

ANÁLISE DE PROPRIEDADES MECÂNICAS DA INCORPORAÇÃO DE RESÍDUO DE BENEFICIAMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS EM ARGAMASSA COLANTE PARA CONSTRUÇÃO CIVIL*

Giovanni Bruzzi Guarconi¹

Jonas Alexandre²

Markssuel Teixeira Marvila³

Afonso Rangel Garcez de Azevedo⁴

Euzébio Bernabé Zanelato⁵

Thais Pirovane Miguel⁶

Sergio Neves Monteiro⁷

Resumo

O setor de extração e beneficiamento de rochas ornamentais gera uma considerável quantidade de resíduos nas suas diversas etapas de beneficiamento. Esta pesquisa tem por objetivo avaliar a viabilidade da incorporação de resíduo de rochas ornamentais em argamassas colantes, utilizadas para assentamento de placas cerâmicas em edificações, com substituições parciais do agregado miúdo (areia) pelo resíduo por meio da caracterização tecnológica da argamassa, como os ensaios mecânicos de aderência à tração, tempo em aberto. Foram confeccionadas as argamassas seguindo as seguintes porcentagens de substituição de areia por resíduo: 0% (referência), 20% e 40%. Posteriormente, os traços confeccionados, foram aplicados nos substratos padrões onde foram submetidos aos ensaios mecânicos de aderência à tração e tempo em aberto, seguindo todos os requisitos exigidos pela norma técnica brasileira, tendo ainda os ensaios de aderência à tração, passado pelos processos de cura normal, submersa e em estufa. Os resultados mostraram que a resistência e trabalhabilidade tem aumentado em relação ao traço de referência, atrelado ao aumento da substituição da areia pelo resíduo até a porcentagem de 40%. Com isso, conclui-se que com até 40% de substituição da areia por resíduo há melhora nas propriedades da argamassa colante para aplicação na construção civil.

Palavras-chave: Argamassa colante, Resíduo de rocha ornamental, Aderência.

ANALYSIS OF MECHANICAL PROPERTIES OF THE INCORPORATION OF ORNAMENTAL STONE PROCESSING RESIDUE INTO CEMENT MORTAR FOR CIVIL CONSTRUCTION

Abstract

The sector of extraction and processing of ornamental stones generates a considerable amount of waste in its various stages of processing. The objective of this research was to evaluate the feasibility of incorporating ornamental stone residue into adhesive mortar, used for laying ceramic tiles in buildings, with partial replacements of the small aggregate (sand) by the residue through the technological characterization of the mortar, such as the tests mechanics of traction adherence, open time. The mortars were made following the following percentages of sand substitution per residue: 0% (reference), 20% and 40%. Subsequently, the traces made were applied to the standard substrates where they were submitted to the mechanical tests of adhesion to traction and open time, following all the requirements required by the Brazilian technical standard, and also the traction adhesion tests, passed through the curing processes normal, submerged and greenhouse. The results showed that the resistance and workability has increased in relation to the reference trait, coupled with the increase of the substitution of the sand by the residue until the percentage of 40%. With this, it is concluded that with up to 40% of

substitution of the sand by residue there is improvement in the properties of the adhesive mortar for application in the civil construction.

Keywords: Adhesive mortar, Ornamental rock residue, Adhesion.

- ¹ *Aluno de Engenharia Civil, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil.*
- ² *Doutor em Ciências de Engenharia, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil.*
- ³ *Mestre em Engenharia Civil, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil.*
- ⁴ *Doutor em Engenharia Civil, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil.*
- ⁵ *Doutorando em Engenharia Civil, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil.*
- ⁶ *Aluna de Engenharia Civil, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil*
- ⁷ *Doutor em Engenharia e Ciência dos Materiais, Universidade da Flórida, Gainesville, Flórida, Estados Unidos.*

1 INTRODUÇÃO

O setor de extração e beneficiamento de rochas ornamentais gera uma considerável quantidade de resíduos nas suas diversas etapas de beneficiamento. Atualmente esses resíduos são, na sua maioria, descartados em aterros sanitários o que eleva os custos de produção e acaba não dando um destino ao mesmo, e sim um acondicionamento.

