

APLICAÇÃO DA REDE SIMPLEX NA PRODUÇÃO DE ROCHAS AGLOMERADAS COM RESÍDUOS DE QUARTZITO E RESINA EPÓXI

APPLICATION OF THE SIMPLEX NETWORK IN THE PRODUCTION OF AGGLOMERATED STONE WITH QUARTZITE WASTE AND EPOXY RESIN

Bruno Mardegan

Aluno de Graduação da Engenharia de Minas 6º período,
Instituto Federal do Espírito Santo
Período PIBITI/CETEM: Setembro de 2022 a julho de 2023
bruno.mardegann@hotmail.com

Mônica Castoldi Borlini Gadioli

Orientadora, Engenheira Química, D.Sc.
mborlini@cetem.gov.br

Mariane Costalonga de Aguiar

Coorientadora, Química, D.Sc.
maguiar@cetem.gov.br

RESUMO

A grande procura de rochas ornamentais no mercado internacional, gera uma grande demanda de produção de rochas ornamentais no Brasil, acarretando em uma geração de resíduos proveniente pela extração e beneficiamento. Esses resíduos são um grande problema nos dias atuais pois não apresentam uma destinação correta e acabam sendo depositados em aterros. Dessa forma, é fundamental encontrar alternativas que minimizam o descarte desses materiais. Assim, esses resíduos que seriam descartados, são aproveitados para a fabricação de novos materiais, mantendo a economia circular ativa. Um exemplo de aplicação dos resíduos é na produção de rochas aglomeradas, uma vez que elas são formadas de agregado natural juntamente com uma resina polimérica. O objetivo do trabalho foi utilizar o planejamento estatístico Simplex-Lattice para encontrar a melhor composição da utilização de resíduos de rochas ornamentais na fabricação de rochas aglomeradas. As rochas aglomeradas foram produzidas utilizando o resíduo da extração e do beneficiamento das rochas ornamentais e resina epóxi. Os resíduos foram moídos, peneirados e divididos em três faixas granulométricas, denominado de grosso, médio e fino. Para a análise da densidade aparente e absorção de água utilizou-se a norma europeia EN 14617-1. Por meio da utilização do Simplex-Lattice, observou-se que a melhor combinação obtida foi de 66,66% de partículas grossas, 16,66% de partículas média e 16,66% de partículas fina, obtendo a maior densidade aparente e a menor absorção de água. A utilização dos resíduos para a fabricação de rochas aglomeradas se torna uma alternativa ecológica, sustentável, além de, agregar valor ao resíduo e contribuir para a economia circular.

Palavras-chave: rochas aglomeradas, resíduos, índices físicos, simplex.

ABSTRACT

The great demand for ornamental stones in the international market, generates a great demand for the production of ornamental stones in Brazil, resulting in a generation of waste by extraction and processing. These waste are a big problem nowadays, because they do not have a correct destination and end up being deposited in landfills. Thus, it is essential to find alternatives that minimize the disposal of these materials. Thus, the waste that has been discarded is used to manufacture new materials, maintaining an active circular economy. An example of waste application is in the production of agglomerated stones, since they are formed from natural aggregate together with a polymeric resin. The objective of this work was to use the Simplex-Lattice statistical planning to find the best composition for the use of dimension stone waste in

the manufacture of agglomerated stones. The agglomerated stones were produced using the waste from the extraction and processing of ornamental stones and epoxy resin. The waste were ground, sieved and divided into three granulometric ranges, called coarse, medium and fine. For the analysis of apparent density and water absorption, the European standard EN 14617-1 was used. Through the use of the Simplex-Lattice, it was observed that the best combined combination was 66.66% of coarse particles, 16.66% of medium particles and 16.66% of fine particles, obtaining the highest apparent density and the lowest water absorption. The use of waste for the manufacture of agglomerated stones becomes an ecological, sustainable alternative, in addition to adding value to the waste and contributing to the circular economy.

Keywords: agglomerated stone, waste, physical indices, simplex.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil faturou US\$ 223,8 milhões com um volume de 364,3 mil toneladas de exportações de rochas ornamentais no 1º trimestre de 2023, o que o coloca o país como o 7º maior exportador do mundo (ABIROCHAS, 2023).

