

Briquetagem da granalha de aço recuperada do resíduo de rochas ornamentais

Briquetting of steel grit recovered from the ornamental rocks cutting waste

Eduardo Junca

Doutorando em Engenharia Metalúrgica e de Materiais - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
eduardojunca@gmail.com

José Roberto de Oliveira

Dr., Professor Instituto Federal do Espírito Santo - IFES.
jroberto@ifes.edu.br

Denise Croce Romano Espinosa

Dra., Professora Associada do Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
espinosa@usp.br

Jorge Alberto Soares Tenório

Dr., Professor Titular do Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
jtenorio@usp.br

Resumo

Esse trabalho apresenta os resultados obtidos com a confecção de briquetes a partir da granalha de aço presente no resíduo de rochas ornamentais. A granalha recuperada através de separação magnética foi caracterizada pelo método titulométrico, EDS (Espectrometria por Dispersão de Elétrons) e difração de raios X. O tamanho e a distribuição das partículas foram obtidos por microscopia eletrônica de varredura e análise granulométrica. O concentrado ferroso recuperado apresentou teor de 93% de ferro metálico. Os briquetes apresentaram resistência a verde para força até 1,02 kN e a seco para a força máxima de 3,59 kN.

Palavras-chave: Resíduo de rochas ornamentais, briquetes.

Abstract

This paper presents the results obtained with the production of briquettes from the steel grit found in the residue of ornamental rocks. The grit recovered by magnetic separation was characterized by titrimetric analysis, EDS (Electron Dispersive Spectroscopy) and X-ray diffraction for the analysis of iron concentration in the residue. The size and distribution of particles were obtained by the granulometric analysis method and scanning electron microscopy (SEM). The process resulted in a concentrate containing 93% metallic iron. The maximum load before fracture of the green briquettes was 1.02kN and of the dry briquettes was 3.59kN.

Keywords: Rock ornamental waste, briquettes.

1. Introdução

As atividades industriais são responsáveis por geração de resíduos sólidos. Com isso, empresas são obrigadas a investir em novas tecnologias com o intuito de diminuir a quantidade de resíduo gerada (Acchar et al., 2006).

A geração de resíduo no setor de rochas ornamentais é um problema que as empresas vêm enfrentando, principalmente com relação ao local de descarte desse rejeito, uma vez que o resíduo pode contaminar o solo e as águas causando problemas de saúde à população vizinha

(Pontes & Júnior, 2005). Esse resíduo é composto por água, cal, granalha de aço e pó de rocha moída. Assim, uma saída para esse problema pode ser a recuperação de parte do resíduo, como, por exemplo, a granalha de aço através da briquetagem.

Briquetagem é um método de aglomeração de partículas finas por meio de pressão, podendo ser ou não utilizados aglomerantes, obtendo um produto compacto e com forma definida, possibilitando o transporte e armazenamento de materiais finos com economia (Carvalho &

Brinck, 2004; Cunha et al., 2006).

Estudos comparativos entre vários ligantes para a produção de briquetes de óxido de ferro foram realizados por Cassola et al (2000). Os briquetes produzidos sem ligantes apresentaram uma resistência à compressão a seco de 2,45 kN. A adição de 2% em peso de melaço confere aos briquetes uma resistência à compressão da ordem de 3,92 kN. Já a resistência com 2% de cal é da ordem de 5,29 kN. Com relação à umidade, foi constatada que a umidade ideal é 7% (Cassola et al., 2000). Lubrificantes têm a função de diminuir o coeficiente de atrito entre partículas individuais do aglomerado ou entre a superfície do aglomerado com a superfície dos rolos de compressão. Lubrificantes podem ser utilizados, tanto misturados com o material a ser aglomerado, como utilizado externamente nas superfícies de conformação.

2. Materiais e métodos

Para a recuperação da granalha de aço do resíduo, foi realizada separação magnética. Após, foi realizada a caracterização do concentrado ferroso através de

Briquetagem

O concentrado ferroso foi colocado em um recipiente (big bag) para a secagem no ambiente. Após a secagem do concentrado, foram confeccionados os briquetes no Instituto Federal do Espírito Santo (IFES), em uma briquetadeira de rolos fabricada pela SERVIGRAN, modelo HI.BRLC.5463.

