

CARACTERIZAÇÃO DA LAMA GERADA NO CORTE DE BLOCOS DE MÁRMORE VISANDO O PROCESSO DE AGLOMERAÇÃO DE MINÉRIO DE FERRO*

Carlos Henrique Borgert¹
Lúcio Rosso Neto²
Felipe Everaldo Santos³
Felipe Fardin Grillo⁴
José Roberto de Oliveira⁵
Eduardo Junca⁶

Resumo

Este trabalho tem por objetivo expor os resultados obtidos a partir da caracterização do resíduo proveniente do corte de mármore por fio diamantado visando sua aplicação na produção de pelotas de minério de ferro. Dentre as metodologias utilizadas na caracterização do mesmo estão, análise química por ICP, granulometria por difração a laser, microscopia eletrônica de varredura, difração de raios-X, termogravimetria e BET. De acordo com as análises, o resíduo apresenta uma composição semelhante a de um mármore dolomítico-calcítico, pois seus principais minerais são a Calcita (CaCO_3) e a Dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$). Além disso, observou-se que a faixa granulométrica está compreendida entre 0,04 e 56 μm . Tais fatores levaram à ideia de utilizá-lo como um substituto do calcário utilizado para a confecção de pelotas de minério de ferro para alto-forno, utilizadas como uma fonte de ferro nos processos siderúrgicos para a produção de gusa.

Palavras-chave: Resíduo de mármore; Rocha ornamental; Pelotas de minério de ferro.

CHARACTERIZATION OF SLUDGE GENERATED IN CUTTING PROCESS OF MARBLE BLOCKS FOR IRON ORE AGGLOMERATION PROCESS

Abstract

The aim of this work is to show the results obtained of the sludge characterization obtained from the cutting of marble process by diamond wire in order to use in the iron ore pellets production. Thus, the characterization was accomplished by chemical analysis by ICP, particle size analysis, scanning electron microscopy, X-ray diffraction, thermogravimetry and BET. According to the chemical analysis, the waste presented a similar composition of a dolomitic-calcitic marble, since its main minerals were calcite (CaCO_3) and dolomite ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$). In addition, it was observed that the particle size range is between 0.04 and 56 μm . These factors indicate that the limestone can be replaced by marble sludge in the iron ore pellets production for blast furnace, used as a iron source in steelmaking processes for the production of pig iron.

Keywords: Marble waste; Ornamental rock; Iron ore pellets.

¹ Graduando em Eng. Química, Iniciação científica PIBIC/CNPq, Instituto de Engenharia e Tecnologia, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, Santa Catarina, Brasil.

² Graduando em Eng. Química, Iniciação científica PIBIC/UNESC, Instituto de Engenharia e Tecnologia, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, Santa Catarina, Brasil.

³ Mestrando em Ciências e Engenharia de Materiais, Instituto de Engenharia e Tecnologia, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, Santa Catarina, Brasil.

⁴ *Doutor em Eng. de Metalurgia e Materiais, professor, Departamento de Engenharia Metalúrgica, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, Vitória, Espírito Santo, Brasil.*

⁵ *Doutor em Eng. de Metalurgia e Materiais, professor, Departamento de Engenharia Metalúrgica, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, Vitória, Espírito Santo, Brasil.*

⁶ *Doutor em Eng. de Metalurgia e Materiais, professor, Instituto de Engenharia e Tecnologia, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, Santa Catarina, Brasil.*

⁷

1 INTRODUÇÃO

As rochas ornamentais possuem um elevado interesse comercial devido às propriedades características e à sua diversidade de aplicações, sendo utilizadas na arquitetura, arte, revestimentos e construções. No entanto, estas rochas necessitam ser extraídas do solo e beneficiadas. Sendo umas das mais modernas técnicas de corte, o fio diamantado é utilizado, pois possui um bom custo benefício e alta durabilidade do equipamento, em comparação com os outros métodos [1,2]. Entretanto, ainda possui uma elevada geração de resíduo, cerca de 20% a 30% das rochas é desperdiçada na forma de lama. A produção brasileira de rochas ornamentais em 2017 foi estimada em 9,3 milhões de toneladas [3,4], ou seja, levando-se em consideração a quantidade desperdiçadas no corte e a produção brasileira de rochas, é possível estimar que a produção de resíduo neste setor foi da ordem de 2,3 a 3,9 milhões de toneladas.

