

Caracterização tecnológica das rochas que recobrem o monumento do Cristo Redentor como ferramenta de auxílio ao restauro

Amanda Menezes Ricardo
Bolsista de Iniciação Científica, Geologia, UFRJ

Joedy Patricia da Cruz Queiroz
Orientadora, Geóloga, D. Sc.

Roberto Carlos da Conceição Ribeiro
Co-orientador, Eng. Químico, D. Sc.

Resumo

O monumento do Cristo Redentor é recoberto por pedra sabão e está sujeito à ação da degradação, devido a sua localização, que está relacionada principalmente com a alta umidade, salinidade e crescimento de microrganismos. O objetivo deste trabalho foi realizar a caracterização tecnológica da rocha que recobre o monumento, bem como verificar os agentes de degradação de sua superfície. Para tal, foram realizados ensaios para determinações colorimétricas, porosidade, absorção de água e avaliação microbiológica. Os resultados mostraram elevados valores de porosidade, em torno de 4%, e absorção de água, em torno de 2%, valores estes muito elevados para a pedra-sabão (<0.5%). A avaliação microbiológica detectou uma série de microrganismos, como *Penicillium sp.*, que durante seu metabolismo produz ácidos que são, possivelmente, os responsáveis pelo elevado nível de degradação da rocha. Após a aplicação do protetivo hidrofugante, observou-se a preservação das características cromáticas e diminuição dos valores de porosidade e absorção de água.

1. Introdução

1.1 Restauro de Rochas

O restauro de monumentos arquitetônicos e artísticos surge da necessidade de se preservar os registros que marcam, não só momentos da história de uma sociedade, como também estilos de épocas passadas, crenças e rituais religiosos, sendo, portanto, um trabalho de vital importância tanto no âmbito cultural quanto científico (Kühl, 2006).

1.2 Monumento ao Cristo Redentor

A estátua do monumento ao Cristo Redentor se enquadra nestes aspectos mencionados anteriormente, e é recoberta por um mosaico de pedra-sabão (Figura 1a), ou esteatito, no qual cada peça que o compõe é designada como tessela (Figura 1b). Dentre os problemas encontrados na rocha, foi possível identificar patologias decorrentes ao ambiente em que o monumento se encontra como manchamento, descoloração, perda de massa, trincas e fraturas (Figura 2).



Figura 1 a. Mosaico de tesselas no monumento.



Figura 1 b. Tessela de esteatito.

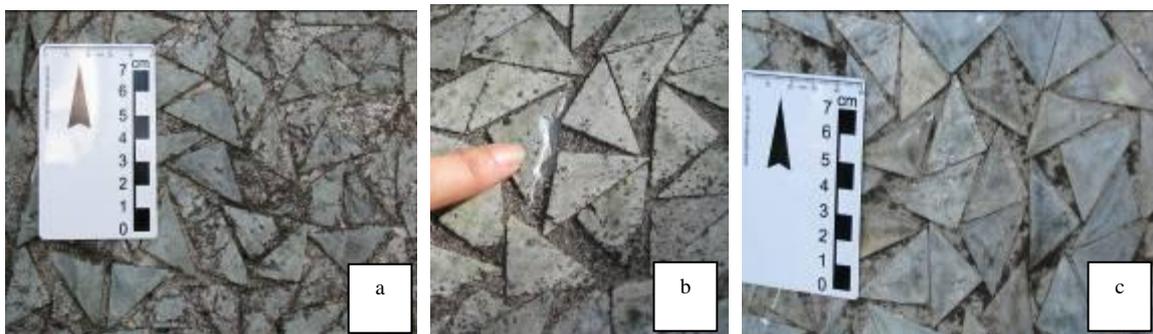


Figura 2. Patologias encontradas. (a) desintegração e fissuras. (b) Perda de massa. (c) descoloração.

1.3 Caracterização Tecnológica

A caracterização tecnológica de rochas determina os parâmetros petrográficos, químicos, físicos e mecânicos do material, e permite a qualificação da rocha para uso no revestimento de edificações. Ensaio de alteração acelerada, simulam situações de exposição dos materiais rochosos em atmosferas agressivas e/ou poluídas ou a reagentes químicos usados na limpeza e manutenção. Os resultados dessas simulações indicam principalmente as medidas preventivas para evitar/retardar o “envelhecimento” da rocha (Frasca, 2002).