O Brasil é o quinto maior produtor de rochas ornamentais do mundo, sendo responsável por aproximadamente 6% da produção mundial conforme relatório da ABIROCHAS 2018 [1]. Esses dados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Principais produtores mundiais de rochas ornamentais [1].

| Países x Ano (Peso) | 2014 | | 2015 | | 2016 | | 2017 | |
|------------------------|--------|------|-------|------|-------|------|-------|------|
| | Mt | % | Mt | % | Mt | % | Mt | % |
| China | 42,5 | 31,1 | 45,0 | 32,1 | 46,0 | 31,7 | 49,0 | 32,2 |
| Índia | 20,0 | 14,7 | 21,0 | 15,0 | 23,5 | 16,2 | 24,5 | 16,1 |
| Turquia | 11,5 | 8,4 | 10,5 | 7,5 | 10,75 | 7,4 | 12,3 | 8,1 |
| Irã | 7,0 | 5,1 | 7,5 | 5,4 | 8,0 | 5,5 | 8,7 | 5,7 |
| Brasil | 8,75 | 6,4 | 8,2 | 5,9 | 8,5 | 5,9 | 8,3 | 5,4 |
| Itália | 6,75 | 4,9 | 6,5 | 4,6 | 6,25 | 4,3 | 6,3 | 4,1 |
| Egito | 4,2 | 3,1 | 5,0 | 3,5 | 5,25 | 3,6 | 5,3 | 3,5 |
| Espanha | 4,85 | 3,6 | 4,75 | 3,4 | 5,0 | 3,4 | 4,9 | 3,2 |
| EUA | 2,65 | 1,9 | 2,7 | 1,9 | 2,8 | 1,9 | 2,8 | 1,8 |
| Portugal | 2,75 | 2,0 | 2,7 | 1,9 | 2,6 | 1,8 | 2,8 | 1,8 |
| França | 1,2 | 0,9 | 1,25 | 0,9 | 1,3 | 0,9 | 1,4 | 0,9 |
| Arábia Saudita | 1,3 | 1,0 | 1,2 | 0,9 | 1,25 | 0,9 | 1,3 | 0,8 |
| Grécia | 1,3 | 1,0 | 1,25 | 0,9 | 1,2 | 0,8 | 1,5 | 1,0 |
| Paquistão | 1,0 | 0,7 | 1,05 | 0,7 | 1,1 | 0,7 | 1,2 | 0,8 |
| Subtotal | 115,75 | 84,8 | 118,6 | 84,6 | 123,5 | 85,0 | 130,3 | 85,7 |
| Outros | 20,75 | 15,2 | 21,4 | 15,7 | 21,5 | 15,0 | 21,7 | 14,3 |
| Total | 136,5 | 100 | 140,0 | 100 | 145,0 | 100 | 152,0 | 100 |

Esta grande produção mundial vem acompanhada de geração de uma grande quantidade de resíduos. Segundo Buyuksages et. al (2017) [2] cerca de 30 a 40% das rochas extraídas é convertido em resíduo levando em consideração todas as etapas do setor produtivo, desde a extração ao acabamento. Assim, é possível perceber a relevância de pesquisas que estudam a possibilidade da incorporação desse resíduo em materiais de construção, uma vez que, dessa maneira é possível contribuir para desenvolvimento sustentável não só do setor de rochas ornamentais, mas também para o setor construtivo.

Marvila et. al (2019) [3] realizou a incorporação do resíduo de rocha ornamental em argamassas de revestimento, realizando os principais ensaios desse tipo de material afim de verificar o efeito que o resíduo apresenta nas argamassas. Os autores comprovaram que a utilização do resíduo é possível em teores de até 50%, melhorando ou mantendo as propriedades do material.