Para a produção das pelotas nas indústrias são utilizados normalmente quatro componentes, sendo eles minério de ferro fino (matéria prima principal), carvão (combustível sólido), aglomerante (bentonita, cal hidratada, ou aglomerantes sintéticos), dependendo do tipo de pelota a ser produzida, e calcário [5], ao substituir esse por resíduo de mármore, ocorreria um maior reaproveitamento bruto do mesmo. O uso deste para o processo de aglomeração de minério de ferro já teve efetividade comprovada [6], porém, são necessárias algumas análises do resíduo para avaliar a viabilidade do seu uso em substituição ao calcário.

Portanto, o presente trabalho tem o objetivo de caracterizar o resíduo proveniente do corte de mármore por fio diamantado afim de determinar suas características como substituto do calcário na confecção de pelotas de minério de ferro utilizadas no alto-forno.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 – Materiais e métodos

O resíduo de mármore utilizado foi obtido em uma empresa de desdobramento de rochas ornamentais no estado do Espírito Santo. Para a caracterização do resíduo, inicialmente foi realizada a secagem do mesmo, em uma estufa a 105 °C, por 24 horas. Depois de seco, o material foi transferido para uma bancada onde ocorreu seu quarteamento [7,8], sendo retiradas quatro alíquotas de aproximadamente 50g e encaminhadas para os testes de caracterização por:

- Análise química pelo método *Inductively Coupled Plasma* (ICP), para quantificar os elementos presentes na amostra. A perda ao fogo foi feita pelo método de gravimetria, até a temperatura de 1000°C. Em adição, a determinação de sílica foi realizada pelo método de calorimetria;
- Difração de raios-X utilizando a faixa de varredura de 0 a 80 graus no equipamento Shimadzu Lab X XRD-6000;
- Análise granulométrica pelo equipamento Cilas 1064, utilizando como agente dispersor poliacrilato de sódio, usando água como meio líquido;
- Microscopia eletrônica de varredura pelo equipamento Zeiss EVO MA10;
- Análise termogravimétrica, feita com o equipamento NETZSCH STA 449 F3, utilizando atmosfera de nitrogênio, partindo da temperatura de 35°C até 1100°C, com uma taxa de aquecimento de 10°C/min;
- BET, realizada com o equipamento Quantachrome NovaWin, utilizando gás nitrogênio.

2.2 – Resultados e discussão

2.2.1–Análise química

O resultado da análise química do resíduo está exposto na tabela 1.

Tabela 1. Composição química do resíduo de mármore

Componente	Percentual em massa
CaO	40,22
SiO ₂	5,04
Al ₂ O ₃	0,05
MgO	13,22
K ₂ O	0,03
Fe ₂ O ₃	0,16
Na ₂ O	0,01
MnO	0,01
Perda ao fogo	41,26

De acordo com os dados da tabela 1, a basicidade binária do resíduo de mármore, obtida pela razão da concentração de óxido de cálcio (CaO) e de sílica (SiO₂), é de aproximadamente 7,98. Sendo assim, o uso deste resíduo na confecção de pelotas de minério de ferro poderá ser feito por pequenas adições de resíduo para adequar a basicidade da pelota, portanto, o percentual de ferro sofrerá apenas uma leve redução, mantendo a eficiência do alto-forno na produção de ferro gusa.

2.2.2–Difração de raios-X

Conforme a figura 1, o difratograma de raios-X do resíduo de mármore, pode-se observar que as estruturas predominantes da amostra são calcita (CaCO₃) e dolomita (CaMg(CO₃)₂). Sendo assim o resíduo é proveniente de um mármore dolomítico-calcítico e sua composição semelhante a uma rocha carbonática [9,10].

