



REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE A GERAÇÃO DE RESÍDUOS DE ROCHAS ORNAMENTAIS PARA USO EM MATERIAIS CERÂMICOS

LARISSA CRISTINA NETO DE MORAES

RESUMO

O mercado de rochas ornamentais consiste numa atividade significativa em muitas regiões do globo, fornecendo materiais como mármore e granito. É comum gerar uma quantidade considerável de resíduos. Estes costumam acumular-se em pedreiras, no setor de beneficiamento, bem como em áreas que adjacentes, o que acarreta em perspectivas socioambientais. O Estado do Espírito Santo é considerado um grande produtor de rochas, tendo em vista que nela possui a maior reserva de mármore, bem como um polo de parque industrial ornamental. Assim, surge a necessidade de explorar alternativas sustentáveis para a gestão dos resíduos de rochas ornamentais, em específico as atividades relacionadas à extração e beneficiamento de minerais, que podem gerar como um caso útil na minimização de impactos e otimização no que tange ao desenvolvimento. Diante desse contexto, propõe-se nesta pesquisa uma revisão de literatura, abordando a geração de resíduos no setor de rochas ornamentais, desde a etapa de extração até à demanda (venda) do produto final, as características físico-químicas desses resíduos, análise granulométrica, bem como os matéria-prima para produzir materiais cerâmicos, além do custo do setor ornamental. Este estudo baseou-se em literaturas direcionadas a resíduos de rochas ornamentais, por meio de históricos de publicações vigentes no Brasil e no Espírito Santo, a fim de recrutar conteúdos, propriedades e características de produtos e bens comercializados, bem como identificar os tipos de matrizes cerâmicas, acabamentos para residência e construção civil. É importante ressaltar, também, a tecnologia de produção de pisos cerâmicos e estudos de casos relevantes. Parte-se do desenvolvimento de soluções sustentáveis e viáveis para a indústria de rochas ornamentais, agregando valor por meio de materiais que seriam descartados, com progressão em pesquisas futuras a respeito deste tema.

Palavras-chave: Geração de Resíduos; Materiais Cerâmicos; Rochas Ornamentais; Sustentabilidade.

1 INTRODUÇÃO

Há mercados com bastante desenvolvimento contínuo de tecnologias, fazendo com que empresas tendem a implementar melhorias para aumentar a produtividade, no intuito de garantir sobrevivência no setor empresarial em que se atua e, também, haver um planejamento de produção para ser traçado e utilizado (Cabral *et al.*, 2020).

Em 2022, a exportação de rochas ornamentais no Brasil resultou em 1,28 bilhão de dólares, com recuo de 4% em comparação ao ano de 2011. (Firme, 2023). O município de Cachoeiro de Itapemirim, no sul do Espírito Santo, é considerado o grande produtor de rochas no Estado, tendo em vista que nela possui a maior reserva de mármore, bem como um polo de parque industrial ornamental (Gomes, 2017).

Conforme Gadioli, Santana e Babisk (2018), caracterizar resíduos de rochas ornamentais implica em um fator crucial, na busca por soluções sustentáveis no âmbito industrial. Durante o beneficiamento, estima-se que 80% do processo gera perda de rochas naturais, desde a

extração na pedreira, corte, resinagem até o polimento.

No contexto bibliográfico de Vieira e Duarte (2021), considerando a geração de resíduos neste ramo, é importante destiná-los da forma mais utilitária possível. Além disso, materiais costumam ser reaproveitados para serem usados em materiais cerâmicos.

A utilização de resíduos de rochas ornamentais na produção de pisos cerâmicos tem ganhado crescente atenção nas últimas décadas, devido à busca por práticas mais sustentáveis na indústria da construção civil, a crescente geração de resíduos sólidos através da extração e do beneficiamento ornamental, com propriedades em desenvolver produtos cerâmicos inovadores (Frasca, 2000).