Nesta etapa de preparação, deve-se quantificar e caracterizar o tipo de briquete que se deseja produzir. Assim, deve-se quantificar os parâmetros que serão usados na produção. Por exemplo, para se saber a quantidade de aglomerantes

Vários são os processos de briquetagem existentes. Porém, antes de iniciar o processo, é necessário que se escolha o método que melhor se ajuste ao material a ser briquetado. Quando a escolha não é bem feita, a prensagem pode não ser bem-sucedida, causando problemas em etapas sequenciais.

O processo que apresenta maior aceitação é o método de briquetagem em prensas de rolos. Esse processo é subdividido em quatro etapas: preparação, mistura, compressão e tratamento térmico (Carvalho & Brinck, 2004).

A indústria siderúrgica apresenta algumas alternativas para o consumo de briquetes produzidos a partir de ferro. Estes podem ser usados, tanto em convertedores LD (como agente refrigerante), como em fornos elétricos a arco em substituição à sucata.

Balajee et al. (1995) estudaram a

microscopia eletrônica de varredura, difração de raios X e análise granulométrica (realizada pelo equipamento Mastersizer 2000). A análise química pelo método

que será usada no processo, deve-se saber a qualidade do material e a do aglomerante que irá ser usado. O tamanho das partículas é fundamental para a escolha do aglomerante. Quanto menor for a granulometria da partícula do material a ser briquetado, menor será a quantidade de aglomerante necessária (Carvalho & Brinck, 2004).

Para a confecção dos briquetes, foi utilizada uma quantidade de 100 kg de concentrado ferroso. Foi adotado o processo de briquetagem com uso de aglomerante, no qual foi utilizado 2% em

utilização de briquetes feitos com carepas e outros resíduos gerados pelas indústrias siderúrgicas como agente refrigerante em convertedores. Já Godinskii et al. (2003) estudaram a utilização de briquetes de resíduos siderúrgicos em fornos elétricos a arco. De acordo com os autores, uma das principais razões do uso desse tipo de briquete em fornos elétricos é a compatibilidade entre os resíduos e a carga usada no processo.

O propósito da confecção dos briquetes a partir da granalha de aço recuperada do resíduo de rochas ornamentais é criar um novo produto, no caso briquetes, que possa ser utilizado na fabricação de aço em fornos elétricos a arco ou em convertedores LD, criando uma alternativa para o setor de rochas ornamentais para a destinação de parte do seu resíduo.

titulométrico foi utilizada para quantificação do teor de Fe metálico no aglomerado. Após a caracterização, foi iniciado o processo de confecção de briquetes.

massa de cal hidratada. Foi adicionada, também, água na quantidade de 7% em massa.

Feita a adição do aglomerante e da água no concentrado ferroso, foi realizada a homogeneização e, após a homogeneização, foi dado início ao processo de confecção dos briquetes. Foi utilizada uma força de compactação de 350 kN. Os briquetes produzidos apresentam dimensões médias de 40x35x15 mm.

A Figura 1 apresenta as dimensões e o formato dos briquetes confeccionados a partir do concentrado ferroso.

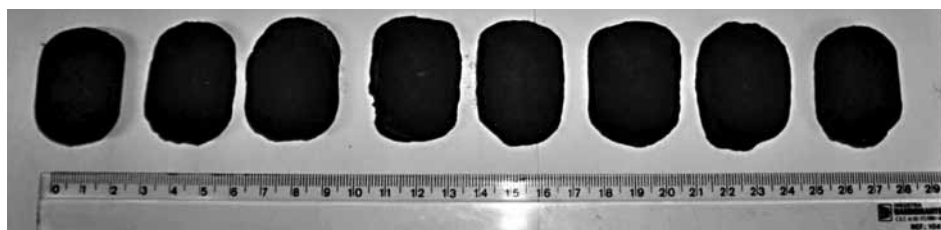


Figura 1
Briquetes confeccionados a partir do concentrado ferroso.

Após a confecção, três briquetes foram escolhidos aleatoriamente para a realização dos ensaios de resistência mecânica à compressão a verde.

Para isso, foi utilizada uma máquina de ensaios marca Kratos e célula

de carga da marca EMIC (modelo CCE1KN).

Outros três briquetes foram escolhidos aleatoriamente e levados à secagem em estufa, a uma temperatura de 105°C, durante um período de 24

horas e resfriados ao ar.