A produção de rochas ornamentais envolve duas etapas específicas: a primeira ocorre na lavra, com o corte das bancadas do maciço rochoso em quadros que são desdobrados em blocos, e a segunda pelo beneficiamento no qual ocorre desde a serragem dos blocos até o polimento das chapas. Essa cadeia produtiva gera uma grande quantidade de resíduos, classificados em grosseiros que são os casqueiros, provenientes da extração e os resíduos finos, oriundos da serragem e do polimento. (GADIOLI, et. al., 2021)

A grande geração de resíduo se torna um grande problema do setor de mineração uma vez que os depósitos não conseguem resolver satisfatoriamente os problemas ambientais desses resíduos gerados. Uma solução visando um modelo produtivo é a economia circular. Na economia circular, os materiais são reutilizados, recuperados e reciclados objetivando um ciclo fechado e resíduo zero, minimizando o depósito no meio ambiente e, evitando efeitos ambientais negativos. (FOSTER, et. al., 2016)

A utilização desses rejeitos na fabricação das rochas aglomeradas é uma forma de atribuir um destino a esses materiais. Uma vez que as rochas aglomeradas são compostas por sua maioria de agregados naturais com uma pequena porcentagem de resina polimérica. Um dos seus benefícios é que podem ser produzidas com diferentes formas, cores e tamanhos, podendo ser aplicadas em piso, bancada e pias. (PAZETO, et. al., 2020). Dessa forma, os resíduos podem ser utilizados como agregados naturais na produção das rochas aglomeradas.

2. OBJETIVO

O objetivo do trabalho foi utilizar o planejamento estatístico Simplex-Lattice para determinar a melhor proporção da utilização de resíduos de rochas ornamentais na fabricação de rochas aglomeradas.

3. METODOLOGIA

3.1. Material Utilizado

Os resíduos coletados provenientes da extração e do beneficiamento de rochas ornamentais, denominado como quartzito, foi coletado em uma empresa em Cachoeiro de Itapemirim-ES. Os resíduos oriundos da extração foram cominuídos em um britador de mandíbulas e moídos em um moinho de rolos afim de diminuir a sua granulometria. Já os resíduos do beneficiamento foram retirados do multifio. Utilizou-se 3 faixas granulométricas para a produção das placas: grosso (2,38 a 0,707 mm), médio (0,707 a 0,063 mm) e fino (< 0,063 mm), sendo as partículas finas provenientes do tear multifio e as partículas grossas e médias provenientes do casqueiro.

3.2. Produção das Rochas Aglomeradas

Foi utilizado um planejamento simplex para encontrar a melhor proporção da mistura dos diferentes tamanhos de resíduos: finos, médios e grossos. Foram analisadas 14 combinações granulométricas, entre grosso, médio e fino, obedecendo o planejamento Simplex-Lattice, conforme apresentado na Tabela 1 e Figura 1.

Tabela 1: Planejamento Simplex.

	Grosso (g)	Médio (g)	Fino (g)
1	1100,00	0,00	0,00
2	0,00	1100,00	0,00
3	0,00	0,00	1100,00
4	366,67	733,33	0,00
5	366,67	0,00	733,33
6	0,00	366,67	733,33
7	733,33	366,67	0,00
8	733,33	0,00	366,67
9	0,00	733,33	366,67
10	733,33	183,33	183,33
11	183,33	733,33	183,33
12	183,33	183,33	733,33
13	366,67	366,67	366,67
14	366,67	366,67	366,67

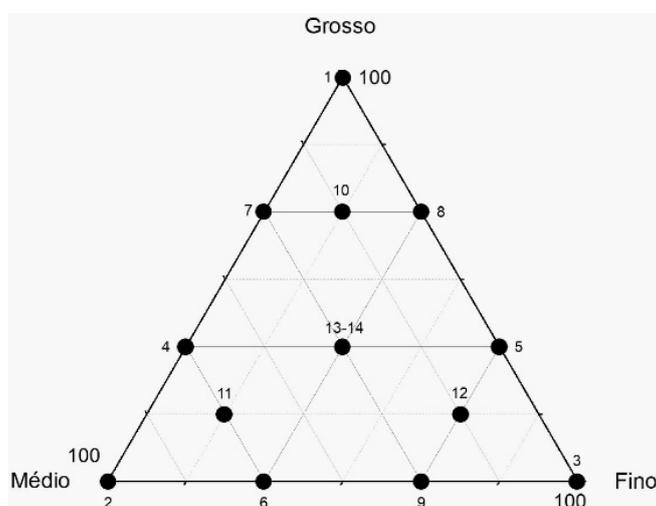


Figura 1: Representação do planejamento Simplex.

