

Avaliação da eficiência do tratamento de impermeabilização de rochas quartzíticas: um estudo de caso.

Performance evaluation of the waterproofing treatment of quartzitic rocks: a case study

Phillipe Fernandes de Almeida
Bolsista PCI, Tecnólogo em R.O., D.Sc.

Francisco Wilson Hollanda Vidal
Supervisor, Eng. de Minas, D. Sc.

Leonardo Luiz Lyrio da Silveira
Co-supervisor, Geólogo, D. Sc.

Resumo

A principal característica do setor de rochas ornamentais é a estética dos seus materiais, que é preservada com impermeabilizantes para a proteção contra as intempéries do ambiente em que é instalada. A diversidade física e química das rochas comercializadas atualmente faz com que a orientação das melhores práticas deste tratamento seja particularizada para cada tipo rochoso, o que não ocorre na indústria de forma técnica e científica. Neste sentido, o presente trabalho apresenta uma sistemática de avaliação da efetividade de impermeabilização de uma rocha quartzítica com diferentes produtos utilizados pela indústria, por meio de ensaios de resistência ao manchamento e ao ataque químico, bem como a determinação do ângulo de contato estático das superfícies impermeabilizadas. A partir dos ensaios laboratoriais foi possível determinar satisfatoriamente os produtos com melhor desempenho em cada teste, comprovando que as técnicas utilizadas tem potencial para balizar as escolhas de produtos para cada tipo de rocha avaliada.

Palavras chave: Impermeabilizantes, ângulo de contato estático, manchamento, ataque químico.

Abstract

The dimension stone sector is guided by the rocks aesthetics, which are preserved with waterproofing products. The physical and chemical diversity of the rocks commercialized today imply that the best practices for this treatment are guided by each type of rock, which does not occur in the industry in a technical and scientific approach. In this sense, the present work presents a systematic evaluation of the waterproofing effectiveness of a quartzitic rock with different products used by the industry, through staining and chemical attack resistance tests, as well as the determination of the static contact angle of waterproofed surfaces. By laboratory tests, it was possible to satisfactorily determine the products with the best performance in each test, proving that the techniques used have the potential to guide the products selection for each type of rock evaluated.

Key words: Waterproofing, static contact angle, staining, chemical attack.

1. Introdução

O setor de rochas ornamentais é um segmento industrial guiado principalmente por tendências estéticas do mercado consumidor. Os padrões cromáticos, texturais e estruturais encontrados nas rochas, as distinguem de outros materiais utilizados na ornamentação e revestimento de obras civis. Por se tratarem de produtos formados em processos geológicos particulares, apresentam propriedades físicas e químicas próprias e distintas entre cada tipo litológico. A penetração de líquidos no substrato das rochas, devido a sua porosidade natural, pode ocasionar a perda de seu padrão original, como a descoloração e manchamento, o que descaracteriza severamente a beleza da rocha, com prejuízos econômicos para as empresas e perda de credibilidade frente a outros materiais, tais como: cerâmica, materiais aglomerados, dentre outros. A impermeabilização das rochas, quando bem empregada, impede que este fato ocorra. Nota-se, atualmente, uma literatura bem consolidada quanto à utilização de produtos óleo-hidro repelentes em monumentos feitos com rochas. Porém é evidente a falta de pesquisas sobre o processo de proteção destes materiais ainda na fase de beneficiamento, principalmente relacionando a forma de tratamento e o produto aplicado nos tipos rochosos. Esse fato, somado com a diversidade litológica das rochas comercializadas pelo setor, faz com que esta prática seja feita de forma empírica, realizada em todos os materiais de forma padronizada.

Dentre os tratamentos mais atuais utilizados na preservação de rochas ornamentais para revestimento, estão a aplicação de produtos hidrofugantes e anti-incrustantes. Segundo Ferri et al. (2011) os produtos comumente aplicados como revestimentos hidrofóbicos são compostos a base de silicone, acrílicos, polímeros fluorados, siloxanos, fluoropoliéteres, além de compósitos feitos com nanopartículas. Uma das maneiras de se medir a molhabilidade de um líquido sobre uma superfície sólida é por meio do ângulo de contato entre as superfícies. Quanto menor for o ângulo de contato, maior é a interação entre as superfícies e maior é a molhabilidade (PRAKASH et al., 2017).

