

CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUO DE ROCHA ORNAMENTAL PARA POSTERIOR FABRICAÇÃO DE ROCHA AGLOMERADA

LEANDRO MARÇAL FONSECA COUTO¹, RONDINELLI MOULIN LIMA², MARIANE COSTALONGA DE AGUIAR³, ALAN DUTRA PEDRUZZI⁴ e MONICA CASTOLDI BORLINI GADIOLI⁵

¹Graduando em Engenharia de Minas, IFES, Cachoeiro de Itapemirim-ES, leandromarcalbd@hotmail.com;

²Dr. Pesquisador PCI CNPq, CETEM/NRES, Cachoeiro de Itapemirim-ES, rlima@cetem.gov.br;

³Dr. Pesquisadora PCI CNPq, CETEM/NRES, Cachoeiro de Itapemirim-ES, maguiar@cetem.gov.br;

⁴Pesquisador PCI CNPq, CETEM/NRES, Cachoeiro de Itapemirim-ES, apedruzzi@cetem.gov.br;

⁵Dr. Pesquisadora, CETEM/NRES, Cachoeiro de Itapemirim-ES, mborlini@cetem.gov.br;

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
08 a 11 de agosto de 2023

RESUMO: O setor de mineração tem uma elevada perda de matéria prima durante a produção de rochas ornamentais, resultando em uma grande geração de resíduos, tanto na extração quanto no beneficiamento. Isso evidencia que existe uma grande demanda reprimida para a viabilidade da utilização desses resíduos. Uma alternativa promissora é a incorporação desses resíduos no desenvolvimento de novos produtos, como as rochas aglomeradas. Entretanto, antes da produção é importante ter um conhecimento sobre a composição dos resíduos que serão utilizados. Dessa forma, este trabalho teve como objetivo caracterizar os resíduos obtidos na cadeia produtiva das rochas ornamentais para uma futura aplicação na produção de rochas aglomeradas. Os resíduos analisados foram obtidos do casqueiro e do filtro prensa. A caracterização foi realizada por meio de fluorescência de raios-X, difração de raios-X e densidade absoluta. Os resultados demonstraram que o resíduo do casqueiro apresentou primordialmente na sua composição SiO_2 , com mineral Quartzo. Já o resíduo do filtro prensa foi constituído de SiO_2 , CaO e MgO , com picos predominantes dos minerais Quartzo e Dolomita, caracterizando assim, em sua composição, a presença de rochas quartzíticas e mármores. Para se ter um maior controle do tipo de rocha aglomerada produzida, o resíduo de casqueiro apresenta um grande potencial como aplicação na produção de rochas aglomeradas.

PALAVRAS-CHAVE: Quartzito, mármore, agregado natural, FRX, DRX.

CHARACTERIZATION OF ORNAMENTAL STONE WASTE FOR FURTHER PRODUCTION OF AGGLOMERATED STONE

ABSTRACT: The mining sector has a high loss of raw material during the ornamental stones production, resulting in a large generation of waste in both extraction and processing stages. This shows that there is a great repressed demand for the viability of using these wastes. A promising alternative is the incorporation of these wastes in the development of new products, such as agglomerated stones. However, before production it is important to have knowledge about the composition of the waste that will be used. Therefore, the objective of this study was to characterize the waste obtained in the productive chain of ornamental stones for future application in the production of agglomerated stones. The waste analyzed were obtained from quarry and the filter press. Characterization was performed using X-ray fluorescence, X-ray diffraction and absolute density. The results showed that the quarry waste presented mainly in its composition SiO_2 , with mineral Quartz. The waste from the filter press consisted of SiO_2 , CaO and MgO , with predominant peaks of Quartz and Dolomite minerals, thus indicating the presence of quartzite stones and marbles in its composition. In order to have greater control over the type of agglomerated stone produced, the quarry waste has great potential as an application in the production of agglomerated stones.

KEYWORDS: Quartzite, marble, natural aggregate, XRF, XRD.

INTRODUÇÃO

Rocha ornamental é o termo utilizado para os materiais rochosos que são extraídos e beneficiados com a finalidade de serem utilizados como revestimentos, decorativos ou estruturais. Mundialmente o Brasil é um dos principais países do setor de rochas ornamentais. No ano de 2020, com uma produção de 8000 toneladas o país foi o quarto maior produtor de rochas ornamentais do mundo, ficando atrás somente da China, Índia e Turquia (Montani, 2021).

