

# DIAGNÓSTICO DA DEGRADAÇÃO DO CALCÁRIO LIOZ NOS CAPITEÍS JESUITICOS DO MORRO DO CASTELO

## LIOZ LIMESTONE DECAY DIAGNOSIS ON THE CASTELO HILL'S JESUITIC CAPITELS

**Julia Amado Brandão**

Aluna de Graduação em Conservação e Restauro, 5º período

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Período PIBITI/CETEM: outubro de 2024 a agosto de 2025

julia.amado22@outlook.com

**Nuria Fernández Castro**

Orientadora, Enga. de Minas, D.Sc.

ncastro@cetem.gov.br

**Marcelle Lemos Amorim de Cerqueda**

Coorientadora, Geóloga,

cerquedapei2@gmail.com

### RESUMO

A coleção de capitéis da inacabada igreja dos jesuítas no Morro do Castelo (1744), em Calcário Lioz, exposta no Museu da Geodiversidade (MGE), constitui um relevante patrimônio histórico, artístico e científico, cuja preservação é necessária para a manutenção da memória cultural brasileira. O objetivo deste trabalho foi avaliar a evolução dos processos de degradação dos capiteis desde o diagnóstico realizado em 2015, visando subsidiar estratégias conservativas eficazes. Foi realizado o mapeamento de danos de cada capitel, analisadas águas de lavagem e resíduos sólidos por espectrometria ICP-Plasma, difração de raios-X (DRX), e fluorescência de raios-X, e medidas, in loco, a absorção de água (Tubo de Karsten e Esponja de contato), a dureza Leeb e a velocidade de pulsos ultrassônicos (VPU). Foram mapeados 24 padrões distintos de degradação, sendo recorrentes as fissuras, fraturas e perdas de material. A absorção de água variou significativamente conforme a presença de estilolitos e fissuras, com valores entre 2,07 e 7,70 kg/m<sup>2</sup> (Karsten) e 2,36 a 11,28 mg/cm<sup>2</sup>.min (esponja). A dureza média foi de  $434 \pm 121$  HLD, inferior ao valor de referência para o Lioz São (629 HLD), mas compatível com os dados de 2015. A VPU revelou que, apesar das fraturas superficiais, o núcleo das peças permanece estruturalmente íntegro. O trabalho está em andamento, mas pode se concluir, preliminarmente, que, embora o Calcário Lioz apresente coesão interna satisfatória, as manifestações superficiais de degradação demandam monitoramento para ações conservativas específicas. O estudo reforça a relevância da conservação preventiva de bens patrimoniais expostos ao ambiente, especialmente aqueles de elevado valor histórico e científico.

**Palavras chave:** Pedra do patrimônio, conservação, ensaios não-destrutivos.

### ABSTRACT

The collection of capitals from the unfinished Jesuit church in Morro do Castelo (1744), carved from Lioz Limestone, and exhibited at the Museum of Geodiversity (MGE), constitutes a significant historical, artistic, and scientific heritage, whose preservation is essential for maintaining Brazilian cultural memory. This study evaluated the evolution of the Lioz degradation processes since the diagnosis carried out in 2015, in order to support effective conservation strategies. The damage mapping of each capital was carried out. Washing water and solid residues were analysed using ICP-Plasma spectrometry, X-ray diffraction, and X-ray fluorescence. Water absorption (Karsten tube and contact sponge), Leeb hardness, and ultrasonic pulse velocity (UPV) were measured in situ. Twenty-four distinct decay patterns were mapped, including recurrent cracks, fractures and material losses. Water absorption varied

significantly according to the presence of styloliths and fissures, with values ranging from 2.07 to 7.70 kg/m<sup>2</sup> (Karsten) and 2.36 to 11.28 mg/cm<sup>2</sup>.min (sponge). The average hardness was 434 ± 121 HLD, which is lower than the reference value for sound Lioz but consistent with the 2015 data. The UPV revealed that, despite the superficial fractures, the core of the pieces remains structurally intact. The results obtained so far in this ongoing research allow us to conclude, preliminarily, that although Lioz Limestone exhibits satisfactory internal cohesion, the superficial manifestations of degradation necessitate monitoring for targeted conservation measures. The study reinforces the importance of preventive conservation for heritage assets exposed to environmental factors, particularly those of high historical and scientific value.

