

Série Rochas e Minerais Industriais

Caracterização das rochas presentes nas edificações históricas da Ilha da Boa Viagem

**Roberto Carlos da Conceição Ribeiro
Rosana Elisa Coppedê Silva
Michelle Teixeira C. C. dos Santos
Anna Gabriele Oliveira de Souza
Leonardo Cesar dos Santos**



SÉRIE ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS

Caracterização das rochas presentes nas edificações históricas da Ilha da Boa Viagem

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA

Jair Messias Bolsonaro

Presidente

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES

Marcos Cesar Pontes

Ministro de Estado da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações

Julio Francisco Semeghini Neto

Secretário-Executivo

Gerson Nogueira Machado de Oliveira

Subsecretário de Unidades Vinculadas

Cesar Augusto Rodrigues do Carmo

Coordenador-Geral de Unidades de Pesquisa

CETEM – CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL

Fernando Antonio Freitas Lins

Diretor

Gustavo Silva Menezes

Coordenador de Administração - COADM

Robson de Araújo D'Ávila

Coordenador de Planejamento, Gestão e Inovação - COPGI

Claudio Luiz Schneider

Coordenador de Processamento e Tecnologias Minerais - COPTM

Andréa Camardella de Lima Rizzo

Coordenadora de Processos Metalúrgicos e Ambientais - COPMA

Francisco Wilson Hollanda Vidal

Coordenador do Núcleo Regional do Espírito Santo - CONES

José Antônio Pires de Mello

Coordenador de Análises Minerais - COAMI

SÉRIE ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS

ISSN 1518-9155

ISBN 978-85-8261-114-2

SRMI - 27

Caracterização das rochas presentes nas edificações históricas da Ilha da Boa Viagem

Roberto Carlos da Conceição Ribeiro

Eng. Químico, D.Sc. Pesquisador do CETEM/MCTIC

Rosana Elisa Coppedê Silva

Engenheira Geóloga, D.Sc. Bolsista do Programa de
Capacitação Institucional-PCI do CETEM/MCTIC

Michelle Teixeira Costa Cassiano dos Santos

Técnica em Química. Bolsista do Programa de
Capacitação Institucional-PCI do CETEM/MCTIC

Anna Gabriele Oliveira de Souza

Aluna de Graduação em Geologia, UFRJ. Estagiária do
CETEM/MCTIC

Leonardo Cesar dos Santos

Aluno de Graduação em Geologia, UFRJ. Bolsista de
Iniciação Científica do CETEM/MCTIC

CETEM/MCTIC

2019

SÉRIE ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS

Silvia Cristina Alves França

Editora

Luiz Carlos Bertolino

Subeditor

CONSELHO EDITORIAL

Adão Benvindo da Luz (CETEM), Francisco Wilson Hollanda Vidal (CETEM), Jurgen Schnellrath (CETEM), Arthur Pinto Chaves (EPUSP), Luis Lopes (Universidade de Evora), Carlos Adolpho Magalhães Baltar (UFPE), Marsis Cabral Junior (IPT).

A Série Rochas e Minerais Industriais publica trabalhos na área minerometalúrgica, com ênfase na aplicação de minerais industriais e de rochas ornamentais. Tem como objetivo principal difundir os resultados das investigações técnico-científicas decorrentes de projetos desenvolvidos no CETEM e em parceria com outras instituições de PD&I.

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

Valéria Cristina de Souza

Coordenação Editorial

Editoração Eletrônica

Roberto Carlos da Conceição Ribeiro

Revisão

Ana Maria Silva Vieira de Sá

CRB7 3982

Catálogo na Fonte

Ribeiro, Roberto Carlos da Conceição

Caracterização das rochas presentes nas edificações históricas da Ilha da Boa Viagem / Roberto Carlos da C. Ribeiro [et al.]. — Rio de Janeiro: CETEM/MCTIC, 2019.

66p.: il. (Série Rochas e Minerais Industriais, 27)

1. Alteração de rochas. 2. Ilha da Boa Viagem. 3. Lioz. I. Centro de Tecnologia Mineral. II. Ribeiro, Roberto C. da Conceição. III. Silva, Rosana E. Coppedê. IV. Santos, Michelle Teixeira C.C.dos. V. Souza, Anna G. Oliveira. VI. Santos, Leonardo C. dos. VII. Título. VIII. Série.

CDD – 553.5

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
1 INTRODUÇÃO	9
1.1 O Uso das Rochas no Patrimônio	9
1.2 Alteração e Alterabilidade de Rochas	10
1.3 Breve Histórico	23
2 OBJETIVO	25
3 LOCALIZAÇÃO DA ILHA DA BOA VIAGEM	26
4 EXPERIMENTAL	28
4.1 Amostragem e Experimental	28
4.2 Análises Laboratoriais	33
4.3 Ensaio no Campo com Equipamentos Portáteis	35
5 RESULTADOS	38
5.1 Ensaio Laboratoriais	38
5.2 Ensaio de Campo (cor e brilho, dureza e FRX portátil)	49
6 CONCLUSÃO	60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61

RESUMO

A Ilha da Boa Viagem, localizada em Niterói, era um ponto estratégico de onde se avistavam todas as embarcações que chegavam ou saíam da cidade durante o século XVII. A ilha possui uma igreja, um palácio e um fortim, expostos às intempéries há quase 300 anos e o objetivo do trabalho foi realizar a caracterização tecnológica e verificação de alterações dessas edificações. O trabalho contou com medições de cor e brilho e dureza com equipamentos portáteis; além de coleta de amostras para descrição petrográfica, análises de fluorescência e difração de raios-X. A igreja apresenta lioz em sua fachada e no poço de água. No palácio as soleiras e peitoris são de mármore branco esverdeado. O palácio possui um poço de gnaiss facoidal, sem indicação da data de construção, com manchamentos e mobilização de óxidos de ferro de uma haste metálica que segurava o antigo balde. Os padrões de cor indicaram que o calcário Lioz apresenta coloração rosa clara, indicando alto grau de alteração por raios-UV, visto que essa rocha deveria ser vermelha (encarnação) com dureza de 600 HLD. Já o gnaiss facoidal é laranja escuro, cor dada pela alteração, com dureza de 750 HLD. Conclui-se que as alterações nas rochas da Ilha são majoritariamente físicas, uma vez que os raios-UV alteraram drasticamente a coloração do lioz e o sal causou a formação de alveolização também nessa rocha. O gnaiss apresenta-se íntegro e os mármore apresentam perdas de massa.

Palavras-chave

Alterações de rochas, ilha da Boa Viagem, lioz, gnaiss facoidal.

ABSTRACT

Boa Viagem Island, located in Niteroi, was a strategic point from which all ships arriving or leaving the city during the 17th century could be seen. The island has some old buildings, exposed to the weather for almost 300 years. The objective of this work was to perform the technological characterization and verification of alterations of the presence rocks in these buildings. The work featured color and brightness and hardness measurements with portable equipment; and sample collection for petrographic description, fluorescence and X-ray diffraction assays. The church has lioz in its facade and in the water well. In the palace the sills and sills are of greenish white marble. The palace has a facoidal gneiss pit, with stains and mobilization of iron oxides from a metal rod that held the old bucket. The color patterns indicated that Lioz limestones are light pink in color, indicating high-grade and U-ray alteration, as this rock should be red. Facoidal gneiss is dark orange. Lioz limestones have a hardness around 600 HLD and a facoidal gneiss around 750 HLD, both considered to be average for these rock types. It is concluded that the alterations in the rocks of the Island are mostly physical, since the UV-rays drastically altered the color of the lioz and the salt caused the alveolization formed also in this rock. The gneiss is intact and the marbles have mass loss.

Keywords

Dimension stones alterations, Boa Viagem island, lioz, gneiss.

