

O USO DE RESÍDUOS SÓLIDOS RESULTANTES DO CORTE DE MÁRMORE NA PRODUÇÃO DE PELOTAS DE INTERESSE SIDERÚRGICO¹

Ivan Galdino da Silva²
 Caruline de Souza Carvalho Machado³
 Raphael de Alcantara Sampaio⁴
 João Batista Conti de Souza⁵
 José Roberto de Oliveira⁶

Resumo

O Espírito Santo possui uma das maiores reservas de mármore do Brasil e dispõe de um parque industrial que equivale a mais da metade dos teares instalados no País. O resíduo gerado destas empresas é despejado em tanques a céu aberto, acarretando a poluição do meio ambiente. Atualmente, durante a etapa de corte do mármore, é gerada uma quantidade de 24000 ton/mês de resíduos sólidos. Tais resíduos possuem teores elevados de calcário e cal hidratada, os quais possuem o potencial de serem utilizados na produção de pelotas de interesse siderúrgico, uma vez que as pelotas são fabricadas a partir de minério de ferro, calcário (formado por CaCO_3 e MgCO_3 , os quais são fonte de CaO e MgO) e cal hidratada em diferentes proporções. Portanto, o objetivo do presente trabalho é utilizar o resíduo de mármore para produzir pelotas de interesse siderúrgico. Depois de produzidas, as pelotas foram submetidas a testes de resiliência, resistência à compressão da pelota crua e seca, ensaio de abrasão e caracterização das pelotas queimadas. As análises e testes mostraram que as propriedades mecânicas das pelotas verdes e secas produzidas com carboximetilcelulose (CMC) e resíduo de mármore foram compatíveis com as propriedades encontradas nas pelotas utilizadas comercialmente, atendendo aos requisitos mínimos. E com relação a composição química, a concentração de FeT encontrado nas amostras foi superior aquele presente nas pelotas comerciais.

Palavras-chave: Resíduos de mármore; Pelotização; Preservação ambiental.

THE USE OF SOLID RESIDUE RESULTING FROM THE COURT OF MARBLE PRODUCTION OF PELLETS IN STEEL INTEREST

Abstract

The Espírito Santo has one of the largest reserves of marble from Brazil and has an industrial park which is equivalent to more than half of looms installed in the country of these companies. The waste generated is dumped into tanks in the open, leading to pollution of the environment. Currently, during the step of cutting the marble, is generated an amount of 24,000 tons / month solid waste. Such residues have high contents of lime and hydrated lime, which have the potential to be used in the production of steel pellets of interest, since the pellets are fabricated from iron ore, limestone (CaCO_3 and MgCO_3 formed by the which are a source of CaO and MgO) and hydrated lime in different proportions. Therefore, the aim of this work is to use the residue of marble to produce steel pellets interest. Once produced, the pellets were tested for resiliency, compressive strength of the raw pellets and dry abrasion test e caracterização of fired pellets. The analyzes and tests showed that the mechanical properties of fresh and dry pellets produced with carboxymethylcellulose (CMC) and marble residue were consistent with the properties found in pellets used commercially, meeting the minimum requirements. And with respect to chemical composition, the concentration of the samples was found FeT upper one present in commercial pellets.

Key words: Waste marble; Pellet; Environmental preservation.

¹ Contribuição técnica ao 68^o Congresso Anual da ABM - Internacional, 30 de julho a 2 de agosto de 2013, Belo Horizonte, MG, Brasil.

² Tecnólogo em Rochas Ornamentais, Mestrando em Engenharia Metalúrgica, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Materiais (PROPEMM), Vitória, ES, Brasil.

³ Engenheira Metalúrgica, Instituto Federal do Espírito Santo (IFES), Vitória, ES, Brasil.

⁴ Engenheiro Químico, Mestrando em Engenharia Metalúrgica, PROPEMM, Vitória, ES, Brasil.

⁵ Engenheiro Metalúrgico, Prof. Dr., curso de graduação em Engenharia Metalúrgica e de Materiais, IFES, Vitória, ES, Brasil.

⁶ Engenheiro Metalúrgico, Prof. Dr., cursos de graduação e pós-graduação em Engenharia Metalúrgica e de Materiais, IFES, Vitória, ES, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

O mármore e o granito são matérias-primas conhecidas e bem difundidas pelo uso frequente no setor de revestimentos e ornamentação, tendo no Brasil um dos maiores produtores e exportadores de rochas ornamentais do mundo, ficando atrás apenas de China e Itália.

