

DESENVOLVIMENTO DE ROCHAS ARTIFICIAIS ECO EFICIENTE COM RESÍDUOS DE ROCHAS ORNAMENTAIS

DEVELOPMENT OF ARTIFICIAL STONES ECO EFFICIENT WITH ORNAMENTAL STONE WASTE

Luan Bomfim Antunes

Aluno de Graduação em Engenharia de Minas, 8º período.
Instituto Federal do Espírito Santo
Período FAPES/CETEM: novembro de 2019 a dezembro de 2020
luanantunes95@gmail.com

Monica 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

Tendo em vista a exploração de recursos naturais não renováveis com consequentes impactos ambientais, a procura por inovações técnicas visando o desenvolvimento sustentável, tem se tornado cada vez mais abrangente. Este trabalho visa desenvolver placas de rochas artificiais por meio do método de vibro-compressão a vácuo, utilizando resíduos oriundos da indústria extrativista e corroborando para redução dos impactos ambientais. Os resíduos de quartzito utilizados foram coletados em pedreiras e no processo de serragem de blocos da rocha por teares multifio, e a matriz utilizada foi a resina a base de poliuretano vegetal originada do óleo de mamona. As placas foram produzidas pelo processo de vibro-termo-compressão a vácuo, sendo utilizadas duas pressões de compactação (3,6 MPa e 4,9 MPa) para comparação, visando determinar os melhores parâmetros envolvidos na compactação. Após a produção das placas, algumas medidas e ensaios foram realizados a fim de se obter a densidade aparente, a absorção de água e a porosidade aparente. Os resultados obtidos demonstram que as placas confeccionadas sob a pressão de compactação com 3,6 MPa são mais promissoras em relação aos parâmetros relacionados à pressão com 4,9 MPa.

Palavras-chave: rochas artificiais, resíduo, compactação.

ABSTRACT

In view of the exploitation of non-renewable natural resources with consequent environmental impacts, the search for technical innovations aiming at sustainable development has become increasingly comprehensive. This work aims to develop artificial slabs using the vacuum vibration-compression method, using waste from the extractive industry and corroborating to reduce environmental impacts. The quartzite waste were collected in quarries and in the unfolding of multiwire ganga saw, and the matrix used was the resin based on vegetable polyurethane originated from castor oil. The slabs were produced by the vacuum thermo-compression process, using two compaction pressures (3,6 MPa and 4,9 MPa). After the production of the slabs, some measurements were taken in order to obtain the apparent density, water absorption, apparent porosity and, then, the two compressions exercised in the production were compared, in order to determine the best parameters involved in the compaction. The results obtained demonstrate that the slabs manufactured under the pressure of compaction with 3.6 MPa are more promising in relation to the parameters related to the pressure with 4.9 MPa.

Keywords: artificial stone, waste, compaction.

1. INTRODUÇÃO

Nas sociedades primitivas os impactos ambientais não eram levados em consideração, uma vez que a produção de resíduos era reduzida e a possibilidade de assimilação ambiental era grande. Por outro lado, no mundo moderno os resíduos sólidos geram grandes preocupações ambientais. As sociedades de consumo avançam destruindo os recursos naturais e os bens, os quais em geral têm vida útil limitada e são transformados em grandes quantidades de resíduos, gerando impactos diretos na qualidade de vida e saúde humana (RIBEIRO, 2011).

Segundo a ABIROCHAS (2019) as exportações de materiais rochosos artificiais de revestimento, somaram US\$ 1,36 milhões e 1.725,6 t no 1º trimestre de 2019. Seu preço médio foi de US\$ 790/t. O Espírito Santo foi responsável por 87,5% do faturamento das exportações brasileiras de materiais rochosos artificiais. Pelas limitações portuárias, apenas 4,2% do volume físico dessas exportações foram embarcadas no Estado.

A procura por inovações tecnológicas visando o desenvolvimento sustentável tem se tornado cada vez mais abrangente, tendo em vista a exploração de recursos naturais não renováveis que geram impactos ambientais. Neste contexto, há um grande desafio para a indústria extrativista associada aos meios de aproveitamento de resíduos gerados na extração e no beneficiamento de rochas ornamentais que podem se tornar uma via de solução ambiental e econômica.

A utilização dos resíduos da indústria de rochas ornamentais para o desenvolvimento de rochas aglomeradas artificiais mostram vantagens na diminuição da quantidade de resíduos a ser descartada na natureza, além de agregar valor a um resíduo indesejável (RIBEIRO, et. al., 2014).