**Keywords:** Heritage stone, conservation, non-destructive testing.

## 1. INTRODUÇÃO

A conservação de bens patrimoniais é fundamental para a manutenção da memória cultural e histórica de uma sociedade. Há aproximadamente uma década, o Museu da Geodiversidade – M GEO, vinculado ao Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), realizou um estudo para avaliar o estado de conservação de oito capitéis de uma coleção cedida em comodato pelo Museu D. João VI. A coleção de peças de cantaria, em Calcário Lioz, é proveniente da que seria a nova igreja dos jesuítas no Morro do Castelo, cuja construção iniciou em 1744, mas nunca foi concluída (LUNARDI et al., 2016). A Companhia de Jesus desempenhou papel fundamental na formação histórica, cultural, artística e social do Brasil (HOLANDA, 1995). No Rio de Janeiro, fundado em 1565, os jesuítas estabeleceram-se no Morro do Castelo, onde construíram o Colégio e a Igreja de São Sebastião, que cerca de 40 anos depois foi substituída pela Igreja de Santo Inácio. O Morro do Castelo, devido à sua posição privilegiada — elevado e central —, funcionava como um ponto estratégico para a defesa da cidade e também como um centro político e religioso. A arquitetura jesuítica no Morro do Castelo seguia um programa funcional rigoroso, dividido em três partes: a igreja; as salas para ensino e oficinas; e os espaços residenciais e dependências auxiliares. Essa simplicidade funcional aliava-se a um simbolismo religioso potente, que se manifestava nas proporções, disposição espacial e elementos decorativos da construção. Em 1744, os jesuítas iniciaram a construção de uma nova igreja no Morro do Castelo, obra de grande ambição que se destacava pelas fundações profundas e pelos sofisticados detalhes arquitetônicos revelando um elevado nível técnico e estético. No entanto, a expulsão da ordem em 1759 interrompeu a obra, que permaneceu inacabada e abandonada por décadas até ser reaproveitada em 1846 para abrigar o Observatório Astronômico Imperial. Este iniciou suas atividades científicas em 1870, momento importante para a ciência brasileira, realizando as primeiras pesquisas sistemáticas em astronomia, meteorologia e magnetismo terrestre no país. Em 1922, no contexto de amplas reformas urbanísticas, o Morro do Castelo foi completamente demolido, resultando na perda de grande parte do patrimônio colonial ali existente. O Observatório Astronômico foi transferido para o bairro de São Cristóvão, mas fragmentos arquitetônicos como portais em pedra Lioz, esculturas em madeira e capitéis foram preservados e hoje encontram-se em museus e instituições educacionais, garantindo a memória material da presença jesuítica na cidade (SILVA, 2013).

A coleção exposta ao ar livre, em um pátio do M GEO (Figura 1), consiste em oito capitais do estilo compósito, que combina elementos das ordens jônica e coríntia da arquitetura clássica, uma peça de capitel com as volutas e duas bases de pilastra.



**Figura 1:** Vistas parciais dos capitéis expostos no MGEO.

A preservação desses elementos artísticos é fundamental para a manutenção da historicidade e para o entendimento da importância cultural da obra jesuítica. Além disso, o material utilizado — o Calcário Lioz, é uma rocha portuguesa com grande conteúdo fossilífero mas durável e com amplo uso no patrimônio cultural de Portugal e de países do antigo Império colonial português, como o Brasil e, por isso, reconhecida como Pedra do Patrimônio mundial pela União Internacional das Ciências Geológicas — IUGS (MOZER et al., 2022), o que confere às peças importante valor científico.