Nesse contexto o objetivo desse trabalho é avaliar a substituição do agregado miúdo (areia) por resíduo de rocha ornamental em argamassas colantes, avaliando as principais propriedades mecânicas do material.

2 METODOLOGIA

Para a realização da pesquisa foi elaborado um traço padrão de argamassa colante de 1:1:6 com cimento Portland CII Mauá, aditivo químico ADITEX K60 e areia lavada do Rio Paraíba do Sul peneirada e sendo utilizada a granulometria que passou na #30 e ficou retido na #100 e seca em estufa ate atingir massa constante. Para a incorporação no traço foi coletado o resíduo do corte de rochas ornamentais em Cachoeiro de Itapemirim-ES, na empresa Decolores Mármore e Granitos, onde ele se encontrava em forma de lama. Para a pesquisa foi realizada a secagem ao sol, após seco foi triturado e peneirado (#100) e seco novamente em estufa ate atingir a massa constante.

Após esses procedimentos foram realizados os ensaios de aderência a tração para três tipos de cura (normal, submersa e em estufa) nas porcentagens de 0% (traço referência), 20% e 40%. Também foi realizado o ensaio de tempo em aberto para as mesmas porcentagens. Para a realização dos ensaios citados foram seguidos todos os requisitos da norma brasileira ABNT NBR 14081-2 [4] onde se determina a execução do substrato-padrão e aplicação da argamassa para ensaios.

O ensaio de aderência a tração foi idealizado com o intuito, de acordo com a norma da ABNT NBR 14081-4 [5], medir a resistência a ruptura por tração, em determinada idade e condições de cura do conjunto constituído de substrato-padrão, argamassa colante endurecida e placa cerâmica. Para realização do mesmo foram preparadas as argamassas colantes com o traço definido e realizando as adições de porcentagem de resíduo do corte de rocha em substituição a areia, aplicando os métodos da norma da ABNT NBR 14081-4 [5] para a preparação da argamassa, em seguida fez-se a cura por 28 dias em ambiente de laboratório respeitando a NBR 14081-2 [4] (cura normal), também realizando-se a cura com imersão em agua e com aquecimento em estufa todas seguindo as diretrizes da ABNT descritas na NBR 14081-4 [5].

Já para o ensaio de tempo em aberto, de acordo com a norma da ABNT NBR 14081-3 [6], consiste no maior intervalo de tempo em que uma placa ou piso de cerâmica pode ser assentada sobre a pasta de argamassa colante. Para a realização dele deve-se seguir as normas de preparo da argamassa conforme a ABNT NBR 14081-2 [4], e aplicar os métodos descritos na ABNT NBR 14081-3 [6] para a execução do ensaio.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Tempo em aberto

