

# **Análise da resistência ao choque térmico de rochas aglomeradas**

## **Analysis of thermal shock resistance of agglomerated stones**

B. Mardegan<sup>1</sup>; M. C. B. Gadioli<sup>1</sup>; M. C. Aguiar<sup>1</sup>; R. M. Lima<sup>1</sup>; A. D. Pedruzzi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Tecnologia Mineral -Núcleo Regional do Espírito Santo - CETEM/MCTI

Endereço: Rodovia Cachoeiro x Alegre, Km 5, S/N

CEP: 29311-970, Cachoeiro de Itapemirim –ES

bruno.mardegann@hotmail.com

### **Resumo**

*Um dos grandes problemas do setor de rochas ornamentais está na sua grande geração de resíduos, proveniente da extração e do beneficiamento das rochas. Dessa forma, é crescente a necessidade das empresas encontrarem alternativas para a utilização desse resíduo. O Centro de Tecnologia Mineral, nos últimos anos, tem realizado estudos para analisar a viabilidade da utilização desses resíduos na fabricação de rochas aglomeradas, gerando um produto eco eficiente e mantendo dessa forma a economia circular ativa. Entretanto, devido à crescente utilização de rochas aglomeradas no setor da construção civil, se torna necessário avaliar as suas propriedades físico-mecânicas e assim, verificar se a rochas atendem as necessidades na qual serão aplicadas. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a resistência ao choque térmico das rochas aglomeradas produzidas com resíduos de rochas ornamentais e resina poliuretana e compará-las com as rochas aglomeradas comercializadas industrialmente. As rochas aglomeradas foram produzidas utilizando resíduos proveniente da extração e do beneficiamento de rochas ornamentais e resina poliuretana vegetal. As rochas industriais analisadas foram o Branco Galaxy e o Branco Aldan. Para a análise da resistência de choque térmico seguiu-se as normas europeia EN 14617-2 e 14617-6. Pode-se perceber que tanto as placas produzidas pelo CETEM quanto as placas comerciais não sofreram influência da variação de temperatura. Portanto, o uso dos resíduos para a fabricação de rochas aglomeradas demonstrou ser uma excelente alternativa, além de, contribuir para a redução do impacto ambiental.*

*Palavras chave: rochas aglomeradas, resistência ao choque térmico, resistência à flexão.*

### **Abstract**

*One of the big problems of the ornamental stone sector is its large generation of waste, resulting from the extraction and processing of stones. Thus, there is a growing need for companies to find alternatives for the use of this waste. Centre for Mineral Technology has, in recent years, carried out studies to analyze the viability of using this waste in the manufacture of agglomerated stones, generating an eco-efficient product and thus maintaining an active circular economy. However, due to the increasing use of agglomerated stones in the civil construction sector, it becomes necessary to evaluate their physical-mechanical properties and thus verify whether the rocks meet the needs in which they will be applied. Thus, the objective of this work was to evaluate the resistance to thermal shock of agglomerated stones produced with ornamental stones wastes and polyurethane resin and to compare them with industrially commercialized agglomerated stones. The agglomerated stones were produced using waste from the extraction and processing of ornamental stones and vegetable polyurethane resin. The industrial stones analyzed were White Galaxy and White Aldan. For the analysis of thermal shock resistance, the European standards EN 14617-2 and 14617-6 were followed. It can be seen that both the boards produced by CETEM and the commercial boards were not influenced*

*by temperature variation. Therefore, the use of wastes for the manufacture of agglomerated stones proved to be an excellent alternative, in addition to contributing to the reduction of the environmental impact.*

*Keywords: Agglomerated stone, waste, thermal shock, flexural strength.*

## **1. INTRODUÇÃO**

O Brasil é o 4º maior produtor e 7º maior exportador de rochas ornamentais do mundo, sendo que no 1 trimestre de 2022 somaram-se um volume de 502 mil toneladas num valor de US\$ 281,7 milhões, demonstrando uma forte demanda desses materiais no mercado internacional [1].

A produção de rochas ornamentais envolve duas etapas distintas: a primeira é a extração do bloco do maciço rochoso, seguida pelo beneficiamento que se divide em serragem e polimento. Entretanto, um dos principais desafios enfrentados pela cadeia produtiva das rochas ornamentais está relacionado à geração de resíduos, provenientes tanto do processo de extração quanto do de beneficiamento.