De acordo com Fretas *et al.* (2022), é importante analisar as propriedades físicas e químicas dos materiais utilizados, otimizando aproveitamento desses materiais, promovendo não apenas a eficiência na produção, mas também contribuindo para práticas ambientalmente responsáveis.

Desse modo, propõe-se nesta pesquisa uma revisão bibliográfica para demonstrar a usabilidade dos benefícios da incorporação de resíduos de rochas ornamentais para pisos cerâmicos, trabalhos relacionados a este tema, como também recrutar conteúdos, propriedades e características de produtos e bens comercializados, além de identificar os tipos de matrizes cerâmicas, acabamentos para residência e construção civil. Esta abordagem visa, além de compreender as características dos materiais e minerais presentes, melhorar a incorporação na produção de materiais e cerâmicos, alinhando eficiência técnica às práticas sustentáveis.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Realizou-se uma pesquisa bibliográfica, com enfoque em pesquisa descritiva, abordando e esclarecendo melhor um assunto existente, bem como aprofundar em revisão de literatura, acerca de inúmeros tipos de trabalhos e documentos como dissertações, teses, notícias on-line, resumos expandidos – todos referentes a tema de ciência de materiais e de resíduos sólidos. Assim, estudou-se os trabalhos mais renomados para realizar o estudo sobre esta temática: resíduos de rochas ornamentais para uso em materiais cerâmicos.

Utilizou-se acesso a ferramentas do Google Acadêmico, Scielo, bem como anais de eventos. Palavras-chave mais comumente utilizadas para a elaboração desta pesquisa: revisão bibliográfica, materiais cerâmicos, revisão sistemática, e estado da arte.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DAS ROCHAS ORNAMENTAIS

As rochas ornamentais são materiais naturais rochosos, usados em diversos tipos de beneficiamento, a fim de apresentar função estética. Além disso, essas rochas são utilizadas para construções arquitetônicas, artísticas e design, por meio de extrações em blocos ou placas e confecção de peças isoladas, conforme a Norma Regulamentadora Brasileira (NBR) 15012 (Abnt, 2013).

Nas considerações de Chiodi Filho (2021), o processo produtivo de rochas ornamentais é iniciado por meio de estudos e pesquisas do local apropriado e para realizar procedimentos de exploração. Após analisado e averiguado o ambiente, realiza-se o processamento da extração pelo método da lavra, depois para o beneficiamento e depois a comercialização (Figura 1).

Figura 1 - Mapeamento do beneficiamento de rochas ornamentais Fonte: Oliveira, D. M. *et al.* (2011).



3.2 GERAÇÃO DE RESÍDUOS

Quando se aborda a respeito de rochas ornamentais, é importante destacar o direcionamento e a gestão de resíduos, considerando a extensa quantidade de dejetos referente a outros tipos de minerais. Durante a extração (lavra) e o processamento ornamental – que envolve granito, mármore, quartzito -, são gerados dejetos sólidos, representando, em média, de 65% a 75% da perda produtiva (Campos *et al.*, 2009). Em empresas ornamentais, os resíduos gerados são depositados em poços de decantação para usos posteriores como pisos cerâmicos, como mostra a imagem a seguir.

Figura 2 - Dejetos (pó) de extração em uma pedreira



Fonte: De Paula (2018).

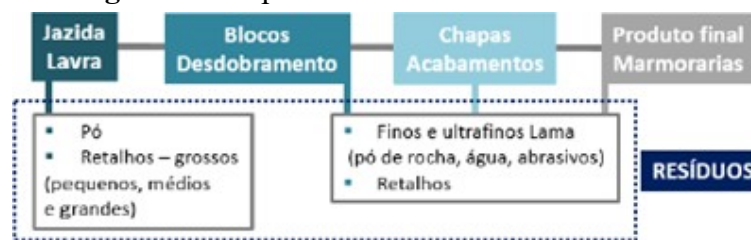
3.2.1 Resíduos provenientes da extração e do processamento

Os resíduos provenientes das rochas ornamentais são materiais do tipo não plásticos, tendo em sua composição os óxidos K₂O (óxido de potássio), NaO (óxido de sódio) e CaO (óxido de cálcio), formando a fase líquida e na densidade de materiais cerâmicos (Bastos, 2018). Para o reaproveitamento dos resíduos, são utilizados recursos que sejam propensos ao processamento e propriedades conhecidas. É uma solução no mundo moderno, onde os recursos estão se esgotando e ficando mais cada vez mais difíceis de se encontrar e processar, devido às suas propriedades físico-químicas (Fonseca, 2020).

