

ANÁLISE COMPARATIVA DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICA DAS ROCHAS ARTIFICIAIS E NATURAIS*

Evanizis Dias Frizzera Castilho¹

Mônica Castoldi Borlini Gadioli²

Vítor Pá Lopes³

Matheus Estevão da Silva⁴

Nicolas Matheus da Silva⁵

Carlos Mauricio Fontes Vieira⁶

Afonso Rangel Garcez de Azevedo⁷

Resumo

O setor de rochas ornamentais brasileiro vem crescendo e trazendo novas tecnologias para maior aproveitamento dos materiais rochosos destinados para revestimento na construção civil. Entretanto há um grande passivo ambiental deste setor, devido aos resíduos que são gerados em diferentes etapas do processo produtivo, que de forma geral, são destinados a aterros sanitários. A utilização destes resíduos para a fabricação de rocha artificial é uma das alternativas para a produção de um material tecnicamente viável, visando a diminuição destes resíduos e de grande valor econômico. Ao longo dos últimos anos, o Brasil e o mundo vêm aumentando significativamente a produção de rochas artificiais, sendo aplicadas principalmente no acabamento da construção civil, devido à qualidade do produto final e também da sua versatilidade de aplicação. Este trabalho tem como objetivo produzir e caracterizar tecnologicamente uma rocha artificial com resíduo de rocha magmática conhecida comercialmente de Branco Fortaleza. Foram utilizados resíduos de rochas do processo do desdobramento do bloco em chapas no equipamento tear multifios diamantado. Os resíduos foram utilizados em três faixas granulométricas (grossa, média e fina) de acordo ABNT NBR 16.483/2020, onde determinou-se a composição granulométrica de maior empacotamento das partículas. Com relação à matriz epóxi, foram produzidas placas com 12% de resina. Para a produção das placas de rochas artificiais, foi realizada a mistura dos resíduos com a resina, e em seguida, utilizou-se a prensa hidráulica por vibro compressão à vácuo a uma temperatura de 90°C. Os resultados das propriedades tecnológicas das rochas artificiais apresentaram bons resultados e bem superiores aos estabelecidos pelas normas técnicas brasileiras ABNT NBR 15844/2015, podendo ser aplicados de forma segura na construção civil.

Palavras-chave: Resíduo de rocha granítica; Resina epóxi; Rocha artificial.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF ARTIFICIAL AND NATURAL STONES

Abstract

The Brazilian ornamental stone sector has been growing and bringing new technologies for better use of stone materials intended for cladding in civil construction. However, there is a great environmental liability in this sector, due to the residues that are generated in different stages of the production process, which, in general, are sent to sanitary landfills. The use of waste for the manufacture of artificial stone is one of the alternatives for the production of a technically viable material, aiming at the loss of waste and of great economic value. Over the last few years, Brazil and the world have been significantly increasing the production of artificial stones, being applied mainly in the finishing of civil construction, due to the quality of the final product and also its application versatility. This work aims to produce and technologically characterize an artificial stone with magmatic stone

residue commercially known as Branco Fortaleza. Residual stones from the monitoring process of the slab block were used in the multiwire diamond loom equipment. The residues were used in three granulometric ranges (coarse, medium and fine) according to ABNT NBR 16.483/2020, where a granulometric composition of greater particle packing was determined. Regarding the epoxy matrix, plates with 12% resin were produced. For the production of artificial stone plates, the residues were mixed with the resin, and then a hydraulic press was used by vibration at a temperature of 90°C. The results of the technological properties of artificial stones showed good results and far superior to those adopted by the Brazilian technical standards ABNT NBR 15844/2015, and can be safely applied in civil construction.]

Keywords: [Granitic stone waste; Epoxy resin; artificial stone..]

