

# SÉRIE Tecnologia Ambiental

## Estudo do material pétreo da escada principal do Museu de Astronomia para orientação ao restauro

Rosana Elisa Coppedê Silva  
Roberto Carlos da Conceição Ribeiro  
Manuella de Lima Ribeiro  
Vitória da Silva Freitas  
Andrew Christian Oliveira dos Santos  
Ana Rafaela Soalheiro Varella Pitta Ribeiro  
Lívia Manuela Gomes Caetano  
Beatriz Beltrão Rodriguez



# **SÉRIE TECNOLOGIA AMBIENTAL**

**Estudo do material pétreo da escada principal do  
Museu de Astronomia para orientação ao restauro**

## **PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA**

**Luiz Inácio Lula da Silva**

Presidente

## **MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO**

**Luciana Santos**

Ministra de Estado

**Luis Manuel Rebelo Fernandes**

Secretário Executivo

**Isa Assef dos Santos**

Subsecretária de Unidades de Pesquisa e Organizações Sociais

## **CETEM – CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL**

**Silvia Cristina Alves França**

Diretora

**Maurício Moutinho da Silva**

Coordenador de Administração - COADM

**Andréa Camardella de Lima Rizzo**

Coordenadora de Planejamento, Gestão e Inovação - COPGI

**Paulo Fernando Almeida Braga**

Coordenador de Processamento e Tecnologias Minerais - COPTM

**Marisa Nascimento**

Coordenadora de Processos Metalúrgicos e Ambientais - COPMA

**Leonardo Luiz Lyrio da Silveira**

Coordenador de Rochas Ornamentais - CORON

**Arnaldo Alcover Neto**

Coordenador de Análises Minerais - COAMI

# SÉRIE TECNOLOGIA AMBIENTAL

ISSN 0103-7374

STA - 128

## Estudo do material pétreo da escada principal do Museu de Astronomia para orientação ao restauração

### **Rosana Elisa Coppedê Silva**

Engenheira Geóloga, D.Sc., Pesquisadora Contratada do  
CETEM/MCTI.

### **Roberto Carlos da Conceição Ribeiro**

Engenheiro Químico, D.Sc., Pesquisador do CETEM/MCTI.

### **Manuella de Lima Ribeiro**

Aluna da Engenharia Química da UERJ, Estagiária do CETEM/MCTI.

### **Vitória da Silva Freitas**

Aluna de Graduação em Conservação e Restauração da UFRJ, Estagiária do  
CETEM/MCTI.

### **Andrew Christian Oliveira dos Santos**

Aluno de Graduação em Geologia, BIC do CETEM/MCTI.

### **Ana Rafaela Soalheiro Varella Pitta Ribeiro**

Aluna de Graduação em Geologia, BIC do CETEM/MCTI.

### **Livia Manuela Gomes Caetano**

Aluna de Graduação em Geologia, BIC do CETEM/MCTI.

### **Beatriz Beltrão Rodriguez**

Arquiteta, M.Sc. Bolsista PCI no MAST/MCTI.

CETEM/MCTI

2023

# SÉRIE TECNOLOGIA AMBIENTAL

**Editor:** Luis Gonzaga Santos Sobral

**Subeditor:** Andréa Camardella de Lima Rizzo

**CONSELHO EDITORIAL:** Saulo Rodrigues P. Filho (UNB), Jorge Rubio (UFRGS), José Ribeiro Aires (CENPES), Luis Enrique Sánchez (EPUSP), Virginia Sampaio Ciminelli (UFMG), Luís Alberto Dantas Barbosa (UFBA), Ricardo Melamed (UNB), Marcello F. Veiga (University of British Columbia-Canadá), Bruce Marshall (University of British Columbia-Canadá).

Não existe uma definição única que se enquadre na ampla diversidade que o tema “Tecnologias Ambientais” abrange. Em primeiro lugar, o campo das Tecnologias Ambientais é caracterizado por um alto grau de diversidade e heterogeneidade. Em geral, o termo é usado para incluir tecnologias e aplicações que supostamente ajudam a reduzir o impacto negativo da atividade industrial e dos serviços, de usuários privados ou públicos, no meio ambiente. O conceito se refere, normalmente, a tecnologias “no final do processo” (end-of-pipe) integradas a tecnologias limpas e de recuperação de áreas contaminadas. No entanto, também pode abranger questões de sentido mais amplo, como monitoramento, medição, mudança de produtos ou gerenciamento de sistemas ambientais. As tecnologias ambientais são, portanto, de natureza interdisciplinar e podem ser aplicadas em qualquer etapa da cadeia produção-consumo. Tendo isso em mente, a *Série de Tecnologia Ambiental* tem por objetivo congrega especialistas, tais como: pesquisadores, tecnologistas, professores etc., do CETEM em particular, para que divulguem suas pesquisas em áreas tão diversas para servirem como estímulo para os novos e futuros pesquisadores.

There is no single definition that fits the wide diversity that the theme “Environmental Technologies” covers. First, the field of Environmental Technologies is characterized by a high degree of diversity and heterogeneity. In general, the term is used to include technologies and applications that are supposed to help reduce the negative impact of industrial activities and services, by private or public users, on the environment. The concept usually refers to technologies “at the end of the process” (end-of-pipe) integrated with clean technologies and recovery of contaminated areas. However, it can also cover broader issues such as monitoring, measuring, changing products or managing environmental systems. Environmental technologies are, therefore, of an interdisciplinary nature and can be applied at any stage of the production-consumption chain. Bearing this in mind, the “Environmental Technology Series” aims at bringing together specialists, such as: researchers, technologists, professors etc., from CETEM in particular, to disseminate their research in such diverse areas to serve as a stimulus for new and future researchers.

O conteúdo desse trabalho é de responsabilidade exclusiva do(s) autor(es).

Copyright © 2023 CETEM/MCTI

Todos os direitos reservados.  
A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,  
constitui violação de copyright (Lei 5.988)

Valéria Cristina de Souza  
Diagramação e Editoração Eletrônica

André Luiz Costa Alves  
Projeto Gráfico

Informações:  
CETEM – Centro de Tecnologia Mineral  
Av. Pedro Calmon, 900 – Cidade Universitária  
21941-908 – Rio de Janeiro – RJ  
Homepage: [www.cetem.gov.br](http://www.cetem.gov.br)

CIP – Catalogação na Publicação

E82

Estudo do material pétreo da escada principal do Museu de Astronomia  
para orientação ao restauro / Rosana Elisa Coppedé Silva ... [et al.] –  
Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2023.  
58 p. - (Série Tecnologia Ambiental; 128).

ISBN 978-65-5919-085-0.

1. Rochas ornamentais. 2. Gnaisse facoidal. 3. Museu de Astronomia  
e Ciências Afins (MAST). 4. Avaliação de danos. I. Silva, Rosana Elisa  
Coppedé. II. Ribeiro, Roberto Carlos da Conceição. III. Ribeiro,  
Manuella de Lima. IV. Freitas, Vitória da Silva. V. Santos, Andrew  
Christian Oliveira dos. VI. Ribeiro, Ana R. S. V. Pitta. VII. Caetano,  
Lívia Manuela Gomes. VIII. Rodríguez, Beatriz Beltrão. IX. Centro de  
Tecnologia Mineral. X. Série.

CDD 553

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do CETEM/MCTI  
Bibliotecário(a) Rosana Silva de Oliveira CRB7 – 5849

# SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| RESUMO  | 7  |
| ABSTRACT  | 9  |
| 1   INTRODUÇÃO  | 11 |
| 1   Observatório Nacional (ON) e o Museu de<br>Astronomia e Ciências Afins (MAST) | 11 |
| 1.2   Arquitetura   | 17 |
| 1.3   Localização Geográfica  | 23 |
| 1.4   Dados do Tombamento   | 24 |
| 2   OBJETIVO  | 27 |
| 3   METODOLOGIA   | 28 |
| 3.1   Avaliação Macroscópica para Petrografia                                     | 30 |
| 3.2   Ensaio não Destrutivo “in loco”   | 30 |
| 3.3   Coleta de Sujidades   | 30 |
| 3.4   Mapeamento de Danos   | 31 |
| 3.5   Ensaio Laboratoriais  | 31 |
| 4   RESULTADOS E DISCUSSÕES   | 33 |
| 4.1   Avaliação Macroscópica e Petrográfica                                       | 33 |
| 4.2   Fluorescência de Raios-X  | 35 |
| 4.3   Difração de Raios-X   | 36 |
| 4.4   Determinação de Índices Físicos   | 38 |
| 4.5   Dureza Superficial  | 38 |
| 4.6   Determinação Colorimétrica  | 39 |
| 4.7   Avaliação das Sujidades   | 41 |
| 4.8   Avaliação de Danos  | 42 |
| 4.9   MEV/EDS das Sujidades   | 46 |
| 5   CONCLUSÕES  | 53 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS  | 55 |

## RESUMO

O atual Edifício Sede – antiga Administração do Observatório Nacional, onde se localiza o objeto de estudo deste trabalho – foi um prédio concebido para ocupar a administração da instituição na época. O engenheiro civil J. B. de Moraes Rego participou do planejamento do campus como um todo e também realizou um projeto para o edifício da administração. O estilo arquitetônico do Edifício Sede remete a uma arquitetura eclética classicizante, com inspirações nas edificações de observatórios franceses, incluindo ornamentos em estuque e gesso, escadarias em mármore, colunas com as ordens gregas e vitrais decorativos, um deles com a imagem da musa da Astronomia: Urânia. Contém três pavimentos simetricamente dispostos que no passado foram pensados para serem os seguintes ambientes: no térreo, as oficinas, copa, vestiários e laboratórios de sismologia; no 1º piso, os escritórios e laboratórios de astronomia; e no 2º piso, salão de honra, diretoria e biblioteca. O campus do Observatório Nacional foi tombado pelo IPHAN em 1986 e pelo INEPAC em 1987.

A escada em estudo fica na fachada externa principal do prédio do MAST e sofreu uma perda volumétrica em um dos eventos, necessitando de reintegração. O objetivo do trabalho foi verificar o estado de alteração da rocha da escada de entrada do MAST, para orientação a futuras intervenções curativas, restauros e conservações preventivas da mesma.

