

# **Proposta metodológica para avaliação do desempenho de impermeabilizantes aplicados em rochas ornamentais**

## **Methodological proposal for evaluating the performance of waterproofing agents applied to dimension stones**

**Phillipe Fernandes de Almeida**

Bolsista PCI, Tecnólogo em Rochas Ornamentais, D.Sc.

**Leonardo Luiz Lyrio da Silveira**

Supervisor, Geólogo, D. Sc.

### **Resumo**

O tratamento químico das superfícies das rochas por meio das técnicas de impermeabilização de suas superfícies é de fundamental importância para preservação da estética dos materiais, principalmente no tratamento de materiais de alto valor agregado, voltado para a exportação. Pela variedade de rochas beneficiadas no Brasil, essas técnicas de proteção devem ser particularizadas para cada tipo de rocha, que se comportam de formas distintas em função de seus parâmetros físicos. Neste sentido, o presente estudo envolve a realização de testes de validação de diferentes tipos impermeabilizantes usados pelo setor de rochas ornamentais. Os resultados sugerem que, dependendo do tipo de acabamento que a rocha foi submetida, os produtos podem apresentar eficiências distintas e que existe uma quantidade ótima de produtos aplicados em sua superfície para a promoção de uma proteção mais eficiente.

**Palavras-chave:** impermeabilizantes; rochas ornamentais, ângulo de contato, espectrofotometria.

### **Abstract**

The chemical treatment of rock surfaces by means of waterproofing techniques is of fundamental importance for preserving the aesthetics of materials, especially in the treatment of high-value-added materials, aimed at export. Due to the variety of rocks processed in Brazil, these protection techniques must be individualized for each type of rock, which behaves in different ways depending on its physical parameters. In this sense, the present study involves carrying out validation tests of different types of waterproofing used by the dimension stone sector. The results suggest that, depending on the type of finish to which the rock was submitted, the products may present different efficiencies and that there is an optimal amount of products applied to its surface to promote more efficient protection.

**Key words:** waterproofing, dimension stones, contact angle, spectrophotometry.

## 1. Introdução

O principal motor de aquecimento econômico do setor de rochas ornamentais é a exportação de materiais de alto valor agregado, composto principalmente pelas rochas denominadas exóticas (quartzitos e pegmatitos). Em função importância deste grupo de materiais, o setor vem adotando novas técnicas de tratamento na etapa final de acabamento das chapas, principalmente com a aplicação de produtos químicos que visam realçar e preservar sua estética natural. Para proteção do seu padrão natural, são aplicados impermeabilizantes superficiais para prevenção da penetração de líquidos em seu substrato com potencial de manchamento. Essa proteção deve ser promovida desde a etapa de recorte das placas em dimensões de uso, bem como no ambiente instalado.

Devido à diversidade de rochas comercializadas pelo setor, ainda é evidente a falta de compreensão da influência da composição física dos materiais tratados para a escolha dos produtos mais eficientes. Soma-se a isto a influência do tipo de acabamento realizado nas chapas que recebem os produtos impermeabilizantes. Diante disto, o Centro de Tecnologia Mineral – CETEM, em seu Núcleo Regional do Espírito Santo (NRES) vem desenvolvendo pesquisas que investigam a eficiência dos impermeabilizantes de rochas por meio de testes laboratoriais, que avaliam a resistência da proteção dos impermeabilizantes à penetração de líquidos com potencial de manchamento na rocha (ALMEIDA et al., 2021, SANNT,ANA & ALMEIDA, 2022; MATEUS & SILVEIRA, 2022; ALMEIDA et al, 2022). Os resultados obtidos em tais estudos comprovam que existe uma relação direta entre o tipo de rocha, o acabamento realizado em cada chapa e a efetividade do impermeabilizante, de acordo com o volume aplicado em sua superfície.