## 2. OBJETIVO

Avaliar a evolução dos processos de degradação do Calcário Lioz da coleção de capitéis jesuíticos expostos no MGEO, por meio da comparação com o diagnóstico realizado em 2015, a fim de fornecer subsídios técnicos para o desenvolvimento de estratégias conservativas eficazes.

## 3. METODOLOGIA

A metodologia adotada neste estudo baseia-se no arcabouço teórico de Barbara Appelbaum (2010), que estabelece quatro eixos para a análise e conservação de objetos patrimoniais: (1) observação direta e caracterização física; (2) estudo dos processos produtivos, propriedades dos materiais e mecanismos de deterioração; (3) investigação histórica do objeto e análise documental; e (4) consulta a referências bibliográficas e contextos culturais correlatos. Inicialmente, foram realizadas visitas técnicas para documentação fotográfica e mapeamento das alterações visuais das peças, associadas a um levantamento bibliográfico e documental sobre a coleção, com ênfase no estudo prévio. Para iniciar o processo de documentação, foi elaborada uma ficha de campo com base no Glossário Ilustrado das Formas de Deterioração da Pedra (ICOMOS, 2008) que serviu para registrar o mapeamento de danos de cada capitel.

Foi realizada coleta dos resíduos da lavagem superficial, com água destilada e escova de cerdas macias, em todos os capitéis e, especificamente, em áreas que apresentavam depósitos ou crostas, com o fim de determinar a presença de compostos exógenos à rocha. A água coletada foi analisada por ICP-Plasma e o resíduo sólido, após filtragem, por difração de raios-X — DRX, na Coordenação de Análises Minerais — COAMI do CETEM. Pequenas lascas desprendidas dos capitéis, que se encontravam no piso do pátio, foram coletadas e analisadas por DRX e Fluorescência de raios-X também na COAMI do CETEM.

A capacidade de absorção de água do Lioz das peças foi mensurada por dois métodos comumente utilizados em pedras do patrimônio in loco: o Tubo de Karsten, em que um tubo de vidro graduado, com formato de cachimbo, é afixado na superfície da rocha com material inerte e selante, após o qual é preenchido com 4 ml de água destilada e medida a água absorvida em função do tempo, pela leitura na graduação do tubo; e Esponja de contato, no qual uma esponja de fibra natural em uma caixa rígida é carregada com água destilada e colocada em contato com a superfície da rocha, obtendo-se a quantidade de água absorvida após um tempo pré-determinado em testes prévios, que, no caso, foi de 60 segundos, pela pesagem antes e depois

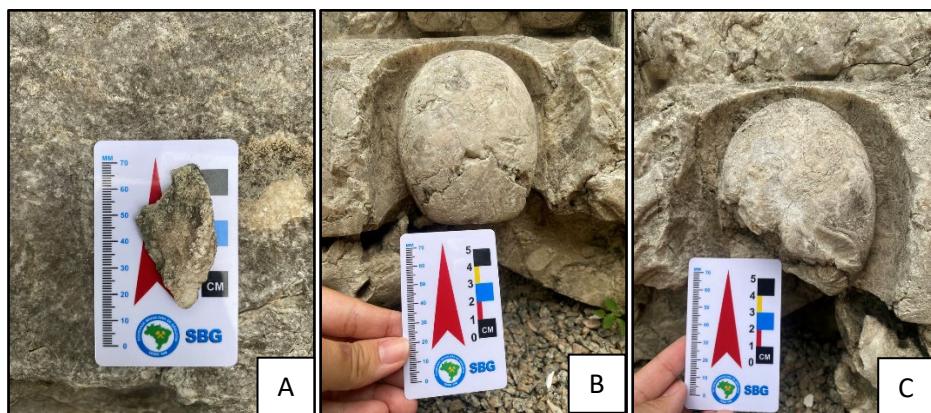
em balança digital de precisão de 0,001g. Foram realizadas 6 medições em três peças com o primeiro e 66 medições em 3 das peças com o segundo.