1 | INTRODUÇÃO

1.1 | O Uso das Rochas no Patrimônio

No Rio de Janeiro e entorno, os maciços rochosos da região e que conformam a paisagem de montanhas com pendentes abruptas para o mar, foram usados na construção desde a fundação da cidade, a diferença de outras cidades do sudeste brasileiro (COSTA, 2009). Durante quatro séculos foram extraídas rochas dos maciços para serem usadas como pavimentação, ornamentação, construção de muros e paredes, cantaria e aterramento das inúmeras áreas alagadas do interior da cidade e de novas áreas ganhas ao mar. As principais rochas que compõem esses maciços e foram muito utilizadas na construção são os gnaisses, de composição granítica a granodiorítica: Augen gnaisse ou Gnaisse Facoidal, Gnaisse leucocrático, conhecido como Leptinito e gnaisse Kinzigítico ou Kinzigito (BARROSO et al., 2010). Trata-se de rochas neoproterozoicas, formadas durante a amalgamação do Supercontinente Gondwana, com idade ao redor de 550 Ma. (HEILBRON et al., 2016). Dentre elas, destaca-se o Gnaisse Facoidal, conhecido como "A mais carioca das rochas"(MANSUR et al., 2008), um gnaisse porfirítico, de granulometria grossa, com megacristais de microclínio (de 3 a 7 cm) em uma matriz rica em biotita e quartzo que se pode encontrar em toda a parte central e zona sul da cidade em pavimentos, meios-fios, monumentos, edificações históricas e obras de infraestrutura.

Além desses materiais locais, alguns detalhes da Capela de Nossa Senhora da Boa Viagem e da cisterna ao lado são de calcário Lioz.

O Calcário Lioz ou pedra lioz é a designação dada em Portugal a um tipo de calcário bioclástico e calciclástico compacto, rico em biosparito e microsparito, contendo fósseis rudistas (SILVA 2007), sendo adequado ao talhe e polimento, tendo por isto um vasto uso como pedra de cantaria e como revestimento ou função decorativa. Em geral é branco, mas apresenta colorações variadas, de rosa claro a escuro, vermelho-roxo, cinza, dourado ou amarelo queimado (SILVA, 2007). Sua principal origem são os arredores da vila de Pêro Pinheiro, próximo de Sintra (Lisboa), tendo sido a pedra preferida na reconstrução da Lisboa Pombalina (SILVA, 2007), após o terremoto de 1755. É também explorado em outras regiões a norte e noroeste de Lisboa, onde existem depósitos do Cretáceo. Este material pétreo foi trazido ao Brasil como lastro de navios na época colonial (SILVA, 2007).

1.2 | Alteração e Alterabilidade de Rochas

A alterabilidade e a durabilidade são termos constantemente usados em estudos voltados para degradação e conservação de rochas para revestimento de fachadas ou como elementos de cantaria, por isso torna-se importante a distinção dos termos mencionados durante o desenvolvimento do presente trabalho.

Segundo Serra Jr. e Ojima (1998), alteração é o conjunto de modificações das condições em que as rochas foram formadas, mudanças estas que se processam próximas ou na própria superfície da Terra, as quais levam às mudanças físicas e/ou químicas (e também mineralógicas). Tais modificações, em geral, conduzem à degradação das suas características e propriedades geomecânicas. Durante o processo de alteração,

há a diminuição da resistência mecânica, o aumento da deformabilidade e a modificação das propriedades de permoporosidade das rochas.

A durabilidade da rocha indica a resistência do material ao intemperismo ou durante o tempo de deterioração e, abrange certo número individual de processos intempéricos e propriedades da rocha (THORN,1988 apud SMITH e WARKE, 1996).

Rochas com características estruturais similares podem exibir uma diversidade de comportamento sob diferentes regimes de ambientes (FROHNSDORFFE MASTERS, 1980; TOMBACH, 1982), pois aspectos como a natureza do ambiente, clima e influências antropogênicas têm um maior efeito sobre a deterioração da rocha.

Rodrigues (1989) sugere que a durabilidade das rochas depende dos componentes minerais das mesmas, particularmente dimensões e propriedades mecânicas. Este limite falseia a compreensão geral da aceitação da teoria do intemperismo de rochas, isto é, de que mecanismos e taxas de deterioração são dependentes de fatores intrínsecos e extrínsecos (SMITH & WARKE, 1996). O intemperismo é o processo de alteração que ocorre naturalmente, sendo influenciado pela litologia, pela mineralogia e por fatores ambientais. A deterioração é o dano que resulta de fatores naturais somados aos antrópicos, os quais levam ao desgaste do material (BAER & SNETHLAGE, 1996). A degradação é a modificação do material, que supõe sempre degeneração de características segundo a ótica de conservação.

A deterioração afeta tanto a rocha em seu lugar de origem como a pedra talhada e sua colocação na obra. Os mecanismos que causam a alteração e degradação são os mesmos, mas têm significativa importância, visto que ocorrem em local natural ou, no caso específico de um monumento de rocha, em determinado contexto ambiental (SILVA & ROESER, 2003). O estado de degradação de um monumento pode ser determinado de acordo com o tipo, intensidade, extensão e distribuição dos danos.

Segundo Frascá (2005), a alterabilidade também pode ser definida como um fenômeno que ocorre concomitantemente ao uso do homem e das suas obras de engenharia. Desse modo, alterabilidade pode ser apresentada em função de cinco importantes fatores:

- fatores intrínsecos: dependentes do tipo de rocha e das propriedades físicas e químicas inerentes à sua mineralogia, alterações preexistentes, grau de fissuramento ou porosidade, ou seja, da superfície exposta à alteração;
- fatores extrínsecos: função do meio ambiente em que se processa a alteração (temperatura, fatores físico-químicos quantidade de água, forças bióticas), levando-se em conta não só a intensidade como a frequência das variações externas, ou seja, seu caráter cíclico;
- tempo: novas condições ambientais e intempéricas podem acelerar a alteração dos constituintes minerais da rocha.

Por isso, na alteração das rochas ornamentais, além daqueles apontados acima, também são importantes os seguintes fatores:

- modificações (microfissuras, principalmente) decorrentes dos processos de beneficiamento (corte e polimento) e processamento (resinagem);
- interação destas com as intempéries e as condições de fixação, manutenção e uso.

Ainda segundo Frascá (2005), apresentam-se a seguir os agentes atmosféricos que atuam diretamente nos processos intempéricos e podem acelerar a degradação sofrida pelas rochas.

- umidade: na forma de chuva, névoa ou como a própria umidade relativa do ar;
- temperatura do ar: tende a acelerar as reações químicas;
- insolação e resfriamento noturno: responsáveis pelos movimentos térmicos;
- vento e energia cinética: promovem ação abrasiva sobre as paredes;
- constituintes do ar e poluentes atmosféricos (gasosos e aerossóis): condicionam as taxas de ataque químico.

O processo de intemperismo geralmente se inicia com a progressiva desintegração física do material rochoso *in situ*. Após essa fase inicial, o armazenamento e a percolação de fluidos são facilitados, permitindo, assim, que se processe a decomposição química, cujo resultado é uma mistura de

minerais primários resistentes e uma suíte de constituintes minerais neoformados, todos estáveis no novo ambiente (LICHT, 1998).

Costuma-se dividir o processo de intemperismo, embora de forma artificial, em três componentes distintas: a física, a química e a biológica.

O intemperismo físico corresponde à ruptura das rochas por solicitação de esforços inteiramente mecânicos atribuídos a várias causas. Algumas dessas forças originam-se no interior das próprias rochas, enquanto outras são aplicadas externamente. Os esforços aplicados conduzem à propagação de fissuras na rocha provocando a fragmentação do material pétreo (SUGUIO, 2003). Alguns agentes auxiliam a desintegração física das rochas, tais como: as variações de temperatura (ciclagens térmicas), a ação de sais, o congelamento da água, os ciclos de umedecimento e secagem e a ação de ventos.

A maioria das rochas possui condutividade térmica muito baixa. Quando a rocha encontra-se exposta à insolação é estabelecido um gradiente de temperatura entre a região mais superficial e o seu interior. Dessa maneira, a superfície da rocha expande-se mais do que o seu interior, desenvolvendo um esforço que poderia eventualmente levar ao fraturamento ou desagregação (SUGUIO, 2003). Além disso, os minerais apresentam diferentes coeficientes de dilatação térmica, de acordo com as suas propriedades físicas, desenvolvendo esforços diferenciados no interior da rocha (LEINZ & AMARAL, 1998).

Quando esses processos ocorrem muito rapidamente e de maneira repetitiva, os esforços gerados podem ser suficientes para causar fissuras ao longo dos contatos e limites de cristais individuais e grãos, propagação de fissuras pré-existentes por expansão e contração termal diferencial ao longo de direções cristalográficas contrastantes ou mesmo a desintegração da rocha provocada por fadiga nos minerais (LICHT, 1998). Este efeito é típico de regiões com grandes amplitudes térmicas entre o dia e a noite, como é próprio em regiões desérticas.