Para tal, recebemos inicialmente o pedaço quebrado, que foi utilizado para ensaio de petrografia e índices físicos, sem perda de material. Esse pedaço será devolvido para recolocação na escada. Realizamos uma visita ao local para observação macroscópica e registro fotográfico da escada, a fim de descrever o tipo de rocha, estado de alteração e danos observados. Nessa oportunidade também utilizamos equipamentos de ensaios não destrutivos, de dureza superficial e de colorimetria. Foram feitas, ainda, coletas com espátula de amostras de sujidades sólidas para análise por fluorescência de raios-x (química), difração de raios-x

(mineralógica) e microscopia eletrônica de varredura, e águas de lavagem para análise por ICP-plasma (íons poluentes).

Pôde-se concluir que as rochas que compõem a escadaria de entrada do Mast apresentam os minerais feldspatos (rosados e grandes), biotita e quartzo, além de granada em algumas partes. A composição química da rocha indicou teores de sílica (68,3%) e alumina (14,8%), confirmando se tratar de rocha gnáissica, como indicado na petrografia. A avaliação mineralógica indicou os minerais k-feldspato (albita e anortita), flogopita, microclina, caulinita, típicos do gnaiss facoidal. A dureza da rocha varia de 485 HLD a 713 HLD, típico desse tipo de rocha, indicando a integridade do material. A cor média encontrada é em torno de marrom, típico do gnaiss facoidal com luminosidade (L) em torno de 50. Porém, há regiões com maior acúmulo de sujidade e afetadas pela oxidação do ferro, intensificando ainda mais as alterações cromáticas, observando-se deslocamento do eixo L para valores abaixo de 50.

Em relação às sujidades encontradas, os teores de enxofre e cloreto de sódio, oriundo da poluição emanada dos veículos e da maresia, respectivamente, são muito baixos. Já os teores de ferro encontram-se extremamente elevados com valores chegando a cerca de 100 mg.L<sup>-1</sup>, principalmente relacionados com a oxidação de hastes de bandeiras e luminárias nas fachadas do prédio. Os teores de titânio, variando de 4 a 12 mg.L<sup>-1</sup>, estão associados a respingos de tintas utilizadas na pintura da fachada. Por fim, os principais problemas verificados se referem ao desgaste normal de rochas, tais como: erosão, danos de origem mecânica, como quebras de quinas e bordas, sujidades e crostas negras concentradas nos rejuntes e na parte dos espelhos protegidos pela borda do ladrilho, há fraturas e manchas de oxidação, perda de rejunte e peça colada com material espúrio, colonização biológica e presença de plantas e alguns grandes cristais de feldspato quebrados e desgastados pelo impacto dos passos nos degraus.

### **Palavras-chave**

MAST, gnaiss facoidal, danos.

## ABSTRACT

The current Headquarters Building – former Administration of the National Observatory, where the object of study of this work is located – was a building designed to occupy the administration of the institution at that time. The civil engineer J. B. de Moraes Rego participated in the planning of the campus as a whole and also carried out a project for the administration building. The architectural style of the Headquarters Building refers to a classicizing eclectic architecture, inspired by French observatory buildings, and includes stucco and plaster ornaments, marble staircases, columns with Greek orders and decorative stained glass windows, one of them with the image of the muse of Astronomy: Urania. It contains three symmetrically arranged floors that in the past were designed to be the following environments: on the ground floor, the workshops, pantry, changing rooms and seismology laboratories; on the 1st floor, the astronomy offices and laboratories; and on the 2nd floor, hall of honor, boardroom and library. The National Observatory campus was fallen by IPHAN in 1986 and by INEPAC in 1987.

The staircase under study is located on the main external facade of the MAST building and suffered volumetric loss in one of the events, requiring reinstatement. The objective of the work was to verify the state of alteration of the rock of the MAST entrance staircase, to guide future curative interventions, restorations and its preventive conservation.

To this end, we initially received the broken piece, which was used for petrography testing and physical indexes, without loss of material. This piece will be further returned for replacement on the stairs. We visited the site for macroscopic observation and photographic recording of the staircase, in order to describe the type of rock, state of alteration, and damage observed. On this occasion we also used non-destructive, surface hardness and colorimetry testing equipment. Samples of solid dirt were also collected with a spatula for analysis by x-ray fluorescence

(chemistry), x-ray diffraction (mineralogical) and scanning electron microscopy, and washing water for analysis by ICP-plasma (polluting ions).

It was concluded that the rocks that make up the entrance staircase to the MAST contain the minerals feldspar (pinkish and large), biotite and quartz, as well as garnet in some parts. The chemical composition of the rock indicated contents of silica (68.3%) and alumina (14.8%), confirming that it is gneissic rock, as indicated in the petrography. The mineralogical evaluation indicated the minerals k-feldspar (albite and anorthite), phlogopite, microcline, kaolinite, typical of facoidal gneiss. The hardness of the rock varies from 485 HLD to 713 HLD, typical of this type of rock, indicating the integrity of the material. The average color found is around brown, typical of facoidal gneiss with luminosity (L) around 50. However, there are regions with greater accumulation of dirt and affected by iron oxidation, further intensifying the chromatic changes, observed L axis displacement for values below 50.

In relation to the dirt found, the sulphur and sodium chloride contents, arising from pollution emanating from vehicles and sea air, respectively, are very low. Iron levels are extremely high, with values reaching around  $100 \text{ mg.L}^{-1}$ , mainly related to the oxidation of flag poles and lamps on the building's facades. Titanium levels ranging from 4 to  $12 \text{ mg.L}^{-1}$  are associated with splashes of paint used to paint the facade. Finally, the main problems observed refer to the normal wear and tear of rocks, such as: erosion, damage of mechanical origin, such as broken corners and edges, dirt and black crusts concentrated in the grout and in the part of the mirrors protected by the edge of the tile, there are fractures and oxidation stains, loss of grout and piece glued with spurious material, biological colonization and the presence of plants and some large feldspar crystals broken and worn out by the impact of steps on the steps.

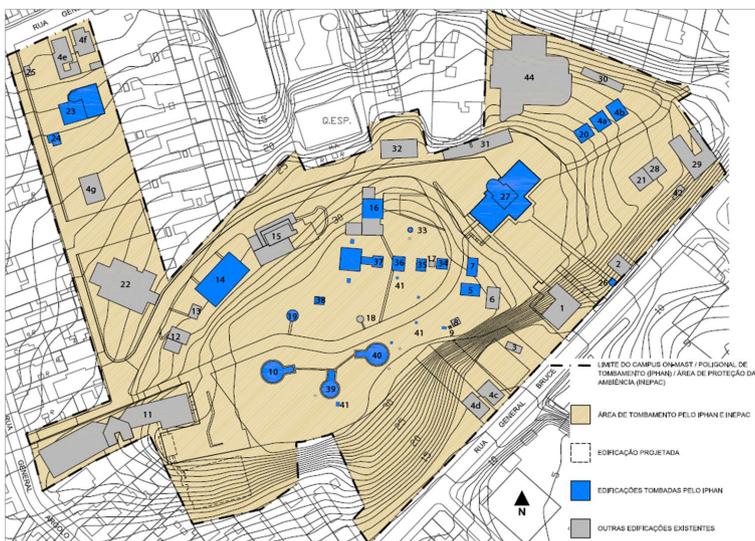
## **Keywords**

MAST, facoidal gneiss, damage.

## 1 | INTRODUÇÃO

### 1.1 | Observatório Nacional (ON) e o Museu de Astronomia e Ciências Afins (MAST)

Para contar brevemente a história do Museu de Astronomia e Ciências Afins (MAST) é importante mencionar sua origem e sua localização. Hoje o Museu de Astronomia e Ciências Afins compartilha um campus de 42.650m<sup>2</sup> com o Observatório Nacional (ON) no Morro de São Januário (Figura 1) e salvaguarda coleções de documentos e instrumentos científicos e edifícios tombados oriundos do mesmo. Então, convém que este histórico passe pelo Observatório Nacional também.



Fonte: Plano Diretor do campus ON-MAST. Acervo: MAST, 2005.

**Figura 1.** Planta do campus com a sinalização dos edifícios tombados.

O Observatório Nacional é uma das mais antigas instituições brasileiras de pesquisa, ensino e prestação de serviços tecnológicos. Foi criado, oficialmente, em 15 de outubro de 1827, mas sua origem é anterior. Segundo o Padre Serafim Leite, em 1730, os jesuítas instalaram um observatório no Morro do Castelo (atual Esplanada do Castelo), na cidade do Rio de Janeiro. Nesse mesmo local, em 1780, um observatório foi montado pelos astrônomos portugueses Sanches d'Orta e Oliveira Barbosa, realizando-se ali observações regulares de astronomia, meteorologia e magnetismo terrestre. Com a vinda da família real para o Brasil, em 1808, o acervo desse observatório foi transferido para a Academia Real Militar. Segundo Henrique Morize:

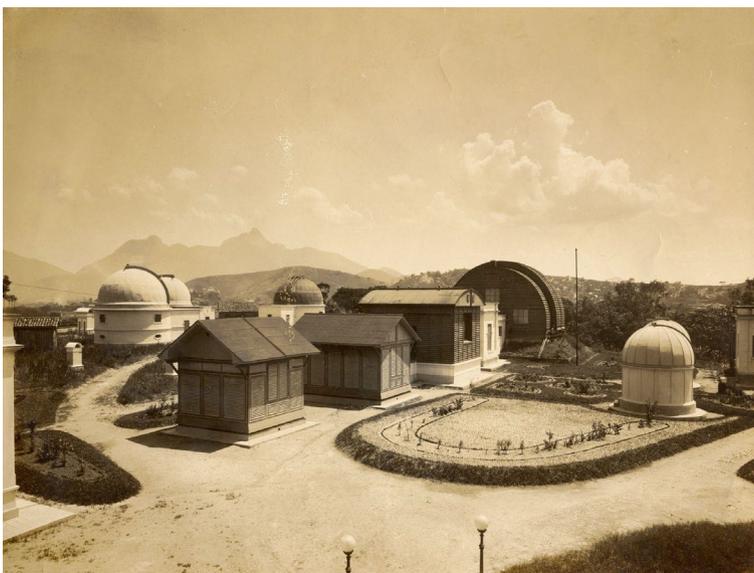
*(...) no começo do século findo esta cidade do Rio de Janeiro, com o influxo da Independência, havia tomado um grande desenvolvimento comercial e seu porto era um dos mais frequentados por numerosas embarcações, cujos capitães tinham necessidade de conhecer a declinação magnética, assim como a hora média, e a longitude, para regular seus cronômetros, a fim de poder empreender com segurança a viagem de retorno ou de continuá-la ao redor do mundo. Habitualmente as operações astronômicas necessárias à obtenção daqueles dados eram efetuadas com maior ou menor facilidade por processos aproximados, pelos comandantes de navios ou pelo oficial encarregado da navegação. Mas, muitos desses elementos poderiam ser obtidos com mais exatidão e facilidade por profissionais, providos de instrumentos instalados em um Observatório, e capazes, pela sua instrução especial e guiados pela experiência, de obtê-las com maior exatidão e segurança. Da mesma maneira, havia necessidade de conhecer os elementos geográficos de pontos do território, para construir a indispensável carta. (O Observatório Astronômico: um século de história 1827-1927, MAST: Salamandra, 1987).*

Assim, em 27 de setembro de 1827, a Assembleia Geral Legislativa do Império, "ad instar de todos os países cultos", autoriza o governo a criar um Observatório Astronômico no âmbito do Ministério do Império. Em 15 de Outubro de 1827, o Imperador D. Pedro I decretou a sua criação "dirigido debaixo da inspeção do Ministério do Império, pelos regulamentos que oferecem de acordo os Lentes das Academias Militar e da Marinha com o Corpo de Engenheiros".

Instalado no torreão da Escola Militar, foi o professor de matemática Pedro de Alcântara Bellegarde quem ficou à frente do mesmo. Durante quase duas décadas, o Observatório pouco progrediu, até que, em 1845, o Ministro da Guerra, Jerônimo Francisco Coelho, reorganizou-o como Imperial Observatório do Rio de Janeiro. Nessa ocasião, foi colocado à frente das mudanças, e como seu primeiro dirigente denominado de diretor, o professor Soulier de Sauve, da Escola Militar. Por iniciativa dele, o Observatório foi transferido para a Fortaleza da Conceição, passou a desenvolver-se e, em 1846, teve o seu primeiro Regulamento aprovado por decreto. Entre 1846 e 1850, Soulier transferiu o Observatório para as antigas instalações de uma igreja no Morro do Castelo, local onde permaneceu até 1920.

Já havia interesse da instituição em se transferir para um local mais amplo e mais adequado à observação do céu, mas somente com os avisos do futuro desmonte do Morro do Castelo os esforços se avançaram para acontecer a transferência.

Em 28 de setembro de 1913, foi assinada a Ata de lançamento da pedra fundamental do novo Observatório Nacional, no morro de São Januário. Finalmente, em 1922, o Observatório foi transferido do Morro do Castelo para o Morro de São Januário, no Bairro Imperial de São Cristóvão, onde se encontra até hoje (Figura 2).



Fonte: Coleção Henrique Morize, Arquivo de História da Ciência, Acervo Mast.

**Figura 2.** Vista do campus do ON, 1921.

O processo de transferência foi complexo, incluindo além das construções *in loco*, encomendas que vinham de fora do Brasil, estendendo-se de 1912 a 1922. Os pavilhões de observação em madeira e estrutura metálica com suas coberturas móveis foram encomendados da Alemanha (em sua maioria). Já os equipamentos científicos e algumas cúpulas (coberturas móveis) vieram de diversos países como: Alemanha, França e Inglaterra. Iniciaram-se, então, as construções em argamassas de cal, pedras e/ou tijolos maciços como alicerces para receber as cúpulas e estes pavilhões em madeira e/ou estrutura metálica.

O diretor na época da transferência do Observatório Nacional para São Cristóvão foi Henrique Morize. Ao analisar relatórios históricos do próprio diretor e de funcionários da instituição, percebe-se a preocupação que tinham em executar suas obras com os recursos financeiros restritos. É recorrente ler comentários sobre a falta de recursos, simplificações e adequações em projetos.

Em 1930, o Observatório Nacional passou a integrar o recém-criado Ministério da Educação e Cultura - MEC, sendo transferido deste para o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, em 1976. Com essa nova subordinação, prosseguiu nos seus objetivos, procurando ampliar as suas linhas de pesquisa, pois se encontrava, a partir dessa data, ligado a um autêntico órgão de desenvolvimento científico e tecnológico, o Conselho, do qual, na realidade, já vinha dependendo indiretamente desde a sua criação, em 1951.

Finalmente, em 1999, o Observatório foi transferido para a subordinação direta do Ministério da Ciência e Tecnologia, sua posição atual:

*Ao longo do século XX, o ON foi pioneiro no Brasil (i) na execução continuada de pesquisas astronômicas, (ii) nos levantamentos geofísicos do território nacional que resultaram na implantação de redes de referência do campo de gravidade, a partir de 1955, e do campo magnético terrestres, desde 1915, com a implantação do Observatório Magnético de Vassouras, no Rio de Janeiro, até hoje integrado à estrutura do ON, além das primeiras medidas sismológicas do país e (iii) na geração, manutenção e disseminação da hora legal brasileira, definida em lei (Lei 2.784 de 18 de Junho de 1913, regulamentada pelo Decreto 10.546 de 5 de Novembro de 1913).*

Em 1982, o CNPq criou o Projeto de Memória de Astronomia e de Ciências Afins, com o objetivo de preservar a história da astronomia, geofísica, meteorologia, metrologia, física e química, que tiveram suas origens no Brasil.

Em 1985, esse projeto contribuiu para a criação do Museu de Astronomia e Ciências Afins, uma nova instituição que passou a compartilhar o mesmo campus no Morro de São Januário com o Observatório Nacional, tendo como missão original salvaguardar e preservar grande parte de seu acervo histórico, incluindo pavilhões, lunetas, entre outros instrumentos científicos.

Hoje, todo esse patrimônio é tombado pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (Iphan) em 1986 e pelo Instituto Estadual do Patrimônio Cultural (Inepac) em 1987, sendo alvo de cuidados especiais para sua preservação. É importante destacar que o tombamento da arquitetura não se restringe aos edifícios individualmente, mas ao conjunto arquitetônico e paisagístico compreendido no campus ON-MAST.

Atualmente, o Museu de Astronomia e Ciências Afins é uma instituição vinculada ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) tendo como missão ampliar, divulgar e disseminar conhecimento científico e tecnológico à sociedade por meio de pesquisa, de preservação de acervos e de divulgação da história da ciência e da tecnologia no Brasil, assim como promover a difusão de conhecimento em preservação de acervos de C,T&I e viabilizar o intercâmbio de conhecimentos em todas estas áreas mencionadas.

Nos cerca de 40 anos de existência, o Museu de Astronomia e Ciências Afins ampliou sua missão como descrito anteriormente não se restringindo somente a salvaguardar o acervo oriundo do Observatório Nacional e seus edifícios históricos, construindo

novos prédios neste campus e conservando novas coleções originárias de outras instituições, ampliando, assim, seu acervo. No entanto, sempre priorizando as decisões estabelecidas pelo plano diretor do ano de 2005 e pelas restrições estabelecidas sobre a preservação da paisagem e do conjunto arquitetônico dadas pelo tombamento feito pelo Iphan e pelo Inepac.

## 1.2 | Arquitetura

O atual Edifício Sede (Figura 3) – antiga Administração do Observatório Nacional, onde se localiza o objeto de estudo deste trabalho – foi um prédio concebido para ocupar a administração da instituição na época. O engenheiro civil J. B. de Moraes Rego participou do planejamento do campus como um todo e também realizou um projeto para o edifício da administração. Mas esse primeiro projeto foi descartado por exceder o valor das verbas orçamentárias disponíveis pela instituição na época.



**Figura 3.** Vista da fachada principal do MAST.

Então, o engenheiro Mário Rodrigues de Souza, funcionário do Observatório Nacional, propôs outro projeto inspirado no Observatório de Paris<sup>1</sup> que foi aprovado para execução. Foi inaugurado em 06 de janeiro de 1921 e as obras iniciaram em 1918 como inidca a Figura 4.



Fonte e Acervo: Observatório Nacional, entre 2018-21.

**Figura 4.** Edifício da Administração do ON em construção.

\*O estilo arquitetônico do Edifício Sede remete a uma arquitetura eclética classicizante, com inspirações nas edificações de observatórios franceses, e incluem ornamentos em estuque e gesso, escadarias em mármore, colunas com as ordens gregas e

---

Relatório: Situação da área ocupada pelo Observatório Nacional da Cidade do Rio de Janeiro, encarada sob o ponto de vista técnico, com relação a um possível tombamento – consta no processo de tombamento do conjunto s/d.

vitrais decorativos, um deles com a imagem da musa da Astronomia: Urânia (Figura 5). Contém três pavimentos simetricamente dispostos que no passado foram pensados para serem os seguintes ambientes: no térreo, as oficinas, copa, vestiários e laboratórios de sismologia; no 1º piso, os escritórios e laboratórios de astronomia; e no 2º piso, salão de honra, diretoria e biblioteca. A escadaria interna em mármore apresenta 2 esculturas em mármore como apresentado nas Figuras 6 e 7.



Fonte: Alexandre Santana (Agosto, 2023).