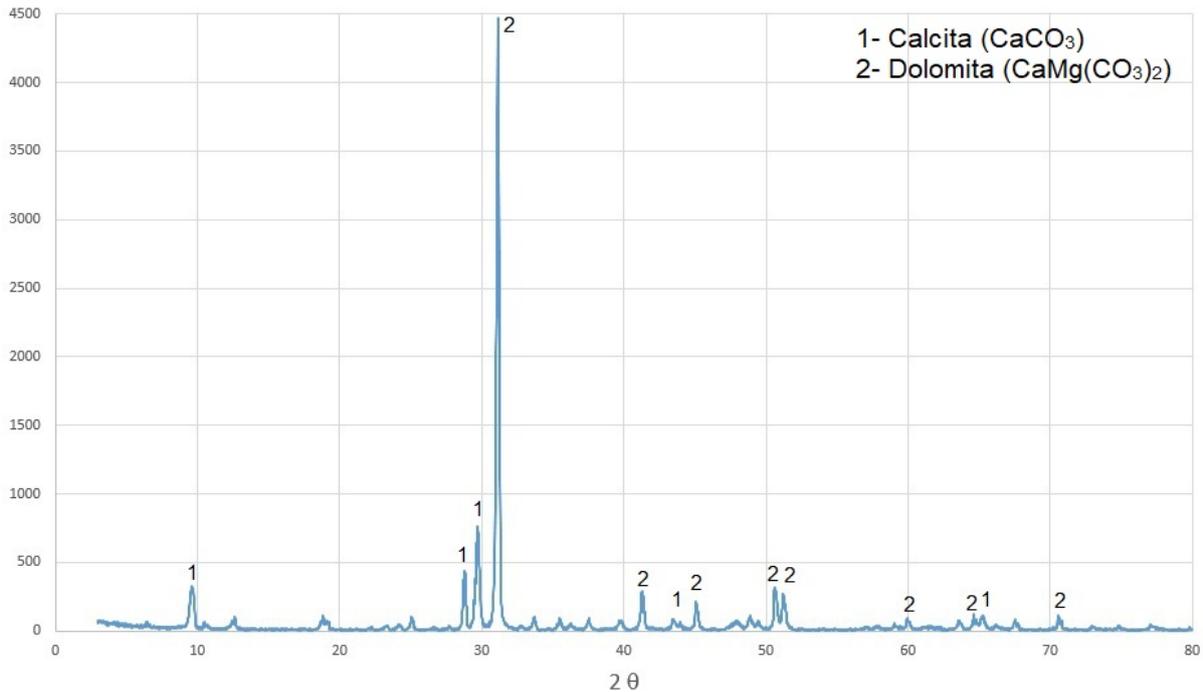


Figura 1. Difratoograma de raios-X do resíduo de mármore

2.2.3– Granulometria e BET

Os resultados de ambas as análises estão expostos na tabela 2.

Tabela 2. Granulometria e área superficial do resíduo de mármore

Parâmetro quantitativo	Resultado
Diâmetro a 10%	1,63 μm
Diâmetro a 50%	10,38 μm
Diâmetro a 90%	28,50 μm
Área superficial	2,230 m^2/g

De acordo com a análise granulométrica, os diâmetros das partículas do resíduo de mármore estão em uma faixa de 0,04 a 56 μm , tendo 10% das partículas abaixo de 1,63 μm , 50% menor que 10,38 μm e 90% inferior a 28,50 μm . Assim, o resíduo pode ser utilizado na confecção de pelotas de minério sem que ocorra algum problema devido ao diâmetro das partículas, pois a granulometria dos insumos utilizados na pelota deve estar abaixo de 150 μm [5].

2.2.4– Microscopia Eletrônica de Varredura

A figura 2 apresenta uma imagem do resíduo de mármore em microscópio eletrônico de varredura.

