

# PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE ROCHA ARTIFICIAL COM RESÍDUOS DE QUARTIZITOS DA LAVRA E BENEFICIAMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS\*

*Carlos Paulino Agrizzi<sup>1</sup>*

*Mônica Castoldi Borlini Gadioli<sup>2</sup>*

*Elaine Aparecida Carvalho Costa Santos<sup>3</sup>*

*Giovana Carla Gironi Delaqua<sup>4</sup>*

*Carlos Maurício Fontes Vieira<sup>5</sup>*

## Resumo

O Brasil, como quarto maior produtor mundial de rochas ornamentais, de utilização em revestimentos internos e externos como de pisos e paredes, é também um grande emissor de resíduos provenientes de seus processos produtivos. O objetivo deste trabalho é a utilização desse passivo na produção de uma rocha artificial através da aglomeração de agregados naturais (resíduo) à uma matriz polimérica minimizada, sendo este material, de alto valor econômico atualmente. Foram utilizados para os experimentos, resíduos de pedreiras (lavra), de corte e polimento da rocha ornamental (beneficiamento) e resina epóxi (polímero termorrígido) onde foi selecionada uma mistura destes materiais, sob diferentes granulometrias, que maximizou sua densidade, consequentemente minimizando o volume de vazios interparticular, sendo esta utilizada para a confecção de placas em equipamento específico. A densidade aparente do material desenvolvido foi de 2,34 g/cm<sup>3</sup>, com a absorção d'água de 0,13% e porosidade de 0,31%, a resistência à flexão foi de 27,96 Mpa. Os valores encontrados nos ensaios atendem às normas técnicas e com relação às rochas ornamentais naturais, são superiores. Portanto, considerando o atual aproveitamento em pedreiras, esta tem se apresentado uma forma técnica e economicamente viável de se aproveitar os resíduos de sua cadeia produtiva.

**Palavras-chave:** Rocha ornamental; Rocha artificial; Resíduo; Quartizito.

## PRODUCTION AND CHARACTERIZATION OF ARTIFICIAL ROCK WITH WASTE QUARTZITES OF LAVRA AND ORNAMENTAL ROCK PROCESSING

### Abstract

Brazil, as the fourth largest producer of ornamental stones in the world, is used in interior and exterior coatings such as floors and walls. It is also a major emitter of waste from its production processes. The objective of this work is the use of this passive in the production of an artificial rock through the agglomeration of natural aggregates (residue) to a minimized polymer matrix, being this material, of high economic value today. The quarry residues were used for the cutting and polishing of the ornamental rock (beneficiation) and epoxy resin (thermosetting polymer), where a mixture of these materials was selected, under different granulometries, which maximized its density, consequently minimizing the volume of voids interparticular, being this one used for the making of plates in specific equipment. The apparent density of the material developed was 2.34 g / cm<sup>3</sup>, with water absorption of 0.13% and porosity of 0.31%, the flexural strength was 27.96 MPa. The values found in the tests meet the technical norms and with respect to the natural ornamental rocks, are superior. Therefore, considering the current exploitation in quarries, this one has presented itself a technical and economically viable way of taking advantage of the residues of its productive chain.

**Keywords:** Ornamental stone; Artificial stone; Residue; Quartzite.

- <sup>1</sup> *Mestrando, Graduado em Engenharia de Minas, UENF, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil.*
- <sup>2</sup> *Doutora em Engenharia e Ciências dos Materiais, Pesquisadora, CETEM, Cachoeiro de Itapemirim, Espírito Santo, Brasil.*
- <sup>3</sup> *Doutora em Engenharia e Ciências dos Materiais, Pesquisadora, UENF, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil.*
- <sup>4</sup> *Mestre em Engenharia e Ciências dos Materiais, Doutoranda, UENF, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil.*
- <sup>5</sup> *Doutor em Engenharia e Ciências dos Materiais, Professor Titular, UENF, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil.*

## 1 INTRODUÇÃO

A palavra “sustentável”, mundialmente conhecida, foi difundida a partir da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano de 1972 em Estocolmo, a partir da qual o conceito passou a ganhar maior importância. Hoje relacionada ao desenvolvimento econômico e(ou) material, sem agredir o meio ambiente através da utilização dos recursos naturais de forma inteligente e visando às próximas gerações. [1]

O Brasil, um grande produtor de rochas ornamentais a nível global, também é um grande gerador de resíduos, com consideráveis poluentes nessa atividade mineira. Resíduos estes gerados em sua maioria, nos processos de lavra (extração de blocos em pedra) e beneficiamento do bloco (“desdobramento” do bloco em chapas), sendo estes destinados a depósitos pagos diariamente. [2]

O volume explotado (extraído) das pedreiras brasileiras em 2016, chegou em por volta de 8,5 milhões de toneladas de rochas para uso em revestimento, o que corresponde a seis por cento do volume mundial. [3]

Vidal et al [4] estimou que os resíduos gerados nos processos de lavra e beneficiamento das rochas ornamentais apresentam perdas do material extraído para a produção de uma chapa, da ordem de 83%. Ou seja, para se produzir 330 m<sup>2</sup> de chapas (valor médio obtido em um bloco comercial de 10 m<sup>3</sup> serrado), são extraídos 30 m<sup>3</sup> de rocha, em média, do maciço. Desses 30 m<sup>3</sup>, 20 m<sup>3</sup> ficam na pedra em forma de resíduos.