Além disso, há os materiais estéreis, formados por meio da extração mineral, no processo de decapeamento de mina, consistindo numa operação cuja cobertura superficial de jazida é retirada, sendo realizada a exploração mineral para o processo de extração (Fonseca, 2020). Os materiais estéreis não possuem valor aquisitivo, permanecendo em pilhas. Rejeitos são tipos de resíduos surgidos por meio do beneficiamento, padronizando tamanhos fragmentados de rochas, retirar minerais inutilizáveis, como também o teor do produto final (Cavalcante, 2012). As imagens a seguir abordam as etapas do beneficiamento, os tipos de

resíduos gerados no setor e a extração em pedreira.

Figura 3 - Etapas do beneficiamento ornamental



Fonte: Vieira e Duarte (2021).

Figura 4 - Lama abrasiva do beneficiamento ornamental



Fonte: Uliana (2014).

3.2.2 Lama abrasiva

A lama abrasiva consiste em evitar oxidação de chapas, lubrificar e resfriar lâminas dos teares, reaproveitar em abrasivo, e manutenção da limpeza das chapas (Santos *et al.*, 2010). Além disso, o processo do tratamento superficial de uma chapa possui finalidade em delimitar o minério, conforme tamanho e forma, tornando o produto da lavra comercializado (Sá Leitão, 2018).

Para qualquer sistema utilizando um processo de serragem - serras paralelas ou multifio -, estima-se que 26% do volume inicial do bloco é produzido resíduos finos de rocha, chamados de Lama do Beneficiamento das Rochas Ornamentais (Custodio; Gomes; Caverzan, 2023).

3.3 MATERIAIS E PROPRIEDADES CERÂMICAS

Cerâmicas são materiais formados por meio de elementos metálicos ou não-metálicos, podendo apresentar ligações iônicas, covalentes entre metais e não-metals, adquiridos em tratamento térmico de temperaturas elevadas (Ávila, 2019).

No contexto de Lougon (2018), as cerâmicas são classificadas em:

- Cerâmicas tradicionais: usadas em argilas, louça branca e azulejos;
- Vidro ou Vitrocerâmicas: recipientes, em aparatos eletrônicos e fibras de vidro;
- Refratários: úteis para fabricar forno de metal e no setor metalúrgico (tratamento de aço);
- Abrasivos: matéria-prima usada para fabricação de discos de lixamento e polimento;
- Cimentos: aplicáveis em gesso e cal, sendo o mais usado e conhecido o cimento portland;
- Carbonos: possuem aplicação diretamente no grafite e diamante, como também em fibras, usadas por exemplo em indústria automotiva;
- Cerâmicas avançadas: usadas em tecnologias de ponta, e o grafeno em baterias.

Os materiais cerâmicos possuem uma grande fragilidade, por sofrer ação de uma força, são trincados e fraturados. Em temperaturas ambientes (Figura 7), essas matérias sofrem deformação plástica e resistentes quando estão em compressão (Oliveira, G. S., 2017).

Figura 5 - Cerâmica para fins de revestimento



Fonte: Archtrends (2018).

3.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS DOS TRABALHOS RELACIONADOS

No contexto bibliográfico de Cabral *et al.* (2020), foi analisada uma estratégia logística para solucionar problemas no setor de mineração. Esta pesquisa indicou que uma gestão correta de logística empresarial contribui num melhor gerenciamento de resíduos, materiais e armazenagem, aumento a eficiência empresarial no ramo.