Então, os briquetes frios foram ensaiados à compressão, com parâmetros semelhantes ao parâmetro utilizado anteriormente, quando foi determinada a resistência mecânica a verde.

3. Resultados e discussão

Caracterização do concentrado ferroso

A análise química do concentrado ferroso utilizado nesse trabalho apresentou o conteúdo de 93% de ferro

metálico.

A análise de EDS apresentada na Figura 2, realizada sobre a imagem de

microscópio eletrônico de varredura da Figura 3, confirma a predominância de Fe metálico presente no concentrado.

Figura 2
Espectro de EDS
do concentrado ferroso.

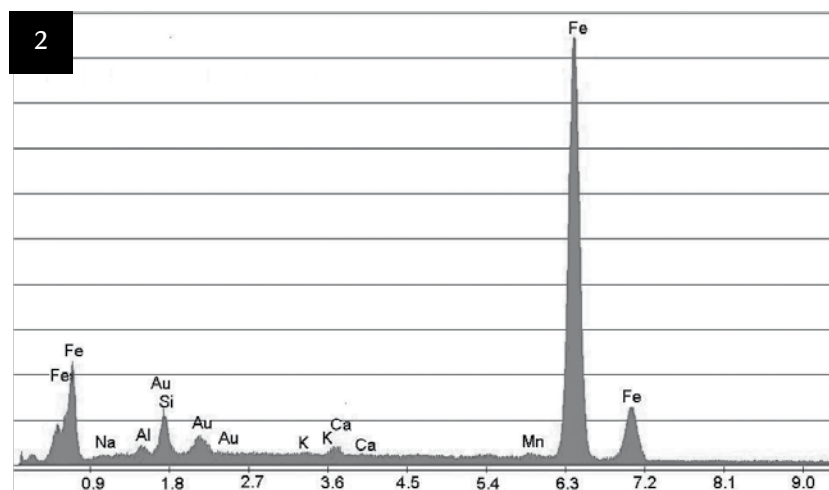
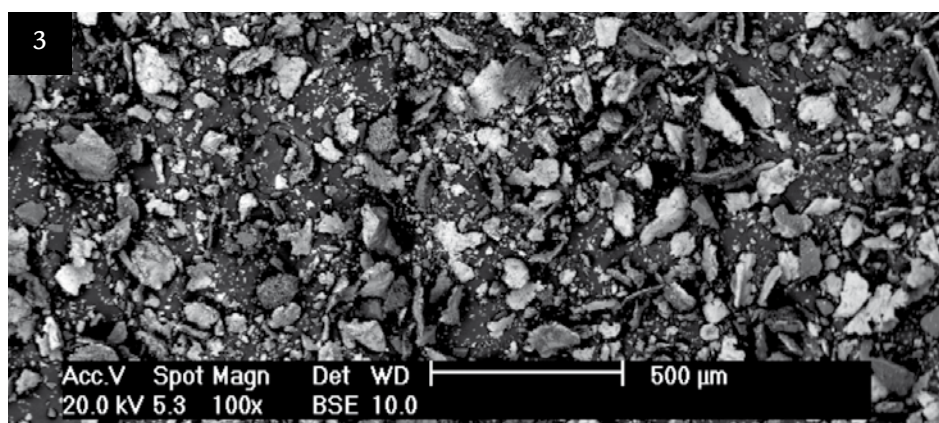


Figura 3
Imagem de elétrons
retroespalhados do
concentrado ferroso.