**Figura 5.** Vitral com a musa da astronomia Urânia.



**Figura 6.** Esculturas em mármore nas escadas.



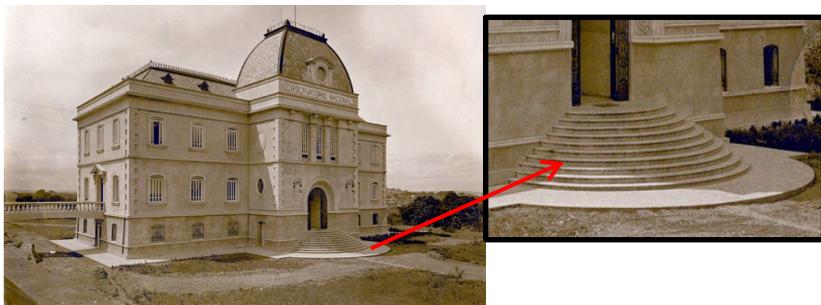
**Figura 7.** Escultura em mármore na escadaria.

E como já foi dito sobre a dificuldade em obtenção de verbas para construção, essa situação refletia em atrasos nas inaugurações dos edifícios e simplificações, principalmente, nas soluções para os acabamentos e adornos dos edifícios. Foram utilizados bens integrados provenientes de doações e de edifícios que foram demolidos (materiais construtivos, adornos, vitrais, lustres e esculturas). Como exemplo, vitrais, lustres e esculturas que fizeram parte do Pavilhão do Brasil na Exposição Universal de Turim, na Itália, em 1911, como apresnetado na Figura 8 e na Figura 9 apresenta-se o detalhamento da escada em gnaisse facoidalna entrada principal do palácio.



Fonte: Coleção Henrique Morize, Arquivo de História da Ciência. Acervo Mast.

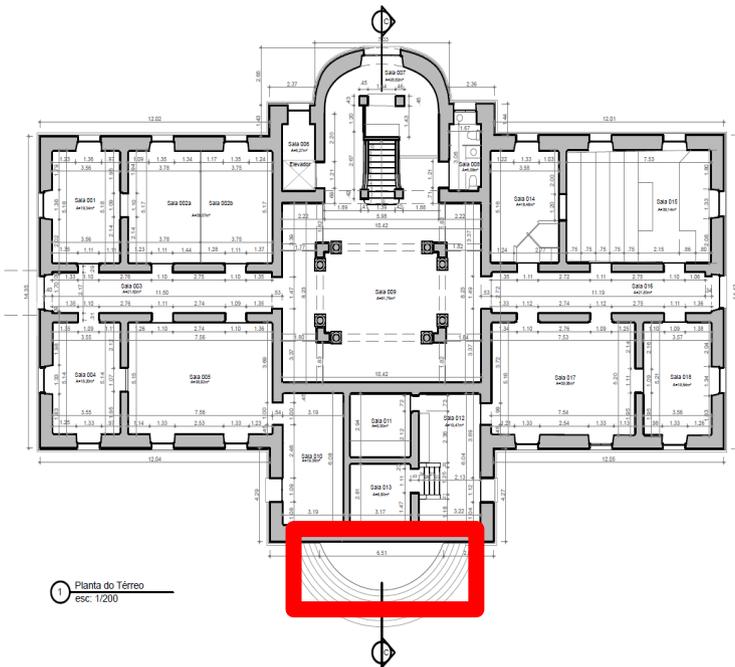
**Figura 8.** Detalhes internos-Edifício Sede, 1921.



**Figura 9.** Fachada principal do Edifício Sede com a escada de estudo com destaque.

Desde 2009, houve a transferência das atividades administrativas e técnicas para o Edifício Anexo, resultando em um programado aumento de área útil nos espaços destinados às exposições do Mast. Atualmente, estão em funcionamento as seguintes exposições e laboratórios: Produzindo Ciência: A Fábrica de Aparelhos da Escola de Engenharia de Juiz de Fora – exposição

temporária (MAST, 2022); sala de monitoramento da segurança; auditório; sala para atividades educativas; laboratório de Sismologia (ON, no térreo); Olhar o Céu, Medir a Terra – exposição permanente (MAST, 2011), exposição Espaço Mast – exposição temporária (MAST, 2020), Reserva Técnica visitável; a exposição temporária 200 anos de ciência e tecnologia no Brasil: um olhar a partir dos artefatos (MAST, 2023); área técnica (fechada, cobertura) e elevador e banheiros como indicado na planta baixa do primeiro pavimento na Figura 10, com ênfase à escadaria foco de estudo do trabalho.



Fonte: Acervo SEPTC/MAST.

**Figura 10.** Planta Baixa do primeiro pavimento do Edifício Sede. Em vermelho, a escadaria que está sendo estudada nesse trabalho.

### 1.3 | Localização Geográfica

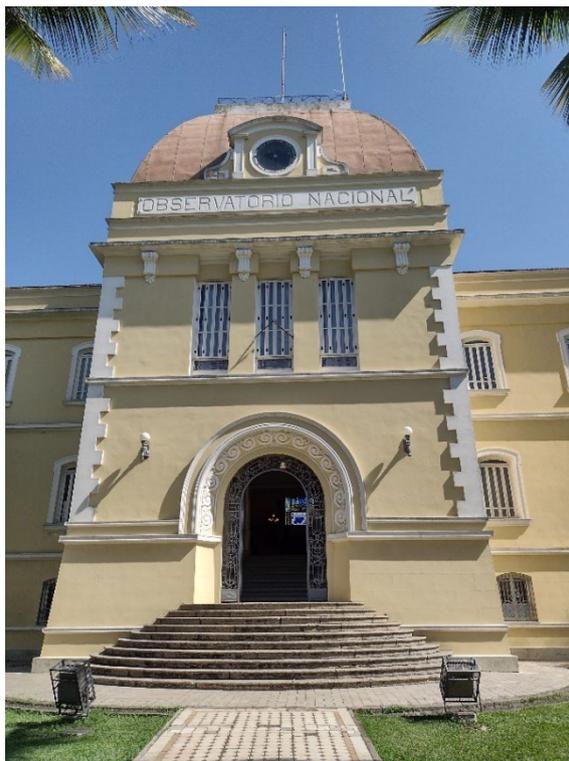
A edificação se localiza na Rua General Bruce, 586, São Cristóvão, Rio de Janeiro, RJ (Figura 11).



Fonte: Google Earth, 2023.

**Figura 11.** Localização do prédio em relação ao campus do Observatório Nacional.

A escada em estudo fica na fachada principal do prédio do MAST (Figura 12), como já mencionado anteriormente, e que sofreu uma perda volumétrica em um dos eventos do Mast necessitando-se de reintegração, porém, faz-se necessário um estudo de caracterização das pedras da escadaria e os principais danos encontrados.



**Figura 12.** Fachada principal do MAST com a escada em estudo.

## 1.4 | Dados do Tombamento

### 1.4.1 | Pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN)

Conjunto arquitetônico e paisagístico do Observatório Nacional à R. General Bruce, nº 586, situado em área com cerca de 40 mil m<sup>2</sup>,

delimitada conforme poligonal descrita e constante no Processo Nº 1009-T-79, bem como todo o acervo arrolado no Anexo 3.

Localização: R. General Bruce, nº 586 - Rio de Janeiro - RJ.

Número do Processo: 1009-T-1979.

Livro do Tombo Arqueológico, Etnográfico e Paisagístico: Inscr. nº 95, de 14/08/1986.

Uso Atual: Observatório Nacional.

Descrição: Situado em área com cerca de 40.000 m<sup>2</sup>, delimitada conforme poligonal descrita e constante do processo, bem como o acervo arrolado no anexo III do mesmo processo. Encontra-se hoje em São Cristóvão, tendo funcionado no alto do Morro do Castelo, em edificação do colégio que fora dos jesuítas. Diversos acréscimos foram sendo realizados a fim de atender à modernização das pesquisas científicas. A partir da década de 1980, com a construção de um novo observatório na Serra da Mantiqueira, sul de Minas, foi mantido em São Cristóvão apenas alguns programas, como o serviço de hora e o atendimento às áreas de ensino. O edifício principal, que abriga a administração foi projetado pelo arquiteto Mário de Souza inspirado no prédio central do observatório de Paris. As demais edificações, sejam as cúpulas para observação, as novas instalações para o serviço de hora ou a antiga residência do diretor foram posteriores dos astrônomos, são construções feitas sem nenhuma preocupação estética. Apresenta uma coleção de objetos científicos como lunetas e telescópios de grande valor para a história científica do Brasil. A densa arborização que encobre parte considerável do campus tem grande valor paisagístico.

#### 1.4.2 | pelo INEPAC (Instituto Estadual do Patrimônio Cultural)

Nome atribuído: Sede do Observatório Nacional.

Localização: R. General Bruce, nº 586 - Rio de Janeiro - RJ.

Número do Processo: E-03/31.273/83.

Tombamento Provisório: 26/01/1983.

Tombamento Definitivo: 18/11/1987.

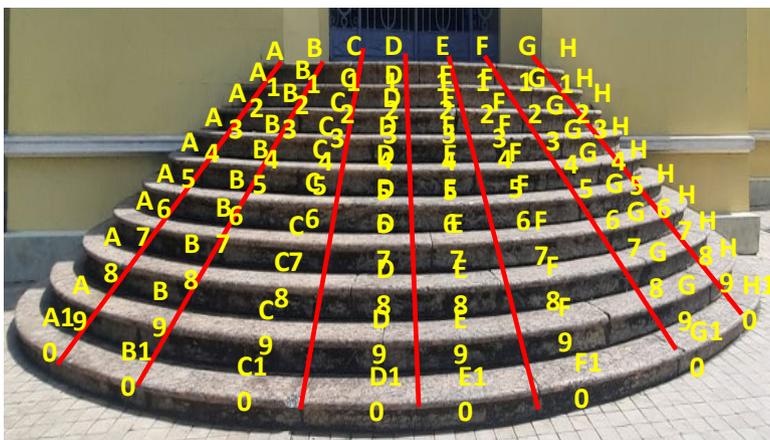
Descrição: É o mais antigo observatório em funcionamento do Hemisfério Sul, em atividade regular desde 1780. Oficialmente criado como Imperial Observatório em 1827, ainda no morro do Castelo e instalado em seu atual campus em 1922, ele é depositário de uma belíssima história que se inicia com as responsabilidades de determinação das coordenadas geográficas de pontos do território nacional; pela instrução de alunos da Escola Militar e da Academia da Marinha; pelas observações astronômicas e meteorológicas. A edificação principal, onde hoje se instala o Museu de Astronomia, de volumetria sólida e composição geométrica de inspiração francesa, fica em meio a uma área amplamente arborizada. O tombamento da totalidade do campus inclui, além do edifício sede, a Casa Branca, a Sala da Hora, as oficinas e alojamentos, além dos preciosos equipamentos científicos do acervo, de grande interesse para a história da ciência no Brasil. A proteção incide, ainda, sobre as árvores e a ladeira do Gusmão, que dá acesso ao campus.