Uma das maneiras de se medir o grau de impermeabilização de um sólido é por meio dos parâmetros de repelência e molhabilidade de um líquido sobre uma superfície, que podem ser obtidos pela medição do ângulo de contato estático, formado por uma gota no limite trifásico, entre um líquido, um gás e um sólido. Quanto menor for o ângulo de contato, maior é a interação entre as superfícies e maior é a molhabilidade (PRAKASH et al., 2017). Ângulos próximos a  $0^\circ$  indicam que o líquido molha a superfície espontaneamente, enquanto que ângulos próximos de  $180^\circ$  indicam não molhabilidade (DE GENNES et al., 1985; BARTHLOTT & NEINHUIS, 1997). Quando a superfície de um sólido apresenta energia maior que a energia do líquido, o líquido sofre espalhamento e molha a superfície. Neste caso, o ângulo de contato entre o líquido e essa superfície será muito menor que  $90^\circ$ . Quando a energia da superfície é menor, as moléculas do líquido permanecem coalescidas e buscam uma conformação espacial que ofereça maior estabilidade termodinâmica. Assim, o líquido busca menor contato com a superfície, tomando então o formato próximo de uma esfera e apresentando assim ângulo de contato maior que  $90^\circ$  (ERBIL, 2014).

Dando continuidade aos estudos realizados pelo NRES, o presente trabalho apresenta uma proposta metodológica para avaliação da efetividade de impermeabilizantes, que foi adotada em uma prestação de serviço realizado pelo CETEM para uma empresa privada. Essa metodologia teve como intuito avaliar a eficiência de diferentes impermeabilizantes, para a escolha daquele com a melhor proteção superficial das rochas selecionadas para a prestação de serviço. Para isto, foram considerados alguns parâmetros como a

quantidade aplicada por área e o desempenho destes nos tipos de acabamentos industriais realizados na etapa de beneficiamento secundário (polimento).

Por se tratar de testes expeditos, a metodologia aqui aplicada pode ser utilizada de forma satisfatória no cotidiano das empresas de rochas ornamentais, para avaliação da eficiência de impermeabilizantes aplicados na etapa de beneficiamento secundário.

## 2. Objetivos

Avaliar o desempenho de impermeabilizantes industriais aplicados em rochas ornamentais, para avaliação da eficiência de proteção nos diferentes acabamentos superficiais feitos na indústria, por meio de medidas de cor e pela repelência superficial avaliada pelo ângulo de contato estático.

## 3. Material e Métodos

Para realização dos ensaios foi selecionada uma rocha classificada petrograficamente como sericita quartzito, com percentual de absorção d'água de 0,16%. Os corpos de prova testados foram preparados a partir de chapas com o acabamento polido e o levigado, com dimensões de 200 x 200 mm e espessuras comerciais variando de 20 a 30 mm. A preparação das amostras seguiram as etapas de lavagem, secagem em estufa à 50° C por 1 hora e aplicação dos produtos com a temperatura superficial de 30 °C. Foram utilizados quatro produtos comerciais nos testes, classificados aqui como A, B, C e D, na quantia nominal sugerida por cada fabricante e uma quantidade reduzida (50%). Para a avaliação da eficiência dos impermeabilizantes foram os ensaios de determinação do ângulo de contato estático – (BS EN 15802:2009) e ensaios de resistência ao manchamento (NBR13818:1997, adaptada).

Os agentes manchantes utilizados nos ensaios de resistência ao manchamento foram: vinho tinto, refrigerante de cola, suco de limão e óleo de soja, nos tempos de 6, 24, 48 e 72 horas. O manchamento foi avaliado por medidas de cor pelo equipamento espectrofotômetro Gardner BYK Spectro Guide, com a adoção do sistema de cor CIElab. Em cada área analisada foram tomadas cinco medidas, antes e após os ensaios, e o resultado final da alteração cromática foi determinado na média geral dos tempos. A diferença cromática das amostras, avaliada pela mudança total de cor ( $\Delta E$ ), medida antes e após os ensaios de manchamento nas áreas analisadas, foi obtida pela equação (1).

$$\Delta E = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2} \quad (1)$$

Onde:  $\Delta a = a_{\text{final}} - a_{\text{inicial}}$ ,  $\Delta b = b_{\text{final}} - b_{\text{inicial}}$ ,  $\Delta L = L_{\text{final}} - L_{\text{inicial}}$

As medidas do ângulo de contato estático foram realizadas com o uso de uma câmera CANON T3 e o *Software EOS Utility* para a captação de imagens. As gotas foram aplicadas nas superfícies das amostras com o uso de uma micropipeta com gotas de 60  $\mu\text{m}$ . O ângulo de contato ( $\theta$ ) foi obtido com o auxílio do *software ImageJ*, pela média de 15 medidas em cada corpo de prova.