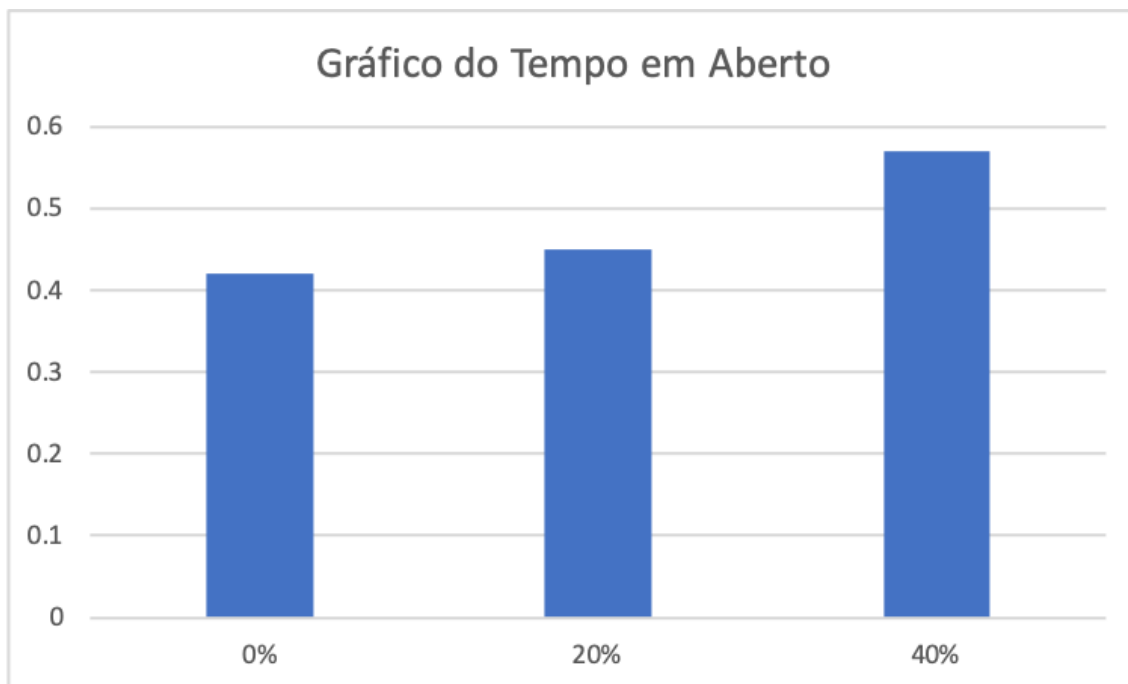


Figura 1. Resultados do tempo em aberto para as argamassas avaliadas.

Para o ensaio de tempo aberto de uma argamassa colante é preciso analisar o intervalo de tempo entre a aplicação da argamassa até a formação de uma camada que impede a aderência. Seguindo a norma da ABNT NBR 14081-3 [6] para o tempo em aberto nesse ensaio respeitamos o tempo de 15 minutos antes do assentamento das placas cerâmicas.

Com base nos resultados obtidos para 0% e 20 % a incorporação do resíduo do corte de rocha em substituição ao agregado miúdo e válido de acordo com a norma. Mas para a porcentagem de 40% como foram obtido resultados superiores a 0,5 MPa constata-se que para essa porcentagem de adição de resíduo o tempo em aberto da argamassa colante pode vir a ser maior e como na a perda de resistência e há esse alto valor observa-se que na porcentagem citada a melhora das propriedades da argamassa. Essas informações estão contidas na Figura 1.

3.2 Aderência a tração

Para o ensaio de aderência a tração foi realizada três tipos de cura dos traços com as porcentagens desejadas de adição de resíduo do corte de rochas ornamentais. Os ensaios de cura normal, cura de imersão em água (submersa) e cura em estufa.