- ¹ [Doutoranda em Engenharia e Ciência dos Materiais, UENF, Engenharia Civil, Mestre, Professora, IFES, Cachoeiro de Itapemirim, Espírito Santo, Brasil.
- ² Doutora em Engenharia e Ciências dos Materiais, Pesquisadora, CETEM, Cachoeiro de Itapemirim, Espírito Santo, Brasil
- ³ Graduando em Engenharia de Minas, Bolsista de Iniciação Científica, IFES, Cachoeiro de Itapemirim, Espírito Santo, Brasil.
- ⁴ Graduando em Engenharia de Minas, Bolsista de Iniciação Científica, IFES, Cachoeiro de Itapemirim, Espírito Santo, Brasil.
- ⁵ Graduando em Engenharia de Minas, Bolsista de Iniciação Científica, IFES, Cachoeiro de Itapemirim, Espírito Santo, Brasil.
- ⁶ Engenharia e Ciências dos Materiais, Doutor, Professor Titular, LAMAV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil.
- ⁷ Engenharia Civil, Doutor, Professor Associado, LECIV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil.]

1 INTRODUÇÃO

Com uma produção de mais de 10 milhões de toneladas anuais e por sua considerável variedade de produtos, as rochas ornamentais se destacam no Brasil por representar um setor da economia que tem muita importância no mercado da construção civil [1].

Após o desmonte de materiais rochosos realizados em pedreiras as mesmas são beneficiadas nas indústrias, sendo desdobradas em chapas, podendo ser polidas e cortadas em diferentes formatos para diversas aplicações na construção civil. Durante estes processos vários resíduos são gerados e descartados no meio ambiente.

Entre o processo de extração (lavra) da rocha ornamental e seu beneficiamento para produção de uma chapa, estima-se que a perda de material atinge a ordem de 83% [2].

Os resíduos de rochas descartados, podem ser utilizados de forma sustentável, diminuindo assim, os danos causados no meio ambiente. A utilização destes resíduos, pode ser uma alternativa viável do ponto de vista técnico e tecnológico, além de agregar valor a novos produtos [3].

As rochas artificiais são produzidas utilizando um pequeno percentual de material polimérico e por uma alta porcentagem de partículas aglomeradas. São considerados agregados naturais os seguintes materiais particulados: mármore, granitos, cristais de vidro e areia de quartzo. Geralmente as propriedades mecânicas da rocha natural são inferiores ao da rocha artificial, devido a sua maior absorção de água e porosidade [3–4]

Este trabalho tem como objetivo produzir e caracterizar uma rocha artificial utilizando resíduos de todas as etapas do desdobramento do bloco em chapas no equipamento tear multifios diamantados. Será utilizado como matriz a resina epoxídica, desenvolvendo assim, um material de alto valor econômico para ser utilizado na construção civil, em diversas aplicações tais como pias, pisos e bancadas.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Materiais e Métodos

2.1.1 Materiais

Os resíduos de rocha natural conhecido comercialmente como “Branco Fortaleza” utilizados neste trabalho, são provenientes do processo de desdobramento de blocos em chapas no tear multifios diamantado, coletado e fornecido pela empresa Gramil, localizado no município de Cachoeiro de Itapemirim, no estado do Espírito Santo, Brasil. Estes resíduos foram marretados e submetidos ao britador de mandíbulas e posteriormente peneirados. O resíduo fino foi coletado na forma de lama e seco em estufa numa temperatura de 110°C para retirada da umidade e passados no Grall e Pistilo com o objetivo de separar melhor as partículas. Para execução do peneiramento, utilizou-se as peneiras de 10, 40 e 200 mesh, conforme a norma técnica ABNT NBR 16.483/2020 [5]. Os resíduos foram utilizados em três faixas granulométricas: grossa, média e fina (Tabela 1).

Tabela 1. Faixas granulométricas

Granulometria	Tamanho do grão (mm)
Grossa	2,00 – 0,425
Média	0,425 – 0,075
Fina	< 0,075

Os resíduos grossos e médios foram provenientes da parte externa do bloco conhecidos como casqueiro e de cacos de rocha que seriam descartados pela indústria de beneficiamento de rochas ornamentais.

O resíduo fino foi coletado diretamente do tear multifios diamantado em forma de lama.

A resina epóxi utilizada é tipo diglicidil éter de bisfenol A (DGEBA), misturado com o agente de endurecimento a trietilenotetramina (TETA), ambos fornecidos pela empresa REDELEASE.