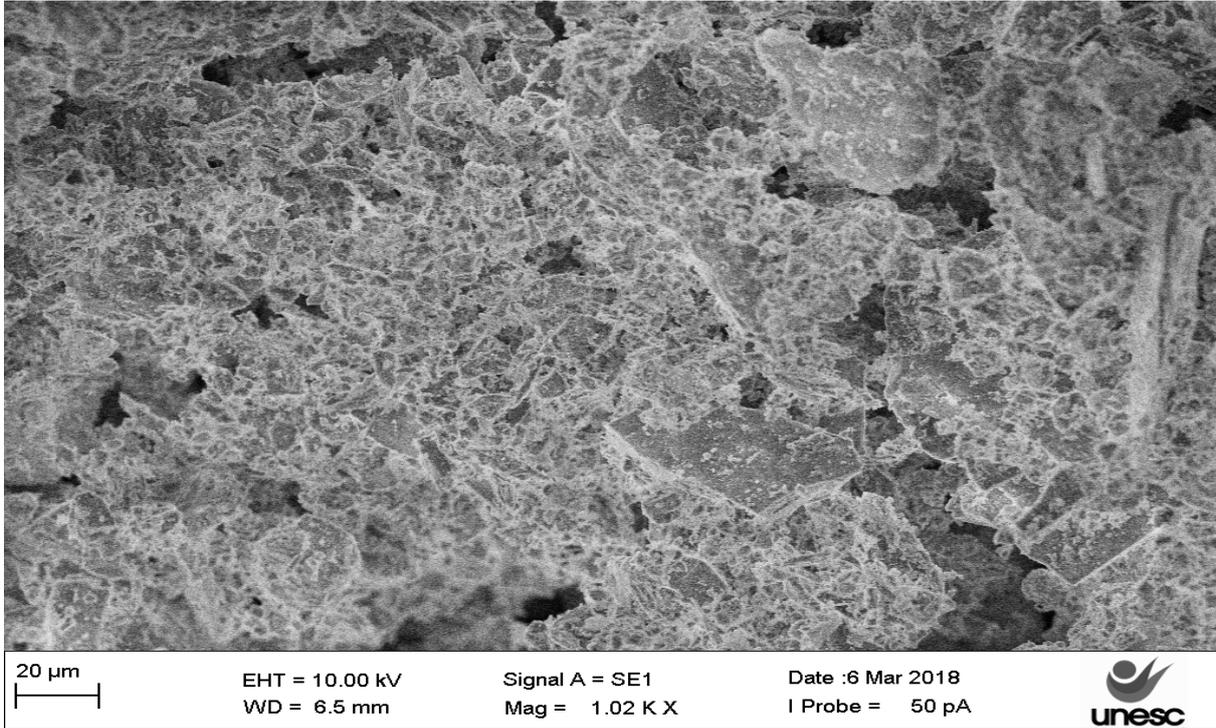


Figura 2. Imagem do resíduo de mármore obtido por elétrons-secundários pelo microscópio eletrônico de varredura.

Conforme a figura 2, na composição de resíduo há partículas com diâmetro inferior a 2 µm, e outras maiores que 20 µm, o que comprova os resultados obtidas na análise granulométrica.

2.2.5– Análise termogravimétrica

A curva termogravimétrica do resíduo de mármore está exposta na figura 3.

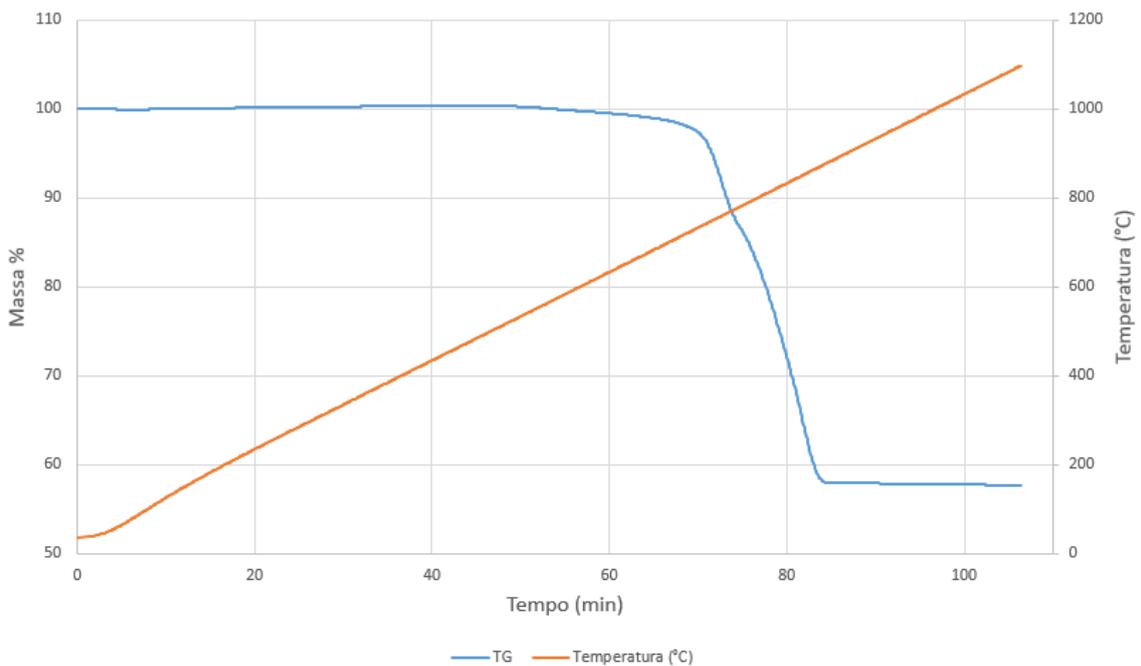
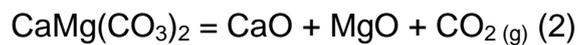


