

DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO CHOQUE TERMICO DA ROCHA AGLOMERADA PRODUZIDA COM RESÍDUOS DE QUARTZITO E RESINA VEGETAL

DETERMINATION OF THE RESISTANCE TO THE THERMAL SHOCK OF AGGLOMERATED STONE PRODUCED WITH QUARTZITE AND VEGETABLE REZINE WASTES

Bruno Mardegan

Aluno de Graduação em Engenharia de Minas
4º período, Instituto Federal do Espírito Santo
Período PIBITI/CETEM: Outubro de 2021 a Agosto de 2022
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

As rochas aglomeradas são materiais de grande relevância no mercado de construção civil. Uma das possibilidades para a sua fabricação, é através do processo de reutilização dos resíduos de rochas ornamentais. Dessa forma, a produção desses compósitos se mostra uma alternativa tecnológica e sustentável que agrega valor a materiais que seriam descartados. No entanto, com a vasta aplicação das rochas aglomeradas no mercado, se faz necessário obter o conhecimento de suas propriedades físico-mecânicas, como por exemplo, a sua resistência as grandes variações de temperatura (resistência ao choque térmico). No Brasil não existe normas voltadas para as rochas aglomeradas que auxiliem as empresas na análise da qualidade. Deste modo, o Centro de Tecnologia Mineral no Núcleo Regional do Espírito Santo vem produzindo um estudo pré-normativo com a finalidade de contribuir para o desenvolvimento da norma brasileira de rochas aglomeradas. Foi realizado ensaio de resistência ao choque térmico, em que foram executados 20 ciclos de aquecimento e resfriamento e ao final do processo foi efetuado o ensaio de resistência à flexão, conforme a norma europeia EN 14617-6. Os valores foram comparados antes e após o choque térmico. Os resultados indicaram que não houve interferência considerável no ensaio de choque térmico. O material suportou as variações de temperatura, provando a qualidade do material produzido.

Palavras-chave: Resíduos, rocha aglomerada, choque térmico.

ABSTRACT

Agglomerated stone are materials of great relevance in the civil construction market. One of the possibilities for its manufacture is through the reuse process of ornamental stone waste. In this way, the production of these composites proves to be a technological and sustainable alternative that adds value to materials that would otherwise be discarded. However, with the wide application of agglomerated stone in the market, it is necessary to obtain knowledge of their physical-mechanical properties, such as their resistance to large temperature variations (thermal shock resistance). In Brazil there are no standards for agglomerated stones that help companies in the quality analysis. Thus, the Centre for Mineral Technology-State Espírito Santo Branch-CETEM/NRES has been producing a pre-normative study with the aim of contributing to the development of the Brazilian standard for agglomerated stone. A thermal shock resistance test

was carried out, in which 20 heating and cooling cycles were performed and at the end of the process, the flexural resistance test was carried out, according to the European standard EN 14617-6. Values were compared before and after heat shock. The results indicated that there was no considerable interference in the thermal shock test. The material withstands temperature variations, proving the quality of the material produced.

Keywords: Waste, agglomerated stone, thermal shock.

1. INTRODUÇÃO

As rochas aglomeradas são materiais de vasta aplicação, podendo ser aplicadas por exemplo como revestimento na construção civil. No primeiro trimestre de 2022 somaram-se US\$ 16,1 milhões e 25,8 mil toneladas em volume de importações ultrapassando as rochas naturais e demonstrando sua excelência no mercado brasileiro (ABIROCHAS, 2022).

Em decorrência da demanda no mercado das rochas aglomeradas, existem estudos que vêm sendo desenvolvidos visando a sustentabilidade e reaproveitamento de resíduos gerados principalmente na lavra e beneficiamento de rochas ornamentais para fabricação desses compósitos. O reaproveitamento dessas substâncias atende com a finalidade de reduzir os impactos ambientais gerados pela mineração de modo elaborar novas possibilidades para um correto descarte (AGRIZZI, 2020).

A utilização de resíduo principalmente de rochas ornamentais possibilita a maximização de suas utilidades em produção e novos materiais, contribuindo para benefícios ambientais e econômicos, onde toda essa estratégia tem sua denominação como economia circular (PEREIRA, et. al., 2017).