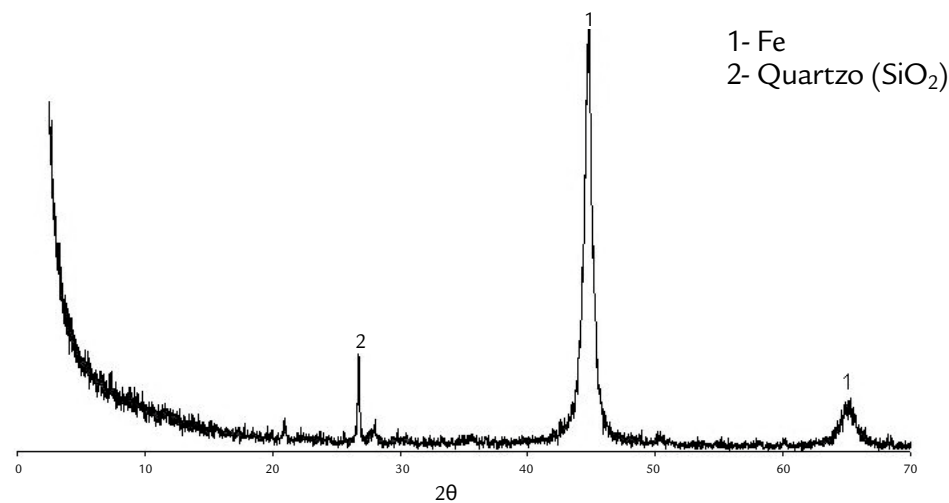
A análise do espectro comprova a presença predominante do Fe metálico no concentrado ferroso, uma vez que o principal componente do concentrado ferroso obtido na separação magnética do resíduo de granito é o Fe procedente da granalha de aço, abrasivo e utilizado no processo de

corte dos blocos. Pode-se notar, também, a existência de picos de baixa intensidade de manganês, alumínio, cálcio, potássio e silício, o que comprova a eficiência da separação magnética.

A Figura 4 apresenta o difratograma do concentrado ferroso. Pode-se observar

a presença de picos de Fe e, também pode ser observado um pico de baixa intensidade de de quartzo. O difratograma comprova que o principal constituinte do concentrado ferroso obtido é o Fe metálico e comprova também que a principal impureza presente é o SiO₂ (na forma de quartzo).

Figura 4
Difratograma do
concentrado ferroso.



A Figura 5 apresenta a análise granulométrica do concentrado ferroso realizada pelo equipamento Mastersizer 2000.

A granulometria do concentrado ferroso obtido na separação magnética

ficou situada entre 0,36 a 477,0 µm, com aproximadamente 26% abaixo de 37 µm. A granulometria apresentada está dentro da granulometria requerida para a confecção de briquetes sugerida por Carvalho

e Brinck (2004), que recomendam, para briquetagem, um tamanho de partículas de, aproximadamente, 3.300 µm. Cunha et al. (2006) recomendam granulometria abaixo de 6.350 µm.

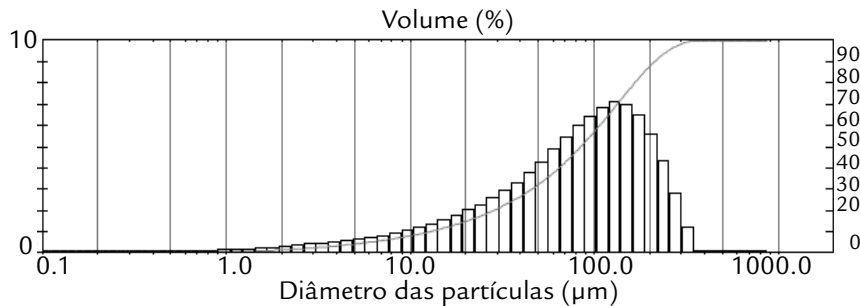


Figura 5
Distribuição granulométrica do concentrado ferroso obtido na separação magnética.

Resistência mecânica dos briquetes

A resistência mecânica à compressão foi avaliada pela força máxima aplicada

até a ruptura do corpo-de-prova. A Tabela 1 apresenta a força máxima de ruptura a

verde de três briquetes escolhidos aleatoriamente.

Ensaio	Força máxima até a ruptura (kN)
1	1,02
2	0,98
3	0,99

Tabela 1
Força máxima de ruptura a verde dos briquetes.

Cassola et al. (2000) produziram briquetes com finos de óxido de ferro utilizando a cal hidratada como aglomerante. Foi obtida uma força de ruptura máxima a verde de, aproximadamente, 1,18 kN. Foram realizados, também, ensaios de resistência mecânica a verde com briquetes sem uso de aglomerantes e, nesse caso, foi obtida uma força de ruptura máxima de 0,98 kN.

No caso dos briquetes produzidos

com Fe metálico obtido na separação magnética com uso de cal hidratada como aglomerante, foi obtida uma resistência mecânica de, no máximo, 1,02 kN, um valor menor do que o encontrado por Cassola et al. (2000).