Em regiões litorâneas é provável que haja desagregação produzida pela cristalização do sal existente nas gotículas de água do mar que são levadas pelo vento em grande quantidade da zona da arrebentação das ondas. Logo, a superfície da água é evaporada e os sais (sulfatos, cloretos, nitratos, carbonatos) cristalizam-se formando as chamadas eflorescências (LEINZ & AMARAL, 1998).

Quando a cristalização de sais se dá em fissuras e fraturas das rochas, estas tendem a ser aumentadas pela pressão gerada pelo crescimento de cristais. A repetição secular deste fenômeno faz com haja a desagregação progressiva do material (SUGUIO, 2003).

A água, ao congelar-se, expande-se em 9% do seu volume. Por este motivo, o congelamento da água inclusa nas fraturas, fissuras e poros das rochas exerce uma força expansiva considerável. A atividade destrutiva é tanto maior quanto maior for o número de poros preenchidos pela água. O fenômeno é acelerado se a rocha contiver descontinuidades.

Também é importante a repetição de degelar e congelar (ciclagem), pois a repetição contínua do processo alarga as fraturas, a rocha afrouxa-se e desagrega-se, formando lascas

ou blocos de tamanhos variados. Este tipo de intemperismo é, atualmente, de pouca importância no Brasil, ocorrendo apenas em pequena escala nos planaltos de Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Itatiaia-RJ e Campos do Jordão-SP (LEINZ & AMARAL, 1998).

A penetração da água da chuva favorece os ciclos de condensação e evaporação que causam a dissolução e migração de sais, e, posteriormente, a recristalização destes em outro lugar, por exemplo, o aparecimento de eflorescências e subflorescências entre as fissuras e microfissuras e a superfície externa do material rochoso (WINKLER, 1985).

Outro efeito é a pressurização de ar nos poros das rochas toda vez que, depois de seca, há a saturação por fluidos das mesmas. Esse processo, muito comum em rochas sedimentares argilosas, leva ao desenvolvimento de tensões internas que podem ser suficientemente altas para produzir a expansão e a conseqüente desagregação da rocha (FRANKLIN & DUSSEAUT, 1989).

O processo de intemperismo químico é caracterizado pelas reações entre a rocha e soluções aquosas diversas, uma vez que o principal agente do intemperismo químico é a água.

Este acontece quando o equilíbrio do conjunto de átomos que constitui os minerais é rompido, resultado de reações químicas que conduzem o mineral a um arranjo mais estável (SUGUIO, 2003).

O equilíbrio físico-químico determina que todas as substâncias estejam presentes na forma de fases, e que estas sejam estáveis sob novas condições de pressão e temperatura relativamente baixas. Quando as condições da composição

química são modificadas pela presença da água e/ ou ar, alguns minerais ou suas fases tornam-se instáveis e podem surgir novos minerais mais estáveis sob estas condições, que são denominados minerais neoformados (SUGUIO, 2003).

Sob condições apropriadas, rochas cristalinas silicatadas de granulação grossa, como granitos porfiróides, podem ser reduzidas a um complexo ultrafino de argilominerais e um resíduo arenoso. A partir de uma grande variedade de litologias, podem se desenvolver óxidos hidratados de ferro e de alumínio (lateritas e bauxitas). Uma atuação de grande intensidade dos processos de intemperismo em ambiente tropical ou subtropical úmido (intemperismo ferralítico) produz, ao final, uma completa lixiviação dos metais alcalinos, alcalino-terrosos e sílica, enquanto o ferro e o alumínio concentram-se in situ como óxidos e hidróxidos (LICHT, 1998).

A acumulação maciça do ferro, como da laterita, e do alumínio, como bauxita, pode ser considerada como o resultado final do intemperismo ferralítico profundo (ZEEGERS, 1979). A presença de K, Na, Ca e Mg indica um processo ainda incompleto.

Em todos os níveis e em todos os ambientes o intemperismo químico depende da presença de água, dos sólidos e gases dissolvidos. Embora poucos minerais sejam solúveis apenas em água pura, as águas pluviais são, em geral ácidas pela dissolução de dióxido de carbono (CO_2) retido na atmosfera formando o ácido carbônico (H_2CO_3), além de cloretos e sulfatos derivados dos oceanos e das atividades humanas, domésticas ou industriais.

O pH também é frequentemente reduzido pela presença de ácidos fúlvicos e/ou húmicos produzidos por processos biológicos a partir da decomposição de materiais vegetais, processo muito comum nos solos, mas também verificável sob certas condições nas rochas de revestimento em ambiente construído.

Os principais tipos de reações químicas que ocorrem durante o intemperismo das rochas são: a dissolução, a hidrólise, a hidratação e a oxidação.

A dissolução é, geralmente, o primeiro estágio do intemperismo químico. O volume de material dissolvido depende da quantidade e qualidade da água e, conseqüentemente, da solubilidade dos minerais. A exemplo deste tipo de processo pode ser citado a halita (NaCl) que é muito solúvel mesmo em água pura, a gipsita ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) e os carbonatos que seguem a halita entre os materiais solúveis mais comuns na natureza (SUGUIO, 2003).

A hidrólise e a hidratação são dois processos relacionados de forma intensa. A hidratação implica na absorção das moléculas de água na estrutura cristalina de um mineral. A hidrólise é uma reação química entre o mineral e a água, isto é, entre os íons H^+ e OH^- da água e os íons do mineral. Através desta reação dá-se a decomposição da estrutura cristalina do mineral. Na hidrólise, por exemplo, um silicato de Al ou Fe é convertido em um argilomineral ou hidróxido de Fe, acompanhado pela perda de cátions e pela incorporação de H^+ (LEINZ & AMARAL, 1998; SUGUIO, 2003).

Os processos orgânicos, além de constituírem o principal fator genético na formação do solo, também desempenham um papel significativo na decomposição de rochas.

A atividade orgânica, principalmente a de bactérias viventes no solo, toma parte na decomposição das rochas. Os primeiros ataques sofridos por uma rocha durante a exposição às intempéries são de bactérias e fungos microscópicos, seguidos de líquens, algas e musgos, formando e preparando o solo para as plantas superiores. Todas elas segregam gás carbônico, nitratos, ácidos orgânicos como produtos do seu metabolismo (LEINZ & AMARAL, 1998).

Embora a ação intempérica dos organismos vivos seja, principalmente, química, ela pode também ser física, como no caso das plantas que, por meio da ação de raízes, podem penetrar nas fraturas abrindo-as e fazendo-as propagar. As plantas mais desenvolvidas (traqueófitas) apresentam verdadeiros sistemas de raízes e aparato aéreo, e podem ser consideradas como um dos agentes da degradação mais importantes, principalmente, devido à pressão exercida pelo crescimento das raízes em fissuras já existentes nas rochas (LEINZ & AMARAL, 1998). Além disso, a penetração e o crescimento das raízes, juntamente com a cristalização de sais, podem contribuir para a ampliação destas fraturas.

No caso de animais, a presença de pombos pode causar, através da acumulação das suas fezes, uma importante fonte de sais e de matéria orgânica para as comunidades microbiológicas que povoam os revestimentos atacando-os quimicamente e provocando modificações estéticas importantes nos monumentos (SUGUIO, 2003; SOUSA et al., 2005).

Os monumentos construídos de rocha são, principalmente, colonizados por organismos fotossintéticos: cianobactérias, algas, líquens, musgos e plantas, onde o substrato é usado como suporte para obter luz, fonte primária da energia.

As bactérias que colonizam os monumentos são responsáveis pela produção de substâncias que vão atacar quimicamente o material pétreo, que podem ser, segundo Sousa et al. (2005), serem divididas em dois grupos distintos: autotróficas e heterotróficas.

As autotróficas obtêm o carbono a partir do dióxido de carbono presente na atmosfera e podem obter a sua energia diretamente da luz solar (fotolitotróficas) ou a partir de reações químicas de oxirredução (quimiolitotróficas). Já as bactérias heterotróficas utilizam compostos orgânicos acumulados sob o revestimento de rocha para obter carbono e, tal como as anteriores, podem obter a sua energia tanto através da luz solar (fotoorganotróficas), como através de reações químicas (quimioorganotróficas, SOUSA et al., 2005).