Para a fabricação das rochas aglomeradas, os resíduos foram misturados com a resina epóxi. Foi utilizado de resina 10% do peso dos resíduos. A mistura foi inserida em um molde, destinado a uma prensa, onde foi feita uma prensagem a 33,3 MPa, a uma temperatura de 90°C, com vácuo e vibração, durante 20 min. Após a produção das rochas foi feita a pós cura em uma estufa a 60°C durante 5h.

Cada rocha produzida tem dimensões de 200 x 200 mm e espessura de 15mm. Em cada rocha, foram retirados 6 corpos de prova com dimensões de 50 x 50 mm para o ensaio de índices físicos.

3.3. Ensaio de Índices Físicos

A execução dos ensaios de índices físicos, foram seguidos pela norma europeia EN 14617-1, para determinar a sua densidade e absorção de água. Os corpos de prova foram secos em uma estufa a uma temperatura de 70°C durante 24 h, e posteriormente pesados para a obtenção da massa seca (Msec), em seguida, foram submersos em água destilada para obtenção da massa saturada (Msat), em que consiste o corpo de prova com seus poros vazios preenchidos de água, durante 48 h, e por fim, foram pesados para obter a massa submersa (Msub) e a massa saturada. A densidade Aparente (ρ_a) e a absorção de água (aa) foi calculada por meio das Equações 1 e 2, respectivamente.

$$\rho_a = \frac{M_{sec} \times \rho_{H_2O}}{(M_{sat} - M_{sub})} \quad (1)$$

$$aa = \frac{(M_{sat} - M_{sec})}{M_{sec}} \times 100 \quad (2)$$

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 2 apresenta os resultados dos ensaios de índices físicos das rochas produzidas utilizando o planejamento Simplex-Lattice. Com base nos resultados, observou-se que a rocha 10 com composição de 66,66% grosso, 16,66% médio e 16,66% de fino produzida com resina epóxi, obteve melhor resultado de densidade aparente e absorção de água, de 2164±44,54 Kg/m³ e 0,25±0,02 %, respectivamente. Mostrando o melhor fator de empacotamento para a produção da rocha utilizando a resina epóxi.

Tabela 2: Valores obtidos de nos ensaios de densidade aparente e absorção de água.

	Grosso (g)	Médio (g)	Fino (g)	Densidade Aparente (Kg/m ³)	Absorção de água (%)
1	1100,00	0,00	0,00	1867±30,97	4,14±0,40
2	0,00	1100,00	0,00	1703±39,16	1,02±0,26
3	0,00	0,00	1100,00	1541±28,86	4,21±1,49
4	366,67	733,33	0,00	1807±21,88	1,96±0,30
5	366,67	0,00	733,33	1839±42,50	1,43±0,18
6	0,00	366,67	733,33	1857±24,26	5,13±1,33
7	733,33	366,67	0,00	1907±17,05	1,78±0,23
8	733,33	0,00	366,67	2073±35,10	0,38±0,04
9	0,00	733,33	366,67	1983±28,52	0,68±0,16
10	733,33	183,33	183,33	2164±44,54	0,25±0,02
11	183,33	733,33	183,33	1982±38,06	0,65±0,10
12	183,33	183,33	733,33	1834±39,52	7,01±1,33
13	366,67	366,67	366,67	2061±53,38	0,59±0,12
14	366,67	366,67	366,67	2050±48,59	0,51±0,10

Os resultados são compatíveis com as rochas aglomeradas produzidas por Agrizzi et al. (2020). Os autores utilizaram do planejamento Simplex para a produção de rochas aglomeradas. Mesmo utilizando na produção a resina poliuretana vegetal, Agrizzi et al. (2020) também encontraram que, a melhor combinação foi de 66,66% grosso, 16,66% médio e 16,66% de fino, obtendo resultados de densidade aparente e absorção de água, de 2220 ± 0,04 Kg/m³ e 0,14 ± 0,06 %

respectivamente, para as rochas produzidas. Observa-se também que os resultados de densidade aparente e absorção de água das rochas aglomeradas produzidas com epóxi foram semelhantes com as rochas aglomeradas produzidas com resina poliuretana vegetal.