A menor resistência a verde obtida é decorrente da maior faixa granulométrica apresentada pelo material em estudo (entre 0,36 a 477,0 µm, aproximadamente 26% está abaixo de 37

µm), pois a resistência mecânica a verde aumenta com a redução do tamanho das partículas (Lenel, 1980). Nos ensaios realizados por Cassola et al. (2000), o material briquetado apresentou uma granulometria abaixo de 210 µm, com, aproximadamente, 83% da amostra abaixo de 37 µm.

Na Tabela 2, são apresentados os resultados obtidos com ensaios de compressão em três briquetes secos.

Ensaio	Força máxima até a ruptura (kN)
1	3,49
2	3,45
3	3,59

Tabela 2
Força máxima de ruptura a seco dos briquetes

Pode-se observar que, com a etapa de secagem, os briquetes tiveram uma melhora em sua resistência, de 1,02 kN para 3,59 kN.

A diferença apresentada pela

resistência mecânica dos briquetes obtidos nesse trabalho e os relatados por Cassola et al. (2000) tem relação com a distribuição granulométrica, pois esse fator influencia a quantidade

de aglomerante que deve ser utilizada. Quanto menor for a partícula, menor é a quantidade de aglomerante necessária (Carvalho & Brinck, 2004).

4. Conclusões

A produção de briquetes a partir da granalha de aço pode ser uma alternativa

para as indústrias do setor de rochas ornamentais, para minimizar parte dos

problemas encontrados pelas empresas na deposição do seu resíduo, uma vez

que os briquetes produzidos apresentam vantagens, em relação à sucatas, como a composição química uniforme (93% de

ferro metálico), apresentando, também, tamanho uniforme, o que facilita seu transporte e armazenamento. Com re-

lação à resistência mecânica, foi obtida uma força máxima de ruptura a verde de até 1,02kN e a seco de 3,59kN.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem a FAPESP

pelo apoio financeiro e a USP.

6. Referências bibliográficas

- ACCHAR, W., VIEIRA, F.A., HOTZA, D. Effect of marble and granite sludge in clay materials. *Materials Science and Engineering A*, n. 419, p. 306-309, 2006.
- BALAJEE, S. R., CALLAWAY, P. E., KEILMAN, L. M. Production and BOF, recycling of waste oxide briquettes containing steelmaking sludges, grit, and scale at anland steel. In: *ISS Steelmaking conference proceedings*, 1995. p. 51-65.
- CARVALHO, E. A. de, BRINCK, V. Briquetagem. In: LUZ, A. B. da, SAMPAIO, J. A., ALMEIDA, S. L. M. da. *Tratamento de minérios*. (4. ed.). Rio de Janeiro: CETEM-MCT, 2004. Cap. 15, p. 613-636.
- CASSOLA, M. S., MORAES, S. L. de, TUMOLO FILHO, M. Aglomeração de finos de óxido de ferro – resíduo industrial. (em CD). In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE REUSO/RECICLAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS, São Paulo, 2000. *Anais...* São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente, 2000.
- CUNHA, A. F. da, MOL, M. P. G., MARTINS, M. E., ASSIS, P. S. Caracterização, beneficiamento e reciclagem de carepas geradas em processos siderúrgicos. *REM - Revista Escola de Minas*, Ouro Preto, n.59, p. 111-116, 2006.
- GODINSKII, N. A., KUSHNAREV, N. N., YAKHSHUK, D. S.; KOTENEV, V. I., BARSUKOV, E. Y. Use of Iron-Carbon-Bearing briquets in electric steelmaking. *Metallurgist*, v. 47, n. 1, p. 43-45, 2003.
- LENEL, F V. *Powder metallurgy - principles and applications*. Princeton, N.J, Metal Powder Industries Federation, 1980, 593p.
- PONTES, I. F., JÚNIOR, A. S. Utilização de resíduos de rochas ornamentais nas indústrias de construção civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS E METALURGIA EXTRATIVA, 21. Natal. *Anais...* Rio de Janeiro: CETEM, 2005. v.2.
- PONTES, I. F., VIDAL, F. W. H. Valorização de resíduos de serrarias de mármore e granito e sua aplicação na construção civil. In: SIMPÓSIO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO NORDESTE, 5., 2005, Pernambuco. *Anais...* Rio de Janeiro: CETEM, 2005. p.117-125.

Artigo recebido em 03 de fevereiro de 2010. Aprovado em 28 de janeiro de 2011.