Diante do processo industrial exposto e dos desafios a serem superados pela indústria de rochas ornamentais, a pesquisa aqui apresentada tem como pretexto a avaliação de desempenho de impermeabilizantes utilizados pela por esse setor produtivo. Tais testes foram feitos em escala piloto para um tipo de rocha com acabamento polido, para a determinação do produto com melhor desempenho de proteção superficial. Trata-se de um estudo de caso, inserido dentro de um projeto de inovação tecnológica para o setor privado, que será base para a abrangência da metodologia aqui empregada, para outros tipos litológicos e com outros acabamentos superficiais. Neste estudo foi avaliado o desempenho de impermeabilizantes em uma demão de aplicação, diferente ao praticado na indústria, onde é utilizado duas demãos, com o intuito de se saber se essa quantidade seria suficiente para proteger satisfatoriamente as rochas.

2. Objetivos

Avaliar o desempenho de impermeabilizantes utilizados na indústria de rochas ornamentais por meio de ensaios tecnológicos de resistência ao manchamento, resistência ao ataque químico e pela determinação do ângulo de contato estático.

3. Material e Métodos

Para realização dos ensaios foi selecionada uma rocha com acabamento polido, classificada petrograficamente como sericita quartzito, com percentual de absorção d'água de 0,16%. Os corpos de prova testados foram preparados com dimensões de 200 x 200 mm, com espessuras comerciais variando de 20 a 30 mm.

Os ensaios executados foram: determinação do ângulo de contato estático – (BS EN 15802:2009), ensaios de resistência ao manchamento (NBR13818, adaptada) e o ensaio de resistência ao ataque químico (NBR16596-17, adaptada), nas amostras antes e após o tratamento, bem como uma amostra de controle, a qual não recebeu nenhum tratamento, denominada no estudo como natural. Foram utilizados copos de acrílicos com 10 ml, para confinamento dos agentes manchantes sobre as amostras. Foram adotados os seguintes agentes manchantes: óleo de soja, limão, refrigerante de cola e vinho tinto, nos intervalos de 72, 48, 24 e 6 horas. Nos ensaios de resistência ao ataque químico foram utilizados os agentes indicados pela norma citada.

Em cada amostra foram realizadas cinco medidas de cor com o equipamento espectrofotômetro *Garner BYK Spectro Guide*, no centro das áreas analisadas, antes e depois dos ensaios, feitas no mesmo ponto. Foi adotado o sistema de cor CIElab, que consiste na avaliação de cor entre três planos. O eixo L indica a luminosidade, o a e b são as coordenadas cromáticas (variação entre o vermelho e o verde, e entre o amarelo e azul, respectivamente). A diferença cromática das amostras, determinada pela mudança total de cor (ΔE), medida antes e após os ensaios de manchamento e ataque químico, é 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 medições 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, uma micropipeta com gotas de 60 μm , nas amostras antes e após o tratamento. O ângulo de contato θ , em graus, formado pela superfície do corpo de prova e a tangente à gota d'água no ponto de contato, foi medido com o auxílio do software *Meazure*. O ângulo de contato foi obtido por meio da média de 15 medidas em cada corpo de prova, usando a equação 2

$$\theta = 2 \arctg (2h/d) \quad (2)$$

Onde:

d = diâmetro de contato na superfície, em mm; h = altura, em mm; θ = ângulo de contato estático, em graus.

Foram utilizados três impermeabilizantes comerciais, denominados aqui como A, B e C, nas quantidades de 45, 35 e 50 ml/m², respectivamente, conforme indicação dos fabricantes. Após a aplicação e cura dos produtos, foram realizadas medidas de cor e do ângulo de contato, seguido dos ensaios de manchamento e de ataque químico. Após os ensaios repetiram-se todas as medidas. Cabe ressaltar que na indústria são realizadas aplicações de duas demãos impermeabilizantes nas rochas. Os ensaios aqui descritos foram realizados com aplicação de 1 demão dos produtos, para avaliação da efetividade desta escolha em ensaios futuros.

4. Resultados e Discussão

Os resultados apresentados a seguir são referentes ao desempenho final das amostras tratadas com os impermeabilizantes e das amostras sem nenhum tratamento. Na Figura 01 são apresentados os resultados finais de alteração cromática total (ΔE) de todas as amostras nos ensaios de resistência ao manchamento, expressos pela média final de todos os tempos utilizados.