Há um estudo em que foi verificada a substituição de um composto presente em porcelanas, chamado feldspato, pelo resíduo de mármore e granito, por meio do polimento processual. Essa pesquisa contribuiu no processo substitutivo de feldspato por resíduo de rocha, devido às propriedades físico-hídricas, bem como resistência mecânica, favorecendo um maior controle de temperatura em todo o processo seletivo, com queima em menor intervalo de tempo (Chinelatto, 2015).

A arguição de pesquisa de Souza, Pinheiro e Holanda (2013), avaliou-se a utilização de resíduo ornamental para processo fabril na produção de piso cerâmico vitrificado. Os resultados mostram que o efeito da adição do resíduo de rocha ornamental foi o de promover maior densificação e propriedades melhoradas dos pisos cerâmicos vitrificados.

4 CONCLUSÃO

O conjunto de informações bibliográficas demonstrou uma importância relevante a respeito dos resíduos de rochas ornamentais no uso de fontes viáveis de agregação de valor na produção cerâmica. Ao analisar uma variedade de estudos e pesquisas, evidencia-se que esses resíduos possuem propriedades físicas e químicas que podem ser aproveitadas de maneira eficaz na formulação de cerâmicas de qualidade. Além de oferecer uma solução responsável, de forma ambiental, para a gestão de resíduos na indústria de rochas ornamentais, sua utilização na cerâmica não apenas reduz o impacto ambiental, como também impacta, economicamente, por meio da redução de custos de produção e a diversificação de produtos. Assim, é notável uma continuidade em pesquisas no intuito de otimizar e desenvolver tecnologias contínuas para a incorporação de resíduos de rochas ornamentais na produção cerâmica, fornecendo qualidade em produtos finais, com potencial renovador, inovador e sustentável.

REFERÊNCIAS

ARCHTRENDS. 3 dicas de uso e aplicação de cerâmicas para revestimentos. **Archtrends**

Portobello. Tijucas – SC, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15012: Rochas para revestimento de edificações – Terminologia.** Rio de Janeiro, 2013.

ÁVILA, N. V. V. **Ciência dos Materiais.** In: Fundação Cecierj. Rio de Janeiro: volume único, 268 pp., 2019.

BASTOS, I. A. **Utilização de Resíduos de Rochas Ornamentais na Fabricação de Vidros Sodo-Cálcicos.** Dissertação (Mestrado em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável) – Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória - ES, 88 pp., 2018.

CABRAL, D. B; LUZ, M. A. L.; SOUZA, Q. H. G.; VIEIRA, Z. S. Estratégia na Gestão Logística da Cadeia de Suprimentos: Um Estudo Multicaso com Empresas de Soluções para o Setor de Mineração. **Revista Gestão, Finanças e Contabilidade**, Salvador – BA, v. 10, n. 3, p. 149–165, 2021.

CAMPOS, A. R.; CASTRO, N. F.; VIDAL, F. W. H; GADIOLI, M. C. B. Tratamento e Aproveitamento de Resíduos de Rochas Ornamentais e de Revestimento, Visando Mitigação de Impacto Ambiental. Simpósio de Geologia do Nordeste, v. 23, p.16-25, 2009, Fortaleza. **Anais Eletrônicos.** Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2009.

CHIODI FILHO, C. O Setor Brasileiro de Rochas Ornamentais. **ABIROCHAS**, Brasília – DF, out. 2021.

CHINELATTO, A. S. A.; CHINELATTO, A. L.; FERREIRA, D. E. M.; GRALIK, G. Estudo da viabilidade do uso de resíduo de polimento de rochas ornamentais em porcelanas. **Revista Matéria**, Rio de Janeiro - RJ, v. 20, n. 4, 12 pp., 2015.

CUSTODIO, A. R. F.; GOMES, Q. C.; CAVERZAN, D. Aproveitamento econômico dos rejeitos e resíduos do beneficiamento das rochas ornamentais: revisão bibliográfica. **Revista Ifes Ciência**, [S.l.], Editorial Ifes Ciência, v. 9, n. 2, p. 01-09, 2023.