A cadeia produtiva do setor de rochas ornamentais é dividida em extração e beneficiamento, que por sua vez, é subdividido em serragem e polimento. Na extração, o bloco é extraído do maciço rochoso e posteriormente transportado para a serragem, onde ocorre o desdobramento do bloco em chapas, por meio de teares multilâmina ou multifio. Após a serragem dos blocos, as chapas são enviadas para o polimento, onde são utilizados materiais abrasivos e água.

Um dos grandes problemas da cadeia produtiva das rochas ornamentais é a grande geração de resíduos, em que as perdas de matéria prima alcançam a ordem de 83%. Os resíduos são classificados como grossos, provenientes da extração e finos, obtidos do beneficiamento. Estima-se que são gerados no Brasil, aproximadamente, 20 Mt de resíduos grossos gerados nas pedreiras e 2,5 Mt de resíduos finos nas indústrias, sendo que destes 2,0 Mt somente no estado do Espírito Santo (Vidal et al., 2014). Este problema se agrava uma vez que grande parte dos resíduos são destinados a aterros, onde ficam acumulados sem previsão de retirada.

Antes de serem transportado aos aterros, o resíduo gerado durante toda a etapa de beneficiamento é destinado a tanques de decantação e filtros prensas, onde ocorre a recuperação e a reintrodução da água no sistema e a geração de uma lama, que pode apresentar em sua composição resíduos provenientes de diferentes tipos de rochas além de diversos insumos utilizados (Neves et al., 2021). Dessa forma, a composição do resíduo pode variar de acordo com a composição das rochas, do processo de beneficiamento, dos insumos utilizados e dos processos de reaproveitamento da água e lamas.

A preocupação relacionada à destinação desses resíduos levou ao desenvolvimento de inúmeros estudos com o intuito de aproveitá-los, buscando não só reduzir o descarte inadequado, mas também desenvolver produtos ecológicos com capacidade de valor agregado. Essas iniciativas refletem o modelo da Economia Circular, no qual os materiais são reutilizados, recuperados e reciclados objetivando um ciclo fechado e resíduo zero.

Gomes et al. (2020) estudaram a utilização de resíduos de rochas ornamentais na fabricação de vidro sodo cálcico. Os autores verificaram que quando se utilizou somente quartzito como resíduo, produziu-se um vidro transparente e à medida que foi adicionado resíduo de granito o vidro começava a esverdear, devido a presença de óxido de ferro. Eles ainda verificaram que os vidros produzidos com os resíduos de rochas ornamentais apresentaram densidades semelhantes ao do vidro puro (2,57 g/cm³).

Aguiar et al. (2021) avaliaram a incorporação de resíduos de rochas ornamentais na fabricação de cerâmica vermelha. Segundo os autores as cerâmicas produzidas com adição dos resíduos apresentaram um aumento da resistência a flexão e uma diminuição na absorção de água. Assim, eles concluem que os resíduos analisados apresentaram características químicas excelentes para serem utilizados na massa cerâmica, contribuindo para o desenvolvimento de novos materiais ecológicos.

Uma outra alternativa para o aproveitamento dos resíduos de rochas ornamentais é a sua utilização na produção de rochas aglomeradas. Elas são constituídas por uma pequena porcentagem de material polimérico, normalmente uma resina, e uma alta porcentagem de agregados naturais, como quartzo, granito, cristais de vidro, entre outros. Dessa forma, os resíduos podem ser utilizados como um agregado natural.

As rochas aglomeradas foram desenvolvidas com o intuito de fabricar uma superfície sólida que fosse similar as rochas naturais e, possuem hoje uma enorme importância na construção civil, constituindo notáveis ramos da indústria. Elas podem ser aplicadas em cozinhas, banheiros, pisos e revestimentos, em diferentes tamanhos, formas e cores (Revuelta, 2021).

Nos últimos anos, as rochas aglomeradas têm ganhado cada vez mais destaque no mercado brasileiro, tornando-se preferidas em relação às rochas naturais. No ano de 2021 as importações de rochas aglomeradas foram 71% maiores que as rochas naturais (ABIROCHAS, 2021).

Considerando a necessidade do aproveitamento dos resíduos de rochas ornamentais, o objetivo desse trabalho é caracterizar os resíduos obtidos na cadeia produtiva das rochas ornamentais para uma futura aplicação no desenvolvimento de rochas aglomeradas.

MATERIAL E MÉTODOS

Os resíduos de rochas ornamentais foram que foram coletando foram o casqueiro e o resíduo do filtro prensa, apresentados nas Figuras 1a e 1b, respectivamente.

Figura 1. Resíduos de rocha ornamental: (a) casqueiro e (b) resíduo do filtro prensa.