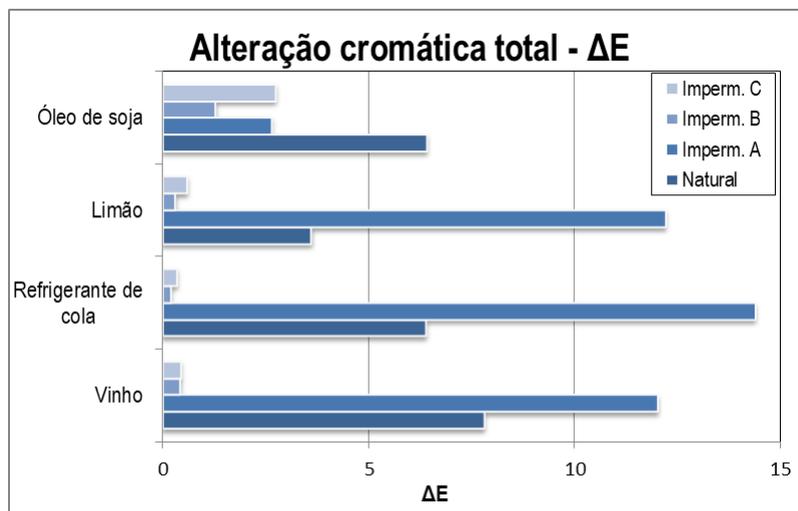


Figura 1. Alteração cromática média dos tempos utilizados pelos ensaios de manchamento.

Nota-se claramente o melhor desempenho no ensaio de manchamento com o tratamento utilizando o impermeabilizante B em todos os produtos manchantes testados, resultado na menor variação total de cor (ΔE). Em comparação aos ensaios realizados com a rocha natural (sem tratamento), o impermeabilizante C também apresentou um ganho significativo na resistência ao manchamento da rocha. Para o impermeabilizante A, a variação total de cor foi superior à amostra natural. Tal fato indica a necessidade de se investigar os parâmetros de absorção d'água e porosidade de todas as amostras ensaiadas, para a avaliação da relação entre essas propriedades e a suscetibilidade ao manchamento.

Esse estudo é de caráter preliminar e visa basicamente a determinação do melhor desempenho entre os impermeabilizantes testados. No entanto, ainda se faz necessário a avaliação do desempenho dos produtos com menores resistências ao manchamento e ao ataque químico, em testes com aplicação duas demãos, o que é indicado pela prática industrial. Para isto serão realizados ensaios futuros para comparação com os resultados aqui obtidos.

As figuras 2 e 3 apresentam os resultados finais dos ensaios de ataque químico para todos os tratamentos utilizados e para as rochas em estado natural.

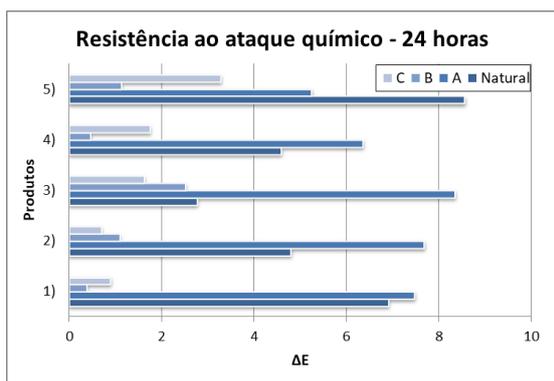


Figura 2. Alteração cromática dos pontos ensaiados com os produtos: (1) ácido clorídrico 3%, (2) ácido clorídrico 18%, (3) hidróxido de potássio 30g/l, (4) hidróxido de potássio 100g/l e (5) água destilada.

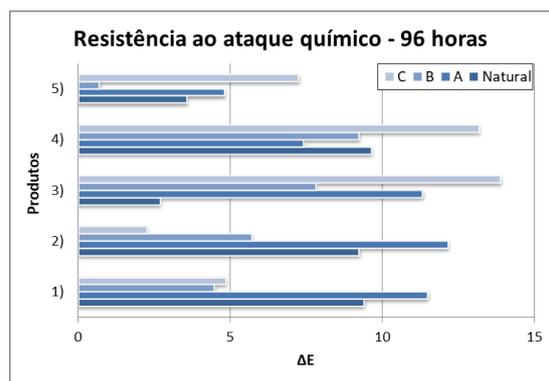


Figura 3. Alteração cromática dos pontos ensaiados com os produtos: (1) ácido acético 3%, (2) ácido cítrico 100 g/l, (3) ácido láctico 5%, (4) Cloreto de amônio 100g/l e (5) hipoclorito de sódio 20mg/l

