

# **AVALIAÇÃO DA EFETIVIDADE DE IMPERMEABILIZANTES DE ROCHAS ORNAMENTAIS POR MEIO DE ENSAIOS DE CAPILARIDADE E DO ÂNGULO DE CONTATO ESTÁTICO.**

## **EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF WATERPROOFING ORNAMENTAL ROCKS THROUGH CAPILLARY AND STATIC CONTACT ANGLE TESTS**

**Pâmela Sant'Anna Gonçalves**

Aluno de Graduação da Engenharia de Minas, 8º período, Instituto Federal do Espírito Santo - Campus Cachoeiro de Itapemirim  
Período PIBIC ou PIBITI/CETEM: agosto de 2021 a julho de 2022  
pamelasantgon67@gmail.com

**Phillipe Fernandes de Almeida**

Orientador, Tecnólogo em Rochas Ornamentais, D.Sc.  
palmeida@cetem.gov.br

### **RESUMO**

A estética das rochas ornamentais é um dos principais atributos que valorizam esses materiais utilizados em obras arquitetônicas. A preservação da estrutura destes materiais é feita com a aplicação de impermeabilizantes, aumentando sua resistência em relação a ações das intempéries do ambiente de instalação. A aplicação de impermeabilizantes é feita de forma particularizada e empírica em cada empresa, desconsiderando que o desempenho dos produtos depende de suas propriedades físico-químicas e das características petrográficas e tecnológicas das rochas. Neste sentido, no presente trabalho foram realizados ensaios laboratoriais para determinação do desempenho de impermeabilizantes utilizados na indústria, através dos ensaios de absorção de água por capilaridade e ângulo de contato estático. A partir dos resultados foi possível definir os produtos com melhor desempenho de repelência superficial e com menor absorção d'água, com desempenho distinto dos produtos para cada teste.

**Palavras-chave:** Impermeabilizantes, absorção de água por capilaridade, ângulo de contato estático.

### **ABSTRACT**

The aesthetics of ornamental stones is one of the main attributes that value these materials in architectural works. The preservation of the structure of these materials is done with an application of waterproofing, increasing their resistance to the actions in the temperatures of the installation environment. The application of waterproofing products is carried out in a specific and empirical way in each company, disregarding that the performance of the products depends on their physical-chemical properties and on the petrographic and technological characteristics of the rocks. In this sense, in the work, laboratory tests were carried out to determine the performance of waterproofing used in the industry, through tests of water absorption by capillarity and static contact angle. From the results, it was possible to define the products with the best surface repellency performance and with the lowest distinct water absorption, with product performance for each test.

**Keywords:** Waterproofing agents, water absorption by capillarity, static contact angle.

## 1. INTRODUÇÃO

As rochas ornamentais são aplicadas com caráter estético guiado pelo mercado consumidor. Na construção civil, as mesmas são empregadas em revestimentos internos e externos de paredes, pisos, pilares, compondo também, peças isoladas como estruturas, tampos, além de outras edificações (SPÍNOLA et al., 2004). Esses materiais apresentam diferentes formações geológicas, e consequentemente, possuem características físicas e químicas específicas, que apresentam tendências naturais à modificação ao longo do tempo. Diante disso, foram desenvolvidos produtos e tecnologias de tratamento com o intuito de proteger suas especificidades. Porém, ainda há um déficit no setor na fase de beneficiamento, quando se trata do entendimento da relação direta entre o tipo rochoso e o produto utilizado.

