

AValiação DA ALTERABILIDADE DAS ROCHAS DA FACHADA POSTERIOR DO MOSTEIRO DE SÃO BENTO

Raíssa Vieira Lima

Aluna de Graduação de Engenharia Química 7º período,
Universidade Unigranrio

Período PIBIC/CETEM: agosto de 2014 a julho de 2015

rvlima@cetem.gov.br

Rosana Elisa Coppedê Silva

Orientadora, Geóloga, D.Sc.

rosanacoppede@gmail.com

Roberto Carlos da Conceição Ribeiro

Co-orientador, Engenheiro Químico, D.Sc.

rcarlos@cetem.gov.br

Abstract

The Rio de Janeiro has important historical monuments that were built during the colonial period with dimension stone. The Monastery of St. Benedict is an example of this type of construction, where the performance of natural and man-made agents affect the physical integrity of the rocks that make up its facade. These rocks are suffering the degradation process, under the influence of exposure to coming salinity Bay of Guanabara and the pollution emitted by vehicles circulating at high Perimeter. Currently, the monastery goes through an internal and external restoration, in order to preserve this important heritage. This study aims to determine the causes for alteration of rocks on the rear facade of the Monastery and evaluation of consolidating and repellents for their restoration and protection. Therefore, tests were conducted to porosity determinations, water absorption, chemical composition by X-ray fluorescence (XRF), mineralogical composition by X-ray diffraction (XRD) and chemical composition of the wash water. The results showed the presence of gypsum causing changes in porosity values around 20% and water absorption about 10 %. These amounts are reduced by the consolidation and waterproofing products used for the restoration of the rocks.

Keywords: Monastery of St. Benedict, degradation, restoration

Resumo

O Rio de Janeiro apresenta importantes monumentos históricos que foram construídos no período colonial com rochas ornamentais. O Mosteiro de São Bento é um exemplo desse tipo de construção, onde a atuação dos agentes naturais e antrópicos afetam a integridade física das rochas que compõem a sua fachada. Estas rochas estão sofrendo o processo de degradação, sob a influência da exposição à salinidade vinda da baía de Guanabara e pela poluição emitida pelos veículos que circulavam no elevado da Perimetral. Atualmente, o Mosteiro passa por uma restauração interna e externa, com o intuito de preservar este importante patrimônio. O presente trabalho tem como objetivo determinar as causas de alterabilidade das rochas na fachada posterior do Mosteiro e avaliação de consolidantes e hidrofugantes para seu restauro e proteção. Para tanto,

foram realizados ensaios para determinações de porosidade, absorção de água, composição química por fluorescência de raios-X (FRX), composição mineralógica por difração de raios-X (DRX) e composição química da água de lavagem. Os resultados mostraram presença de gipsita provocando alterações nos valores de porosidade, em torno de 20% e absorção de água, cerca de 10%. Tais valores são reduzidos com os produtos de consolidação e hidrofugação utilizados para o restauro das rochas.

Palavras chave: Mosteiro de São Bento, degradação, restauração.

1. INTRODUÇÃO

A história do mosteiro começou em 1590, quando foi doado aos monges beneditinos, que haviam vindo do Mosteiro de São Bento de Salvador em outubro de 1589, um vasto terreno no Centro da cidade do Rio de Janeiro que incluía o atual Morro de São Bento.

As rochas utilizadas como matéria-prima, gnaiss facoidal, granito gnaiss e leptinito, perfazem as molduras das janelas e balcões e foram provenientes do Morro da Viúva, no atual bairro do Flamengo (ALMEIDA; PORTO, 2012).

Sua fachada apresenta aspecto sóbrio e praticamente sem ornamentação, utilizando-se de elementos geométricos simples. É composta em função da separação compartimentada da superfície, onde a alvenaria caiada contrasta com a pedra talhada.

A importância das rochas ornamentais na arquitetura é histórica, sendo utilizada em edificações como elementos estruturais ou como revestimentos internos e externos. Os materiais rochosos usados tendem a modificar e degradar, naturalmente, com o tempo. A degradação das rochas é mais pronunciada em centros urbanos e industriais, pois o ambiente urbano acelera e modifica os processos de alteração desses materiais, ou seja, altera e acelera os processos naturais (FRASCÁ, 2003).