## **2 | OBJETIVO**

O objetivo do trabalho foi verificar o estado de alteração da rocha da escada de entrada do MAST, para orientação a futuras intervenções curativas, restauros e conservações preventivas da mesma.

### 3 | METODOLOGIA

As atividades de pesquisa na escadaria (Figura 13) se iniciaram em vista de um dano ocorrido na mesma após uma exposição no Mast após o desmonte das tendas (Figura 14), com perda volumétrica de material como indicado na Figura 15. A escadaria foi dividida em quadrantes para facilitação da identificação das amostras.



Fonte: Beatriz Beltrão, 13 de setembro de 2023. Acervo: MAST.

**Figura 13.** Pontos de avaliação da escadaria em estudo.



Fonte: Beatriz Beltrão, 16 de agosto de 2023. Acervo: MAST.

**Figuras 14.** Tendões montadas próximas à escada, sem nenhuma proteção.



Fonte: Ivo Almico, 16 de agosto de 2023. Acervo: MAST.

**Figuras 15.** Fotografia feita após a desmontagem sem cuidados da tenda que resultou no dano ao degrau.

### 3.1 | Avaliação Macroscópica para Petrografia

Realizou-se observação visual a olho nu e com lupa de mão da rocha presente na escada a fim de descrever seu tipo, litologia, esforços atuantes, assim como suas alterações (cromáticas, texturais, danos, entre outros).

### 3.2 | Ensaios não Destrutivos “in loco”

#### 3.2.1 | Dureza superficial

A determinação de dureza foi realizada utilizando o aparelho portátil digital de impacto LEEB (Rebound Hardness Test - HDL) Equotip 550 da marca Proceq.

#### 3.2.2 | Determinação colorimétrica

A análise colorimétrica e de brilho foi realizada utilizando um colorímetro portátil Guide Sphere Gloss da marca BYK obtendo valores correspondentes às cores nos eixos a, b e L, além do brilho (G). Os resultados de coloração devem ser interpretados segundo a distribuição espacial das cores nas quais os materiais apresentam três valores dispostos nos eixos a, b e L. O eixo a indica a variação de cor do verde (-a) ao vermelho (+a), o eixo b indica a variação de cor do azul (-b) ao amarelo (+b), e o eixo L indica a variação do branco (100) ao preto (0).

### 3.3 | Coleta de Sujidades

Com auxílio de águas destiladas e escovas de cerdas macias foram coletadas amostras de sujidades depositadas na escadaria, bem como de crostas negras com auxílio de espátulas como indicado

na Figura 16A, sendo as águas sujas encaminhadas pra avaliação em ICP-Plasma e absorção de água para determinação de teores de sódio, cloreto e enxofre, principalmente (Figura 16B).



**Figura 16A.** Coleta de sujidades.

**Figura 16B.** Potes com as sujidades.

### 3.4 | Mapeamento de Danos

Para a análise do intemperismo das pedras foi realizada apenas uma cuidadosa inspeção visual utilizando o Glossário do ICOMOS (2008), uma vez que a retirada de amostras de edifícios históricos requer autorização especial.

### 3.5 | Ensaios Laboratoriais

#### 3.5.1 | Determinação dos índices físicos

Este ensaio tem por objetivo caracterizar as propriedades de massa específica, porosidade e capacidade de absorção de água do

material, permitindo avaliar, indiretamente, o estado de alteração e de coesão.

Para determinação dos índices físicos foram utilizados 10 fragmentos de rocha, os quais foram pesados após secagem em estufa a  $110 \pm 5^\circ \text{C}$  (peso A), após saturação em água por 48 horas (peso B) e na condição submersa, após saturação (peso C), segundo especificações da ABNT- NBR 12766 ABNT NBR 15845:2010.

### 3.5.2 | Caracterizações química e mineralógica

Para determinação da composição química e mineralógica das amostras de rocha o material foi pulverizado em pulverizador até obtenção de granulometria inferior a 0,125 mm. Posteriormente, o material foi avaliado por meio de fluorescência de raios-x e difração de raios-x.

### 3.5.3 | Microscopia eletrônica de varredura

Para a avaliação dos poluentes depositados nas escadarias realizou-se a análise de microscopia eletrônica de varredura foi utilizado o equipamento MEV Vega 3-Tescan com o espectrômetro de raios-X por dispersão em energia acoplado.

## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 | Avaliação Macroscópica e Petrográfica

A escada é revestida por gnaisses facoidal (Figuras 17 e 18), rocha típica da cidade do Rio de Janeiro, que é uma rocha extremamente grossa, com grande quantidade de megacristais ovóides e sub-retangulares de k-feldspatos, variando em tamanhos de 2 a 10 centímetros. Apresenta megaplagioclásio em menor quantidade que, juntamente com os k-feldspatos compreende 50 a 90 % do volume da rocha. A matriz é quartzo-plagioclásica com variação na quantidade. O principal mineral máfico presente é a biotita com cerca de 10%; o mineral granada é encontrado em quantidades inferiores a 2% e o hiperstênio aparece em quantidades traços. Entre os principais acessórios encontrados estão o zircão e a apatita.

Os gnaisses são, em geral, muito duros para escultura de ornamentos, prestando-se mais ao revestimento de paredes e pisos. No entanto, o gnaisse facoidal mostrou-se muito adequado a este uso, conforme pode-se observar em vários dos monumentos históricos cariocas, prestando-se a elaboradas e delicadas esculturas. A chave para o entendimento do amplo uso do gnaisse facoidal na cantaria, foi mostrada por Jean Baptiste Debret em seu livro “Viagem Pitoresca e Histórica ao Brasil” (1834-1839). É apresentada uma gravura de uma pedreira no Morro da Glória e listadas outras localidades ao pé do Corcovado, no Catete e no centro da cidade onde o gnaisse porfirítico, de veios de quartzo, feldspato e de mica; (pág. 328) era explorado. Cita, ainda, um granito cinza-azulado ou azul-violáceo ou esverdeado, mais duro e, por isto, mais empregado em grandes construções (MANSUR et al., 2008). O artista constata que o

gnaisse facoidal é empregado em pedaços de diferentes tamanhos, sendo utilizado nas casas importantes. Quanto às propriedades físicas do material, informa que se liga mal ao cimento de cal geralmente usados, exigindo grande espessura nas paredes. Quanto ao material explotado na pedreira da Glória, relata que é o mais branco, macio e facilmente explorável e, ainda, menos caro. Seu uso preponderante era nas partes do edifício que deviam ser esculpidas, nas balaustradas, nos vasos, etc. (MANSUR et al., 2008).



**Figuras 17 e 18.** Aspectos do gnaisse facoidal na escada. A figura da esquerda tem baixo tráfego, enquanto a da direita é central.

Na escada observa-se que a rocha a olho nu e com lupa, e apresenta os minerais feldspatos (rosados e grandes), biotita e quartzo, além de granada em algumas partes.

Na Figura 18 pode-se observar que os degraus mais usados são mais erodidos, e por isso acumulam mais sujidades, deixando-os mais escuros.

Na Figura 19 podem-se ver os minerais em um pedaço da escada que quebrou recentemente, e que foi cedido para o estudo. Ele será devolvido para recolocação durante o restauro.



**Figura 19.** Pedaço da rocha da escada com minerais identificados.

## 4.2 | Fluorescência de Raios-X

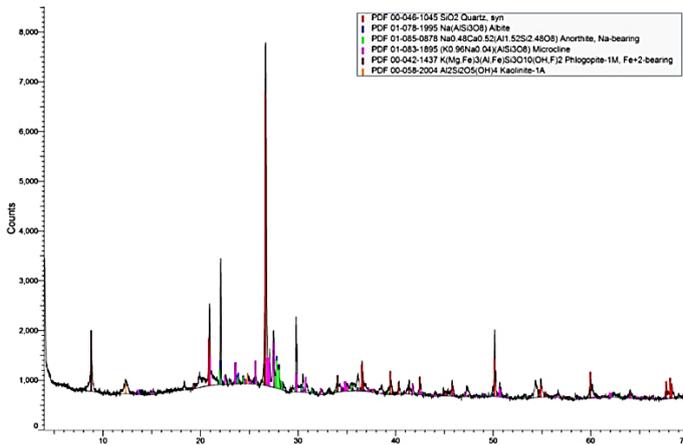
Na Tabela 1 estão apresentados os resultados da análise química por fluorescência de raios X da amostra de rocha onde se pode observar que a rocha apresenta altos teores de sílica (68,3%) e alumina (14,8%), confirmando se tratar de rocha gnáissica, como indicado na petrografia.

**Tabela 1.** Composição química da rocha.

| <b>Óxidos</b>                  | <b>Gnaiss Facoidal</b> |
|--------------------------------|------------------------|
| SiO <sub>2</sub>               | 68,3                   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 14,8                   |
| Na <sub>2</sub> O              | 2,6                    |
| K <sub>2</sub> O               | 4,1                    |
| CaO                            | 2,6                    |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 4,75                   |
| MgO                            | 1,2                    |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,26                   |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,76                   |
| MnO                            | <0,1                   |
| Zr <sub>2</sub> O              | 0,15                   |
| <b>PPC</b>                     | 0,48                   |

### 4.3 | Difração de Raios-X

A fim de se complementar a avaliação química a macroscópica foram realizados ensaios de análise mineralógica onde se observa no difratograma apresentado na Figura 20 que a rocha é formada por quartzo, k-feldspato (albita e anortita), flogopita, micriclina, caulinita, típicos do gnaiss facoidal.