As algas e as cianobactérias, designadas algas azuis, são organismos fotoautotróficos capazes de se desenvolver em revestimentos pétreos sempre que ocorra uma combinação adequada de umidade, temperatura e luz. As algas e as cianobactérias conseguem desenvolver-se apenas com dióxido de carbono (CO_2) e nitrogênio (N_2) e incluem-se entre os colonizadores pioneiros em monumentos, após as bactérias (SOUSA et al., 2005).

Sob condições de elevada umidade e temperatura, as algas e cianobactérias se desenvolvem abundantemente. Em condições de ausência de umidade e de baixa temperatura, esses organismos não sobrevivem, criando depósitos de

células mortas que irão permitir um rápido desenvolvimento de uma nova geração, assim que as condições ambientais tornem-se favoráveis. Estes depósitos de matéria orgânica vão criar condições para o desenvolvimento de fungos e seres mais evoluídos, como briófitas ou mesmo plantas superiores (SOUSA et al., 2005).

Estes organismos apresentam uma enorme capacidade de adaptação a diferentes substratos, mediante a alteração da coloração e da morfologia. As pátinas resultantes das colônias formadas por algas e cianobactérias exibem, geralmente, uma coloração verde brilhante em todos os locais suficientemente úmidos e protegidos da radiação solar direta.

Por isso, estas têm sido investigadas devido a sua capacidade de atacar quimicamente alguns minerais que compõem a rocha originando pátinas, que podem ser analisadas macroscopicamente como não estéticas como parte da imagem coletiva do próprio edifício.

Ainda é frequente a associação das algas e cianobactérias com outros habituais colonizadores de revestimentos pétreos, os líquens (RICHARDSON, 1980 apud SOUSA et al., 2005).

Os líquens são associações simbiótica entre alga ou cianobactéria e fungos. Estes organismos são os mais notáveis e importantes colonizadores ao ar livre em monumentos e levam superfícies antigas ao manchamento.

O crescimento dos líquens é muito lento, quando comparado com o das plantas de modo geral; no entanto, segundo Sousa et al. (2005), existe uma grande variação na velocidade de crescimento entre espécies e também entre diferentes idades do organismo, podendo o crescimento radial variar entre 0.2 e

28 mm por ano. O crescimento depende também das condições ambientais onde o talo liquênico se desenvolve, onde há disponibilidade de água e de luz, fatores que desempenham um papel essencial, bem como a poluição atmosférica (que inibe o desenvolvimento destes).

Algumas alterações biogeofísicas são causadas pela penetração dos filamentos que formam os fungos sob a superfície da rocha através de ciclos de contração e expansão, ou seja, dessecação e re-hidratação. Estes movimentos resultam no levantamento marginal de parte do líquen e no desprendimento de camadas na superfície da rocha, levando à biodeterioração.

Ao contrário do que ocorre com as briófitas e plantas inferiores, as plantas superiores geralmente encontradas em revestimentos pétreos apresentam uma maior concentração de íons de hidrogênio, o que lhes permite extrair os íons de minerais do substrato (SOUSA et al., 2005).

No entanto, a ação mecânica e/ou química das briófitas sobre o revestimento pétreo pode ser quase despercebida, uma vez que não dispõem de raízes, mas sim rizoídes que não fazem contato diretamente com o substrato e, portanto, não podem ser consideradas como um fator importante para o processo de biodeterioração sofrido pela rocha, a não ser pelo fato de que mantém elevadas as umidades, pois trabalham como uma barreira que impede sua evaporação. Em alguns casos, podem ser considerados não estéticos (SOUSA et al., 2005).

1.3 | Breve Histórico

Construída na ilha de mesmo nome, na Baía de Guanabara em Niterói, por ordem de Diogo Carvalho Fontoura pelos meados do século XVII por uma doação em moedas do testamento de um senhor de nome José Gonçalves e sua conclusão data de 1734. Em 1846, foi reformada pelo engenheiro provincial Pedro Toulois. Por volta de 1702 o capitão-governador Luís Cesar de Menezes construiria na ilha de Boa Viagem o denominado “Forte da Barra” (JUNIOR, 2014).

Numa festa realizada em 8 de dezembro de 1870, incendiou-se e só foi reconstruída, em 1909, pela Associação Protetora dos Homens do Mar, quando se restabeleceu o culto de Nossa Senhora dos Navegantes. Em 1911, o Governador Oliveira Botelho dotou-a de luz elétrica. Em 1918, extinta a Associação, a ilha passou à jurisdição do Ministério da Marinha, e a imagem de Nossa Senhora foi recolhida à capela do hospital da corporação (GUELMAN, 2004).

Novamente abandonada, em ruínas, a igreja foi reconstruída pelo Prefeito Gustavo Lira, sendo as obras dirigidas por José Mariano Filho e inauguradas em 2 de setembro de 1934, com uma procissão marítima trazendo de volta a imagem da padroeira. Prevendo novo abandono, o Ministério da Marinha resolveu deixar a igreja sob a guarda dos escoteiros do mar sediados na ilha. (GUELMAN, 2004).

Incendiada novamente, em 25 de outubro de 1977, foi restaurada, sob a orientação do engenheiro Hesíodo Castro Alves Filho, não só a igreja, mas também outras instalações e a ponte de concreto armado. Para custear as despesas do culto instituiu-se uma irmandade de pescadores e homens do mar (GUELMAN, 2004).

Todas as embarcações que aportavam ao Rio de Janeiro pagavam de boa vontade uma quantia para a manutenção do templo (GUELMAN, 2004).

Em 1938 foi tombada pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Brasileiro (Processo nº 101-T-38 e 164-T-30, inscrição nº 80 no Livro das Belas Artes, Vol.1, fl. 15 inscrição nº 3 no Livro Histórico, vol.1, Fl.24 em 02/12/1940, Etnográfico e Paisagístico, fl. 2 e inscrição nº 143).

2 | OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é realizar a caracterização tecnológica das rochas presentes na igreja e no palácio que se encontram na ilha da Boa Viagem.

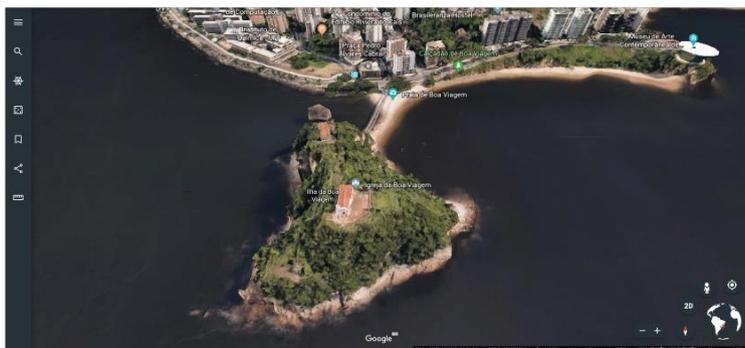
3 | LOCALIZAÇÃO DA ILHA DA BOA VIAGEM

Os estudos foram feitos na Ilha da Boa Viagem, localizada em frente a praia homônima, na cidade de Niterói, RJ, como indicado nas Figuras 1 e 2. Já a Figura 3 apresenta o posicionamento das edificações na ilha.



Fonte: <https://pcrj.maps.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?useExisting=1&layers=2a05301d1297465a8fd2aa1a74ea53d0>

Figura 1. Localização da área em estudo.



Fonte: Google Earth, 2019.

Figura 2. Localização da Ilha em relação ao entorno.



Fonte: Google Earth, 2019.

Figura 3. Localização das edificações na ilha.

4 | EXPERIMENTAL

4.1 | Amostragem e Experimental

As rochas que compõem as cisternas próximas ao palácio e à igreja de N.Sa. da Boa Viagem, além das que fazem parte da fachada da igreja foram avaliadas, por meio de equipamentos portáteis não destrutivos (dureza, cor e brilho e FRX).

Além disso, cinco fragmentos soltos de rochas, presentes nas edificações históricas foram avaliados por meio de petrografia, FRX, DRX, MEV-EDS e índices físicos. Elas receberam as seguintes denominações: Lioz: (C1) Portal da Capela de Nossa Senhora da Boa Viagem e (C2) Poço da Capela de Nossa Senhora da Boa Viagem; Mármore ou calcário: (C3) Soleiras e (C4) Parapeito do palácio e; Gnaisse Facoidal: (C5) Poço do Palácio. As Figuras 4 a 9 indicam os pontos de coleta dessas amostras.