2.1.2 Métodos

2.1.2.1 Determinação da composição granulométrica de maior empacotamento

Para determinação da composição granulométrica do maior empacotamento, foram utilizadas as três faixas granulométricas (grossa, média e fina) dos resíduos das rochas naturais.

Utilizando estas três faixas granulométricas foram propostas dez misturas diferentes utilizando o “Modelo Simplex Centróide”. O diagrama ternário é ilustrado geometricamente na Figura 1 onde cada ponto representa uma mistura de determinada composição.

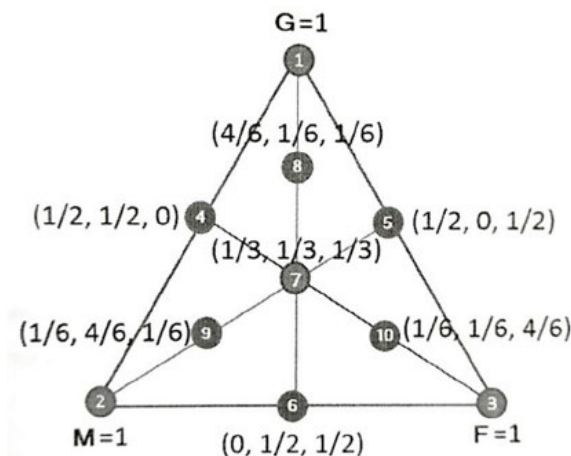


Figura 1. Ilustração geométrica do diagrama ternário do Modelo Simplex (Carvalho *et al.*, 2018)

O ensaio foi baseado na ABNT NBR 16.483/2020 [5], visando determinar a proporção de maior empacotamento dos resíduos que serão utilizados, ou seja, determinar qual destas misturas apresentou a densidade aparente seca máxima.

Na Tabela 2 são apresentadas as densidades médias vibradas da mistura do Modelo Simplex para o resíduo do granito Branco Fortaleza.

Tabela 2. Densidade Vibrada do Resíduo Granito Branco Fortaleza

Mistura	Densidade Média Vibrada [g/cm ³]
1	1,602 ± 0,02
2	1,531 ± 0,01
3	1,286 ± 0,02
4	1,737 ± 0,02
5	1,650 ± 0,06
6	1,607 ± 0,03
7	1,820 ± 0,01
8	1,857 ± 0,01
9	1,697 ± 0,01
10	1,430 ± 0,02

As misturas de diferentes proporções foram colocadas num recipiente de volume conhecido, onde foi acoplada na parte superior um peso de 10 Kg. Em seguida este recipiente foi posicionado no equipamento Peneirador Vibratório de Bancada da marca Bertel, localizado no laboratório de Caracterização de Minérios do Ifes campus Cachoeiro de Itapemirim. As misturas foram vibradas por 10 minutos na frequência de 60 Hz. Este procedimento foi repetido três vezes para cada uma das 10 composições. Após a vibração, a mistura foi pesada e a densidade vibrada calculada. A maior densidade aparente seca, está relacionada com o maior empacotamento de partículas, ou seja, com maior densidade vibrada das misturas. A mistura de maior empacotamento utilizada para produção da rocha artificial foi a mistura 8, composta por 66,7% de partículas grossas; 16,7% de partículas médias e 16,6% de partículas finas.

2.1.2.2 Produção de Placas de Rochas Artificiais

Após a mistura dos resíduos de rochas naturais que apresentaram a maior densidade aparente seca, os mesmos foram secos em estufa por 24 horas, a uma temperatura de 110° C, para a retirada da umidade. As placas da rocha artificial foram fabricadas com 88% dos resíduos de granito Branco Fortaleza e 12% de mistura (resina epóxi + endurecedor). Posteriormente, os resíduos foram misturados e homogeneizados juntamente com a resina e catalisador por 2 minutos.

Para a produção da rocha artificial, a massa que se formou foi colocada no molde metálico (200 mm x 200 mm x 10 mm) e levado a prensa hidráulica a uma pressão de compactação de 15 toneladas, sendo aquecido, por 20 minutos, a uma temperatura de 90°C. Este sistema é ligado a um sistema de vácuo de 600mmHg e submetido a vibração com frequência de 60 Hz. As placas produzidas passaram pelo processo de cura por um período de sete dias, polidas e cortadas nas dimensões especificadas conforme a determinação das normas dos ensaios de caracterização tecnológica.