2. OBJETIVOS

O trabalho tem como objetivo identificar as causas de alterabilidade das rochas da fachada posterior do Mosteiro de São Bento, bem como verificar a eficácia dos produtos de consolidação e hidrofugação utilizados para a restauração das rochas.

3. METODOLOGIA

3.1 Amostragem

A Figura 1 representa a planta da fachada posterior onde foram coletados pequenos fragmentos de rochas que estavam se desprendendo da parte inferior dos balcões (B). Estas amostras de rochas foram retiradas manualmente com espátulas sendo recolhidas em placas de petri e armazenadas em potes de PP estéril. Foram avaliados também três blocos de rochas que, por sua integridade, foram considerados como rochas sãs para comparação. Utilizou-se o consolidante silicato de potássio diluído em 90% em água aplicado em 3 demãos com intervalo de 3 horas entre demãos. E após 24h, o silicato de etila a 28% foi aplicado em 2 demãos com intervalo de 4h entre demãos. Após a consolidação, foi feita a hidrofugação realizada 2 demãos, com intervalo de 30 minutos e utilizou-se o *Repel'acqua*, incolor à base de silano-siloxano, disperso em água. Foram determinados os valores de porosidade e absorção de água antes e após a consolidação e, em seguida, após a hidrofugação, tanto para rochas sãs e para os fragmentos retirados da parte inferior dos balcões.

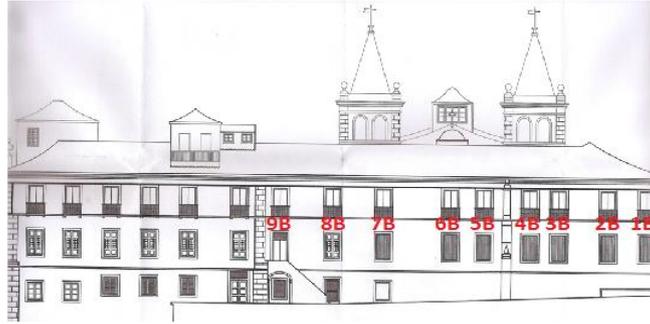


Figura 1: Fachada posterior

3.2 Caracterização das amostras

3.2.1 Caracterização química e mineralógica

Para determinação dos elementos químicos presentes nos fragmentos de rochas foram realizadas a técnica de fluorescência de raios-X (FRX) e para determinação dos compostos mineralógicos a técnica de difração de raios-X (DRX).

3.2.2 Água de lavagem

Algumas superfícies das rochas de balcões foram lavadas com água deionizada e esfregadas com escova de cerdas macias para recolhimento da água de lavagem. Foram coletadas amostras de pontos com sujidade negra e em pontos com suspeita de deposições salinas. As águas foram então armazenadas em potes de PP estéril e avaliadas por absorção atômica.

3.3.3 Índices físicos

Neste ensaio, os corpos de prova foram secos em estufa a 80°C por 24h. Posteriormente, foram pesados em uma balança de precisão, determinando o peso seco. Em seguida, foram submersos em água destilada por 24h e, assim, obtendo-se o peso saturado e o peso submerso. Por meio desses valores, pode-se determinar a porosidade e absorção de água com base na norma ABNT 12.768/92. Este ensaio foi realizado antes e após da consolidação e, novamente, após a hidrofugação.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização química e mineralógica

A avaliação mineralógica das amostras da degradação dos balcões por Difração de Raios-X apresentaram: microclina, albita, ortoclásio, quartzo, anortita, muscovita e gipsita. A gipsita pode provir de poluentes das atmosferas urbanas, como enxofre emitido pelos automóveis que circulavam na Perimetral, que ao entrar em contato com a superfície da rocha, geraram ao longo dos anos o sulfato de cálcio provocando a degradação das rochas devido à cristalização da gipsita nas rochas. Entretanto, nas amostras sãs não foi observada a presença da gipsita.