Considerando a alta taxa de geração de resíduos de rochas ornamentais e as necessidades globais referente a um ciclo mais sustentável, uma opção tecnológica e ambiental é o aproveitamento desses resíduos na produção de rochas aglomeradas [2]. Dessa forma, contribui com a economia circular, uma vez que milhares toneladas de rejeitos que seriam depositados em aterros, são transformados em materiais de alto valor agregado.

As rochas aglomeradas são materiais de vasta aplicação no ramo da construção civil. Elas são constituídas por sua maioria de agregados naturais juntamente com uma pequena porcentagem de resina polimérica. Uma das vantagens das rochas aglomeradas é que elas podem ser confeccionadas em diferentes tamanhos, formas e cores e podem ser aplicadas em banheiros, cozinhas, piso e revestimentos.

Cada vez mais as rochas aglomeradas vêm ganhando destaques no Brasil. O mercado de importação de rochas aglomeradas superou a importação de rochas ornamentais no 1º trimestre de 2022, somando US\$ 16,1 milhões e 25,8 mil t, acarretando uma variação positiva de respectivamente 11,5% e 0,9% frente ao 1º trimestre de 2021 [1].

Devido à grande procura pelas rochas aglomeradas e pelo fato delas serem usadas em diversos ambientes, se torna necessário conhecer suas propriedades físico-química. Uma análise importante que as rochas devem ser submetidas é a de choque térmico. De acordo com Vasconcellos e Melo [3], quando um material é exposto a uma mudança de temperatura suas

dimensões tendem a sofrer variações, gerando fadigas no material e, assim, levando a fratura. A resistência ao choque térmico é a propriedade do material em certas situações em não fraturar.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a resistência ao choque térmico das rochas aglomeradas produzidas com resíduos de rochas ornamentais e resina poliuretana e compará-las com as rochas aglomeradas comercializadas industrialmente.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1. Fabricação de rochas aglomeradas**

As rochas aglomeradas foram fabricadas utilizando resíduos de quartzito obtidos da lavra de e do beneficiamento rochas ornamentais. Os resíduos provenientes da lavra foram cominuídos em um moinho de cilindros, afim de reduzir a granulometria. Já os resíduos do beneficiamento foram coletados do tear multifio.

As placas de rochas aglomeradas foram produzidas utilizando três diferentes faixas granulométricas: grosso (2,38 a 0,707 mm), médio (0,707 a 0,063 mm), fino (< 0,63 mm) e nas seguintes proporções: 66% grosso, 17% de médio e 17% fino. Sendo as partículas grossas e médias, os resíduos da lavra e as partículas finas os resíduos do beneficiamento.

Os resíduos foram misturados com uma resina poliuretana vegetal (PUV) oriunda do óleo de mamona. Essa resina é isenta de solventes, com características de impermeabilidade, elasticidade e estabilidade físico-química. As rochas foram compostas por 90% de resíduos e 10% de resina.

A rocha foi produzida pelo método de termo-vibro-compressão a vácuo, onde a carga mineral e a resina são submetidas a uma prensagem de 33,3 MPa em uma temperatura de 65°C, com vibração e vácuo, por um período de 40 min. Após esse período foi realizado a cura da resina em uma estufa a 60°C durante três dias e 80°C durante um dia.

### **2.1. Resistência ao choque térmico**

Para a determinação da resistência ao choque térmico seguiu-se as instruções da norma europeia EN 14617-6 [4]. O ensaio é composto de 20 ciclos de aquecimento e resfriamento, onde um ciclo consiste em aquecer os corpos de prova em estufa a 70°C em um período de 18h e depois submergir em água destilada em um período de 6h a uma temperatura de 15°C. Ao

final dos 20 ciclos, o material foi seco em estufa a 70°C, inspecionados visualmente e armazenados em um dessecador por 24h.

A norma EN 14617-6 [4] foi aplicada junto com outra norma europeia, a EN 14617-2 [5], que é utilizada para determinar a resistência à flexão dos materiais. Dessa forma, a resistência à flexão das rochas foi medida antes e após o procedimento de variação de temperatura.

As rochas aglomeradas produzidas foram comparadas com duas rochas aglomeradas comerciais, o Branco Aldan e o Branco Galaxy. Os mesmos procedimentos do ensaio de choque térmico e resistência a flexão foram aplicadas nas rochas produzidas e nas rochas comerciais.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela I apresenta os resultados da resistência a flexão, antes de após o choque térmico, dos materiais: rocha aglomerada produzida com a resina poliuretana (RA-PU), Branco Aldan e Branco Galaxy. Nota-se, que os materiais apresentaram valores de resistência a flexão antes do choque térmico de 18,74 MPa, 55,73 MPa e 39,56 MPa respectivamente. E após o choque térmico de 17,91 MPa, 56,71 MPa e 40,93 MPa respectivamente.