Para se ter um maior conhecimento dos resíduos foi realizado uma caracterização dos materiais coletados. As análises realizadas foram: Fluorescência de Raio-X (FRX) e Difração de Raio-X (DRX).

A composição química das amostras foi determinada por espectrometria de fluorescência de raios-X (FRX) em um espectrômetro WDS modelo Axios Max (Panalytical), no CETEM, localizado em Cachoeiro de Itapemirim. As pastilhas foram preparadas usando uma prensa automática VANEON utilizando como aglomerante ácido bórico (H_3BO_3) na proporção de 1:0,3-2,0g da amostra seca a $105^\circ C$ por 12 horas e 0,6g do ácido bórico. Os resultados semiquantitativos estão expressos em % (peso), calculados como óxidos normalizados a 100%.

A difração de raios-X foi determinada pelo método do pó, foram coletados em um equipamento Bruker-D4 Endeavor, nas seguintes condições de operação: radiação $Co K\alpha$ (35 kV/40 mA); velocidade do goniômetro de $0,02^\circ 2\theta$ por passo com tempo de contagem de 1 segundo por passo e coletados de 5 a $80^\circ 2\theta$. As interpretações qualitativas de espectro foram efetuadas por comparação com padrões contidos no banco de dados PDF02 (ICDD, 2006) em software Bruker AXS Diffrac.Plus.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 e Tabela 2 apresentam as composições químicas dos resíduos analisados, casqueiro e filtro prensa, respectivamente. Nota-se pela Tabela 1, que a alta concentração de óxido de sílica (SiO_2) está associada com a fase cristalina do quartzo, demonstrando que o material em análise é um quartzito. Já na composição química do resíduo do filtro prensa (Tabela 2), quando comparado com o casqueiro, observa-se uma diminuição da concentração do SiO_2 e um aumento na concentração do óxido de cálcio (CaO), óxido de magnésio (MgO) e de perda por calcinação (PPC). Como o filtro prensa é uma das últimas etapas do processo industrial, a lama resultante contém uma variedade de resíduos provenientes de todo o processo de beneficiamento das rochas ornamentais. Esses resíduos

incluem vários tipos de pós de rochas, agentes flocculantes usados na decantação, resinas, abrasivos do processo de polimento, entre outros.

Acredita-se que pelo aumento das concentrações de CaO, MgO e do PPC, que além de quartzito a empresa também processa outros tipos de materiais como mármore, uma vez que rochas carbonáticas são compostas predominantemente por CaO e MgO e o alto valor de perda ao fogo se deve provavelmente a decomposição térmica dos carbonatos (Aguiar et al., 2016).

Tabela 1. Composição química do casqueiro.

Resíduo	Composição química (%)					
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	Fe ₂ O ₃	CaO	*PPC
Casqueiro	97,70	0,771	0,465	0,213	0,186	0,52

*PPC: Perda por calcinação

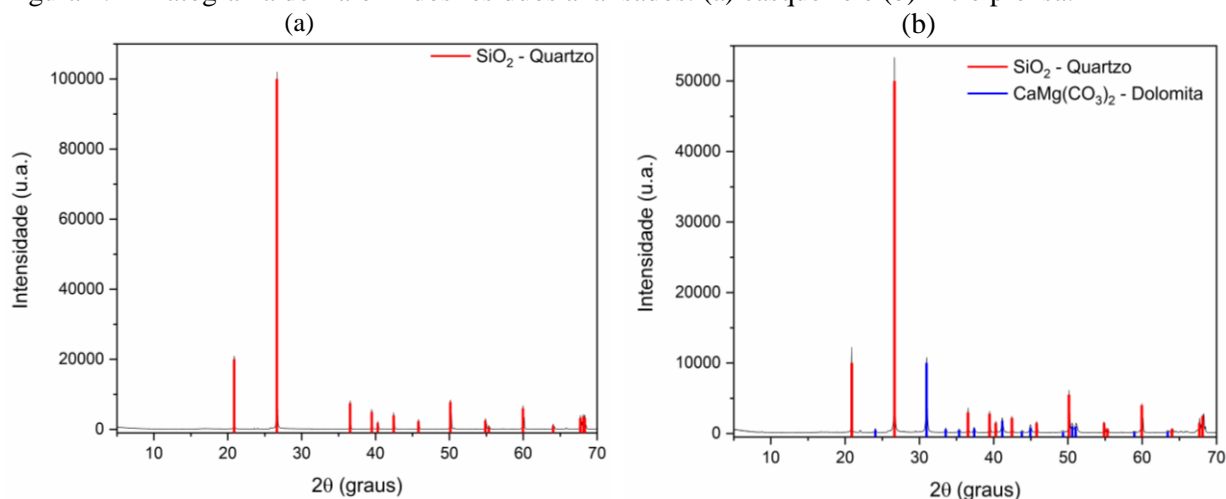
Tabela 2. Composição química do filtro prensa.