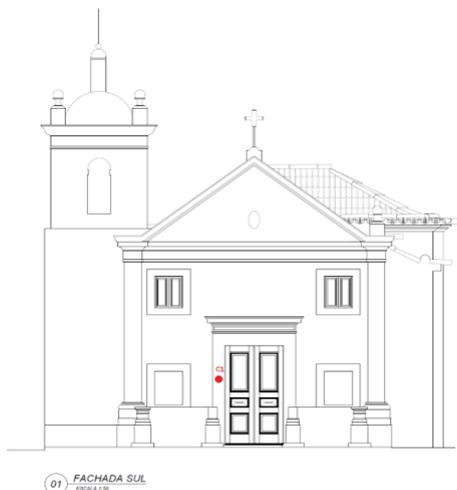


Figura 4. Local de coleta do Lioz na porta principal da Igreja.



Figura 5. Coleta no ponto C1.



Figura 6. Coleta no ponto C2.



Figura 7. Local de coleta da amostra C3 na soleira do palácio.

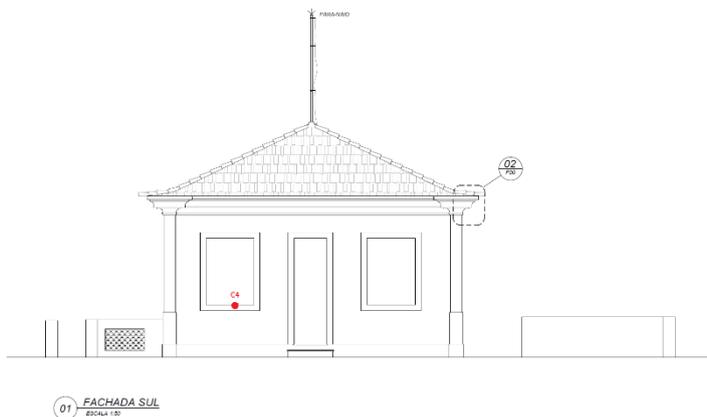


Figura 8. Local da coleta da amostra C4 no peitoril do palácio.



Figura 9. Coleta no ponto C3.



Figura 10. Coleta no ponto C4.

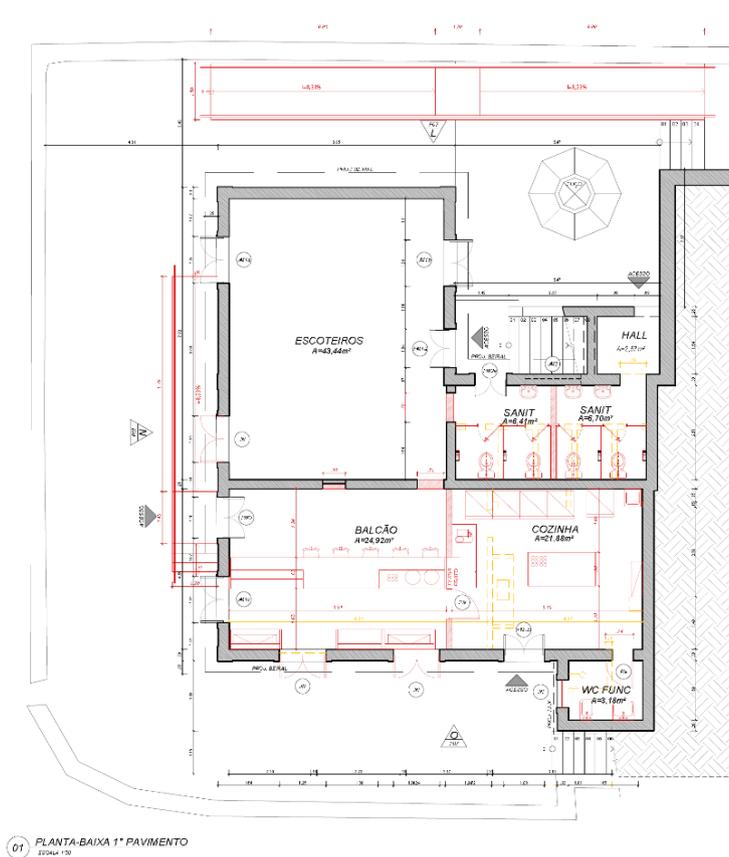


Figura 11. Planta baixa do 1º pavimento do palácio com o local de coleta da rocha.



Figura 12. Coleta no ponto C5.

4.2 | Análises Laboratoriais

4.2.1 | Análise petrográfica

Esta análise tem por objetivo verificar por meio de estudos macroscópicos e microscópicos a composição mineralógica do material, sua textura, o estado de alteração dos minerais, bem como o grau e o tipo de microfissuração.

A análise macroscópica foi realizada com auxílio de lupa binocular e as amostras, quando necessário, foram fotografadas junto com seu número de identificação e uma escala gráfica. O microscópio petrográfico utilizado possui luz polarizada e refletida, e objetivas com aumentos de 2,5 a 60X, da marca Carl Zeiss. Salvo em condições especiais e por solicitação do usuário, a análise modal de minerais é semiquantitativa, realizada por estimativa visual. A identificação

dos minerais segue os princípios da mineralogia ótica, baseado em cor, hábito, clivagem, ângulo de extinção, e propriedades observadas em luz conoscópica.

A nomenclatura utilizada para texturas e para classificação da rocha procura seguir os padrões internacionais, mas destaca-se que, em muitos casos, ainda não há consenso no uso de termos petrográficos. As fotomicrografias obtidas são feitas, salvo exceções, com objetiva de 2,5 e ocular de 10X, com um aumento total de 25x o tamanho natural. Procedimento baseado na norma ABNT NBR 15845/2010.

4.2.2 | Caracterização química por fluorescência de raios-X

A Fluorescência de Raios-X foi realizada por espectrômetro por dispersão por comprimento de onda (WD-XRF, abreviação de WavelengthDispersive X-rayFluorescence), baseado na lei de Bragg, o qual necessita de um movimento sincronizado e preciso entre o cristal difrator e o detector. Essa análise foi feita no laboratório de Análises Químicas e Mineralógicas do CETEM.

4.2.3 | Caracterização mineralógica por difração de raios-X

Para a caracterização mineralógica as amostras foram pulverizadas abaixo de 0,105 mm, e analisadas por meio do equipamento da marca Bruker-D4 Endeavor, nas seguintes condições de operação: radiação Co $K\alpha$ (35 kV/40 mA); velocidade do goniômetro de $0,02^\circ$ 2θ por passo com tempo de contagem de 1s por passo e coletados de 5° a 80° 2θ . As interpretações qualitativas das fases minerais presentes nas

amostras foram efetuadas por comparação com padrões contidos no banco de dados PDF02 em software BrukerDiffracPlus e foram reportadas em formato de difratogramas.

4.2.4 | Microscopia Eletrônica de Varredura - MEV com Energia Dispersiva - EDS

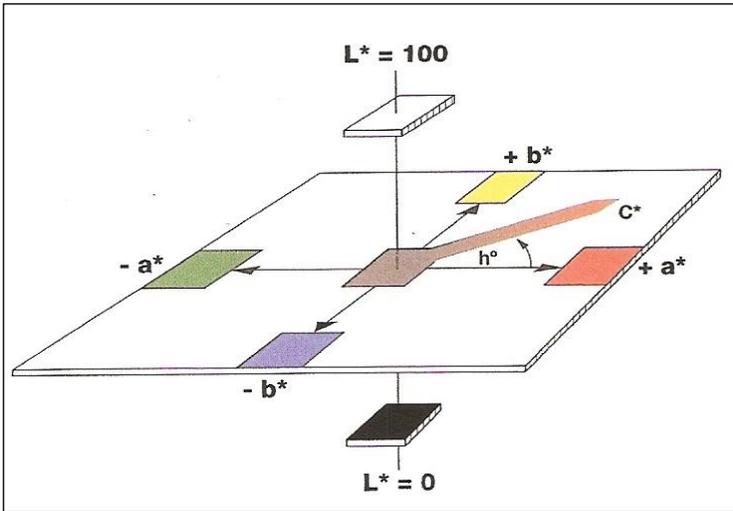
Para a análise de microscopia eletrônica de varredura foi utilizado o equipamento TM3030Plus da marca Hitachi com o espectrômetro de raios-X por dispersão em energia acoplado da marca Bruker, modelo Quantax 70, usando 15kV. A amostra foi seca em estufa e o pó residual foi metalizado com banho de prata de espessura de 300 μm para facilitar a leitura no MEV-EDS.