Os dois ensaios realizados são demonstrados na Figura 1.

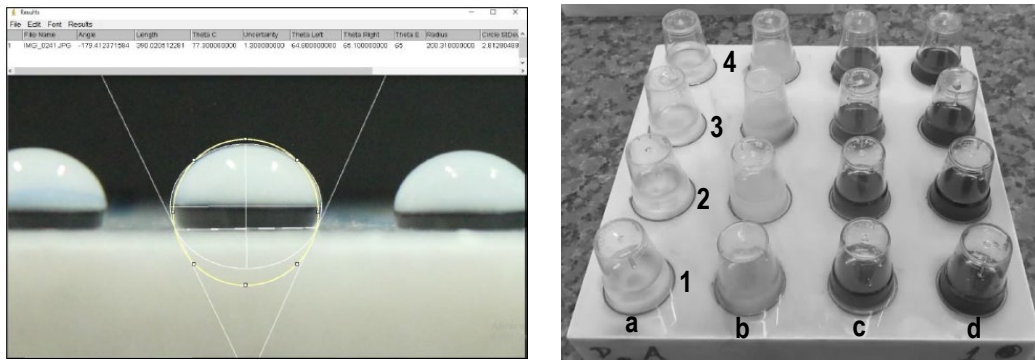


Figura 1. Medição do ângulo de contato estático (à esquerda) e ensaios de resistência ao manchamento (à direita). Legenda: (a) óleo de soja, (b) limão, (c) refrigerante de cola, (c) vinho tinto, (1) 72 horas, (2) 48 horas, (3) 24 horas e (4) 6 horas.

#### 4. Resultados e Discussão

Na Figura 02 são apresentados os resultados finais de alteração cromática total ( $\Delta E$ ) de todas as amostras nos ensaios de resistência ao manchamento, expressos pela média final de todos os tempos utilizados, nas amostras rochas com acabamento polido e levigado, com 100 e 50 % da quantidade de produtos recomendados pelos fabricantes dos impermeabilizantes.