2. OBJETIVOS

O objetivo desta pesquisa é desenvolver um produto de alto valor econômico e ecológico, rochas artificiais, utilizando resíduos de rochas ornamentais (resíduos de quartzitos oriundos da lavra e beneficiamento), que são descartados no meio ambiente em grandes quantidades, e resina vegetal, visando contribuir com o desenvolvimento sustentável desses setores. Para isso, foram produzidas rochas artificiais utilizando diferentes pressões de compactação, com a finalidade de verificar a sua influência no processamento e na obtenção de um produto com melhores propriedades.

3. METODOLOGIA

Nesta pesquisa utilizou-se resíduos de rochas ornamentais, geologicamente conhecidas como quartzolito e denominadas comercialmente como quartzito, “*Crystal Quartz*” e “*Cristallo*”, ambas extraídas no município de Pindobaçu na Bahia, e beneficiadas em Cachoeiro de Itapemirim no estado do Espírito Santo. Foram utilizadas os resíduos da extração da rocha e do beneficiamento primário, serragem por tear multifio. Os resíduos foram cedidos pela empresa PETTRUS LTDA. e as análises petrográficas foram realizadas por Vidal & Guimarães (2018).

Utilizou-se também como matéria prima uma resina a base de poliuretano vegetal 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 provenientes da pedreira foram cominuídos por meio de um moinho de pratos e moinho de cilindros, com a finalidade de reduzir a granulometria. Foram utilizadas duas faixas granulométricas: grossa (passante em 8 mesh e retido em 25 mesh) e média (passante em 25 mesh e retido em 230 mesh).

O resíduo proveniente da serragem são resíduos finos e foram utilizados na granulometria passante em peneira de 230 mesh.

Foi realizado por Agrizzi et al. (2019) um estudo para definir a melhor condição de empacotamento com base na metodologia Simplex-Lattice Design (SLD). O empacotamento das misturas está associado à densidade aparente seca das misturas, em que a maior densidade

aparente seca corresponde ao maior empacotamento de partículas. A mistura de maior empacotamento 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.

Para a produção das placas de rocha artificial foi utilizado 90% em peso de resíduos (mistura com os resíduos de quartzito nas três granulometrias, citadas anteriormente) e 10% de resina vegetal, não tóxica.

As placas de rocha artificial foram produzidas nas dimensões de 200x200x10 mm, por meio do método de vibro-termo-compressão a vácuo. Essas placas foram produzidas utilizando pressão de compactação de 3,6 MPa e 4,9 MPa, sob as mesmas condições de vácuo, vibração e temperatura.

Foram preparados o conjunto de dez corpos de prova produzidos sob a pressão de 3,6 MPa e 10 produzidos com pressão de 4,9 MPa, todos com dimensões iguais a 50x50x10 mm. Foram realizados ensaios nos corpos de prova para determinar a densidade aparente, a absorção de água e a porosidade aparente, segundo a norma EM 14617-1 (AENOR, 2013).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta a placa de rocha artificial produzida com resíduo de rocha ornamental. Este produto tem alto valor agregado e grande importância para o desenvolvimento sustentável, considerando-se o aproveitamento de resíduos indesejáveis para indústria extrativista, juntamente com utilização de resina a base de poliuretano vegetal oriunda do óleo de mamona.



Figura 1: Placa de rocha artificial.

A Tabela 1, mostra os valores dos índices físicos obtidos das rochas artificiais produzidas com aplicação de pressão de compactação de 3,6 MPa e de 4,9 MPa.

Tabela 1: Índices físicos das rochas artificiais produzidas com 3,6 e 4,9 MPa.

Propriedade	Rocha Artificial (3,6 MPa)	Rocha Artificial (4,9 MPa)
Densidade Aparente (g/cm ³)	2,13±0,08	2,10±0,04
Absorção de Água (%)	0,24±0,04	0,36±0,04
Porosidade Aparente (%)	0,52±0,07	0,76±0,08

A densidade aparente obtida na rocha produzida sob a pressão de compactação de 3,6 MPa equivale a 2,13 g/cm³, valor superior a 2,10 g/cm³ correspondente a rocha produzida com 4,9 MPa. Lee et al. (2008), descreve por meio de análises envolvendo material artificial, produzidos a partir de resíduos de vidro e granito, dados de densidade aparente da ordem de 2,03 a 2,45 g/cm³. O autor concluiu que valores maiores de pressão de compactação influenciam na compactação de materiais, produzindo materiais com maiores densidades. Tal conclusão, difere do encontrado nesta pesquisa, podendo ser justificado principalmente pelo tipo de resina utilizado ou outros fatores que serão analisados no decorrer deste projeto. Ao compararmos a escala de densidade é possível inferir que os resultados alcançados nesta pesquisa são compatíveis com os obtidos por Lee et al. (2008). Já na pesquisa de Ribeiro et al. (2015), utilizando resíduo de mármore, a densidade variou de 2,26 a 2,37 g/cm³.