Dentre os tratamentos mais utilizados no setor de rochas ornamentais, está a aplicação de produtos hidrofugantes e anti-incrustantes, com a função de proteger o material contra a ação deletéria de fluidos, vapores e umidade. Segundo Galan et al. (2001) os produtos impermeabilizantes compõem-se basicamente de hidrocarbonetos alifáticos e metilsiliconatos de potássio. Uma das formas de se medir a impermeabilização da superfície é por critérios de hidrofobicidade e de absorção d'água por capilaridade. Sacilotto (2015) diz que uma superfície hidrofóbica é caracterizada por repelir a água quando em interação com algum revestimento que apresente esta propriedade. O grau de hidrofobicidade é expresso qualitativamente pela magnitude do ângulo de contato estático ( $\theta$ ). A capilaridade é o fenômeno de atração e repulsão onde se observa o contato dos líquidos com um sólido fazendo com que esse líquido suba ou desça molhando ou não a parede. Sendo isso, consequência da tensão superficial. No contexto geológico, a porosidade da rocha, responsável pela permeabilidade à água, depende da estrutura capilar. Superfícies porosas, com átomos ou grupos polarizados, que têm forte atração eletrostática para moléculas polares, tais como a água, são denominadas superfícies hidrofílicas.

Diante do exposto, o presente trabalho tem como intuito a avaliação da eficácia de impermeabilizantes utilizados no setor de rochas ornamentais, por meio de ensaios que poderiam realizados pela indústria para orientar as suas práticas.

## 2. OBJETIVOS

Avaliar o desempenho de impermeabilizantes comerciais de rochas ornamentais por meio de ensaios de absorção de água por capilaridade e do ângulo de contato estático.

## 3. METODOLOGIA

A rocha selecionada para a realização dos testes é um sericita quartzito, com percentual de absorção d'água de 0,16% e superfície de acabamento polida. Os corpos de provas foram preparados com dimensões de 40x40mm para o ensaio absorção de água por capilaridade (NP EN 1925:2000) e 30x200mm para o ensaio de ângulo de contato estático (BS EN 15802:2009), ambos com espessura variando entre 20 a 30 mm.

Os ensaios foram executados em amostras sem tratamento (natural), e em amostras tratadas com duas demãos de impermeabilizantes, nomeados como A, B, C e D com as respectivas quantidades nominais: 45ml/m<sup>2</sup>, 35ml/m<sup>2</sup>, 50ml/m<sup>2</sup> e 50ml/m<sup>2</sup>.

Para o teste de capilaridade, as amostras foram vedadas nas laterais com silicone, para que apenas a superfície tratada fosse permeada pela água (Figura 1 e 2). Foi utilizada uma balança analítica, com precisão de 0,0001g, para poder medir a absorção de água em relação ao tempo, já que a mesma seria pequena por se tratar de amostras impermeabilizadas. As pesagens foram feitas em intervalos de 30min, 1h, 3h, 8h, 24h, 32h, 48h, 56h, 72h, 80h, 96h, 102h e 120h tomando como referência a pesagem da massa inicial.

As medições do ângulo de contato estático foram feitas com o uso de uma câmera CANON T3 e o *Software EOS Utility* para a captação das imagens, uma micropipeta com gotas de 60µm, em amostras com e sem tratamento (Figura 3). A obtenção do ângulo de contato  $\theta$ , em graus, formado pela superfície do corpo de prova e a tangente à gota d'água no ponto de contato,

através da fase líquida, foi medido com o auxílio do *Software ImageJ* (Figura 4). O ângulo de contato foi obtido pela média de 14 gotas medidas em cada corpo de prova e calculado usando a Equação 1.

$$\theta = - \left[ \left( \frac{\theta_1 + \theta_2}{2} \right) - 180 \right] \quad (1)$$

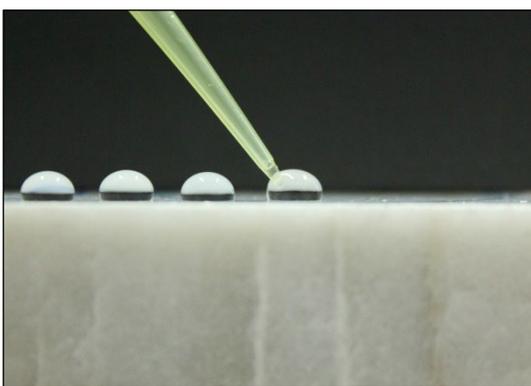
Onde  $\theta_1$  e  $\theta_2$  estão representados na Figura 4.