No entanto, a rocha artificial, hoje ainda com um preço considerável, apresenta propriedades superiores às das placas cerâmicas de primeira linha, em função de sua excelente resistência à flexão e brilho superficial. [5]

Ainda, segundo Lee et al [5], em função do volume utilizado desses resíduos e do preço unitário (metro quadrado de rocha artificial) serem elevados, com base em outros materiais que utilizam desses resíduos também, a rocha artificial é a que encontra o melhor custo benefício e com melhores aplicações.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Materiais utilizados

Os materiais utilizados para essa pesquisa foram resíduos de lavra de rochas ornamentais, os materiais são comercialmente conhecidos como “Cristallo” e “Crystal Quartz” em Pindobaçu, na Bahia, Brasil. Seus resíduos foram utilizados em duas faixas granulométricas: grossa (2,38mm de diâmetro até 0,707mm) e média (0,707mm de diâmetro até 0,063)

Foram utilizados também, resíduos da empresa PETTRUS LTDA. dos materiais pétreos supracitados, na forma de partícula fina (diâmetro menor do que 0,063mm), obtidos pela coleta do material após o beneficiamento do bloco de rochas em um tear multifio.

O primeiro resíduo é sólido, correspondente aos blocos que não atendam aos padrões comerciais (seja por medidas insuficientes ou por padrão estético), estes são britados no britador de mandíbulas, e moído em um moinho de rolos quando necessário, para atender às granulometrias definidas como: grossa e média. O segundo resíduo é semissólido, coletado como lama, sendo necessário submetê-lo à estufa para a retirada da umidade, e para controle de sua granulometria, é moído em um moinho de discos de porcelana.

Os resíduos foram separados nas faixas granulométricas utilizadas conforme estabelece a norma ABNT NBR 7181/2016, utilizando as peneiras de 8, 25 e 230 mesh. [4]

Estabelecidas três faixas granulométricas: grossa, média e fina, determinou-se 10 misturas de diferentes composições alterando as proporções de faixas granulométricas.

Usando para isso, um diagrama ternário, desenvolvido pela metodologia de modelagem numérica experimental rede SIMPLEX (Simplex -Lattice Design) [7]. O objetivo dessa metodologia é, por meio da ABNT NBR 12051/1991 [8], faz-se o ensaio de empacotamento de cada mistura a fim de descobrir a máxima densidade seca que minimiza o índice de vazios, maximizando a sua compacidade. A mistura de maior empacotamento e, portanto, a utilizada para produção da rocha artificial foi composta por 66,6% de partículas grossas, 16,66% de partículas médias e 16,66% de partículas finas.

Foi utilizada a resina epóxi de diglicidil éter de bisfenol A (DGEBA) e catalisador Tetraetilenotetramina (TETA) na proporção de 10:1. O volume de resina mínimo utilizado foi calculado com base no índice de vazios encontrado, para que fosse garantido o completo preenchimento dos poros do material criado. Este é obtido pela aglutinação dos resíduos de quartizito (carga) à resina epóxi (matriz).

As placas confeccionadas de rocha artificial tinham as medidas de 100x100x10mm, utilizando o método de vibro-compressão à vácuo. Durante a compressão da massa no molde (10 ton), a mesma estava submetida ao vácuo, à vibração e também à temperatura de 90°C por 20 minutos o que acelera o processo de cura da resina.

As placas foram cortadas de modo a atender às normas técnicas dos ensaios feitos nessa pesquisa.

Foram determinados os índices físicos das amostras que correspondem à sua densidade, porosidade e absorção de água conforme a norma ABNT NBR 15845 -2/ 2015 [9].

E também foi aferida a resistência à flexão em três pontos, de acordo com a ABNT NBR 15845 – 6 / 2015 [9] e a EM 14617 – 2 /2017 [10] realizada em uma máquina de ensaios universal de ensaios mecânicos, da marca INSTRON, com a célula de carga de 100KN.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

São apresentados na tabela 1, os resultados dos índices físicos encontrados para a rocha artificial de quartizito produzida pelo método de vibro-compressão à vácuo, sua média e desvio padrão.