Os resíduos gerados a partir da indústria de mármore, em sua maior parte, são despejados de forma inadequada em tanques a céu aberto, quando não em terrenos próximos às empresas de beneficiamento de mármore, oferecendo riscos de contaminação ao solo e aos recursos hídricos uma vez que é caracterizado e classificado como resíduo classe II A – Não Inerte, segundo a norma NBR – 10004,⁽¹⁾ presença de chumbo, cromo total, ferro e manganês acima dos limites máximos permitidos para o teste de solubilização ABNT, e Manhães e Holanda.⁽²⁾ Durante a produção de rochas ornamentais (mármore), uma grande quantidade de resíduos sólidos, com granulometria inferior a 150µm é gerada. Quanto mais fino o minério maior é a resistência a abrasão e maior é a resistência a compressão de pelotas queimadas.^(3,4) Tais resíduos possuem teores elevados de calcário dolomítico e calcítico e de cal hidratada, um dos insumos da lama abrasiva - proveniente do corte de rochas ornamentais - e que possuem potencial necessário de serem utilizados na produção de pelotas de interesse siderúrgico.⁽⁵⁾ Para fabricação de pelotas além do minério de ferro, que é a matéria prima principal, são usados principalmente o calcário, que é formado por CaCO₃ e MgCO₃ (como fonte de CaO e MgO). Quanto maior a área superficial específica do *pellet feed* melhor serão as qualidades físicas da pelotas cruas e queimadas.⁽⁶⁾

Portanto, o presente trabalho propõe um estudo da possibilidade tecnológica da utilização do resíduo de mármore na produção de pelotas de interesse siderúrgico.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Análise Química das Matérias-Primas

Inicialmente a lama de resíduo de mármore foi adquirida na empresa Mineração Santa Clara, localizada no município de Cachoeiro de Itapemirim - ES. A lama recolhida foi calcinada e homogeneizada e, após isso, a mesma foi enviada ao laboratório Stollberg do Brasil a fim de analisar a composição química do resíduo de mármore. O minério de ferro a ser utilizado para a preparação da mistura foi fornecido pela Samarco, cuja empresa também cedeu a composição química do material. A composição química do resíduo e do minério é mostrada na Tabela 1.

Tabela 1. Composição química do resíduo de mármore e do minério de ferro

Material	Análise Química (%)										
	FeT	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	Na ₂ O	K ₂ O	CO ₂
Resíduo de Mármore	-	2,84	37,04	18,81	0,29	0,01	0,32	0,07	0,09	0,03	43,48
Minério de Ferro	66,6	2,03	0,09	0,01	0,37	-	0,67	0,04	-	-	-

2.2 Balanço de Massa

O balanço de massa foi estabelecido com o intuito de substituir totalmente o calcário utilizado como aditivo na fabricação das pelotas pelo resíduo de mármore. Os minérios utilizados nos ensaios foram separados em 3 partes de 5,2 kg cada. A proporção de carvão e carboximetilcelulose (CMC) foram fixadas em 1,27% e 0,05%,

respectivamente. A Tabela 2 apresenta as proporções de resíduos de mármore utilizadas em cada amostra.

Tabela 2. Identificação das amostras e proporções de resíduos utilizados

Amostra	Adições	Proporção de Adição (em peso)
A1		0,7%
A2	Resíduo de Mármore	1,9%
A3		2,1%

2.3 Preparação das Misturas e Produção das Pelotas

As misturas foram preparadas levando-se em consideração o balanço de massa abordado na seção anterior. Entretanto, devido a pequena quantidade de resíduo de mármore, carvão e CMC, estes materiais foram homogeneizados previamente antes de serem adicionados ao minério de ferro. Após isso, a mistura total foi homogeneizada, quarteada e passada por diversas vezes em peneiras de diferentes malhas.

Após a preparação e homogeneização das misturas, as mesmas foram inseridas ao disco pelletizador através de um shut móvel. A Figura 1 mostra o discopelletizador onde as pelotas foram produzidas.



Figura 1. Disco pelletizador onde as pelotas foram produzidas no presente trabalho.