**Figura 20.** Difratograma de fragmentos de rochas da escada.

A sobreposição dos espectros de todos os resultados das rochas avaliadas indica que os minerais encontrados em vários pontos da escada são os mesmos, não indicando minerais que acelerem o processo de degradação da rocha como apresentado na Figura 21.

**Figura 21.** Difratogramas sobrepostos da rocha com os minerais encontrados.

#### 4.4 | Determinação de Índices Físicos

Pode-se verificar na Tabela 2 que a rocha se apresenta em bom estado de coesa, uma vez que os resultados de porosidade estão de acordo com os valores recomendados por Frazão e Farjallat (1995), que seria inferior a 1%, bem como o valor de absorção de água que deveria ser inferior a 0,4%.

**Tabela 2.** Resultados da densidade aparente, porosidade aparente e absorção d'água.

| Densidade Aparente<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | Porosidade Aparente<br>(%) | Absorção d'água<br>(%) |
|--|----------------------------|------------------------|
| 2.634                                      | 0,87                       | 0,33                   |

#### 4.5 | Dureza Superficial

A dureza superficial medida é um valor numérico, referente ao rebote da ponta da ferramenta, que é impulsionada contra a rocha. Os valores médios de dureza superficial para rochas gnáissicas varia entre 700 e 900 HLD e de acordo com os resultados apresentados na Figura 22, à dureza encontra-se dentro do esperado, para uma rocha exposta à deterioração a mais de 100 anos, variando entre 485 HLD e 713 HLD.

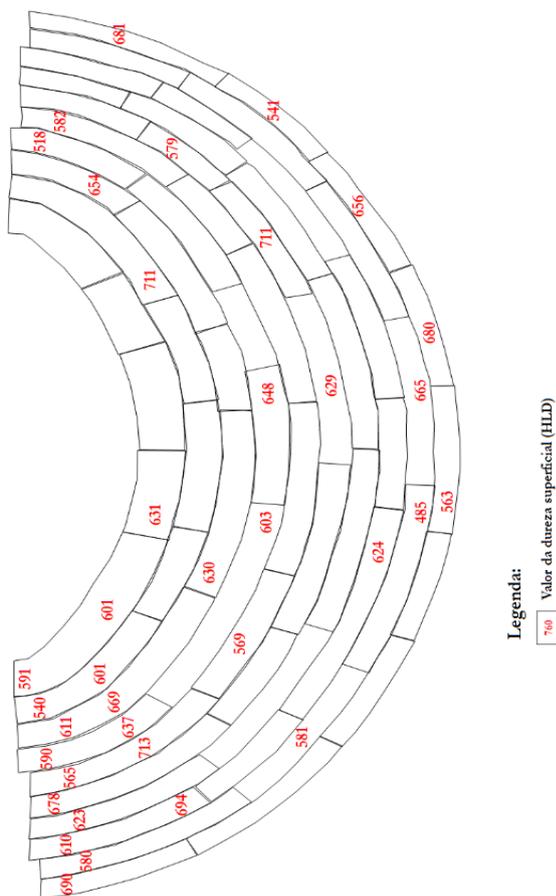


Figura 22. Mapa das durezas superficiais.

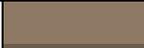
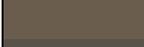
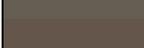
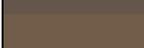
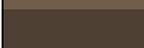
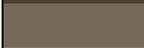
#### 4.6 | Determinação Colorimétrica

Na Tabela 3 estão apresentadas a distribuição espacial de cores segundo os padrões CIELAB de cada um dos pontos avaliados, onde se pode ter certeza das características colorimétricas nos eixos a e b, bem como da luminosidade (L) e do brilho (G).

Pode-se verificar uma cor média em torno de marrom, típico do gnaiss facoidal com luminosidade (L) em torno de 50. Porém, há regiões com maior acúmulo de sujidade onde o eixo L de luminosidade se reduz, indicando o escurecimento do material, como verificado em pontos que variaram de 28 a 35.

Há também regiões afetadas pela oxidação do ferro, intensificando ainda mais as alterações cromáticas, observam-se deslocamento do eixo L para valores abaixo de 50.

**Tabela 3.** Resultados da distribuição colorimétrica da escadaria.

| Amostra CIELab  | Número de leituras | Escala de cor |      |       | Cor (RGB)   |
|-----------------|--------------------|---------------|------|-------|---|
|                 |                    | L*            | a*   | b*    |   |
| MAST A1 Claro   | 10                 | 52,57         | 4,38 | 14,92 |    |
| MAST A2 Escuro  | 10                 | 40,42         | 3,18 | 10,89 |    |
| MAST A9 Escam.  | 10                 | 35,18         | 1,67 | 6,04  |    |
| MAST A9 Claro   | 10                 | 52,73         | 2,86 | 11,61 |    |
| MAST A10 Escam. | 10                 | 38,51         | 1,51 | 5,93  |    |
| MAST B1 Escam.  | 10                 | 40,21         | 1,15 | 7,29  |   |
| MAST B7 Oxid.   | 10                 | 37,65         | 4,45 | 8,36  |  |
| MAST C6 Oxid.   | 10                 | 41,01         | 5,80 | 13,82 |  |
| MAST H7 Oxid.   | 10                 | 28,43         | 4,49 | 9,62  |  |
| MAST B Media    | 10                 | 45,11         | 2,66 | 10,42 |  |
| MAST C Media    | 10                 | 50,25         | 3,84 | 13,36 |  |
| MAST D Media    | 10                 | 49,08         | 3,28 | 11,82 |  |
| MAST E Media    | 10                 | 49,58         | 2,62 | 11,00 |  |
| MAST F Media    | 10                 | 47,29         | 2,80 | 10,75 |  |
| MAST G Media    | 10                 | 47,83         | 2,96 | 10,43 |  |
| MAST H Media    | 10                 | 48,19         | 2,71 | 11,04 |  |

## 4.7 | Avaliação das Sujidades

Na Tabela 4 estão apresentados os resultados da avaliação química das águas de lavagem da escadaria.

Em primeiro lugar avaliam-se os principais poluentes associados à degradação das pedras do patrimônio, que são spray salino e acúmulo de enxofre oriundo dos veículos. Os resultados em questão indicam teores de sódio que não ultrapassam  $3 \text{ mg.L}^{-1}$  e cloreto com valores máximos de  $5,4 \text{ mg.L}^{-1}$  que indicam pouca ação relacionada à maresia na superfície das rochas. O mesmo se aplica em termos de enxofre total, com valores extremamente baixos, variando de  $9,6$  a  $12,8 \text{ mg.L}^{-1}$ , e, conseqüentemente não sendo responsáveis pela degradação da pedra.

Já os teores de potássio, cálcio, alumínio e magnésio, que se encontram entre  $20$  e  $90 \text{ mg.L}^{-1}$  estão relacionados com o solo ao redor carreado para a escadaria. A rocha encontra-se em bom estado de coesão e conservação para estar lixiviando esses elementos com tanta intensidade.

Já os teores de ferro encontram-se extremamente elevados com valores chegando a cerca de  $100 \text{ mg.L}^{-1}$ , principalmente relacionados com a oxidação de bandeiras e luminárias nas fachadas do prédio.

Por fim, há baixos teores de chumbo em torno de  $1 \text{ mg.L}^{-1}$  e teores de zinco variando em  $15 \text{ mg.L}^{-1}$ , possivelmente relacionado com peças metálicas da região como por exemplo, bronze.

A teores de titânio variando de  $4$  a  $12 \text{ mg.L}^{-1}$ , associados a respingos de tintas utilizadas na pintura da fachada.

**Tabela 4.** Elementos químicos encontrado nas águas de lavagem.

| Amostras<br>Analitos<br>(mg/L) | A 8-9       | C 7-8       | D 7-8      | E 5-6       | H 6-7       | H 8-9       |
|--------------------------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| Na                             | 2,4         | 2,2         | 1,8        | 2,0         | 2,9         | 2,9         |
| K                              | 24,9        | 38,0        | 29,0       | 16,5        | 17,8        | 29,3        |
| Ca                             | 46,0        | 84,5        | 33,6       | 24,1        | 46,4        | 43,8        |
| Al                             | 61,4        | 90,3        | 52,8       | 45,5        | 42,6        | 57,3        |
| Mg                             | 20,2        | 38,5        | 18,3       | 14,8        | 16,0        | 19,8        |
| S total                        | <b>12,8</b> | <b>12,7</b> | <b>9,6</b> | <b>7,2</b>  | <b>10,5</b> | <b>9,8</b>  |
| Fe total                       | 98,9        | 135,0       | 76,5       | 62,5        | 105,0       | 84,0        |
| Pb                             | 1,4         | 1,7         | 1,1        | 0,82        | 1,3         | 1,1         |
| Zn                             | 8,2         | 14,3        | 7,3        | 5,6         | 11,6        | 8,4         |
| Ti                             | 6,7         | 12,2        | 5,3        | 4,1         | 4,4         | 6,1         |
| Cl                             | <b>4,4</b>  | <b>5,4</b>  | <b>2,9</b> | <b>0,25</b> | <b>5,4</b>  | <b>0,25</b> |

#### 4.8 | Avaliação dos Danos

Os ladrilhos de gnaiss facoidal da escada estão em bom estado de conservação.

Os problemas verificados se referem a problemas gerados pelo desgaste normal de rochas, tais como: erosão, danos de origem mecânica, como quebras de quinas e bordas (Figura 23), sujidades e crostas negras concentradas nos rejuntas e na parte dos espelhos protegidos pela borda do ladrilho (Figura 24), fraturas e manchas de oxidação (Figura 25), perda de rejunte e peça colada com material espúrio (Figura 26), colonização biológica e presença de plantas (Figura 27), e alguns grandes cristais de feldspato quebrados e desgastados pelo impacto dos passos nos degraus (Figura 28).

Na Figura 29 apresenta-se o esboço dos principais danos identificados.