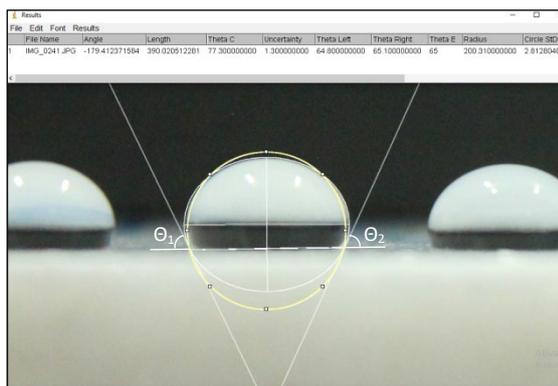
**Figura 1:** Aplicação do silicone nas laterais nos corpos de provas.



**Figura 2:** Ensaio de absorção por capilaridade em andamento.



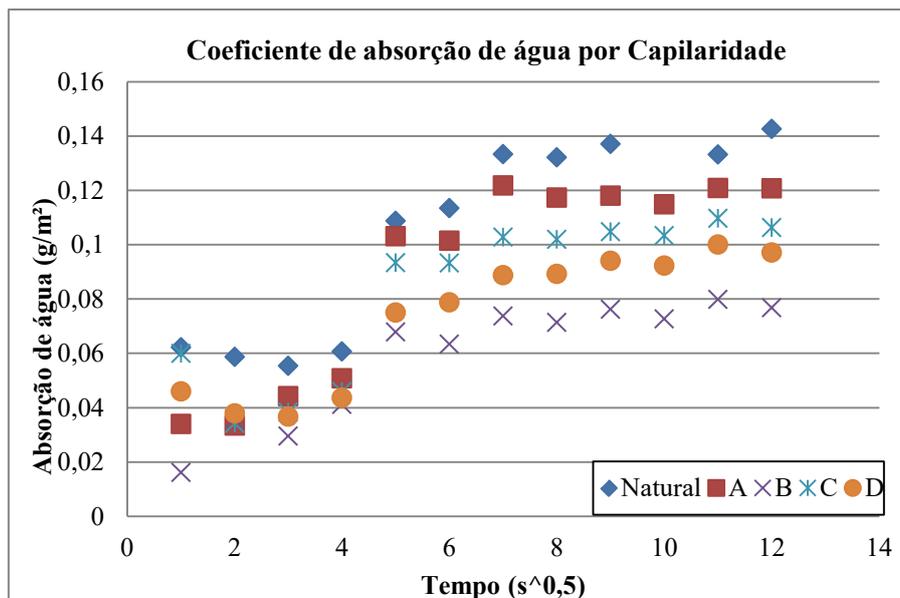
**Figura 3:** Ensaio de ângulo de contato estático em andamento.



**Figura 4:** Medição do ângulo de contato através do *software ImageJ*.

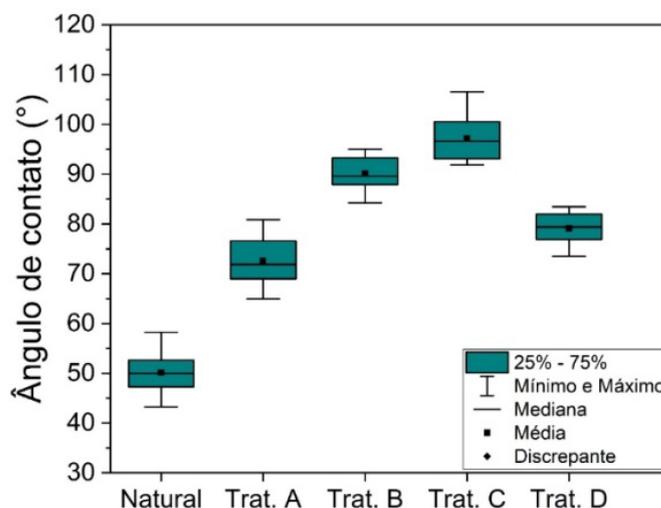
#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentados a seguir são referentes ao desempenho final das amostras tratadas com impermeabilizantes e das amostras sem tratamento. Na Figura 5, são apresentados os resultados finais do coeficiente de absorção de água por capilaridade de todas as amostras, expressos pela média final de todos os tempos utilizados.