2.1.2.3 Caracterização Tecnológica das Placas de Rochas Artificiais

Para a caracterização tecnológica das placas de rochas artificiais, foram realizados os seguintes ensaios:

- Determinação da densidade aparente, porosidade aparente e absorção de água: este ensaio foi baseado nas normas ABNT NBR 15845-2/2015 [6], e na UNE-EN 14617-1/2013 [7].
- Determinação do Desgaste por Abrasão: ensaio foi baseado nas normas da ABNT NBR 12042-2/2012 [8]. O equipamento utilizado foi a máquina de Desgaste Amsler da marca MAQTEST.
- Determinação da Resistência ao Manchamento: Este ensaio será baseado na ABNT NBR 10545-14/2017 [9] de forma adaptada.

3 Resultados

3.1 Índices Físicos

São apresentados na tabela 3 os resultados da densidade aparente, porosidade aparente e absorção de água para o granito Branco Fortaleza e da rocha artificial (RABF) produzida.

Tabela 3. Propriedades Físicas

Propriedades Físicas	Granito Branco Fortaleza	Rocha Artificial (RABF)
Densidade aparente (g/cm ³)	2,65 ± 0,00	2,26 ± 0,02
Porosidade aparente (%)	0,78 ± 0,02	0,55 ± 0,03
Absorção de água (%)	0,29 ± 0,01	0,24 ± 0,01

A densidade encontrada pela RABF é menor que o granito de acordo com os resultados da Tabela 3. Este fato se justifica pelo uso da resina epóxi como matriz, tendo em vista sua baixa densidade (1,16 g/cm³), produzindo assim um material mais leve, reduzindo assim custos com transporte. O valor da densidade do granito foi de 2,65 ± 0,00 g/cm³, enquanto o encontrado para a RABF foi de 2.26 ± 0.02 g/cm³.

Estudos realizados em rochas artificiais por Lee *et al.* (2008) [10], indicou valores de 2,03 a 2,45 g/cm³ para a densidade, variando pressão de compactação, vibração e pressão de vácuo. A densidade encontrada para RABF nesse estudo está dentro dos valores encontrados pelo autor.

Gomes *et al.* (2021) utilizaram resíduos de rocha granítica branca, resina epóxi e técnica de vibrocompressão à vácuo, e o valor da densidade aparente encontrada para a rocha artificial produzida foi de 2,30 g/cm³ indicando que a rocha RABF teve um bom resultado [11].

A porosidade aparente do granito Branco Fortaleza foi 0,78 ± 0,02 % e da rocha artificial foi de 0,55 ± 0,03 %. Segundo Chiodi e Rodriguez, materiais de revestimento entre 0,5 – 1,0% possuem baixa porosidade [12]. O valor de porosidade encontrado para o granito e RABF indicam que ambos os materiais possuem baixa porosidade. Gomes *et al.* (2019) utilizaram 85% de resíduos proveniente da etapa de corte do granito branco e 15% de resina poliuretano vegetal do óleo de mamona e obteve uma porosidade aparente de 0,99 % [13]. Agrizzi *et al.* (2019) utilizaram para produção de rochas artificiais, resíduos de quartzito provenientes da lavra (pedreira) e beneficiamento de rochas ornamentais e resina

epóxi. O resultado da porosidade aparente encontrado para a rocha artificial produzida pela técnica de vibro-compressão a vácuo deste autor foi de 0,31% [14]. A absorção de água encontrada pela RABF foi de $0,24 \pm 0,01$ %. Um revestimento com baixa absorção de acordo com Chiodi e Rodriguez (2020) deve ter valores entre 0,1 – 0,4% [12]. Carvalho *et al.* (2018) utilizaram para fabricação das rochas artificiais 90% e 85% de resíduos de partícula de granito e como matriz a resina epóxi e foram encontrados 0,35% e 0,25% respectivamente para a absorção de água [15]. O bom resultado obtido para a RABF produzida indica que a mesma pode ser utilizada em ambientes úmidos e são consideradas adequadas para utilização na construção civil pois estão dentro das normas brasileiras.