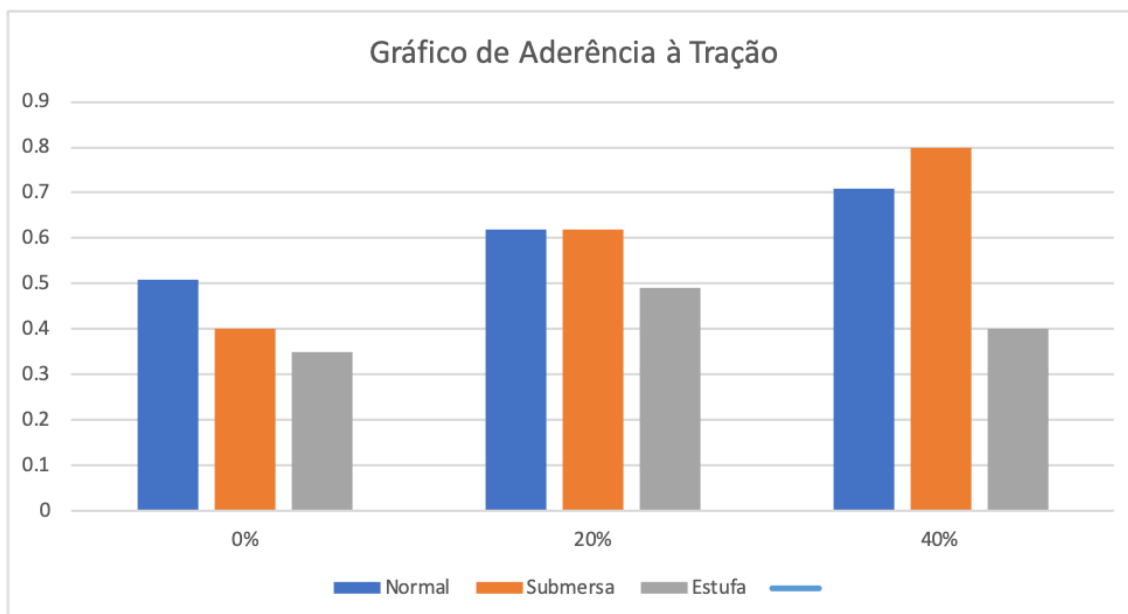


Figura 2. Resultados de aderência para as argamassas avaliadas.

Tabela 2. Resultados para as diferentes curas realizadas na pesquisa.

| | Cura Normal (MPa) | Cura Submersa (MPa) | Cura em Estufa (MPa) |
|-----|-------------------|---------------------|----------------------|
| 0% | 0,51 | 0,4 | 0,35 |
| 20% | 0,62 | 0,62 | 0,49 |
| 40% | 0,71 | 0,80 | 0,40 |

Observando os resultados da Figura 2 e Tabela 2 pode-se analisar que a argamassa colante possui ganhos de aderência a tração com o aumento da porcentagem de incorporação de resíduo em comparação ao traço padrão (0%), mostrando a possibilidade de incorporação do resíduo para argamassas colantes.

A de se observar que na cura em estufa a adição de 40% de resíduo em substituição ao agregado miúdo houve uma pequena queda em comparação a aderência da incorporação de 20% o que não impede afirmar viabilidade da incorporação do resíduo na sua maior porcentagem possuindo este ainda aderência a tração maior que a porcentagem referência.

4 CONCLUSÃO

Após a análise dos resultados obtidos com os ensaios realizados para esta pesquisa, pode –se afirmar que é viável e aconselhável a incorporação de resíduos de rochas ornamentais na composição de argamassas colantes em substituição ao agregado miúdo(areia) uma vez que essa adição nas porcentagens de 20% e 40% demonstrou acréscimos nas propriedades de aderência e tempo em aberto da argamassa, além do fato de estar sendo criada uma utilização rentável para o resíduo de rocha que antes era destinado a aterros, o que gera custos e possíveis danos ao meio ambiente. Com a incorporação do resíduo teremos a melhora do material na prática já aplicado e benefícios aos produtores de rochas ornamentais e ao meio ambiente.

Agradecimentos

Agradeço ao fomento do Pibic por parte da Cnpq que proporciona a viabilidade de nos alunos de graduação já possamos estar tendo um contato real com a ciência e agregando em nossa futura vida profissional.

REFERÊNCIAS

- 1 ABIROCHAS (2017) Relatório Anual e Balanço das Exportações e Importações Brasileiras de Rochas Ornamentais em 2016, Associação Brasileira de Rochas, pg. 1-13.
- 2 BUYUKSAGIS, I.S.; UYGUNOGLU, T., TATAR, E. (2017) Investigation on the usage of waste marble powder in cement-based adhesive mortar, Construction and Building Materials 154, 734–742.
- 3 Markssuel Teixeira Marvila, Jonas Alexandre, Afonso R. G. de Azevedo, Euzébio Bernabé Zanelato. Evaluation of the use of marble waste in hydrated lime cement mortar based. Journal of Material Cycles and Waste Management.
- 4 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14081-2: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas. Parte 2: Execução do substrato-padrão e aplicação da argamassa para ensaios. Rio de janeiro, 2015.
- 5 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14081-4: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas. Parte 4: Determinação da resistência de aderência à tração. Rio de janeiro, 2012.
- 6 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14081-3: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas. Parte 3: Determinação do tempo em aberto. Rio de janeiro, 2012.
- 7 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14081-1: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas. Parte 1: Requisitos. Rio de janeiro, 2012.