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados da análise química dos fragmentos de rochas dos balcões, avaliados por Fluorescência de Raios-X. Nela observa-se o aumento da concentração de CaO, possivelmente relacionada com a formação de um novo mineral, como a gipsita, associado ao teor de SO₃, que também aumenta, além da diminuição do teor de SiO₂. Tal fato pode ser observado principalmente nos balcões 3B, 7B e 9B.

Tabela 1: Análise Química (%) das amostras desfragmentadas dos balcões

	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	*PPC
Balcão 1B	3,1	1,1	15,2	70,9	0,12	3,2	3,1	2,1	0,1	0,9	0,1
Balcão 2B	3,4	1,2	13	61,2	0,13	4,3	3,2	1,8	0,1	1	0,1
Balcão 3B	3,2	0,9	11,7	60,9	0,19	8,8	3,1	6,7	0,1	0,9	3,5
Balcão 4B	3,9	0,5	14,9	74,5	0,11	0,4	3,4	1,2	0,2	0,7	0,1
Balcão 5B	3,8	0,5	14,4	73,0	0,28	0,3	3,4	1,9	0,2	2	0,1
Balcão 6B	3,5	0,6	13,7	66,9	0,29	5,3	3,6	3,7	0,3	1,8	0,1
Balcão 7B	3	0,6	11,6	65,4	0,17	6	3,7	4,1	0,3	1,7	3,3
Balcão 8B	3,8	0,5	14,4	67,5	0,12	4,5	4,5	2,7	0,1	1,1	0,6
Balcão 9B	3,1	0,3	11,9	60,5	0,18	10,5	3,8	5,3	0,1	0,85	3,4

4.2 Água de lavagem

Na Tabela 3 estão apresentados os resultados da análise química da água de lavagem de balcões da fachada posterior. Pode-se verificar que a concentração de sais é bastante intensa, caracterizada pelos altos teores de sódio, cálcio, potássio e cloreto. Tais sais estão relacionados com a ação do sal marinho na superfície das rochas. Além disso, observam-se altas concentrações de sulfato que podem estar relacionadas com a poluição emitida pelos veículos que circulavam na Perimetral, bem como também com a presença da gipsita como determinado na análise mineralógica. A presença dos nitratos pode estar associada à poluição atmosférica.

Tabela 3: Análise química (concentração (mg.L⁻¹) dos elementos.

	Cl ⁻	(SO ₄) ²⁻	(NO ₃) ⁻	Ca ²⁺	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺
Balcão 1B	88	232,3	33,8	157,2	3,3	71,6	18,1
Balcão 2B	65	433,4	46,1	178,1	4,4	82,7	7,6
Balcão 5B	9,2	527	12,7	148,1	2,6	9,3	7,1
Balcão 6B	73,2	252,6	43,2	141,2	3,1	61,4	21,3
Balcão 8B	5,2	6	0	22,1	1,8	3,8	2,5
Balcão 9B	122	998,3	12,7	132,3	2,9	92,9	27,4

4.3 Índices físicos

A Tabela 4 apresenta os resultados de porosidade e absorção de água das amostras sãs do Mosteiro de São Bento e a Figura 2 apresenta os resultados dos fragmentos dos balcões, antes e após a passagem de consolidante e hidrofugante. Verifica-se que as três amostras de rochas sãs apresentam resultados adequados, como descritos em Frazão e Farjallat (1995), que recomendam valores inferiores a 1% para porosidade e valores inferiores a 0,4% para absorção de água. Considera-se que a passagem do consolidante e do hidrofugante nas amostras sãs indicaram pequenas diminuições nestes valores, confirmando a integridade das rochas.