**Figura 5:** Coeficiente de absorção de água por capilaridade.

Nota-se claramente que o impermeabilizante B apresentou melhores resultados, apresentando o menor coeficiente de absorção de água. Em relação a rocha natural, todos os impermeabilizantes apresentaram maior resistência a absorção de água, como o esperado. É apresentado na Figura 6 os resultados finais da avaliação da molhabilidade das amostras por meio do ensaio de ângulo de contato.



**Figura 6:** Resultado final da determinação do ângulo de contato estático.

Os maiores valores do ângulo de contato estático foram obtidos pelos tratamentos com os impermeabilizantes B e C, com médias de 90 e 97 graus, e um desvio padrão de 3 e 4,5 respectivamente. Para os outros dois casos, houve um incremento de repelência da água de, em média, 51%, quando comparado com os valores obtidos na rocha natural, apresentando uma média de 50 graus. Cabe ressaltar que os resultados obtidos pelos dois ensaios realizados, apresentaram desempenho de proteção superficial de forma distinta, demonstrando que os impermeabilizantes se comportam de forma diferente de acordo com a solicitação imposta, como uma repelência inicial medida pelo ângulo de contato, e uma repelência ao longo do tempo medida pela absorção por capilaridade.

## **5. CONCLUSÕES**

A condução dos ensaios realizados e os resultados obtidos foram satisfatórios, mostrando o produto que apresentou melhor desempenho. Houve uma divergência, ao comparar os resultados de cada teste, quanto ao impermeabilizante que melhor protegeu o material. Todavia, tendo conhecimento que ensaio de ângulo de contato estático avalia a repelência na superfície de forma instantânea, e o ensaio de absorção de água por capilaridade avalia a proteção a partir uma exposição à água ao longo do tempo. Pode-se concluir que os impermeabilizantes agem de formas diferentes de acordo com a solicitação imposta. Além disso, o teste de ângulo de contato estático seguiu as diretrizes da norma BS EN 15802:2009, e a norma do ensaio de absorção de água por capilaridade foi adaptada para a análise da eficiência dos produtos. Por fim, os testes realizados mostraram que esta metodologia pode ser aplicada no setor industrial, servindo como orientação para suas práticas, oferecendo uma análise instantânea e a longo prazo da proteção dos impermeabilizantes para cada tipo rochoso.

## **6. AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao CNPq pela bolsa de iniciação científica concedida (Processo: 137917/2021-0) e à toda equipe no CETEM/NRES.

## **7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

BRITISH STANDARD BS. EN 15802: Conservation of cultural property — Test methods — Determination of static contact angle. 2009.

GALAN, Carla Gonzalez; RODRIGUES, Eleno de Paula; SILVEIRA, Gilmar. Proposta de metodologia para avaliação de desempenho de produtos químicos hidro óleo repelentes utilizados em rochas ornamentais.

FRASCÁ, Maria Heloisa Barros de Oliveira. Estudos experimentais de alteração acelerada em rochas graníticas para revestimento. 2003. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SACILOTTO, Daiana Guerra. Obtenção e caracterização de revestimento hidrofóbico utilizando viniltrióxissilano (VTES) como precursor em solução sol-gel sobre aço inoxidável AISI 204 por dip-coating. 2015.

SPÍNOLA, Vera; GUERREIRO, Luis Fernando; BAZAN, Rafaela. A indústria de rochas ornamentais. Salvador: Desenbahia, 2004.