3.2 Determinação do Desgaste por Abrasão

Segundo os autores Chiodi Filho e Rodrigues (2020) [12], em termos de desgaste abrasivo para utilização de rochas ornamentais em revestimento de pisos, os materiais podem ser classificados como piso de alto tráfego ($< 1,5$ mm), piso de tráfego médio (< 3 mm) e piso de tráfego baixo (< 6 mm) [7].

Na tabela 4, são apresentados os resultados encontrados para a rocha natural e artificial.

Tabela 4. Desgaste Abrasivo

Material	Desgaste 500 m (mm)	Desgaste 1000 m (mm)
Granito Branco Fortaleza	$0,34 \pm 0,00$	$0,75 \pm 0,06$
Rocha Artificial (RABF)	$0,69 \pm 0,19$	$1,38 \pm 0,08$

Conforme a classificação definida por Chiodi Filho e Rodrigues (2020) [12], tanto o granito como a RABF, podem ser utilizados como piso de alto tráfego.

Gomes *et al.* (2019) utilizaram 85% de resíduos proveniente da etapa de corte do granito branco e 15% de resina poliuretano vegetal do óleo de mamona. O resultado indicou que o material pode ser utilizado em pavimentos de médio tráfego, pois apresentou um desgaste de 1,75 mm [13].

Agrizzi *et al.* (2019) desenvolveram dois tipos de rochas artificiais pelo processo de vibro compressão a vácuo, utilizando 85% de resíduo de quartzito e em matriz com resina epóxi e poliuretano vegetal do óleo de mamona. O resultado indicou que ambas as rochas artificiais podem ser utilizadas em pavimentos de alto tráfego, pois apresentaram um desgaste de 1,20 mm e 1,21 mm (epóxi e poliuretano vegetal respectivamente) [14].

3.3 Determinação da Resistência ao Manchamento

Este ensaio visa simular em laboratório o comportamento das rochas, quando aplicados agentes manchantes de uso culinário, limpeza, dentre outros. Recomenda-se este ensaio para uso correto das rochas em pias, pisos, bancadas e tampos de mesa [16,17].

Na Figura 2 é apresentado o resultado da determinação da resistência ao manchamento da Rocha Artificial (RABF) produzida e do Granito Branco Fortaleza.

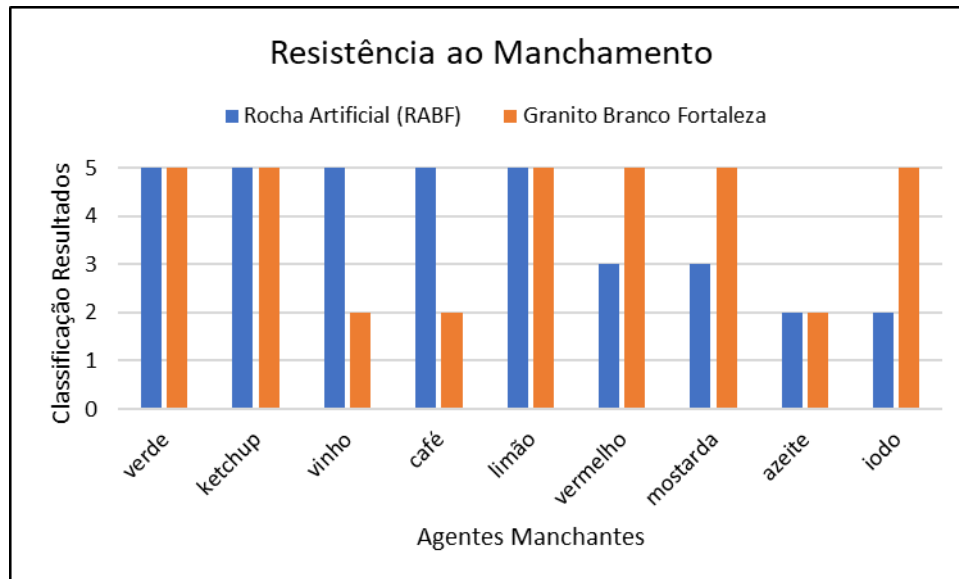


Figura 2. Resistência ao Manchamento

Conforme ABNT NBR 10545-14/2017 [9], a resistência ao manchamento é classificada em uma escala de 1 a 5 após a exposição das rochas aos agentes manchantes e sucessivas tentativas de remoção. Nesta escala, o número 5 indica a remoção das manchas removidas facilmente, e o número 1 de manchas não removidas após as etapas de remoção das manchas. A seguir são apresentadas a escala e sequência de remoção das manchas.