4.3 | Ensaios no Campo com Equipamentos Portáteis

4.3.1 | Determinação colorimétrica

Este ensaio foi feito utilizando um colorímetro da marca Technidyne Color Touch 2 Model ISSO, para determinação dos valores nos eixos a, b e L, nas amostras na forma como foram extraídas.

Os resultados de coloração devem ser interpretados segundo a distribuição espacial das cores como indicado na Figura 13. Com base nessa Figura verifica-se que os materiais apresentam três valores dispostos nos referidos eixos. O eixo a indica a variação da cor 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).



Fonte: catálogo do equipamento.

Figura 13. Determinação espacial das cores nos eixos a, b e L.

4.3.2 | Dureza

A dureza foi medida pelo método dinâmico de rebote (*rebound*) e é padronizado de acordo com o ASTM A 956. No método de rebote, a indentação gerada no material também depende da dureza do material testado, porém neste caso, a medição da dureza é feita de forma indireta por meio da perda de energia, chamada popularmente de impacto. A medida de dureza Leeb (nome de seu inventor) ou HL é calculada pela razão entre o impacto e a velocidade de rebote, isto é, do retorno. Geralmente se utiliza um equipamento portátil e o teste é não-destrutivo e pode ser feito *in situ*, conforme Figura 14 (PROCEQ, 2016).

Por ser uma unidade de medida mais nova, a HDL, é normalmente convertida pelos usuários nas escalas convencionais HV, HB, HS, HRB, HRC ou N/mm². Todavia não há fórmulas para se converter valores de uma escala em outra, porém foram criadas tabelas de comparação, o que no caso do método de rebote, precisa ser feito para cada material, devido à influência do módulo de elasticidade de Young nos resultados. Nos equipamentos modernos, que fazem esta conversão, precisa ser selecionado o material em teste para a conversão ser feita corretamente para outras escalas. Este teste de rebote precisaria ser feito sempre na direção vertical, a exatos 90 graus da superfície, ou cálculos de compensação devem ser feitos para compensar a mudança de orientação (AÇOBRI, 2016).



Figura 14. Equipamento usado para medir a dureza (Modificado de PROCEQ, 2016).

5 | RESULTADOS

5.1 | Ensaios Laboratoriais

5.1.1 | Análise petrográfica

A Figura 15 apresenta a microfotografia obtida da lâmina, observada em microscópio com objetiva de 4 vezes e oculares de 10 vezes, da amostra C1 onde se observa a presença de carapaças de bivalves e calcita. Trata-se de um Lioz, calcário oriundo de Portugal, ou seja, rico em carbonato de cálcio, com presença de carapaças. A composição mineralógica predominantemente é de carbonatos, com mais de 90%, podendo ser uma matriz carbonosa ou calcita. Observam-se as mesmas características na amostra C2. Dessa forma, confirma-se que as amostras C1 e C2 são lioz.



Figura 15. Microfotografia da amostra C1 (luz polarizada, aumento de 40 vezes).

A Figura 16 apresenta a microfotografia da amostra C3, relacionada com a soleira, onde se observa que a rocha apresenta granulação muito fina e a presença de muscovita fazendo a foliação. Possivelmente, trata-se de um mármore originado de um calcário. O teor de carbonatos encontra-se entre 80%-85% e a muscovita entre 15% e 20%. O mesmo comportamento foi observado na amostra C4 (Figura 17), referente ao peitoril, caracterizando esta amostra também como um mármore.



Figura 16. Microfotografia da amostra C3 (luz polarizada, aumento de 40 vezes).

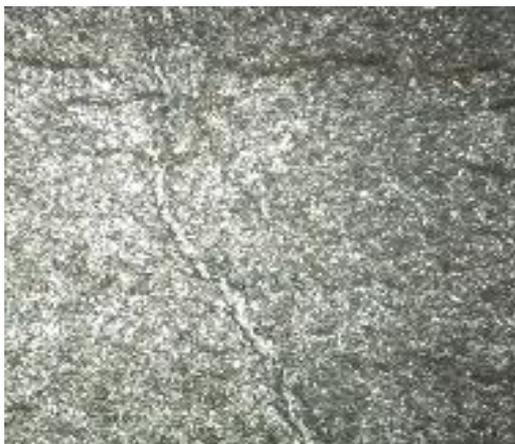


Figura 17. Microfotografia da amostra C4 (luz polarizada, aumento de 40 vezes).

A Figura 18 apresenta a microfotografia da amostra C5 onde se observam grãos maiores, alguns minerais podem ser vistos a olho nu e a mineralogia apresenta: biotita, quartzo, feldspato potássico, minerais opacos e zircão.



Figura 18. Microfotografia da amostra C5 (luz polarizada, aumento de 40 vezes).

Há minerais de alteração: Clorita (biotita), argilominerais (k-feldspato), carbonato (plagioclásio) e a textura é mimerquítica, indicando intercrescimento de quartzo e feldspato (microclina muito alterada), além do processo de saussuritização no feldspato alterando para argilominerais. A composição mineralógica aproximada desta rocha é: 55% de quartzo, 25% de microclina 15% de biotita, 3% de zircão, minerais opacos, clorita e argilominerais. Trata-se de um gnaisse facoidal.

5.1.2 | Fluorescência de raios-x

A Tabela 1 apresenta os resultados da análise química realizada com as amostras em estudo.

Tabela 1. Resultados das análises químicas das rochas.

	C1	C2	C3	C4	C5
SiO ₂	2,90	5,50	4,30	4,90	65,70
CaO	52,6	48,80	50,60	50,50	2,30
Fe ₂ O ₃	0,49	0,23	0,42	0,50	3,70
K ₂ O	0,12	0,27	0,30	0,34	4,20
MgO	0,62	0,28	1,10	0,92	0,89
Na ₂ O	0,00	0,10	0,10	0,10	3,70
P ₂ O ₅	0,00	0,10	0,10	0,10	0,40
Al ₂ O ₃	1,20	4,40	2,00	2,10	17,00
TiO ₂	0,00	0,10	0,10	0,10	0,51
PPC*	41,9	40,60	41,30	41,10	1,50

5.1.3 | Difração de raios-x

Os resultados de difração de raios-x estão apresentados nas Figuras 19 a 23. Nas Figuras 19 e 20 se verificam que as amostras C1 e C2 apresentam os minerais calcita e quartzo, corroborando os resultados anteriores e caracterizando essas rochas como o lioz. Nas Figuras 21 e 22 verificam-se as composições mineralógicas das amostras C3 e C4, referentes à soleira e peitoril, onde se verifica a presença majoritária de calcita, além da presença de muscovita. Ambas são caracterizadas como mármore, como já descrito na avaliação petrográfica. Por fim, a Figura 23 apresenta a composição mineralógica da amostra C5 onde se verificam os minerais quartzo, albita, microclínio, caulinita e muscovita, caracterizando a rocha como gnaiss facoidal.

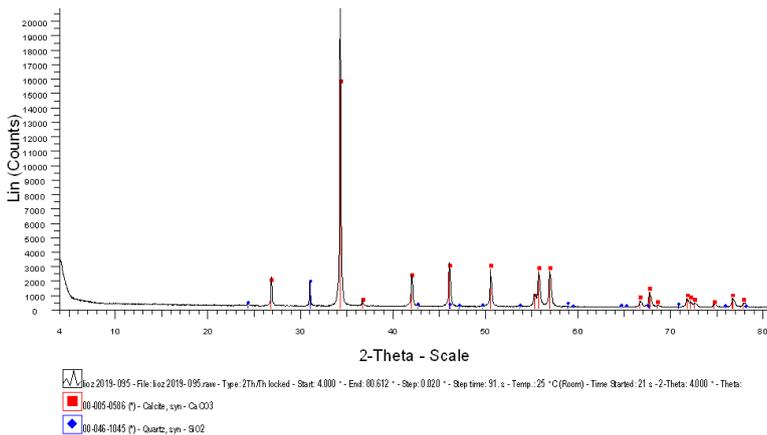


Figura 19. Resultado do difratograma para amostra de Lioz da porta principal da capela (C1).