2.4 Testes Físicos e Metalúrgicos

Depois de produzidas as pelotas, foram realizados ensaios de resistência a compressão das pelotas cruas e secas, ensaio de resiliência, ensaio de abrasão e caracterização das pelotas queimadas, de acordo com suas respectivas normas.

A resistência a compressão das pelotas cruas e secas foi realizada através de uma prensa manual. Já nos teste de resiliência, as pelotas cruas úmidas são liberadas, individualmente, de uma altura de 45 cm (altura média entre os pontos de transferência na usina) várias vezes, até que a mesma apresente alguma trinca. O número de quedas que a pelota suporta sem apresentar trincas é o valor da resiliência. Após os 10 ensaios, reportamos valor médio obtido como resultado. O ensaio de abrasão consiste em colocar uma massa de 15 kg da amostra de pelotas, de granulometria entre 6,3 mm e 19,0 mm, em um tambor de abrasão e submetê-las a 200 rotações, a uma velocidade de rotação de 25 rpm. O resultado de tamboramento é expresso como o percentual retido na peneira de 6,3 mm, e a abrasão é o percentual passante na peneira de 0,5 mm. Para a caracterização das pelotas queimadas, inicialmente as mesmas foram aquecidas até a temperatura de 1300°C a uma taxa de 10°C/min. As pelotas foram mantidas nesta temperatura por 8 minutos e, em seguida, resfriadas lentamente dentro do próprio forno, até a temperatura ambiente. Após esse

procedimento, a análise química das pelotas foi realizada via raios-X no laboratório da Vale. A composição química das pelotas queimadas é mostrada na Tabela 3.

Tabela 3. Análise química das pelotas queimadas

Identificação	Análise Química (%)								
	FeT	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	TiO ₂	P	Mn	Basicidade
A1	69,82	2,40	0,41	0,15	0,46	0,04	0,04	0,05	0,17
A2	69,26	2,47	0,94	0,32	0,48	0,04	0,04	0,05	0,38
A3	69,12	2,37	0,84	0,32	0,44	0,04	0,04	0,05	0,35
Comercial	67,26	2,00	0,90	0,10	0,60	0,05	0,05	0,05	0,46

A composição química da amostra comercial foi utilizada como referência no presente trabalho.

É válido ressaltar que o FeT mostrada na tabela acima está na forma de Fe₂O₃ na pelota.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 ilustra o número médio de quedas que as pelotas secas sofreram sem que houvesse a ruptura ou trinca das mesmas.

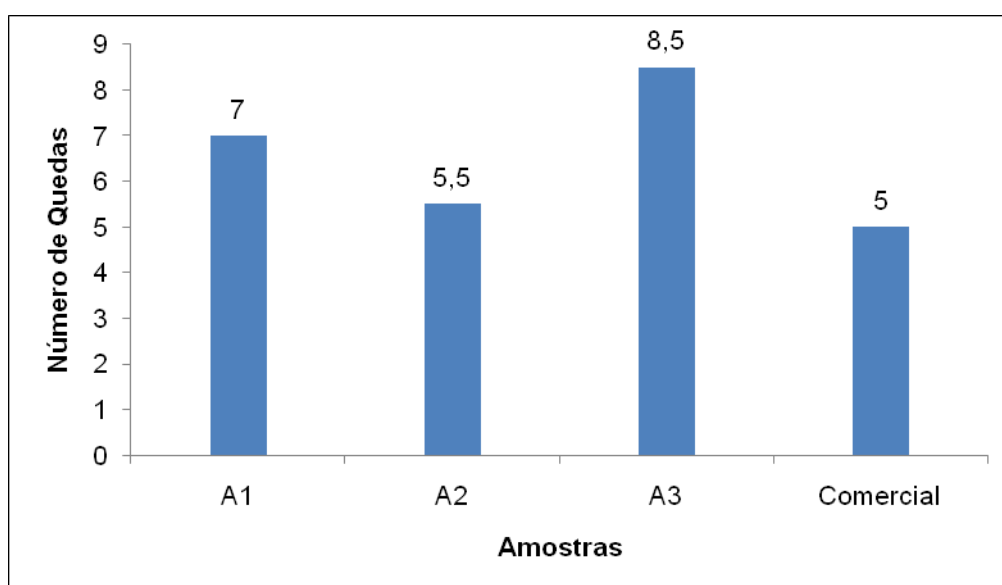


Figura 2. Resiliência das pelotas secas e da comercial.