- Escala 5: remoção das manchas com água quente,
- Escala 4: remoção das manchas com agente de limpeza fraco (detergente neutro),
- Escala 3: remoção das manchas agente de limpeza forte (pasta abrasiva)
- Escala 2: remoção das manchas com solução de solução de hidróxido de potássio 200 g/L, ácido clorídrico a 3% v/v e acetona.
- Escala 1: mancha não removida após as etapas anteriores.

A RABF apresentou alta resistência a manchas (escala 5) para agentes os manchantes: verde (Cr_2O_3), ketchup, vinho, café e limão, que foram removidas apenas com água quente. As manchas de agente vermelho (Fe_2O_3) e mostarda foram facilmente removidas com a utilização da pasta abrasiva (escala 3). Manchas de azeite e iodo foram removidas com solução de hidróxido de potássio 200 g/L (escala 2). Os resultados indicam que nenhuma amostra permaneceu manchada após o teste.

Peixoto *et al.* (2022) [18] produziram uma rocha artificial com a incorporação de resíduos da laminação de vidro em matriz epóxi com os mesmos agentes manchantes. As rochas produzidas não apresentaram manchas que não pudessem ser removidas.

Borsellino *et al.* (2009) [19] avaliaram a resistência a manchas com rochas produzidas com resíduos de mármore e diferentes percentuais de matriz epóxi e poliéster. Neste ensaio foi utilizado outro método de exposição, bem como diferentes agentes manchantes e sem tentativa de utilização de soluções químicas para a remoção das manchas. Os autores observaram que as rochas com maior teor de resina epóxi tiveram uma menor alteração das placas, concluindo assim que houve uma maior resistência ao manchamento, devido a uma maior resistência da mancha a resina epóxi.

Barreto *et al.* (2022) [17], avaliaram a resistência a manchas de suas rochas artificiais desenvolvida com resíduos de embalagem de vidro, pó de quartzo e resina epóxi. Foi utilizado o mesmo método de ensaio e com os mesmos agentes manchantes, porém a rocha com solução de iodo permaneceu manchada após todas as etapas de tentativa de remoção das manchas.

4 CONCLUSÃO

- A rocha artificial produzida apresentou propriedades superiores quando comparadas com o granito natural.
- A RABF é um material considerado de baixa densidade ($2,26\text{g/cm}^3$), sendo mais leve do que o granito natural.
- A RABF apresentou uma baixa porosidade aparente (0,55%) e absorção de água (0,24%) atendendo aos parâmetros das normas brasileiras, podendo ser utilizada na construção civil.
- A RABF com redução de espessura de 1,38 mm durante o desgaste por abrasão, indica que o material pode ser utilizado para pavimentação em pisos de alto tráfego, pois apresentou redução de espessura abaixo do valor recomendado (1,5 mm).
- As rochas produzidas não apresentaram manchas após o teste de resistência ao manchamento, podendo ser utilizada em ambientes como bancadas e pias de cozinha.

Agradecimentos

Agradecemos ao IFES, CETEM e UENF pelo apoio e suporte na pesquisa.

REFERÊNCIAS

- 1 Chiodi Filho, C. Balanço das Exportações e Importações Brasileiras de Materiais Rochosos Naturais e Artificiais de Ornamentação e Revestimento em 2021. Informe: 01/2022. Brasília: ABIROCHAS, 2022. [acesso em 12 mar. 2023]. Disponível em: https://abirochas.com.br/wp-content/uploads/2022/03/Informe-01_2022-Exportacoes-2021.pdf.
- 2 Vidal, F.W.H.; Azevedo, H.C.A.; Castro, N.F. Tecnologia de rochas ornamentais: pesquisa, lavra e beneficiamento. Centro de Tecnologia Mineral. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2014, 700p.
- 3 Demartini, T. J. C; Rodríguez, R. J. S.; Silva, F. S. Physical and mechanical evaluation of artificial marble produced with dolomitic marble residue processed by diamond-plated bladed gang-saws. *Journal of Materials Research and Technology*, v. 7, n. 3, p. 308–313, 2018.
- 4 Silva, F.S.; Ribeiro, C.E.; Rodriguez, R.J.S. Physical and mechanical characterization of artificial stone with marble calcite waste and epoxy resin. *Mater. Res.* 2018, 21, 1–6