Figura 3. Curva termogravimétrica do resíduo de mármore

De acordo com a figura 3, o resíduo começou a perder massa na temperatura aproximada de 700°C, e estabilizou sua perda em aproximadamente 850°C, chegando a perder 42,34% da sua massa inicial até 1100°C. O pico de perda pode ser explicado pelas reações de dissociação da calcita (CaCO_3) e da dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), quais ocorrem normalmente nesta faixa de temperatura [10,11], e são demonstradas nas equações 1 e 2.



3 CONCLUSÃO

De acordo com os resultados da caracterização realizada no resíduo de mármore proveniente do corte por fio diamantado inferiu-se que o resíduo é composto predominantemente de óxido de cálcio (CaO), cerca de 40,22 %, e óxido de magnésio (MgO), 13,22 %. As principais fases detectadas foram a calcita (CaCO_3) e a dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), e a granulometria indicou que 100% das partículas do resíduo estão abaixo de 56 μm . Desta forma, o resíduo de mármore tem características químicas e físicas semelhantes às do calcário, utilizado na confecção de pelotas de minério de ferro para alto-forno, tendo conhecimento de que aquele teve sua viabilidade de uso comprovada para o processo de aglomeração de minério de ferro, estudos para determinar o teor de adição devem ser realizados para a obtenção de pelotas com composição química, propriedades físicas e metalúrgicas adequadas ao uso nos reatores de redução para produção de gusa.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Universidade do Extremo Sul Catarinense e ao CNPq pela bolsa concedida, processo 138429/2017-0 de 2017.

REFERÊNCIAS

- 1 Monteiro CFF. Corte de pedra por fio diamantado. [Dissertação de Mestrado]. Minho: Universidade do Minho; 2014.
- 2 Gonçalves JP, Moura WA, Dal Molin DCC. Avaliação da influência da utilização do resíduo de corte de granito (RCG), como adição, em propriedades mecânicas do concreto. ANTAC 2ed. 2002; 1: 53-68.
- 3 ABIROCHAS. Informe 01/2018 [página da internet], Balanço das exportações e importações brasileiras de rochas ornamentais em 2017. [Acesso em 27 jul. 2018]: Disponível em: <https://cachoeirostonefair.com.br/site/2017/pt/setor>.
- 4 Raymundo V, Neves MA, Cardoso MSN, Bregonci IS, Lima JS, Fonseca AB. Resíduos de serragem de mármore como corretivo da acidez do solo. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. 2013; 17(1): 47-53.
- 5 Pereira RVC. Otimização da resistência à compressão de pelotas de minério de ferro para redução direta pela aplicação do projeto robusto. [Dissertação de mestrado]. Ouro Preto: Universidade Federal do Ouro Preto; 2008.
- 6 Da Silva IG. Uso de resíduos provenientes do processo de corte de mármore como um substituto dos fundentes na produção de pelotas de minério de ferro. [Dissertação de Mestrado]. Vitória, Instituto Federal do Espírito Santo; 2014.

- 7 Moura WA, Gonçalves JP, Leite RS. Utilização do resíduo de corte de mármore e granito em argamassas de revestimento e confecção de lajotas para piso. *Sicientibus*, Feira de Santana. 2002; 26: 46-61.
- 8 Coleti JS, Grillo FF, De Oliveira JR, Tenório JAS. Caracterização do resíduo de mármore como componente de escórias dessulfurantes para aço. *21º CBECiMat*. 2014; 21: 4708-4715.
- 9 Aguiar MC, Silva AGP, Gadioli MCB. Caracterização de resíduo de mármore para fabricação de rocha artificial. *22º CBECiMat*. 2016; 22: 12.
- 10 Sampaio JA, Almeida SLM. Calcário e Dolomito, Rochas e minerais industriais. Centro de Tecnologia Mineral. 2008; 2: 365-390.
- 11 Heck NC. Calcinação. *Metalurgia extrativa dos metais não ferrosos II*. Araçatuba: Editora UFRGS; 2007.