Foi medida também a Dureza superficial Leeb, com aparelho Equotip 3 da marca Proceq e sonda D (impacto de 11,5 N.mm), em todas as faces das 11 peças, calculando-se o valor médio da face para 40 impactos nas menores e 60 nas maiores, conforme análise estatística dos dados obtidos em um teste preliminar com 400 medições. Também foi testada a sonda C (3 N.mm) e, após avaliação da superfície com lupa de 50 aumentos, verificou-se que nenhuma das sondas deixava marca na rocha, decidindo-se pela sonda D, a mesma utilizada no estudo de 2015. Por último, para verificar a coesão interna das peças foi medida a velocidade de pulsos de ondas ultrassônicas — VPU, em três das peças, com os transdutores posicionados em faces opostas (método direto) realizando-se medições paralelas ao longo e largo das peças, com equipamento Proceq Pundit PL200 e transdutores de ondas longitudinais (ondas p) de 54 kHz.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os capiteis são de Calcário Lioz, rocha microcristalina bioclástica formada há aproximadamente 100 Ma, baixa porosidade e durável, que apresenta variedades nas cores marfim, bege, amarela e vermelha em diversas qualidades, em função da presença de minerais argilosos e estilolitos, que são que são fissuras serrilhadas produzidas naturalmente durante a formação da rocha pela dissolução de minerais (MOZER et al., 2022). O Lioz dos capiteis é o marfim, de boa qualidade, sem presença aparente de argilas, com estilolitos, em sua maioria fechados.

Ao todo, foram identificados 24 tipos distintos de padrões de degradação conforme o glossário do ICOMOS (2008): fendas (fissuras, fraturas, craquele e incisão); destacamentos em área (fragmentação em esquírolas, lascagem e lacunas); perdas de material (erosão, erosão diferencial, perda de matriz, alveolização, microcarstificação, arredondamento e sugaring); alterações cromáticas e depósitos (manchas, alteração cromática, coloração anômala, depósitos, sujidade e incrustações); e colonização biológica (plantas, liquens e biocolonização). Na base de vários capiteis encontraram-se diversos fragmentos de pequeno tamanho (Figura 2 A) e, em todos os capiteis se observaram fissuras e fraturas (decorrentes de estilolitos abertos ou não) e bastantes lacunas nas partes ornamentadas (Figura 2B e 2C). Comparando com as poucas imagens disponíveis do estudo anterior, o estado de degradação, no entanto, parece semelhante.



**Figura 1:** Formas de degradação comuns nos capiteis:  
A) Fragmentação em esquírola; B) Fraturas; e C) Lacuna

As análises das águas e resíduos de lavagem não revelaram contaminação por elementos exógenos com exceção de 4,7 mg/l de fósforo em um dos capiteis que pode ser devido à contaminação biológica, a ser analisada na continuação do projeto, e de minerais argilosos em uma mancha avermelhada. As lascas eram compostas quase integralmente por calcita.

A absorção de água pelo método do tubo de Karsten resultou em valores de 2,07 kg/m<sup>2</sup> a 7,70 kg/m<sup>2</sup> em 60 minutos de ensaio, sendo o menor valor o de uma área sem fissuras aparentes, mas com filme escuro superficial, os intermediários em áreas com estilolitos ( $\approx 4$  kg/m<sup>2</sup>) ou fissuras preenchidas ( $\approx 6$  kg/m<sup>2</sup>) e o maior valor em uma área com concentração de fósseis e fissuras. Neste ensaio, normalmente, há uma taxa de absorção inicial linear que diminui até zero posteriormente, o que foi observado em todas as áreas medidas com exceção da área com filme. Nesse caso, após quinze minutos de ensaio, a taxa de absorção aumentou, indicando que o filme retardou a absorção inicial, como já observado em casos de biofilmes (WARSHEID; LEISEN, 2009). Os valores de absorção de água pelo método da esponja encontraram-se no intervalo de 2,36 a 11,28 mg/cm<sup>2</sup>.min, com valor médio de  $5,31 \pm 2,16$  mg/cm<sup>2</sup>.min. Os maiores valores aconteceram nas áreas com fissuras e estilolitos e os menores em áreas sem essas irregularidades. Os dados aqui obtidos serão comparados com os resultados de análises em rocha sá no laboratório e servirão para monitoramento futuro, já que não foram encontradas referências comparáveis no estudo anterior nem na bibliografia.