1.4 Métodos Protetivo de Rocha

Dentre os métodos de proteção para retardar o envelhecimento e a degradação das rochas, destaca-se a hidrofugação. Os hidrofugantes são polímeros, geralmente a base de silicone que por sua vez são formados por uma matriz inorgânica com radicais apolares responsáveis pela repelência da água. Por isso, apresentam uma tensão superficial inferior à da água e consequentemente características hidrofóbicas (Maranhão & Loh, 2010).

1.6 Pedra-Sabão

A pedra-sabão recobre o monumento e é uma rocha metamórfica de origem máfica ou carbonática composta essencialmente por talco que é um mineral de origem secundária, formado pela alteração de minerais silicáticos ricos em magnésio como a olivina do tipo fosterita, e constitui quase toda massa rochosa. Essa rocha tem como característica ser pouco porosa, séctil, ter brilho sedoso e ser untuosa ao tato (Yardley, 2004).

2. Objetivos

O presente trabalho tem como objetivos caracterizar tecnologicamente as rochas de pedra-sabão que recobrem o Cristo Redentor, determinar patologias inerentes, verificar deteriorizações impostas pelo meio e, a partir do conjunto dos dados obtidos através dos ensaios laboratoriais, comparar o comportamento dessa rocha frente às condições de intemperismo em seu estado natural e com aplicação de protetivo hidrofugante e assim, identificar os agentes que causam as maiores degradações no monumento, fornecendo assim, subsídios técnicos para o restauro e preservação do monumento, fazendo com que o trabalho de restauração seja mais eficiente e duradouro.

3 Metodologia Experimental

3.1 Amostragem

A seleção das tessela removidas foi realizada em conjunto pelo Centro de Tecnologia Mineral (CETEM) e por representantes do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN). Foram retiradas para os ensaios laboratoriais 9 tesselas do lado Norte, 9 do lado Sul, 9 do lado Leste e 9 do lado Oeste representados na Figura 3.



Figura 3. Conjunto das tesselas retiradas nas posições norte, sul, leste e oeste.

3.2 Colorimetria

Para a determinação do padrão cromático das tesselas, foi utilizado um colorímetro da marca é *Technidyne Color Touch 2 Model ISSO*. A leitura do resultado foi feita com base nos valores representados pelos eixos a^* , b^* e L^* como indica a Figura 4, onde o eixo a^* indica a variação de cor de verde a vermelho, eixo b^* azul a amarelo e eixo L^* branco ao preto.

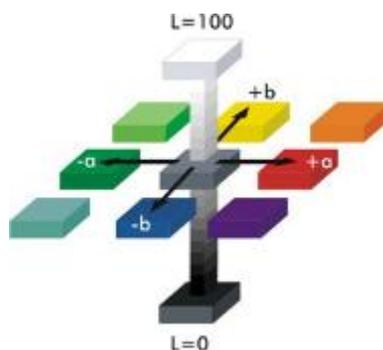


Figura 4. Gráfico de distribuição colorimétrica.

3.3 Caracterização Mineralógica

As análises mineralógicas foram determinadas pelo método do pó usando-se um equipamento da marca *Bruker-D4 Endeavor* e as interpretações qualitativas das fases minerais presentes foi realizada por comparação com padrões contidos em banco de dados.

3.4 Caracterização Petrográfica

A análise petrográfica, segundo a norma ABNT. NBR 12.768/92, foi realizada através da interpretação de lâminas delgadas de amostras originais, com o intuito de se observar textura, composição mineral, estado microfissural, natureza da rocha e alterações minerais.