Em relação aos ensaios de resistência ao ataque químico, nota-se também um bom desempenho do impermeabilizante B para a maioria dos agentes químicos utilizados no tempo de 24 horas, com exceção à resistência ao ácido clorídrico e ao hidróxido de potássio. O impermeabilizante C também mostrou um desempenho satisfatório no tempo de 24 horas, bem abaixo do encontrado no ensaio com a rocha natural. Para o tempo de 96 horas, os resultados não foram semelhantes ao tempo menor. O impermeabilizante C apresentou a menor resistência, e de forma análoga, o impermeabilizante B apresentou os melhores resultados para os produtos 1, 2 e 5. Ressalta-se que o tempo de 96 horas é bem agressivo para o ataque químico das rochas. Soma-se a isto, o fato dos agentes químicos serem dispostos nas amostras de forma confinada. A avaliação da molhabilidade das amostras por meio do ensaio de ângulo de contato estático é sumarizada na Figura 4.

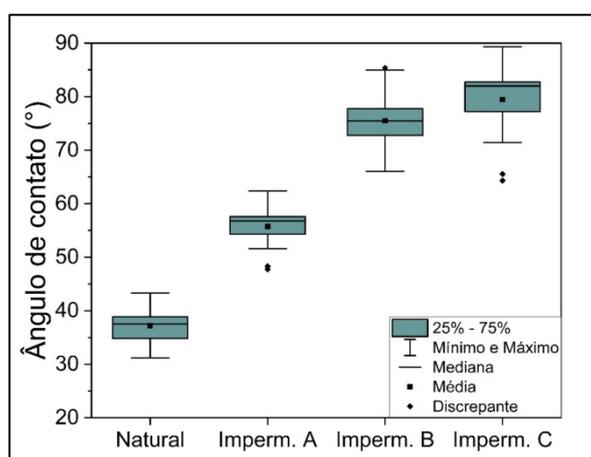


Figura 4. Resultado final da determinação do ângulo de contato estático.

Os maiores valores do ângulo de contato estático foram obtidos pelos tratamentos com os impermeabilizantes B e C, com médias de 75 e 79 graus, e um desvio padrão de 5,5 e 6,6, respectivamente. Para os dois casos notam-se um incremento na repelência da água de cerca de 50 %, quando comparado aos valores encontrados na rocha natural, que apresentou uma média de 37 graus. Dados da literatura sobre esses parâmetros, como no

estudo de Ferri et al. (2011), mostram ângulos de contato para uma rocha sem tratamento de 30 graus e para uma rocha tratada em média de 130 graus. Todavia, a realização do tratamento das superfícies com apenas uma demão, para esse ensaio, mostrou-se eficiente do ponto de vista de comparação entre desempenhos, porém, ainda se faz necessário a realização deste ensaio com a aplicação de duas demãos de impermeabilizantes, para avaliar a possibilidade de incremento da hidrofobicidade da superfície.

5. Conclusão

A condução dos ensaios de acordo com a metodologia proposta foi satisfatória para a definição do impermeabilizante com melhor desempenho, mostrando que esta pode ser abrangida para outras rochas e com outros acabamentos. Cabe ressaltar que, a avaliação repelência de líquidos superficiais por meio das medidas do ângulo de contato estático é instantânea. Neste sentido, faz-se necessário a avaliação deste parâmetro ao longo do tempo, conforme relatado nas literaturas disponíveis atualmente. Os resultados mais satisfatórios foram obtidos pelos ensaios de resistência ao manchamento, visto que essa avaliação é a que mais se aproxima ao manchamento provocado pelo uso no ambiente construído das obras civis. No entanto, os ensaios de resistência ao ataque químico podem ser balizadores na definição do desempenho de impermeabilizantes quando se trata de situações mais severas de solicitações da superfície da rocha. Por fim, os ensaios conduzidos pela metodologia adotada mostraram que a utilização de somente uma demão de impermeabilizantes ainda é inconclusiva para a definição acurada de melhores impermeabilizantes. A pesquisa aqui apresentada será continuada e abrangida para outros tipos de rochas com distintos acabamentos superficiais.

6. Agradecimentos

Ao CNPq pela bolsa concedida (processo 301905/2021-5). À empresa Decolores Mármore e Granitos pela disponibilização das amostras e à toda equipe do CETEM/NRES.

7. Referências Bibliográficas

FERRI L.; LOTTICI P.P.; LORENZI A.; MONTENERO A.; Study of silica nanoparticles – polysiloxane hydrophobic treatments for stone-based monument protection. **Journal of Cultural Heritage**, v.12, p.356–363, 2011.

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.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16596**: Rochas para revestimento - Resistência ao ataque químico - Método de ensaio, 2017.

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