A dureza Leeb média do total de quase 4.000 medições nos capiteis foi  $434 \pm 121$  HLD, e não foram encontradas diferenças significativas entre as peças, com médias de 395 a 486 HLD e desvios-padrão próximos 100 HLD. Este resultado mostra a degradação superficial da rocha após quase 300 anos de exposição ao ambiente, quando comparada ao valor de referência obtido em Calcário Lioz são no LACON ( $629 \pm 51$  HLD). No entanto, o valor atual é semelhante ao de 2015 que foi de 450 HLD (LUNARDI et al., 2016). Por último, a VPU realizada, por enquanto em três peças, demonstrou que as fraturas observadas nos capiteis não progrediram para o interior, e que a rocha está ainda compacta internamente, tendo-se obtido velocidades de 5.000 a 6.000 m/s, compatíveis com as da rocha sá em medições no laboratório.

Os locais onde estão sendo realizados os ensaios foram registrados para a análise posterior da influência dos fatores ambientais nas alterações de cada face das peças em função da sua posição no pátio, bem como para o futuro monitoramento. Ainda serão realizadas medições nos outros capiteis que devem ser completadas com a determinação de cor e brilho, análises químicas com FRX portátil e coletas de amostras dos filmes e crostas para análise química e microbiológica.

## 5. CONCLUSÕES

Neste estudo, em andamento, foi possível verificar que o Calcário Lioz dos capiteis jesuíticos expostos no Museu da Geodiversidade, embora coeso ainda no interior das peças, apresenta formas de degradação superficiais que podem requerer intervenção. Especificamente, as fraturas fissuras observadas no mapeamento de danos, constituem pontos de fragilidade que permitem maior entrada de água, como constatado nos ensaios de absorção, tendendo a aumentar pela dissolução da calcita, componente principal da rocha e levar a maiores perdas de material na forma de lacunas nos ornatos e lascas como as encontradas no piso.

## 6. AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela bolsa de iniciação tecnológica, aos colegas do LACON pela ajuda nas análises e ao Museu da Geodiversidade pela oportunidade e apoio.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APPELBAUM, B. **Conservation Treatment Methodology: Using Materials Science to Guide Treatment**. 2. ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2010.

HOLANDA, Sérgio Buarque de. **Raízes do Brasil**. 26. ed. S.P: Companhia das Letras, 1995.

LUNARDI, B.L.S., GALLOIS, C.J., MANSUR, K.L., RIBEIRO, R.C., HAAS, Y.C. Conservação preventiva de monumentos pétreos: O caso dos capitéis da nova igreja dos jesuítas do morro do castelo, Rio de Janeiro. **Geonomos**, v. 24, 2016, p. 209-216.

MOZER, A.G.S., CASTRO, N.F., MANSUR, K.L., & RIBEIRO, R.C.C. (2022). Mapping Lioz Limestone in Monuments at Rio de Janeiro, Brazil. **Geoheritage**, 14(50), 2022. <https://doi.org/10.1007/s12371-022-00682-z>.

SILVA, C.A.T. **A igreja de Santo Inácio: cem anos de história**, 1912-2012. Rio de Janeiro: Colégio Santo Inácio, 2013. 36 p.

WARSHEID, T; LEISEN, H. Microbiological studies on stone deterioration and development of conservation measures at Angkor Wat. **Smithsonian contributions to museum conservation**, n. 2, p. 1-18. ISSN 1949-2359.