**Tabela I:** Valores obtidos nos ensaios de resistência à flexão antes e após os ciclos de variação de temperatura.

	RA-PU	Branco Aldan	Branco Galaxy
Tensão antes do Choque Térmico (MPa)	18,74 ± 3,21	55,73 ± 3,70	39,56 ± 3,82
Tensão após o Choque Térmico (MPa)	17,91 ± 3,97	56,71 ± 2,69	40,93 ± 3,10

Nota-se que tanto a rocha produzida (RA-PU) quanto as rochas comerciais (Branco Aldan e Branco Galaxy) não sofreram influência da variação da temperatura e alteração do

comportamento mecânico das rochas, uma vez que os valores das resistências se mantiveram próximos.

Comparando os resultados de resistência à flexão da RA-PU com as rochas comerciais, percebe-se que a rocha a base de resina poliuretana apresentou valores inferiores as rochas comerciais. Resultados semelhantes foram encontrados por Agrizzi et al. [6], os autores encontraram uma resistência à flexão de 10,77 MPa para rocha aglomerada produzida com 15% de resina poliuretana.

Apesar da resistência à flexão estar abaixo das rochas comerciais, o valor está dentro dos critérios estabelecidos por Chiodi Filho e Rodrigues [7]. Os autores apresentam um guia com alguns parâmetros tecnológicos que as rochas naturais silicáticas e silicosas devem atingir para serem utilizadas em revestimento. Quando as rochas são usadas em baixo, médio e alto tráfego, elas devem apresentar resistência a flexão igual ou superior a 10,34 MPa.

#### **4. CONCLUSÕES**

Neste estudo, analisou-se a resistência ao choque térmico de três rochas aglomeradas, RA-PU, Branco Aldan e Branco Galaxy. Observou-se que a variação de temperatura resultante dos ciclos de aquecimento e resfriamento não afetou a resistência à flexão dessas rochas.

Os resultados dos ensaios foram promissores, demonstrando que a utilização dos resíduos de rochas ornamentais e a resina poliuretana como matéria-prima na produção de rochas aglomeradas oferece oportunidades para reduzir o impacto ambiental causado pela mineração. Essa abordagem contribui para a economia circular, uma vez que esses resíduos, gerados em grandes volumes, podem ser destinados de forma sustentável para a fabricação de produtos com alto valor agregado, como as rochas aglomeradas.

#### **5. AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao CETEM e aos seus colaboradores, CNPQ e a FAPES (processo n° 84376732).

#### **6. REFERÊNCIAS**

- [1] ABIROCHAS - Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais, Balanço das Exportações e Importações Brasileiras de Rochas Ornamentais em 2022, Disponível em: <<https://abirochas.com.br/balancos>> Acesso em maio. 2023.
- [2] M.C.B. Gadioli, M.C. Aguiar, A.N. Giori, A.A. Pazeto, M.C.S. Fernandes, Rochas aglomeradas: uma alternativa tecnológica e ambiental para a utilização dos resíduos de rochas ornamentais. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2021. (Série Tecnologia Ambiental, 115)
- [3] L.E. Vasconcellos, G.S.L.F. Melo, Fases cerâmicas com expansão térmica nula ou negativa apresentando elevada resistência ao choque térmico (2018) Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- [4] UNE-EN 14617 - 6 - Pedra aglomerada. Métodos de ensaio. Parte 2: Determinação da resistência à flexão, 2008.
- [5] UNE-EN 14617 - 2 - Agglomerated stone, Test methods, Determination of thermal shock resistance, 2012.
- [6] C.P. Agrizzi, E.A.S. Carvalho, M.C.B. Gadioli, G.N.S. Barreto, A.R.G. Azevedo, S.N. Azevedo, C.M.F. Vieira, Comparison between Synthetic and Biodegradable Polymer Matrices on the Development of Quartzite Waste-Based Artificial Stone, Sustainability 2022 , 14 , 6388. <https://doi.org/10.3390/su14116388>
- [7] C.C. Filho, E.P. Rodrigues, Guia de aplicação de rochas em revestimentos, ABIROCHAS, São Paulo, SP, 2009, 118p.