**Figura 23.** Quebra mecânica da quina do degrau.



**Figura 24.** Sujidades, crostas negras e crescimento de plantas.



**Figura 25.** Fratura (seta amarela) e manchas de oxidação.



**Figura 26.** Peça colada com material espúrio.



**Figura 27.** Colonização biológica escurecida e incrustada.



**Figura 28.** Cristais de feldspato quebrados e desgastados pelo impacto dos passos nos degraus.

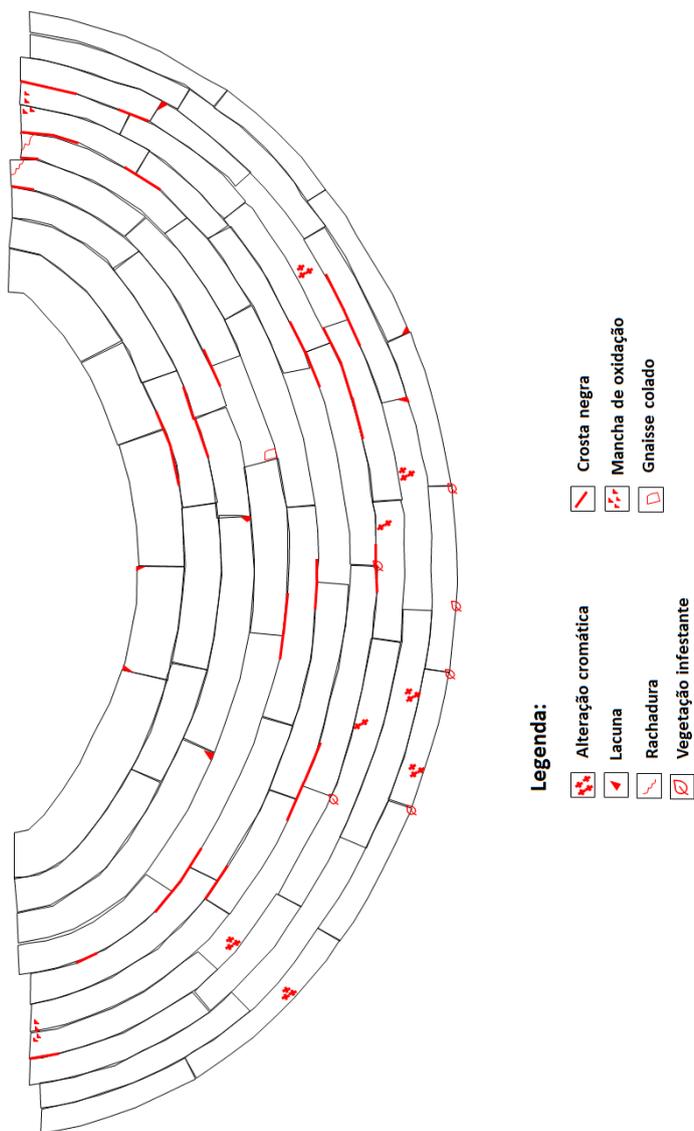
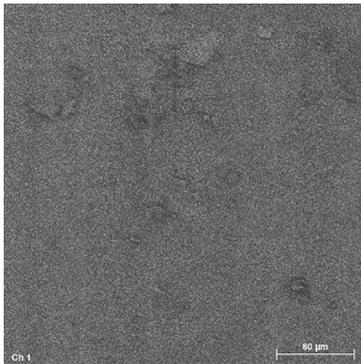


Figura 29. Mapa de danos.

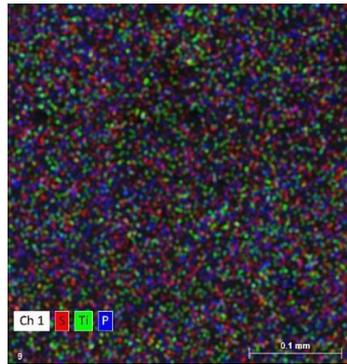
#### 4.9 | MEV/EDS das Sujidades

Os resultados da Microscopia eletrônica de varredura associada do EDS estão apresentados nas Figuras 30 a 35.

De uma maneira geral, verificam-se teores elevados (24% de silício) e 16% de alumínio relacionado com o solo carreado na região. Há teores elevados de ferro (~20%) relacionados com as oxidações de hastes de bandeiras e luminárias das fachadas. Os teores de enxofre não ultrapassam 2 %, indicando baixa poluição atmosférica na região, teores de fósforo em torno de 2% estão relacionados com fezes de animais e os teores de titânio de 2,5% estão relacionados com as tintas usadas nas pinturas das fachadas.



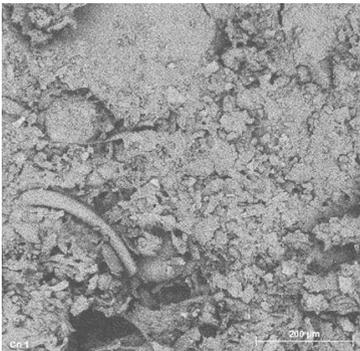
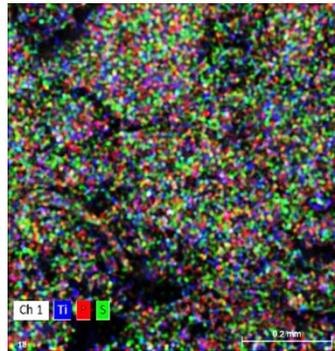
**Figura 30A.** MEV da amostra C 7-8



**Figura 30B.** MEV da amostra C 7-8 com mapeamento.

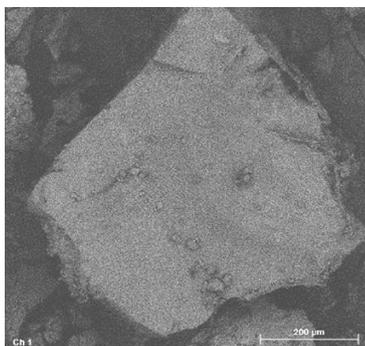
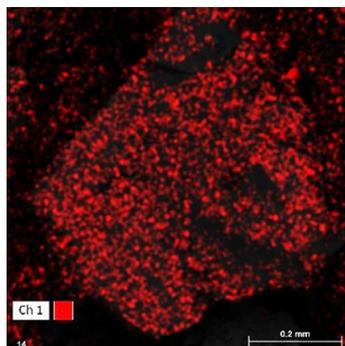
**Tabela 5.** Composi o química obtida pelo EDS.

| Elementos | Mas Norm. (%) |
|-----------|---------------|
| Oxig nio  | 30,08046      |
| Alumínio  | 16,34176      |
| Silício   | 24,89183      |
| Ferro     | 20,79217      |
| Enxofre   | 1,717027      |
| Fósforo   | 1,958748      |
| Magnésio  | 1,146035      |
| Titânio   | 2,544856      |
| Sódio     | 0,52712       |
|           | 100           |

**Figura 31A.** MEV da amostra E 5-6.**Figura 31B.** MEV da amostra E 5-6.

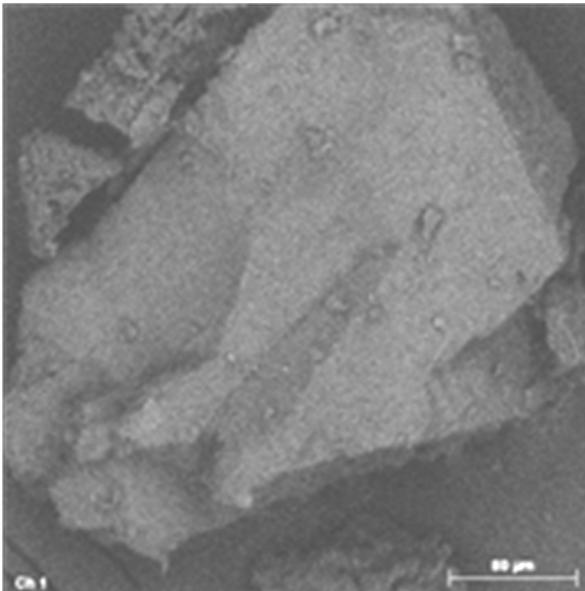
**Tabela 6.** Composição química obtida pelo EDS amostra E 5-6.

| Elementos | Mas Norm. (%) |
|-----------|---------------|
| Oxigênio  | 34,75445169   |
| Alumínio  | 13,64054081   |
| Silício   | 30,04036544   |
| Ferro     | 14,4298812    |
| Magnésio  | 1,774876735   |
| Enxofre   | 1,042319234   |
| Titânio   | 2,916403971   |
| Fósforo   | 0,771671564   |
| Sódio     | 0,629489364   |
|           | 100           |

**Figura 32A.** MEV da amostra H 6-7.**Figura 32B.** MEV da amostra H 6-7.

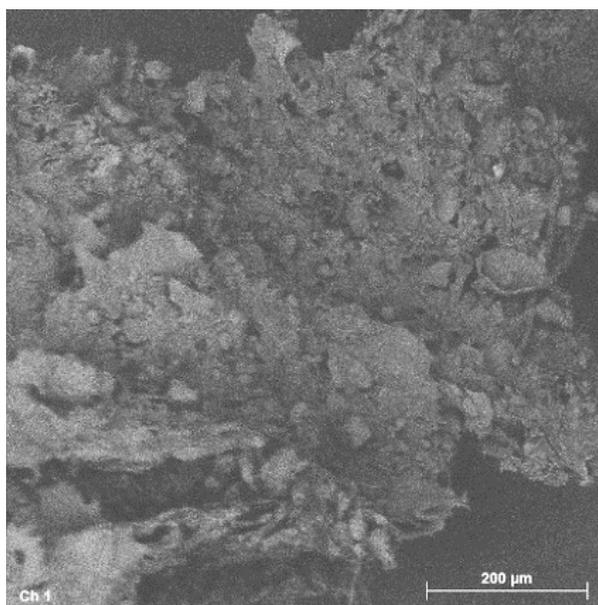
**Tabela 7.** Composi o química obtida pelo EDS amostra H 6-7.

| Elementos | Mas. Norm. (%) |
|-----------|----------------|
| Oxig nio  | 17,98822       |
| S lcio    | 80,83527       |
| Cloro     | 1,176506       |
|           | 100            |