DE PAULA, A. A. Pedreiras legalizadas e certificadas na Feira do Mármore. **Dia a Dia**, 2018.

FIRME, K. P. Setor de rochas brasileiro mantém faturamento superior a 1 bilhão de dólares em exportações em 2022. **Apex Brasil**, 2023.

FONSECA, T. A problemática dos rejeitos de rochas ornamentais. **Minas Jr**, 2020.

FRASCÁ, M. H. B. O. Caracterização Tecnológica de Rochas Ornamentais e de Revestimento: Estudo por meio de Ensaio e Análises e das Patologias associadas ao uso. São Paulo: **IPT**. 2000.

FREITAS, L. G. B. G.; BURAK, D. L.; NEVES, M. A.; GIANNOTTI, J. D. G. Qualidade do solo sob depósitos de resíduos do beneficiamento de rochas ornamentais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, [S.l.], [s.n.] v. 27, n. 5, p. 883–891, 2022.

GADIOLI, M. C. B.; SANTANA, M. K.; BABISK, M. P. Caracterização de resíduos provenientes do polimento de rochas ornamentais. In: Congresso Brasileiro de Engenharia e

Ciência dos Materiais, 23, 2018. **Resumos** [...] Foz do Iguaçu – PR, 2018.

GOMES, T. M. **Produção de cerâmica de revestimento utilizando resíduos de rochas ornamentais provenientes do tear de fio diamantado**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo. Alegre, 86 pp., 2017.

LOUGON, M. C. M. **Avaliação da Incorporação do Resíduo Proveniente da Lama do Beneficiamento de Rochas Ornamentais nas Propriedades Físicas de Massas Cerâmicas**. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Sustentáveis) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo. Vitória - ES, 97 pp., 2018.

OLIVEIRA, G. S. **Utilização de Resíduo de Rochas Ornamentais para Produção de Cerâmica de Revestimento**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Centro de Ciências Agrárias e Engenharias. Alegre - ES, 73 pp., 2017.

OLIVEIRA, D. M.; OLIVEIRA, T. N.; BEZERRA A. C. *et al.* Utilização de resíduo de granito como substituição ao Cimento Portland em matrizes cimentícias. *In: Congresso Brasileiro do Concreto*, 53, **Anais eletrônicos** [...]. Florianópolis - SC, 2011.

SÁ LEITÃO, A. I. B. L. O processo de beneficiamento de rochas ornamentais e suas implicações jurídico-ambientais. **Revista dos Estudantes de Direito da Universidade de Brasília**, v. 14, n. 1, p. 181–208, 2018.

SANTOS, J. G.; SILVA, S. S. F.; NASCIMENTO, N. M. S.; TRAJANO, M. F.; SILVA E MELLO, V. Caracterização da lama abrasiva gerada nos processos de beneficiamento do granito: um estudo de caso na Granfugi localizado em Campina Grande – PB. *In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, 23, 2010, São Carlos – SP. **Anais eletrônicos** [...] São Carlos: Editorial ABEPRO, 2010, 13 pp.

SOUZA, A. J.; PINHEIRO, B. C. A.; HOLANDA, J. N. F. Influência da incorporação de resíduo de rocha ornamental sobre as Propriedades e microestrutura sinterizada de piso cerâmico. **Revista Matéria**, Rio de Janeiro - RJ, v. 18, n. 1, pp. 0019-0028, jan, 2013.

ULIANA, J. G. **Tratamento Térmico da Lama do Beneficiamento de Rochas Ornamentais: Aplicação como Pozolana em Matrizes Cimentícias**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória - ES, 214 pp., 2014.

VIEIRA, A. Z.; DUARTE, L. C. Reaproveitamento de Resíduos do Beneficiamento de Rochas Ornamentais: O Design como Ferramenta de Valorização. **ENSUS - Encontro de Sustentabilidade em Projeto**, 9, 2021, Florianópolis. **Anais eletrônicos** [...] Florianópolis: Equipe Editorial, p. 71-82, 2021.