Como não existem normas brasileiras para rochas artificiais e não há um limite definido para índices físicos na norma europeia EM 14617-1 AENOR (2013), foi utilizada a norma ASTM para rochas ornamentais para comparação com resultados obtidos de absorção de água dos materiais produzidos nessa pesquisa. Há um projeto que está sendo desenvolvido pelo CETEM para elaboração de normas para rochas artificiais, que o presente trabalho faz parte.

A absorção de água da rocha artificial com as pressões de compactação de 3,6 e 4,9 MPa, resultou em valores de 0,24±0,04 e 0,36±0,04, respectivamente. Baseando-se na norma recomendada e regulamentada pela ASTM C615 (2018), os resultados obtidos de absorção de água das rochas produzidas estão dentro do limite recomendado, cujos percentuais de absorção devem ser inferiores ou iguais a 0,4%.

A porosidade máxima exigida para a aplicação de rochas para revestimento é de 1% de acordo com a norma NBR 15844 (2015), sendo que as rochas artificiais produzidas neste trabalho estão abaixo desse valor.

5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos dos índices físicos, pode-se inferir que as placas confeccionadas com a pressão de compactação de 3,6 MPa obteve melhores resultados que as placas obtidas com a pressão com 4,9 MPa, porém ambos valores se mostraram compatíveis com os índices informados na literatura e estão dentro dos limites exigidos por norma.

Conclui-se, portanto, que mesmo a pesquisa ainda em desenvolvimento, os resultados obtidos são muito promissores, já se enquadram nas normas, com grandes vantagens em relação aos materiais atualmente produzidos, devido serem materiais que podem ser denominados de eco eficientes. Além das propriedades tecnológicas, para a sua produção são utilizados apenas resíduos e resina vegetal, que é atóxica. Assim sendo, a produção de rochas artificiais a partir dos resíduos de quartzo e a matriz de resina a base de poliuretano vegetal, são viáveis e, assim, uma alternativa ambientalmente correta de destinação para estes resíduos que são gerados na ordem de milhões de toneladas e que representam um grande impacto ambiental.

6. AGRADECIMENTOS

Agradecimentos a Fapes, processo número 84376732, pelo apoio financeiro e bolsa concedida e à empresa PETTRUS LTDA.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIROCHAS - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS - **Balço das Exportações e Importações Brasileiras de Rochas Ornamentais no 1º Trimestre de 2019**. Disponível em: <https://abirochas.com.br/wp-content/uploads/2019/04/Informe_02_2019_1Trimestre.pdf> Acesso em 01 jul. 2020.

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

AGRIZZI, P. C., GADIOLI, B.C.M., SANTOS, C. C. A. E., DELAQUA, G. C. G., VIERA, F. M.C. **Produção e Caracterização de Rocha Artificial com Resíduos de Quartzitos da Lavra e Beneficiamento de Rochas Ornamentais**. 74º Congresso Anual da ABM-Internacional. São Paulo. 2019.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **C615/C615M**: Standard Specification for Granite Dimension Stone. United States, 2018. 2 p.

LEE, M.Y.; KO, C.H.; CHANG, F.C.; LO, S.L.; LIN, J.D.; SHAN, M.Y.; LEE, J.C. **Artificial Stone Slab Production Using Waste Glass, Stone Fragments and Vacuum Vibratory Compaction**. 2008. 583–587 pp. Cement & Concrete Composites, 30.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015. Rochas para Revestimento – Requisitos para Granitos - **NBR 15844**. Rio de Janeiro

RIBEIRO, C.E.G.; RUBÉN, J. S. R.; CARLOS MAURÍCIO, F. V.; EDUARDO, A. C. & SERGIO, N. M. **Production of Synthetic Ornamental Marble as a Marble Waste Added Polyester Composite**. Materials. Sc. Forum Vol.775-776, p. 341-345, 2014.

RIBEIRO, C. E. G. **Produção de Rocha Artificial Utilizando Resíduo da Indústria de Mármore em Matriz Poliéster**. 2011. 106 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Centro de Ciência e Tecnologia. Laboratório de Materiais Avançados - Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro (Brasil).

RIBEIRO, C. E. G.; RODRIGUEZ, R. J. S.; VIEIRA, C. M. F. Production of Ornamental Compound Marble with Marble Waste and Unsaturated Polyester. **Materials Research**, v.18, p. 283-290, 2015.

VIDAL, H. W. F & GUIMARÃES, O. L. V. Caracterização Tecnológica de Rocha Comercialmente Designada Cristalino e Crystal Quartz da Empresa PETTRUS LTDA. Relatório Interno. Cachoeiro de Itapemirim, ES, Brasil. Centro de Tecnologia Mineral, 2018.