- 5 Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). ABNT NBR 16.483:2020. Determinação do índice de vazios mínimo de solos não-coesivos, Rio de Janeiro, 2020.
- 6 Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). ABNT NBR 15.845-2:2015. Rochas para revestimento Parte 2: Determinação da densidade aparente, da porosidade aparente e da absorção de água, Rio de Janeiro, 2015.
- 7 Asociación Española de Normalización y Certificación. UNE-EN 14617:2013. Piedra aglomerada. Métodos de ensayo. Parte 1: Determinación de la densidad aparente y la absorción de agua, Madrid, 2013.
- 8 Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). ABNT NBR 12.042-2:2012. Materiais inorgânicos. Determinação do desgaste por abrasão, Rio de Janeiro, 2012.
- 9 Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). ABNT NBR 10.545-14:2017. Placas cerâmicas Parte 14: Determinação da resistência ao manchamento, Rio de Janeiro, 2017.
- 10 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
- 11 Gomes, M. L. P. M.; Carvalho, E. A. S. ; Demartini , T. J. C .; Carvalho, E. A.; Colorado, H. A; Vieira, C. M. F. Mechanical and physical investigation of an artificial stone produced with granite residue and epoxy resin. *Journal of Composite Materials*. 2021, vol. 55, p.1247-1253.
- 12 Chiodi CF, Rodriguez EP (2020) Guia de aplicação de rochas em revestimentos. São Paulo: Abirochas, 119 p
- 13 Gomes, M.L.P.M.; Costa, E.A.S.C.; Monteiro, S.N.; Peixoto, J.; Guimarães, R.S.; Vieira, C.M.F. Desenvolvimento de rocha artificial utilizando resíduo de granito e poliuretano derivado do óleo de mamona. In: 74° Congresso Anual da ABM, São Paulo, 2019, p. 286-295.
- 14 Agrizzi, C.P.; Gadioli, M.C.B.; Santos, E.A.C.C.; Delaqua, G.C.G.; Vieira, C.M.F. Produção e Caracterização de Rocha Artificial com Resíduos de Quartzitos da Lavra e Beneficiamento de Rochas Ornamentais. 74° Congresso Anual ABM Week. São Paulo - SP. 1 a 3 de outubro de 2019.
- 15 Carvalho, E.A.S., Vilela, N.F, Monteiro, S.N, Vieira, C.M.F.; Silva, L.C. Novel artificial ornamental stone developed with quarry waste and epoxy composite. *Materials Research*, v. 21, 2018.
- 16 Frascá, M.H.B.O. Rochas ornamentais – definições e características. São Paulo, Inédito, 2011, 62 p.
- 17 Barreto, G.N.S; Carvalho, E.A.S; Souza, V.S., Gomes, M.L.P.M.; Azevedo, A.R.G.; Monteiro, S.N.; Vieira, C.M.F. Engineered Stone Produced with Glass Packaging Waste, Quartz Powder, and Epoxy Resin. *Sustainability* 14:1–15, 2022.
- 18 Peixoto, J.; Santos Carvalho, E.A.; Menezes Gomes, M.L.P.; da Silva Guimarães, R.; Monteiro, S.N.; de Azevedo, A.R.G.; Fontes Vieira, C.M. Incorporation of

Industrial Glass Waste into Polymeric Resin to Develop Artificial Stones for Civil Construction. Arab. J. Sci. Eng. 2022, 47, 4313–4322

19 Borsellino, C.; Calabrese, L.; di Bella, G. Effects of powder concentration and type of resin on the performance of marble composite structures. Constr. Build. Mater. 2009, 23, 1915–1921