Guidoni (2020) apresenta que suas rochas aglomeradas comerciais, fabricadas a base de quartzo, apresentam densidade 2100-2400 Kg/m³. Isso demonstra que a densidade da rocha produzida pela combinação 10 (Tabela 2) é compatível com os comerciais. Entretanto, em relação a absorção de água, as rochas comerciais apresentam valores de 0,05-0,07%, valor inferior ao 0,25% encontrando neste trabalho.

Até o momento não existem normas que indicam os parâmetros tecnológicos aceitáveis para aplicação de rochas aglomeradas. Chiodi Filho e Rodrigues (2009) sugerem alguns valores de parâmetros tecnológicos que as rochas naturais siliciosas devem ter para serem aplicadas para baixo, médio e alto tráfego. Segundo os autores, para essa aplicação, a absorção de água das rochas devem ser $\leq 0,4\%$, ou seja, a rocha aglomerada produzida com a combinação de 66,66% grosso, 16,66% médio e 16,66% de fino, atendem as especificações.

5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados do ensaio de índices físicos, a rocha de composição 10, que apresenta a composição granulométrica de 66,66% grosso, 16,66% médio e 16,66% de fino, obteve os melhores resultados, maior densidade e menor absorção de água. Destaca-se que essa combinação granulométrica atende aos requisitos tecnológicos sugeridos para aplicação em baixo, médio e alto tráfego. Dessa forma a rocha aglomerada produzida, apresenta-se como opção para material de revestimento em ambientes com maior umidade, como banheiros e cozinhas.

A utilização de resíduos para a fabricação de rochas aglomeradas se torna uma alternativa ecológica e sustentável, além de, colaborar com o setor produtivo de rochas ornamentais e com o setor de construção civil, onde poderão ser inseridos novos produtos com a utilização dos resíduos de rochas ornamentais (eco produtos) e redução de consumo de matérias-primas naturais e consequentemente, diminuição do impacto ambiental.

6. AGRADECIMENTOS

Ao CNPq (processo nº 149243/2022-7) pela bolsa concedida, as minhas orientadoras Monica Castoldi Borlini Gadioli e Mariane Costalonga de Aguiar. Aos pesquisadores Rondinelli Moulin Lima e Alan Dutra Pedruzzi pela colaboração no trabalho.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIROCHAS – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS – Balanço das Exportações e Importações Brasileiras de Rochas no 1º trimestre de 2023. Disponível em: <<https://abirochas.com.br/balancos>> Acesso em jun. 2023.

AENOR – ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE-EN 14617 – Piedra aglomerada. Métodos de ensayo. Parte 1: Determinación de la densidad aparente y la absorción de agua, 2013.

AGRIZZI, C.P. Produção e caracterização de rocha artificial com resíduos da lavra e beneficiamento de quartzito. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais) - Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Campos dos Goytacazes-RJ. 2020

FILHO, C.C.; RODRIGUES, E. de P. Guia de aplicação de rochas em revestimentos. Projeto Bula. São Paulo: Abirochas, 2009.

FOSTER, A.; ROBERTO, S.S.; IGARI, A.T. Economia circular e resíduos sólidos: uma revisão sistemática sobre a eficiência ambiental e econômica. Encontro internacional sobre gestão empresarial e meio ambiente, São Paulo, 2016.

GADIOLI, M.C.B.; AGUIAR, M.C.D.; GIORI, A.J.N.; PAZETO, A. de A.; & FERNANDES, M.C.S. (2021). Rochas aglomeradas: uma alternativa tecnológica e ambiental para a utilização dos resíduos de rochas ornamentais.

GUIDONE – Ficha Técnica – Versão 001 – Junho-2020 (Alt). Disponível em: <<https://www.guidoni.com.br/storage/2022/11/Ficha-Tecnica-Versao-001-%E2%80%93-Junho-2020.pdf>>. Acesso em: 10 de jul. 2023.

PAZETO, A. de A.; SOUZA, T.C.B.; FAITANIN, B.X. Estudo comparativo entre propriedades tecnológicas de rochas aglomeradas e rochas naturais. Geosciences= Geociências, vol. 39, n. 4, p. 1167-1183, 2020.