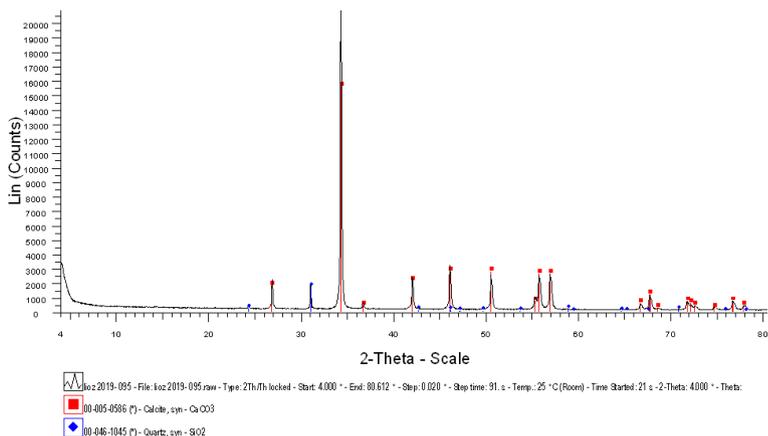


Figura 20. Resultado do difratograma para amostra de Lioz do poço (C2).

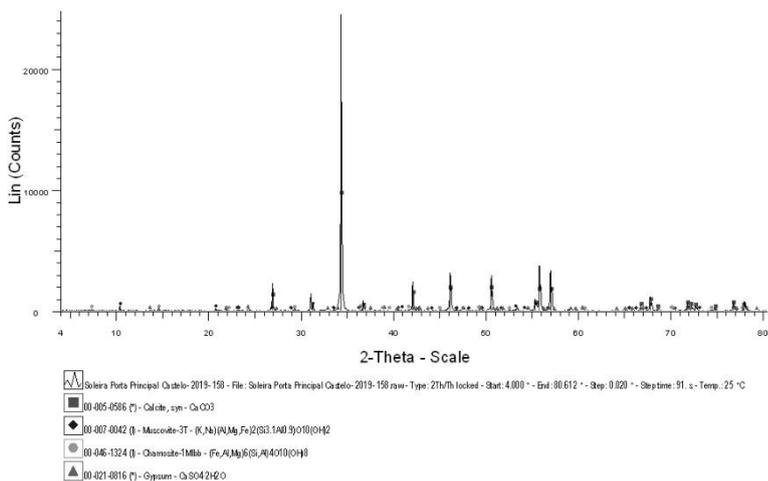


Figura 21. Resultado do difratograma para amostra da soleira C3.

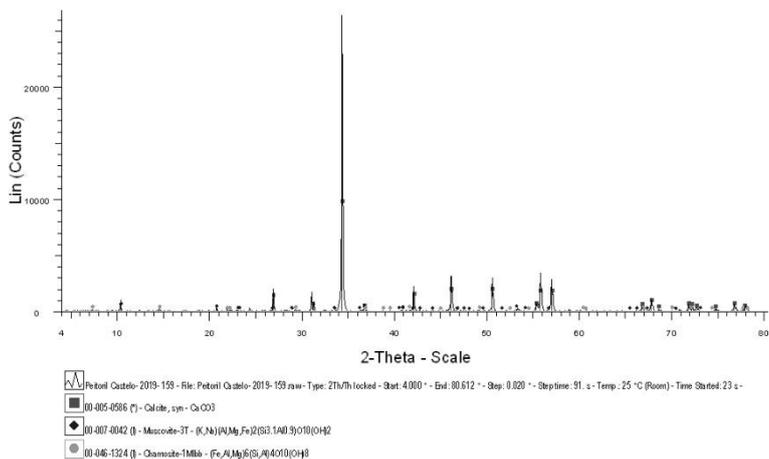


Figura 22. Resultado do difratograma para amostra do peitoril C4.

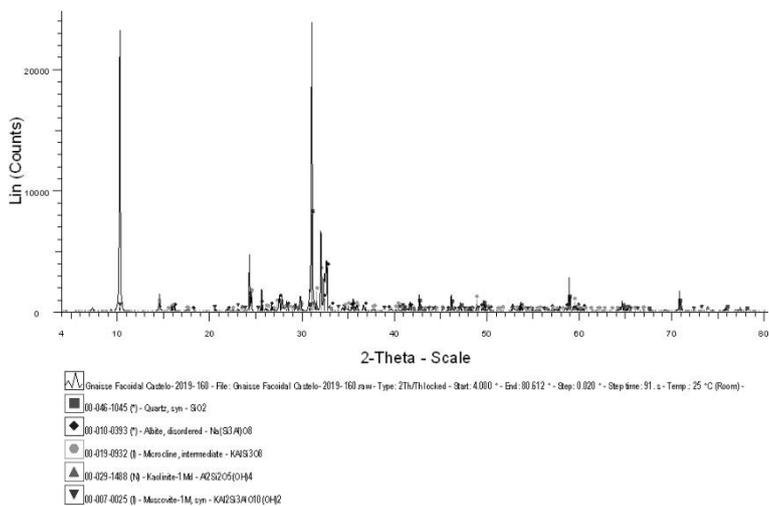


Figura 23. Resultado do difratograma para amostra do posso de gnaise (C5).

5.1.4 | MEV/EDS

A Tabela 2 apresenta a avaliação em microscopia eletrônica de varredura (MEV) associada com energia dispersiva (EDS). Verifica-se que as amostras C1, C2, C3 e C4 são constituídas de carbono (~10%), cálcio (~45%) e oxigênio (~45%), corroborando se tratarem de rochas carbonáticas, lioz (C1 e C2) e mármore (C3 e C4). Já a amostra C5 apresenta outros tipos de elementos químicos, indicando se tratar de outro tipo litológico, com teores superiores a 30% de silício e 30% de oxigênio, esses, responsáveis pela estruturação do quartzo, identificado se tratar de uma rocha silicática, como observado nas análises anteriores que indicavam se tratar de gnaiss facoidal.

Tabela 2. MEV e EDS das amostras em estudo.

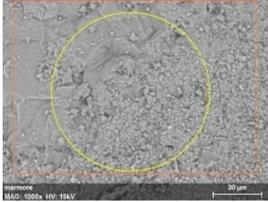
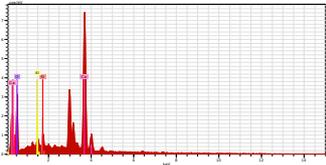
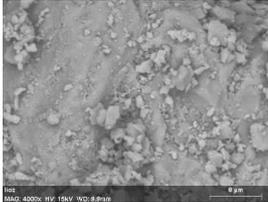
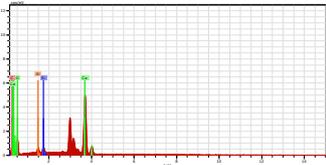
Amostra	MEV	EDS	Porcentagens do EDS																																			
C1 Lioz igreja			<p>Spectrum: Point</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Element</th> <th>AN</th> <th>unn. C [wt.%]</th> <th>norm. C [wt.%]</th> <th>Error [%]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Oxygen</td> <td>8</td> <td>26.32</td> <td>53.72</td> <td>3.6</td> </tr> <tr> <td>Calcium</td> <td>20</td> <td>21.62</td> <td>44.14</td> <td>0.7</td> </tr> <tr> <td>Silicon</td> <td>14</td> <td>0.63</td> <td>1.28</td> <td>0.1</td> </tr> <tr> <td>Aluminium</td> <td>13</td> <td>0.42</td> <td>0.86</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Total:</td> <td>48.99</td> <td>100.00</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Element	AN	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Error [%]	Oxygen	8	26.32	53.72	3.6	Calcium	20	21.62	44.14	0.7	Silicon	14	0.63	1.28	0.1	Aluminium	13	0.42	0.86	0.0	Total:		48.99	100.00						
Element	AN	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Error [%]																																		
Oxygen	8	26.32	53.72	3.6																																		
Calcium	20	21.62	44.14	0.7																																		
Silicon	14	0.63	1.28	0.1																																		
Aluminium	13	0.42	0.86	0.0																																		
Total:		48.99	100.00																																			
C2 Lioz Poço			<table border="1"> <thead> <tr> <th>Element</th> <th>AN</th> <th>unn. C [wt.%]</th> <th>norm. C [wt.%]</th> <th>Error [%]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Calcium</td> <td>20</td> <td>23.41</td> <td>41.62</td> <td>0.7</td> </tr> <tr> <td>Oxygen</td> <td>8</td> <td>23.28</td> <td>41.38</td> <td>3.3</td> </tr> <tr> <td>Carbon</td> <td>6</td> <td>7.49</td> <td>13.31</td> <td>1.2</td> </tr> <tr> <td>Silicon</td> <td>14</td> <td>1.12</td> <td>1.99</td> <td>0.1</td> </tr> <tr> <td>Aluminium</td> <td>13</td> <td>0.95</td> <td>1.68</td> <td>0.1</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Total:</td> <td>56.25</td> <td>100.00</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Element	AN	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Error [%]	Calcium	20	23.41	41.62	0.7	Oxygen	8	23.28	41.38	3.3	Carbon	6	7.49	13.31	1.2	Silicon	14	1.12	1.99	0.1	Aluminium	13	0.95	1.68	0.1	Total:		56.25	100.00	
Element	AN	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Error [%]																																		
Calcium	20	23.41	41.62	0.7																																		
Oxygen	8	23.28	41.38	3.3																																		
Carbon	6	7.49	13.31	1.2																																		
Silicon	14	1.12	1.99	0.1																																		
Aluminium	13	0.95	1.68	0.1																																		
Total:		56.25	100.00																																			