**Tabela 1.** Resultados dos Índices Físicos da Rocha Artificial de Quartizito.

<b>Propriedades</b>	<b>Rocha Artificial Quartizito (RAQ)</b>
<b>Densidade Aparente (g/cm<sup>3</sup>)</b>	2,337 ± 0,362
<b>Absorção de Água (%)</b>	0,130 ± 0,063
<b>Porosidade Aparente (%)</b>	0,309 ± 0,14

Foi encontrado o valor de  $2,337 \pm 0,362 \text{ g/cm}^3$  para a densidade aparente da rocha artificial, enquanto para a norma ABNT NBR 15844 /2015 [11], que regula os parâmetros necessários para a utilização do granito ornamental, o indicado é de  $2,55 \text{ g/cm}^3$ , a diferença se deve pelo volume de resina presente, que possui densidade de  $1,17 \text{ g/cm}^3$ .

Lee et al. [6], obteve valores de 2,03 a  $2,45 \text{ g/cm}^3$  para as suas rochas artificiais com variada pressão de compactação, vibração e pressão de vácuo, valor muito próximo ao encontrado na pesquisa.

A absorção de água encontrada, de  $0,13 \pm 0,063\%$  encontrada atende aos parâmetros mínimos requeridos pelo guia de utilização de rochas ornamentais em revestimentos, que estipula o valor máximo de 0,4%. [12]

Chiodi e Rodriguez [12], em seu guia de uso para rochas ornamentais, estabeleceram que um material de alta qualidade possui valores de porosidade inferiores a 0,5%. A porosidade encontrada nesta pesquisa atende a esse requisito como material de alta qualidade.

O material submetido ao ensaio de resistência à flexão atingiu  $27,96 \pm 1,786 \text{ MPa}$  enquanto Frazão et al [13] estabelece o valor mínimo para a utilização de 10 MPa, ou seja, quase 3 vezes mais resistente.

#### 4 CONCLUSÃO

Foi constatado durante a caracterização da rocha artificial de quartizito, que a mesma possui excelentes propriedades físicas e mecânicas, sua densidade menor garante maior gama de utilidade na construção civil, seus valores de absorção de água e porosidade baixos evidencia sua impermeabilidade, característica importante em instalações sanitárias, por exemplo. Sua resistência à flexão elevada evidencia sua resistência mecânica alta, o que justifica uma enorme gama de utilidades.

Sendo assim, o material possui inúmeras vantagens frente aos materiais ornamentais atualmente utilizados, e utiliza de material residual desse setor.

#### Agradecimentos

Agradecimentos a Fapes, processo número 80857019, pelo apoio financeiro

#### REFERÊNCIAS

- 1 Jacobi, P. et al. Educação, meio ambiente e cidadania: reflexões e experiências. 1998. São Paulo: SMA.
- 2 Souza, L.R., Ribeiro, R.C.C., Carrisso, R.C.C., Silva, L.P., Pacheco, E.B.A.V., Visconte, L.L.Y. Aplicação de resíduos de mármore na indústria polimérica. Série tecnologia ambiental. Rio de Janeiro: CETEM/MCT. 2009.
- 3 Montani, C. Dossiê Brasil 2017. Brasília: Aldus. 2017.
- 4 Vidal, F.W. H.; Azevedo, H. C. A.; Fernández Castro, N. Tecnologia de rochas ornamentais: pesquisa, lavra e beneficiamento. Rio de Janeiro: CETEM. 2014.
- 5 Associação Brasileira de Normas Técnicas. Solos – Análise granulométrica NBR 7181. Rio de Janeiro: ABNT; 2016.
- 6 Lee MY, Ko CH, Chang FC, Lo SL, Lin JD, Shan MY, Lee JC. Artificial stone slab production using waste glass, stone fragments and vacuum vibratory compaction. Cement & Concrete Composites. 2008

- 7 Cornell JA. Experiments with mixtures: designs, models, and the analysis of mixture data. 3rd ed. New York: John Wiley & Sons, 2002.
- 8 Associação Brasileira de Normas Técnicas. Solo – Determinação do índice de vazios mínimo de solos não-coesivos NBR 12051. Rio de Janeiro: ABNT, 1991
- 9 Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2015. Rochas para revestimento: método de ensaio – NBR 15845. Rio de Janeiro.
- 10 Asociación Española de Normalización y Certificación, 2008. Piedra aglomerada Metodos de Ensayo Parte 2: Determinación de la resistencia a flexión - UNE-EM 14617-2, Madrid.
- 11 Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rochas para revestimento – Requisitos para granitos. NBR 15.844. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.
- 12 Chiodi Filho C, Rodriguez EP. Guia de aplicação de rochas em revestimentos. São Paulo: Abirochas, 2009.
- 13 Frazão, E. B; Dozzi, L. F. S.; Queiroz, F. C. Características tecnológicas de algumas rochas silicatadas utilizadas como revestimento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA E ENGENHARIA AMBIENTAL, 14, 2013, Rio de Janeiro. Anais. São Paulo: ABGE, 2013.