Para que as rochas aglomeradas consigam ganhar cada vez mais destaque no mercado industrial, são necessárias que elas atendam algumas exigências quanto suas propriedades mecânicas. Um desses parâmetros é a resistência ao choque térmico, que indica se o material sofrerá fratura quando este é suscetível a várias mudanças de temperatura (VASCONCELLOS & MELO, 2018).

De acordo com Vasconcellos e Melo (2018), no momento em que o material é exposto a uma rápida mudança de temperatura suas medidas tendem a sofrer mudanças ocasionando tensões a sua estrutura, podendo ocasionar fratura (choque térmico). A resistência ao choque térmico se deve a propriedade do material sobre tais condições, a não fraturar.

Devido às rochas aglomeradas terem diversas aplicações, se torna necessário à execução de ensaios de caracterização tecnológica, com a intenção de compreender as suas propriedades físico-mecânicas. Contudo pelo fato de não existir normas brasileiras voltadas a esses materiais o Centro de Tecnologia Mineral no Núcleo Regional do Espírito Santo (CETEM/NRES) vem desenvolvendo um estudo pré-normativo utilizando o pacote de normas europeu EN 14617, com o objetivo de propor à ABNT sugestões de normas de ensaios para as rochas aglomeradas.

2. OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho foi realizar o ensaio de resistência ao choque térmico em uma rocha aglomerada fabricada a partir de resíduos de quartzito provenientes da extração e do beneficiamento por meio da tecnologia de tear multifios e resina vegetal, de modo a observar se ciclos de fadiga térmica influenciarão no comportamento mecânico do material.

3. METODOLOGIA

Nesta pesquisa utilizou-se para a fabricação das rochas aglomeradas, resíduos de rochas ornamentais provenientes da extração e do beneficiamento por meio da tecnologia tear multifios e a resina à base de poliuretano vegetal (PUV) oriunda do óleo de mamona, bi componente,

isenta de solventes, estabelecida pela mistura de um componente A (pré-polímero e um componente B (poliól), com características de impermeabilidade, elasticidade e estabilidade físico-química).

Os resíduos utilizados para a fabricação das rochas provenientes da pedreira foram cominuídos em um moinho de cilindros e de pratos com a finalidade de reduzir a granulometria, e os resíduos do beneficiamento foram peneirados afim que chegue na granulometria desejada. Posteriormente, foi fabricada a rocha aglomerada com 90% de resíduos e 10% de resina, pelo método de termo-vibro-compressão a vácuo.

Após a fabricação das placas, foi realizado o ensaio de resistência ao choque térmico em uma rocha aglomerada produzida com uma carga mineral proveniente do resíduo de rocha ornamental e com a resina à base de poliuretano vegetal (PUV). O resíduo utilizado foi o quartzito. Foram elaborados trinta e um corpos de prova com as dimensões de 200x50 mm e 10 mm de espessura para a execução do ensaio de resistência ao choque térmico, sendo efetuado conforme a norma EN 14617-6, (UNE, 2008). Contudo, como parâmetro de comparação é necessário antes do devido teste o ensaio de resistência à flexão (σ_{Rf}). Assim, outros trinta e um corpos de prova foram preparados para realizar a comparação.

Durante os procedimentos do ensaio foram efetuados 20 ciclos de aquecimento e resfriamento dos corpos de prova de acordo com a norma europeia. Para o aquecimento, os corpos de prova foram colocados em uma estufa ventilada a uma temperatura de $(70 \pm 5)^\circ\text{C}$ durante um intervalo de $(18 \pm 1)\text{h}$, depois desse período os corpos foram submersos em água destilada por um período de $(6 \pm 0,5)\text{h}$ a uma temperatura de $(15 \pm 5)^\circ\text{C}$, para realizar o resfriamento. Cada etapa dessa é contabilizada como 1 ciclo no procedimento.

Após os 20 ciclos, os corpos de prova foram secos em uma estufa a $(70 \pm 5)^\circ$ e então inspecionados visualmente e armazenados em um dessecador durante $(24 \pm 2)\text{h}$. A determinação da resistência à flexão dos corpos de prova após o choque térmico (σ_{RSf}) foi realizada por uma prensa hidráulica da marca Forney de acordo com a norma europeia EN 14617-2.

