistência a Compressão para as argamassas obtidas com substituição da areia pelo resíduo de fundição.

As *figuras 4 e 5* apresentam os resultados de absorção de água e índice de vazio, obtidos com as argamassas preparadas com o resíduo de fundição. Observa-se que o aumento da concentração de resíduo na argamassa, leva ao aumento da absorção de água e ao aumento do índice de vazio, indicando que ao se incorporar o resíduo na argamassa se obtém um material mais poroso.

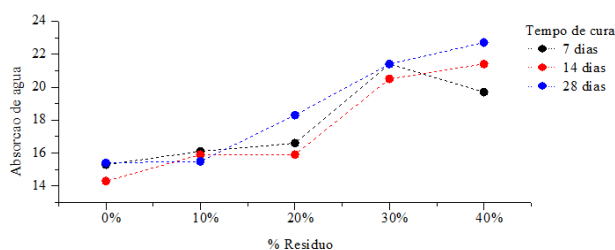


Figura 4 – Absorção de água para as argamassas obtidas com diferentes porcentagens de resíduo.

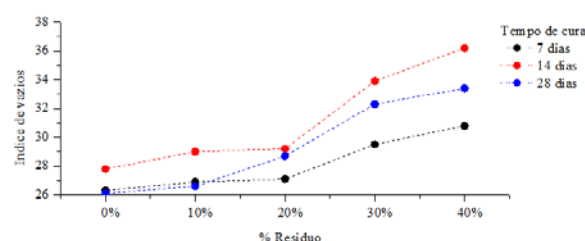


Figura 5 – Índice de vazio para as argamassas obtidas com diferentes porcentagens de resíduo.

CONCLUSÕES

A lama vermelha e o resíduo de fundição apresentam composição química rica principalmente em óxido de alumínio, óxido de ferro, óxido de silício, o que favorece a utilização para aplicações na área de cerâmica.

A lama vermelha apresenta valor de área específica que aumenta com o tratamento térmico e pode ser utilizada como meio adsorvedor.

O uso da lama vermelha como matéria-prima de revestimentos cerâmicos é promissor, aumentando a resistência mecânica das ligas de alumínio.

O resíduo de fundição utilizado como substituto de agregado miúdo em argamassas reduz a resistência a compressão, se comparado a argamassa produzida sem resíduo, porém os valores obtidos atendem as especificação da norma brasileira para argamassa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. HIND, AR, BHARGAVA, SK, GROCOTT, SC. The surface chemistry of Bayer process solids: a review. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* 146, 359-374, 1999.
2. ANTUNES, MLP, COUPERTHWAIT, SJ, CONCEIÇÃO, FT, JESUS, CPC, KIYOHARA, PK, COELHO, ACV, FROST, RL. Red Mud from Brazil: Thermal Behavior and physical properties. *Ind. Chem. Res.* 51, 775-779, 2012.
3. MORO, N.; AURAS, A. P. **Processos de Fabricação - Fundição**. Santa Catarina: Centro Federal de Educação e Tecnológica de Santa Catarina, 2007.
4. MACIEL, C. B. **Avaliação da Geração do Resíduo Sólido Areia de Fundição Visando sua Minimização na Empresa Metalcorte Metalurgia-Fundição**. 119 f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia) - Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2005.
5. BRUNAUER, S.; EMMETT, P.H.; TELLER, E. Adsorption of gases in multimolecular layers. *J. Am. Chem. Soc.* 60, p. 309-319, 1938.
6. SAMPAIO, J.A.; ANDRADE, M.C.; PAIVA, P.R. Cromita. Comunicação Técnica elaborada para o Livro Rochas Minerais Industriais: Usos e Especificações - Parte 2 - Rochas e Minerais Industriais: Usos e Especificações, Cap. 18, p. 403 - 425, Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia Mineral - Ministério da Ciência e Tecnologia, 2008.