Tabela 4: Índices físicos das amostras sãs antes e após a passagem de consolidantes e hidrofugantes

Amostras	Porosidade	Porosidade consolidada	Porosidade hidrofugada	Absorção de água	Absorção consolidada	Absorção hidrofugada
Rocha sã 1	0,74	0,63	0,51	0,39	0,24	0,2
Rocha sã 2	0,37	0,33	0,28	0,14	0,14	0,1
Rocha sã 3	0,5	0,2	0,39	0,19	0,1	0,14

A Figura 2 indica que as rochas que compõem os balcões encontram-se com valores de porosidade e absorção de água bastante alterados. Observa-se, por exemplo, que o balcão 9B é o mais alterado, apresentando índices de porosidade em torno de 20% e os outros balcões apresentam valores entre 9% e 15%. O mesmo verifica-se para absorção de água, cerca de 10% para o balcão 9B e entre 3% e 8% para os outros. Esses resultados indicam valores distantes apresentados por Frazão e Farjallat (1995). Após passar o consolidante (silicato de potássio associado ao silicato de etila a 28%) verifica-se que os índices de porosidade e absorção reduzem consideravelmente. Após a passagem do hidrofugante (silano-siloxano) esses valores são reduzidos ainda mais, ficando de acordo com os valores estabelecidos por Frazão e Frajallat (1995).

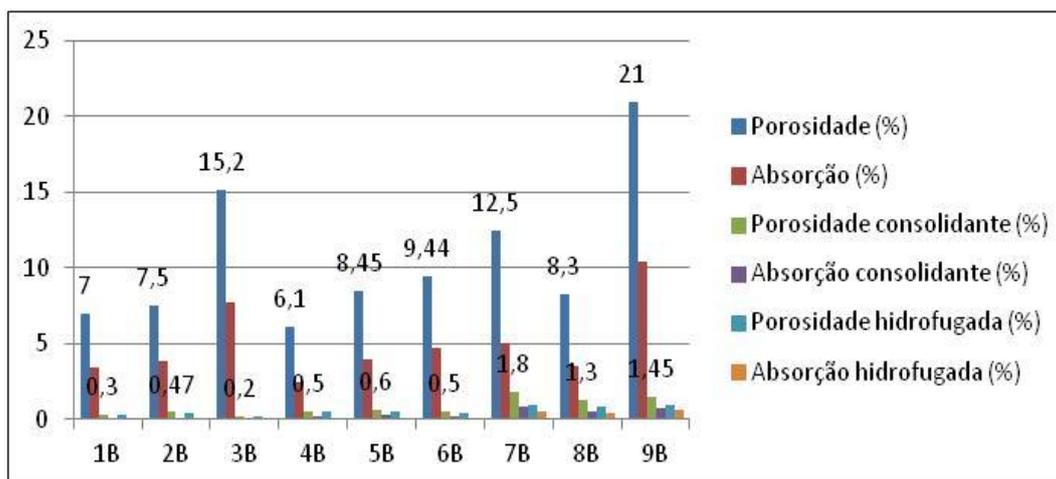


Figura 2: Índices físicos das rochas dos balcões antes e após a passagem de consolidante e hidrofugante.

5. CONCLUSÕES

Pode-se concluir que as rochas que compõem a fachada posterior do Mosteiro de São Bento estão sofrendo ação de ataque salino e de deposição de SO_2 . Observou-se que as alterações causadas pelos poluentes mencionados geraram gipsita no interior da rocha, causando degradação dos balcões. A consolidação dos balcões foi necessária e eficiente, o que indicou reduções nos valores de porosidade e absorção de água, conferindo maior vida útil às rochas. A passagem do hidrofugante é capaz de reduzir os valores de porosidade e absorção de água, entretanto o consolidante já havia conseguido realizar essa redução.

6. AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo apoio financeiro, ao CETEM pela infraestrutura e a todos os que contribuíram para a realização deste trabalho.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, (1992) NBR 12.768/92: **Rochas para revestimento, análise petrográfica**, Rio de Janeiro.

ALMEIDA, S.; PORTO JR. Cantarias e pedreiras históricas do Rio de Janeiro: instrumentos potenciais de divulgação das Ciências Geológicas. **Terrae Didática**, v. 8, 2012, p. 3-23.

FRASCÁ, M.H. **Estudos experimentais de alteração acelerada de rochas graníticas para revestimento**. Tese de Doutorado. IGC-USP. Orientador: Jorge Yamamoto. São Paulo. 281p. 2003.

FRAZÃO, E.B.; FARJALLAT, J.E.S.. Seleção de pedras para revestimento e propriedades requeridas. **Rev. Rochas de Qualidade**. nº 124:8p. 1995. São Paulo.