Observa-se que as pelotas produzidas no presente trabalho apresentaram uma resiliência maior do que aquelas utilizadas comercialmente, a qual o resultado é utilizado como referência. Portanto, a partir do teste de resiliência, pode-se inferir que as pelotas produzidas a partir do resíduo de mármore terão melhor eficiência com relação às pelotas comerciais quando submetidas às quedas nas esteiras durante o processo de fabricação.

A Figura 3 ilustra o valor médio da resistência a compressão obtido para as pelotas cruas, secas e queimadas.

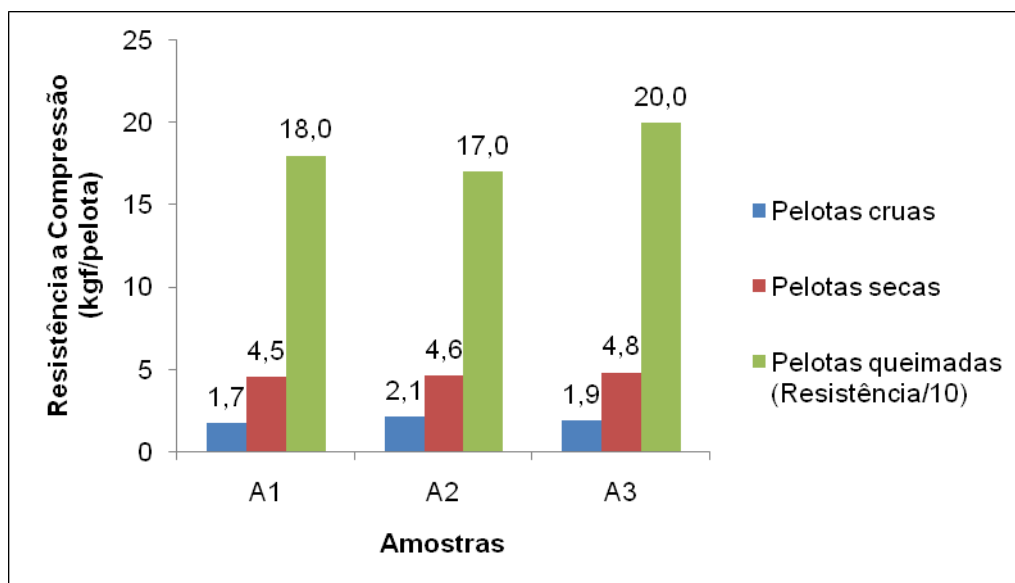


Figura 3. Resistência a compressão das pelotas cruas, secas e queimadas.

Observa-se a partir da figura acima que as pelotas secas, as quais foram aquecidas a 100°C por 2 h a fim de retirar a umidade, apresentaram uma resistência a compressão maior do que as pelotas cruas, as quais continham alta umidade. Já as pelotas queimadas a 1300°C apresentaram valores de resistência a compressão ainda maiores que as pelotas cruas e as secas. Entretanto o valor médio de resistência a compressão destas últimas é menor do que aquele encontrado para as pelotas comerciais, o qual é 27 kgf/pelota. Esta diferença de valores pode estar relacionada ao fato de que as pelotas comerciais são produzidas com bentonita e para a produção das pelotas do presente trabalho foi utilizado resíduo de mármore, o qual apresenta uma maior concentração de CaO do que a bentonita.

Em contrapartida a diminuição da resistência a compressão, as pelotas produzidas a partir do resíduo de mármore apresentam uma maior produtividade, uma vez que as mesmas possuem maior concentração de Fe₂O₃, conforme mostrado na Tabela 3.

A Figura 4 mostra os valores médios da resistência a abrasão das pelotas produzidas no presente trabalho e aquele das pelotas comerciais.