Resíduo	Composição química (%)						
	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	*PPC
Filtro Prensa	60,90	10,60	8,84	0,834	0,128	0,126	18,40

*PPC: Perda por calcinação

A Figura 2 apresenta o DRX dos resíduos analisados. Na análise do difratograma dos resíduos observa-se para o casqueiro (Figura 2a) picos predominantes somente de Quartzo, característico de rochas quartzíticas. Já para o resíduo do filtro prensa (Figura 2b), nota-se a presença de picos de Quartzo e também de Dolomita, que é um mineral típico de mármore. Então, levando em consideração os resultados do FRX e DRX, acredita-se que os tipos de rochas presentes no filtro prensa são Quartzitos e Mármore.

Figura 2. Difratograma de Raio-X dos resíduos analisados: (a) casqueiro e (b) filtro prensa.



CONCLUSÃO

Foi realizado a caracterização de diferentes tipos de resíduos proveniente da cadeia produtiva de rochas ornamentais, para uma posterior utilização desses resíduos na fabricação de rochas aglomeradas.

As análises de FRX e DRX do casqueiro demonstram que o resíduo analisado é uma rocha quartzítica, devido a elevada concentração de óxido de sílica e os picos característicos do mineral

quartzo. Já na composição do filtro prensa os componentes químicos que apresentam maiores concentrações são SiO₂, PPC, CaO e MgO o que indica a presença de rochas do tipo quartzito e mármore. O que pode ser confirmado pela análise de DRX, onde apresentou picos dos minerais quartzo e dolomita.

Como as rochas aglomeradas podem ser aplicadas em diferentes ambientes como cozinhas, banheiros, pisos e revestimentos, deve-se ter um cuidado em relação ao tipo de agregado natural que é utilizado, para que a sua aplicação seja destinada de modo correto. Dessa forma, como a composição do resíduo de filtro prensa pode variar de acordo com a composição das rochas, do processo de beneficiamento e insumos dos utilizados, esse tipo de resíduo não é indicado para a produção de rochas aglomeradas, ou contrário do casqueiro, onde pode-se ter certeza do tipo de material que se está trabalhando.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela concessão de bolsa de pesquisa ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS

- ABIROCHAS. Balanço das exportações e importações brasileiras de materiais rochosos naturais e artificiais de ornamentação e revestimento em 2021. 2021. Disponível em: <<http://www.abirochas.com.br>>. Acesso em: 26 de outubro de 2022.
- Aguiar, M. C. de; Gadioli, M. C. B.; Sant'Ana, M. A. K.; Almeida, K. M. de, Vidal, F. W. H.; Vieira, C. M. F. Red ceramics produced with primary processing fine waste of ornamental stones according to the circular economy model. *Sustainability*, v. 14, 2021.
- Aguiar, M. C. de; Silva, A. G. P.; Gadioli, M. C. B. Caracterização de resíduos de mármore para fabricação de rochas artificiais. 22º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais. p. 939-950, 2016.
- Frasca, M. H. B. O. Rochas para revestimento de edificações: variedades, seleção, usos e durabilidade. IV SRONE. Fortaleza, Brasil, 2003.
- Gomes, V. R.; Babisk, M. P.; Vieira, C. M. F.; Sampaio, J. A.; Vidal, F. W. H.; Gadioli, M. C. B. Ornamental stone wastes as an alternate raw material for soda-lime glass manufacturing. *Material Letters*, v. 269, 2020.
- Montani, C. XXXII Rapporto marmo e pietre nel mondo 2021. XXXII Report marble and stones in the world. 2021.
- Neves, M. A.; Prado, A. C. A. Marques, R. A.; Fonseca, A. B. da; Machado, E. S. Lama de beneficiamento de rochas ornamentais processadas no Espírito Santo. *Revista Geociencia. UNESP*, v. 40, n.1, p. 123-136, 2021
- Revue, M. B. *Construction Materials: Geology, Production and Applications*. 1ª ed. Springer, Switzerland. 602p. 2021.
- Vidal, F. W. H.; Azevedo, H. C. A.; Castro, N. F. *Tecnologia de rochas ornamentais: pesquisa, lavra e beneficiamento*. Centro de Tecnologia Mineral. Rio de Janeiro, 2014.