3.5 Índices Físicos

Por meio deste ensaio pôde-se determinar as massas específica, seca (equação 1) e saturada (equação 2), porosidade (equação 3) e absorção (equação 4) de água por meio de fórmulas especificadas segundo a norma ABNT. NBR 12.766/92. Neste ensaio os corpos de prova foram pesados a seco após 24h em estufa a 70 °C fornecendo o valor equivalente a peso seco (A). Posteriormente, foram submersos em água destilada por 24h assim obtendo-se seus pesos saturados (B) e submersos (C) com o auxílio de uma balança de precisão.

$$\rho = \frac{A}{B-C} \quad (1) \quad \rho = \frac{B}{B-C} \quad (2) \quad \eta = \frac{B-A}{B-C} 100\% \quad (3) \quad \alpha = \frac{B-A}{A} 100\% \quad (4)$$

3.6 Avaliação microbiológica

A coleta e identificação dos microorganismos no monumento foram realizados pelo laboratório Mattos e Mattos.

3.7 Método de proteção das rochas (hidrofugação)

A água exerce uma importante influência nas características dos monumentos pétreos provocando eflorescência, acelerando o crescimento de microorganismos, dentre outras patologia. Sua afinidade com a superfície desses materiais se deve à tensão superficial que varia de acordo com o meio em que está em contato e, por isso, o uso o hidrofugante faz com que esta tensão seja reduzida. Para os ensaios realizados utilizou-se o hidrofugante da marca *Wacker-Chemie* na proporção de 1: 9, em água rás, ficando 14 dias em repouso para secagem completa.

4 Resultados e Discussões

4.1 Colorimetria

Os resultados obtidos com o ensaio de colorimetria mostram que há tendência à coloração verde-amarelada clara, devido aos valores médios encontrados para os eixos a^* , b^* e L^* , respectivamente, -0,11 (verde), 5,3 (amarelo), 53 (claro) como se pode observar pelo gráfico da Figura 4.

4.2 Caracterização petrográfica

As tesselas apresentam aspecto maciço e com elevado grau de degradação devido à manchamentos, descoloração, pontos negros e perda de material causando arredondamento nas bordas das tesselas. Ao microscópio (Figura 5a), não apresenta microfissuras, o nível de alteração é médio e os minerais observados são os seguintes: talco, clorita, calcita, tremolita, actinolita.

4.3 Caracterização mineralógica

A análise mineralógica pôde ser avaliada pela interpretação DRX indicado na Figura 5b, onde, de um modo geral, os picos de maior intensidade podem ser representados pelos seguintes minerais: talco, tremolita, calcita e clorita, confirmando assim a análise petrográfica.

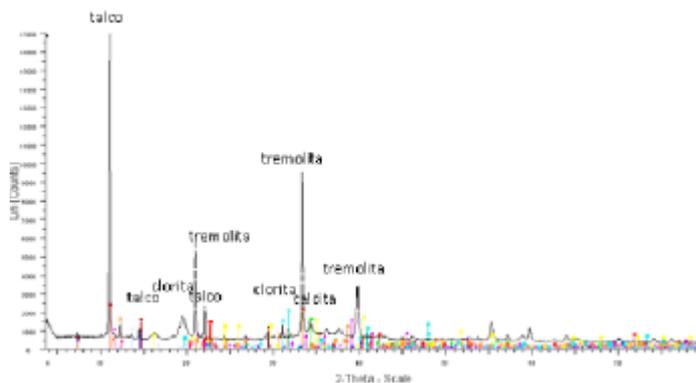


Figura 5. (a) Fotomicrografia da lâmina delgada. Figura 5 (b) Difratograma de raios-X para amostra estudada.

4.4 Índices físicos

Os resultados obtidos para as tesselas mostraram que os valores para porosidade e absorção eram muito elevados, cerca de 4% e 2%, respectivamente, estando fora dos padrões normais da rocha sã, especificados no projeto IDEAS (1994), que gera em torno de 0,5%, indicando o alto grau de alteração do material.

4.5 Determinação dos microrganismos

A abordagem microbiológica na estátua do Cristo Redentor consistiu, num primeiro momento na observação visual para localização de colônias de fungos e/ou líquens. Foram visualizados diferentes tipos de líquens, com características morfológicas distintas, conforme pode ser observado na Figura 6. São eles: *Penicillium sp.*, *Fusarium sp.*, *Cladosporium* e *Aspergillus*. A Ação do metabolismo produz ácidos orgânicos e inorgânicos,

alteração do pH local, corrosão por aeração diferencial entre outros, que combinados com a atuação de chuvas, ventos, sprays salinos, podem por sua vez acelerar o processo de degradação das rochas em questão.