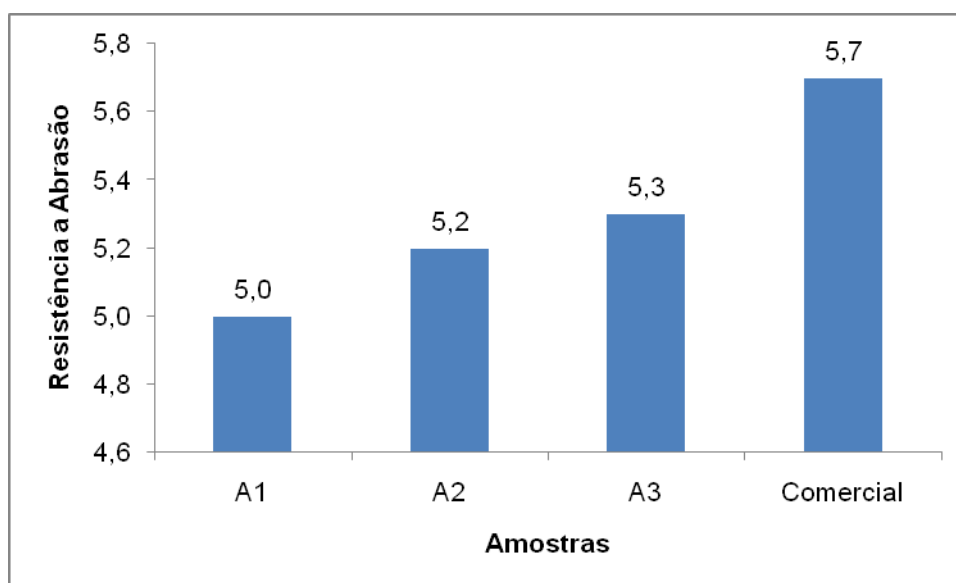


Figura 4. Valor médio da resistência a abrasão obtido para as pelotas.

Observa-se a partir da figura acima que as pelotas produzidas com resíduo de mármore apresentaram uma resistência a abrasão menor, mas não significativa, do que aquelas utilizadas comercialmente. E, assim como nos testes de resiliência, esse fato pode estar atrelado a maior concentração de CaO no resíduo de mármore com relação a bentonita, material utilizado nas pelotas comerciais.

4 CONCLUSÃO

Com base nos dados obtidos no presente trabalho pode-se concluir que:

- as pelotas produzidas com resíduo de mármore apresentaram maior resiliência do que as pelotas produzidas comercialmente;
- quanto menor a umidade contida nas pelotas, maior será a resistência a compressão das mesmas;
- a resistência a compressão das pelotas queimadas produzidas com resíduo de mármore foi menor do que aquelas produzidas comercialmente e tal fato está relacionado a utilização de bentonita para a produção das pelotas comerciais;
- apesar de as pelotas produzidas com resíduo de mármore apresentar menor resistência a compressão, as mesmas podem obter maior produtividade, uma vez que a concentração de Fe_2O_3 nelas é maior do que naquelas de referência;
- as pelotas produzidas com resíduo de mármore apresentaram um desgaste maior do que as comerciais no ensaio de abrasão, entretanto, como os valores são próximos, as pelotas produzidas no presente trabalho possuem capacidade de serem aplicadas no processo produtivo de ferro.

Agradecimentos

A CAPES pela bolsa de mestrado, a Samarco, a Vale e ao Laboratório Radieng pelo auxílio na realização dos experimentos e concessão do material a ser utilizado nos testes.

REFERÊNCIAS

- 1 ABNT. NBR 10.004. Resíduos sólidos: Classificação. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, Brasil, 2004.
- 2 MANHÃES, J. P. V. T.; DE HOLANDA, J. N. F. Caracterização e Classificação de Resíduo Sólido "Pó de Rocha Granítica" Gerado na Indústria de Rochas Ornamentais. Química Nova, n. 6, v. 31, p.1301-1304, 2008.
- 3 COTA, M. F.; NUNES, S. F. Relatório interno – Desagregação da carga circulante do pelotamento através do *rollerpress*. Samarco Mineração, 2003.
- 4 REIS, W. L.C. Reciclagem da lama fina de aciaria em pelotas metalizadas. XXXVIII Seminário de Aciaria - Internacional, Belo Horizonte - MG, 2007.
- 5 MEYER, K. Pelletizing of Iron Ores. Springer, p. 21-205, Düsseldorf: Germany, 1984
- 6 COTA, M. F.; NUNES, S. F.; BEHRING, R. Apostila de treinamento da Universidade de Pelotização (UNIPEL). Samarco Mineração, CEFETES-ES, Anchieta, 2005.