O cálculo da alteração na resistência mecânica é feito com base na diferença das tensões da resistência à flexão dos corpos de prova antes e após os ciclos de temperatura ($\Delta_{\sigma RF}$) e dado em porcentagem (Equação 1).

$$\Delta_{\sigma RF} = \left(\frac{\sigma_{Rf} - \sigma_{RSf}}{\sigma_{Rf}} \right) 100 \quad (1)$$

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os resultados do ensaio de resistência ao choque térmico da rocha aglomerada. A variação da tensão antes do choque térmico obteve média de 18,74 MPa e após o choque térmico obteve média de 17,91 MPa, percebe-se uma variação de 4,43%. Com isso pode-se verificar que houve uma diminuição na tensão ao choque térmico o que proporciona que há variação quando a rocha aglomerada é submetida a variação de temperaturas.

Com base nos resultados, observou-se que a rocha produzida mostrou uma porcentagem de 4,43%, consoante a faixa das rochas aglomeradas comerciais, que de acordo com o material Blanco Zeus de composição de 94% de quartzo natural, apresentou um valor de 4,8% (CONSENTINO, 2010).

Tabela 1: Média dos valores obtidos no ensaio de resistência ao choque térmico com rocha aglomerada.

Rocha Aglomerada - Q.R.M	
Tensão antes do Choque Térmico (MPa)	18,74 ± 3,21
Tensão após o Choque Térmico (Mpa)	17,91 ± 3,97
Resistência ao Choque Térmico (%)	4,43

Q.R.M - Quartzito e Resina de Mamona.

Para verificar se existe diferença significativa do choque térmico sobre a resistência a tensão, foi realizado uma análise estatística para comparação de duas médias (antes e após o choque térmico). A análise foi realizada para um nível de significância de 5% ($\alpha=0,05$). Por meio da Tabela 1 da distribuição normal, verificou-se que quando as placas foram submetidas a 20 ciclos de variação de temperatura, esse procedimento não influenciou significativamente na resistência a tensão, uma vez que, pela análise estatística, o valor-p encontrado foi de 0,3690. Como este valor é superior ao nível de significância estipulado (5%), então conclui-se que não existe influência significativa do choque térmico. As placas suportaram as mudanças de temperatura, demonstrando a qualidade do material fabricado.

5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados do ensaio de choque térmico, observou-se que as tensões obtidas nos ciclos de aquecimento e resfriamento demonstraram valores relativamente compatíveis com os dados de resistência à flexão antes e após os ciclos de temperatura. E com base em métodos estatísticos percebeu-se que não houve alteração significativa na resistência mecânica do material, podendo ser utilizado em locais que expressam variações de temperatura.

Os resultados do ensaio demonstraram ser promissores, evidenciando que a utilização de resíduos de rochas ornamentais como matéria prima, proporciona possibilidades para redução do impacto ambiental gerado pela mineração, de modo a contribuir para a economia circular, visto que, esses resíduos gerados em grandes volumes, podem ter uma destinação sustentável para a fabricação de produtos com alto valor agregado como as rochas aglomeradas.

6. AGRADECIMENTOS

Agradecimento ao CNPq (Processo nº 162158/2021-1) pela bolsa de iniciação tecnológica e a FAPES (processo 84376732), à Monica Castoldi Borlini Gadioli, Mariane Costalonga de Aguiar, Rondinelli Moulin Lima e Alan Dutra Pedruzzi pelos ensinamentos adquiridos e aos técnicos do LABRO/NR-ES.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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 jul. 2022.

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.

IETcc – Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. Documento de idoneidade técnica: n.º 559/10. 2010.

PEREIRA, F.S.; MONCUNILL, M.F.; MONTEIRO, S.A.T. Projetos alinhados com os preceitos da economia circular. In: LUZ, Beatriz Visconti (Org.). Economia circular Holanda - Brasil: da teoria à prática. Rio de Janeiro: Exchange 4 Change Brasil, 2017. p. 89-95.

UNE-EN 14617-2 – Agglomerated stone. Test methods. Determination of thermal shock resistance, 2012.

UNE-EN 14617-6 – Pedra aglomerada. Métodos de ensaio. Parte 2: Determinação da resistência à flexão, 2008.

VASCONCELLOS, L.E.; MELO, G.S.L.F. 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.