**Figura 33.** MEV da amostra A 8-9.

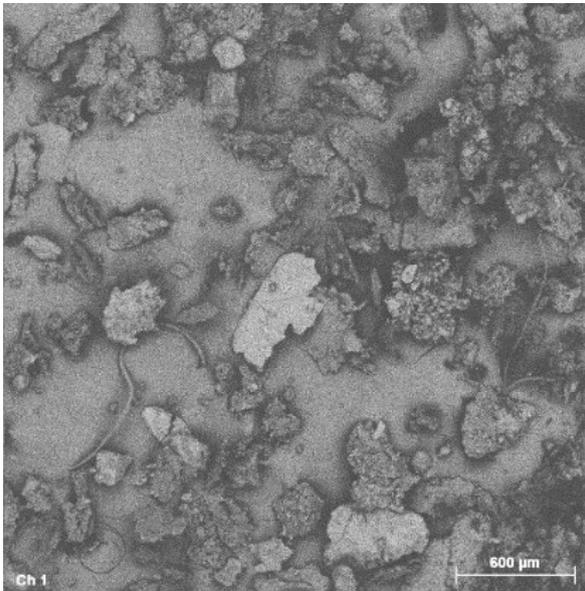
**Tabela 8.** Composição química obtida pelo EDS amostra A 8-9.

| Elementos | Mas. Norm. (%) |
|-----------|----------------|
| Oxigênio  | 14,45548       |
| Sódio     | 4,583021       |
| Alumínio  | 16,77815       |
| Silício   | 54,70937       |
| Cálcio    | 9,47399        |
|           | 100            |

**Figura 34.** MEV da amostra D 7-8.

**Tabela 9.** Composi o química obtida pelo EDS amostra D 7-8.

| Elementos | Mas. Norm. (%) |
|-----------|----------------|
| Oxig nio  | 30,91208       |
| Alumínio  | 13,19689       |
| Silício   | 40,76086       |
| Potássio  | 15,13017       |
|           | 100            |

**Figura 35.** MEV da amostra H 8-9.

**Tabela 10.** Composição química obtida pelo EDS amostra H 8-9.

| <b>Elementos</b> | <b>Mas. Norm. (%)</b> |
|------------------|-----------------------|
| Oxigênio         | 17,7272               |
| Magnésio         | 3,998303              |
| Alumínio         | 10,14644              |
| Silício          | 23,27766              |
| Potássio         | 16,81586              |
| Titânio          | 4,218161              |
| Ferro            | 23,81637              |
|                  | 100                   |

## 5 | CONCLUSÕES

Pôde-se concluir que as rochas que compõem a escadaria de entrada do Mast apresentam os minerais feldspatos (rosados e grandes), biotita e quartzo, além de granada em algumas partes.

A composição química da rocha indicou teores de sílica (68,3%) e alumina (14,8%), confirmando se tratar de rocha gnáissica, como indicado na petrografia.

A avaliação mineralógica indicou os minerais k-feldspato (albita e anortita), flogopita, microclina, caulinita, típicos do gnaiss facoidal.

A dureza da rocha varia de 485 HLD e 713 HLD, típico desse tipo de rocha, indicando a integridade do material.

A cor média encontrada é em torno de marrom, típico do gnaiss facoidal com luminosidade (L) em torno de 50. Porém, há regiões com maior acúmulo de sujidade onde o eixo L de luminosidade se reduz, indicando o escurecimento do material, como verificado em pontos que variaram de 28 a 35.

Há também regiões afetadas pela oxidação do ferro, intensificando ainda mais as alterações cromáticas, observam-se deslocamento do eixo L para valores abaixo de 50.

Em relação às sujidades encontradas, os teores de enxofre e cloreto de sódio, oriundo da poluição emanada dos veículos e da maresia, respectivamente são muito baixos. Já os teores de ferro encontram-se extremamente elevados com valores chegando a cerca de 100 mg.L<sup>-1</sup>, principalmente relacionados com a oxidação de hastes de bandeiras e luminárias nas fachadas do prédio.

Os teores de titânio variando de 4 a 12 mg.L<sup>-1</sup>, estão associados a respingos de tintas utilizadas na pintura da fachada.

Por fim, os principais problemas verificados se referem ao desgaste normal de rochas, tais como: erosão, danos de origem mecânica, como quebras de quinas e bordas, sujidades e crostas

negras concentradas nos rejunte e na parte dos espelhos protegidos pela borda do ladrilho, há fraturas e manchas de oxidação, perda de rejunte e peça colada com material espúrio colonização biológica e presença de plantas e alguns grandes cristais de feldspato quebrados e desgastados pelo impacto dos passos nos degraus.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIRES-BARROS, L. 1991. Alteração e Alterabilidade de Rochas. INIC, Lisboa.

MARTINS, A.C. – Dissertação – Vivências no museu: a arquitetura e os caminhos da museografia no Museu de Astronomia e Ciências Afins - UNIRIO / MAST - RJ, 2012.

MARTINS, A.C. – Doutorado TEMPO, TEMPO, TEMPO: da arquitetura do observatório ao museu de ciências. – PROARQ/FAU/UFRJ - RJ, 2019.

BRANDÃO, O.F. Os meus 44 anos de Observatório Nacional. Rio de Janeiro: MAST,1999.

BRITO, J.D. Conservação de edifícios históricos: um estudo sobre o Museu de Astronomia no Rio de Janeiro. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Brasília: Universidade de Brasília (UNB), 2002.

FRAZÃO, E.B. & FARJALLAT, J.E.S. (1994) Seleção de pedras para revestimentos e prioridades requeridas. Rev. Rochas de Qualidade; ed. 124; p. 80-93.

MANSUR, K.L.; CARVALHO, I.S.; DELPHIM, C.F.M.; BARROSO, E.V. O Gnaisse facoidal: a mais carioca das rochas. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ, vol. 31, n. 2, p. 9-22, 2008.

MORIZE, H. Observatório astronômico – Um século de história (1827-1927). Rio de Janeiro: Salamandra, 1987.

RESENDE, I.L.C.C. Relatório Final de atividades – Estudo de caso: estudo de aprofundamento sobre a história do Campus MAST-ON – Ocupação do morro de São Januário e seu entorno. Rio de Janeiro: MAST, jun-2008.

RIBEIRO, R.C.C. et alii. Caracterização Tecnológica das Rochas da Fachada Lateral Esquerda da Mosteiro de São Bento. RRM 0001-00-17, CETEM/MCTI, 2017, 23 p.

RICARDO, A.M. Uma rocha e um palácio: características e alterabilidade do gnaisse facoidal no Paço Imperial do Rio de Janeiro. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Programa de Pós-graduação em Geologia, 2015.

SILVA, L.C.T. da, 2006. Avaliação da Degradação de Rochas em Fachadas de Prédios Históricos: os exemplos do Teatro Municipal e Paço Imperial. Dissertação de Mestrado, Departamento de Geologia, UFRJ. 96 p.

## SÉRIES CETEM

As Séries Monográficas do CETEM são o principal material de divulgação da produção científica realizada no Centro. Até o final do ano de 2023, já foram publicados, eletronicamente e/ou impressos em papel, mais de 380 títulos, distribuídos entre as seis séries atualmente em circulação: Rochas e Minerais Industriais (SRMI), Tecnologia Mineral (STM), Tecnologia Ambiental (STA), Estudos e Documentos (SED). A Série Iniciação Científica consiste numa publicação eletrônica anual.

A lista das publicações poderá ser consultada em nossa homepage. As obras estão disponíveis em texto completo para download. Visite-nos em <https://www.gov.br/cetem/pt-br/assuntos/repositorio-mineralis-e-biblioteca>.

### Últimos números da Série Tecnologia Ambiental

STA-127 – **Geoturismo urbano: conhecendo as rochas das igrejas do bairro da Tijuca, no Rio de Janeiro.** Ana Rafaela Soalheiro Varella Pitta Ribeiro, Rosana Elisa Coppedê da Silva, Roberto Carlos da Conceição Ribeiro e Marcelle Lemos Amorim de Cerqueda, 2023.

STA-126 – **Uso de planejamento experimental no aproveitamento de resíduo do processo Bayer em cerâmica vermelha.** Michelle Pereira Babisk, Larissa da Silva Ribeiro, Carlos Maurício Fontes Vieira, Ulisses Soares do Prado, Mariane Costalonga de Aguiar e Monica Castoldi Borlini Gadioli, 2023.

STA-125 – **Estudo bibliográfico da aplicação dos resíduos de rochas ornamentais.** Kayrone Marvila de Almeida, Mariane Costalonga de Aguiar, Monica Castoldi Borlini Gadioli, Matheus Moura Amorim e Francisco Wilson Hollanda Vidal, 2023.

## **INFORMAÇÕES GERAIS**

CETEM – Centro de Tecnologia Mineral  
Avenida Pedro Calmon, 900 – Cidade Universitária  
21941-908 – Rio de Janeiro – RJ  
Geral: (21) 3865-7222  
Biblioteca: (21) 3865-7218  
E-mail: [biblioteca@cetem.gov.br](mailto:biblioteca@cetem.gov.br)  
Homepage: <http://www.cetem.gov.br>

## **NOVAS PUBLICAÇÕES**

Se você se interessar por um número maior de exemplares ou outro título de uma das nossas publicações, entre em contato com a nossa biblioteca no endereço acima.

Solicita-se permuta.

We ask for interchange.



## Missão Institucional

Desenvolver tecnologias inovadoras e sustentáveis, e mobilizar competências visando superar desafios nacionais do setor mineral.

## O CETEM

O Centro de Tecnologia Mineral - CETEM é um instituto de pesquisas, vinculado ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação - MCTI, dedicado ao desenvolvimento, à adaptação e à difusão de tecnologias nas áreas minerometalúrgica, de materiais e de meio ambiente.

Criado em 1978, o Centro está localizado no campus da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, na cidade Universitário, no Rio de Janeiro e ocupa 20.000m<sup>2</sup> de área construída, que inclui 25 laboratórios, 4 plantas-piloto, biblioteca especializada e outras facilidades.

Durante seus 45 anos de atividade, o CETEM desenvolveu mais de 800 projetos tecnológicos e prestou centenas de serviços para empresas atuantes nos setores minerometalúrgico, químico e de materiais.