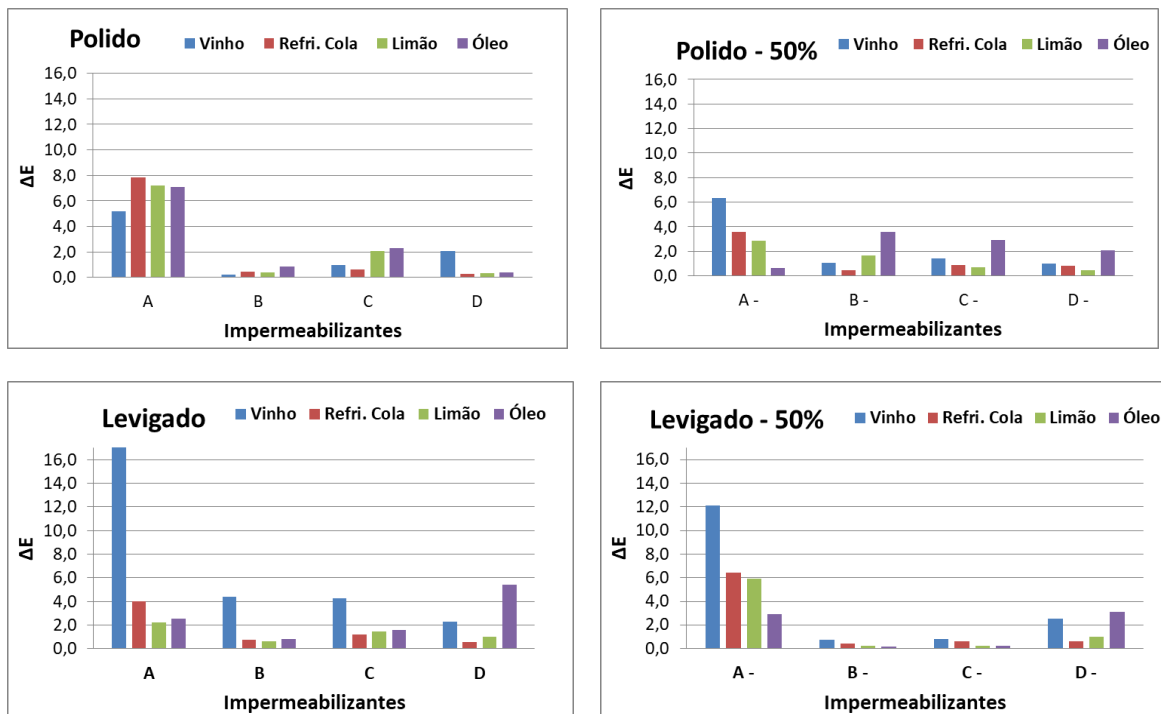


Figura 2. Alteração cromática média dos tempos utilizados pelos ensaios de manchamento em cada acabamento e quantidade aplicada por m<sup>2</sup>.

Em linhas gerais, os melhores resultados de proteção superficial foram obtidos com o uso de distintas quantidades de produtos por m<sup>2</sup>, para os dois acabamentos avaliados. Cabe ressaltar que os agentes manchantes resultaram em uma alteração cromática distinta em cada amostra avaliada e, o impermeabilizante com os melhores resultados de proteção é o que promove a menor alteração de cor para todos os agentes aplicados nas amostras.

Nota-se que para o acabamento polido a menor variação cromática total foi resultado da utilização da aplicação de 100%, o que não ocorreu nos ensaios realizados com as amostras levigadas, em que os melhores resultados ocorreram com a aplicação de 50 % de impermeabilizantes. Nos dois acabamentos, o produto com melhor desempenho, de acordo com a quantidade mais eficiente, foi o produto B. Para a amostra com acabamento levigado e com 50% de produto aplicado, o impermeabilizante C também apresentou bons resultados. Avaliando todas as amostras ensaiadas, o impermeabilizante A foi o que apresentou os resultados inferiores.

Na Figura 03 são apresentados os resultados finais das medidas do ângulo de contato para os dois tipos de acabamentos avaliados, com 100 e 50 % (-) da quantidade de produtos recomendados pelos fabricantes dos impermeabilizantes.

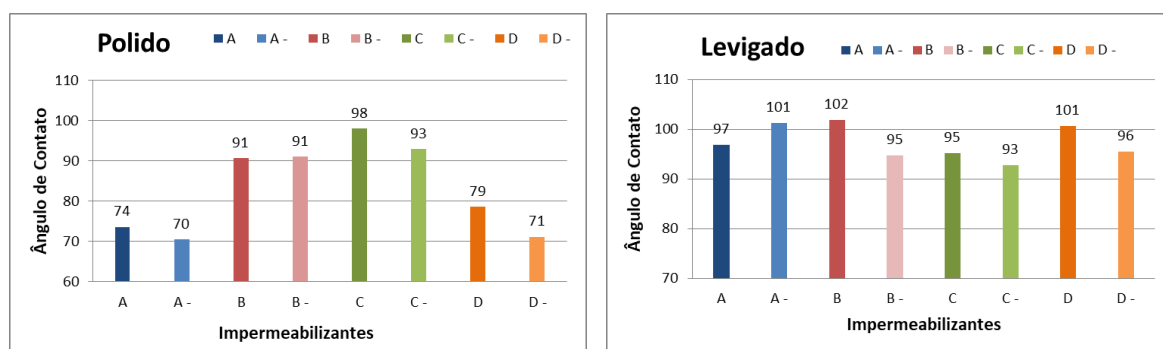


Figura 3. Avaliação da repelência superficial das amostras polidas e levigadas, com a aplicação dos impermeabilizantes na quantidade nominal indicada pelos fabricantes de 100 % e com 50% dos produtos (-).

Avaliando os gráficos apresentados, nota-se claramente que os maiores ângulos de contato foram obtidos nos ensaios com o acabamento levigado, indicando que para o quartzo avaliado, os impermeabilizantes promovem uma repelência mais eficiente. Ressalta-se também, que os maiores ângulos de contato foram obtidos neste acabamento, com o uso do impermeabilizante B (101 graus) com 100 % da quantidade aplicada, segundo dos impermeabilizantes A (101 graus) com 50 % (A-) e no D (101 graus) com 100 %.