Figura 6. Assembleias de diferentes microorganismos encontrados no monumento.

4.6 Processo de hidrofugação

O uso da resina hidrofugante teve um papel preponderante, pois mostrou que, indubitavelmente, atua reduzindo os efeitos da porosidade (Figura 7), devido possivelmente à interação entre o hidrofugante e a assembléia de minerais que constituem as tesselas originais, ou também devido à absorção causada pelo elevado grau de fraturamento. É possível que tais tesselas apresentem elevada degradação em sua estrutura de modo que as mesmas possam ter muitos “vazios”, acarretando em um menor valor de massa específica, o que possivelmente reflete nos maiores valores de absorção e porosidade, e, conseqüentemente, na maior absorção de hidrofugante. A predominância cromática (verde-amarelada) não foi afetada significativamente após a aplicação do hidrofugante, houve apenas um leve escurecimento que foi reduzido em pouco tempo (Tabela 1). Além disso, o uso desse protetivo (hidrofugante), possivelmente reduzirá as chances de formação de colônias de microorganismos, já que impedirá a permanência da água na superfície do monumento.



Figura 7: Efeito da água em superfície hidrofugada e não hidrofugada.

Tabela 1: Média dos resultados dos ensaios

		Sem Resinagem	Com Resinagem	Redução em %
Porosidade		4,07 %	0,49 %	88 %
Absorção		2,32 %	0,17 %	93 %
				Variação
Colorimetria	a*	-0,11	-1,49	-
	b*	5,3	8,45	-
	L*	53	37	Escura

5. Conclusões

Diante das análises geradas ao longo do processo, foi possível concluir que o estado de alteração das tesselas que recobrem o Cristo Redentor se deve principalmente à ação de microorganismos, que associados a alta umidade do local, se proliferam e sintetizam ácidos durante o seu metabolismo alterando consubstancialmente a

estrutura da rocha. A rocha alterada fica vulnerável para a ação do ataque de umidade e salinidade do local acentuando ainda mais o processo de deterioração da rocha.

Conclui-se ainda, que a aplicação do hidrofugante foi um procedimento importante já que reduziu a penetração de água na rocha e, conseqüentemente, impedirá a proliferação microbológica e a vulnerabilidade da rocha. Portanto, comprova-se a importância da caracterização tecnológica como ferramenta que pode ser aplicada nos estudos de restauro de rochas.

6. Agradecimentos

Ao CNPq pela bolsa de iniciação científica, ao IPHAN e à CONE Engenharia.

7. Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12.766/92**: rochas para revestimento, determinação da massa específica aparente, porosidade aparente e absorção d'água aparente. Rio de Janeiro. 1992.

_____. **NBR 12.768/92**: rochas para revestimento, análise petrográfica. Rio de Janeiro. 1992.

_____. **NBR 8094/83**: material metálico revestido e não revestido – Corrosão por exposição à névoa salina. Rio de Janeiro. 1983.

_____. **NBR 8095/83**: material metálico revestido e não revestido – Corrosão por exposição à umidade. Rio de Janeiro. 1983.

FRASCÁ, M. H. B. O. Caracterização tecnológica de rochas ornamentais e de revestimento: estudo por meio de ensaios e análises e das patologias associadas ao uso. **III SIMPÓSIO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO NORDESTE**. Recife - PE . 2002

IDEAS – Investigations into devices against environmental attack on stones. A German-Brazilian project carried out under the auspices of the German-Brazilian governmental agreement on cooperation in Scientific Research and Technological Development. 1994.

KUHL, M. B. História e Ética na Conservação e na Restauração de Monumentos Históricos. São Paulo, **Heritage**, v.1. n.º.1. p. 16-40. 2006.

MARANHÃO, L. F & LOH, K. O uso de hidrofugantes em materiais de construção porosos. Revista Técnica. 2010.

YARDLEY, D. W. B. **Introdução à petrologia metamórfica**. 2ªed. Editora. Universidade Nacional de Brasília - UNB. 2004.