No acabamento polido os maiores ângulos de repelência foram obtidos com a aplicação das quantidades sugeridas pelos fabricantes, destacando-se os produtos C e B, com 98 e 93 graus respectivamente. Mesmo com a utilização de 50% dos dois produtos citados (B - e C -), os ângulos de contato foram superiores a 90 graus, definidos pela literatura com bons parâmetros de repelência. Neste acabamento, os impermeabilizantes A e D não apresentaram bons resultados, sendo inferiores a 90 graus.

## 5. Conclusões

A condução dos ensaios mostrou que, como já esperado, que os impermeabilizantes promovem uma proteção distinta de acordo com as características físicas das rochas, sejam as intrínsecas do seu ambiente geológico de formação, ou o tipo de acabamento realizado em suas superfícies. Ainda, a variedade de rochas processadas atualmente no setor faz com que o conhecimento da influência de qualquer solicitação imposta às rochas deve ser particularizado para cada tipo de material beneficiado pelas empresas.

Os resultados obtidos com a aplicação da metodologia proposta foram promissores, visto que, dependendo dos tipos de superfícies analisadas, um mesmo produto pode apresentar eficiências distintas, podendo ser validado ou descartado de acordo com a proteção promovida.

É de fundamental importância que o setor possa adotar algumas práticas de testes cotidianos para definir quais os parâmetros devem ser considerados para a preservação da estética das rochas, evitando prejuízos econômicos e descredibilidade de seus materiais, causados por uma má aplicação das técnicas de proteção das rochas.

Considerando a avaliação do manchamento apresentada, a forma de medição da alteração cromática pela espectrofotometria pode ser um impeditivo, visto que o equipamento usado tem um alto custo em sua aquisição. Porém, a mesma avaliação pode ser feita de forma visual, realizado por registros de imagens das amostras antes e após os ensaios.

## 6. Agradecimentos

Ao CNPq pela bolsa concedida (processo 301905/2021-5).

## 7. Referências Bibliográficas

ALMEIDA, P.F.; GONÇALVES, P.S.; MATEUS, G.T.; SILVEIRA, L.L. **Avaliação do desempenho de impermeabilizantes em rochas ornamentais quartzíticas** XXIX Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa. Armação dos Búzios - RJ. 8p. 2022.

ALMEIDA, P.F; VIDAL, F.W.H; SILVEIRA, L.L **Avaliação da eficiência do tratamento de impermeabilização de rochas quartzíticas: um estudo de caso**. In: X Jornada do Programa de Capacitação Institucional, CETEM-MCTI, Rio de Janeiro, Brasil, 7p., 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13818/1997**: Placas Cerâmicas para Revestimento. Especificação e Método de ensaio - Determinação da Resistência ao Manchamento-Anexo G. 1997.

BARTHLOTT, W.; NEINHUIS, C. Purity of the sacred lotus, or escape from contamination in biological surfaces. **Planta**, v. 202, n. 1, p. 1-8. 1997.

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

DE GENNES, P.G. Wetting: Statics and dynamics. **Reviews of Modern Physics** **1985**, v. 57, n. 3, p. 827-863.

ERBIL, H.Y. The debate on the dependence of apparent contact angles on drop contact area or three-phase contact line: A review 2014. **Surface Science Reports**, v. 69, n. 4, p. 325–365.

MATEUS, G.T.; SILVEIRA, L.L.L. **Utilização da espectrofotometria para determinação da efetividade de impermeabilizantes industriais de rochas ornamentais**. XXX JIC & VI JIDTI, 2022, Rio de Janeiro. Jornada de Iniciação Científica. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2022.

PRAKASH, C.G. J.; RAJ, C.C.; PRASANTH, R. Fabrication of zero contact angle ultra-super hydrophilic surfaces. **Journal of Colloid And Interface Science**, v. 496, p. 300-310, 2017.

SANT'ANNA, P.G.; ALMEIDA, P.F. **Avaliação da efetividade de impermeabilizantes de rochas ornamentais por meio de ensaios de capilaridade e do ângulo de contato estático**. XXX JIC & VI JIDTI, 2022, Rio de Janeiro. Jornada de Iniciação Científica. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2022