Tabela 2(cont.). MEV e EDS das amostras em estudo.

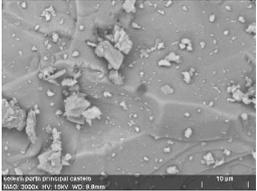
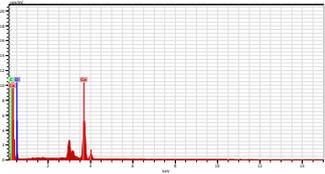
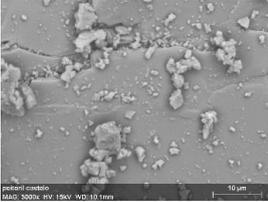
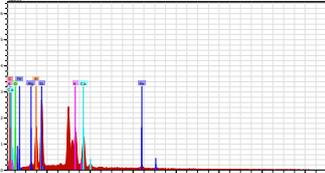
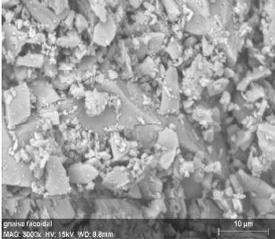
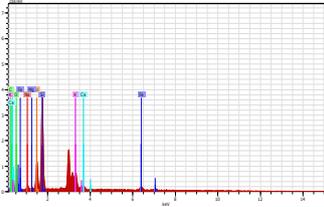
Amostra	MEV	EDS	Porcentagens do EDS																																																						
<p>C3 Soleira</p> 		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Element</th> <th>AN</th> <th>unn. C</th> <th>norm. C</th> <th>Error</th> </tr> <tr> <th></th> <th>[wt.%]</th> <th>[wt.%]</th> <th>[wt.%]</th> <th>[%]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Calcium</td> <td>20</td> <td>29.42</td> <td>52.85</td> <td>0.9</td> </tr> <tr> <td>Oxygen</td> <td>8</td> <td>18.62</td> <td>33.46</td> <td>2.6</td> </tr> <tr> <td>Carbon</td> <td>6</td> <td>7.62</td> <td>13.69</td> <td>1.1</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Total:</td> <td>55.66</td> <td>100.00</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Element	AN	unn. C	norm. C	Error		[wt.%]	[wt.%]	[wt.%]	[%]	Calcium	20	29.42	52.85	0.9	Oxygen	8	18.62	33.46	2.6	Carbon	6	7.62	13.69	1.1	Total:		55.66	100.00																										
Element	AN	unn. C	norm. C	Error																																																					
	[wt.%]	[wt.%]	[wt.%]	[%]																																																					
Calcium	20	29.42	52.85	0.9																																																					
Oxygen	8	18.62	33.46	2.6																																																					
Carbon	6	7.62	13.69	1.1																																																					
Total:		55.66	100.00																																																						
<p>C4 Peitoril</p> 		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Element</th> <th>AN</th> <th>unn. C</th> <th>norm. C</th> <th>Error</th> </tr> <tr> <th></th> <th>[wt.%]</th> <th>[wt.%]</th> <th>[wt.%]</th> <th>[%]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Oxygen</td> <td>8</td> <td>11.82</td> <td>25.11</td> <td>1.7</td> </tr> <tr> <td>Carbon</td> <td>6</td> <td>8.78</td> <td>18.66</td> <td>1.4</td> </tr> <tr> <td>Silicon</td> <td>14</td> <td>7.82</td> <td>16.63</td> <td>0.3</td> </tr> <tr> <td>Calcium</td> <td>20</td> <td>6.08</td> <td>12.93</td> <td>0.2</td> </tr> <tr> <td>Potassium</td> <td>19</td> <td>5.90</td> <td>12.53</td> <td>0.2</td> </tr> <tr> <td>Aluminium</td> <td>13</td> <td>4.64</td> <td>9.86</td> <td>0.2</td> </tr> <tr> <td>Iron</td> <td>26</td> <td>1.47</td> <td>3.13</td> <td>0.1</td> </tr> <tr> <td>Magnesium</td> <td>12</td> <td>0.54</td> <td>1.15</td> <td>0.1</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Total:</td> <td>47.06</td> <td>100.00</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Element	AN	unn. C	norm. C	Error		[wt.%]	[wt.%]	[wt.%]	[%]	Oxygen	8	11.82	25.11	1.7	Carbon	6	8.78	18.66	1.4	Silicon	14	7.82	16.63	0.3	Calcium	20	6.08	12.93	0.2	Potassium	19	5.90	12.53	0.2	Aluminium	13	4.64	9.86	0.2	Iron	26	1.47	3.13	0.1	Magnesium	12	0.54	1.15	0.1	Total:		47.06	100.00	
Element	AN	unn. C	norm. C	Error																																																					
	[wt.%]	[wt.%]	[wt.%]	[%]																																																					
Oxygen	8	11.82	25.11	1.7																																																					
Carbon	6	8.78	18.66	1.4																																																					
Silicon	14	7.82	16.63	0.3																																																					
Calcium	20	6.08	12.93	0.2																																																					
Potassium	19	5.90	12.53	0.2																																																					
Aluminium	13	4.64	9.86	0.2																																																					
Iron	26	1.47	3.13	0.1																																																					
Magnesium	12	0.54	1.15	0.1																																																					
Total:		47.06	100.00																																																						

Tabela 2(cont.). MEV e EDS das amostras em estudo.

Amostra	MEV	EDS	Tabela de porcentagens do EDS																																																						
<p data-bbox="181 370 271 425">C5 Gnaisse</p> 		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Element</th> <th>AN</th> <th>unn. C [wt.%]</th> <th>norm. C [wt.%]</th> <th>Error [%]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Silicon</td> <td>14</td> <td>14.27</td> <td>32.49</td> <td>0.6</td> </tr> <tr> <td>Oxygen</td> <td>8</td> <td>13.24</td> <td>30.14</td> <td>2.0</td> </tr> <tr> <td>Carbon</td> <td>6</td> <td>5.34</td> <td>12.15</td> <td>1.2</td> </tr> <tr> <td>Potassium</td> <td>19</td> <td>4.01</td> <td>9.14</td> <td>0.1</td> </tr> <tr> <td>Aluminium</td> <td>13</td> <td>3.58</td> <td>8.16</td> <td>0.2</td> </tr> <tr> <td>Iron</td> <td>26</td> <td>1.81</td> <td>4.13</td> <td>0.1</td> </tr> <tr> <td>Calcium</td> <td>20</td> <td>0.92</td> <td>2.08</td> <td>0.1</td> </tr> <tr> <td>Sodium</td> <td>11</td> <td>0.72</td> <td>1.64</td> <td>0.1</td> </tr> <tr> <td>Magnesium</td> <td>12</td> <td>0.03</td> <td>0.07</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Total:</td> <td>43.93</td> <td>100.00</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Element	AN	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Error [%]	Silicon	14	14.27	32.49	0.6	Oxygen	8	13.24	30.14	2.0	Carbon	6	5.34	12.15	1.2	Potassium	19	4.01	9.14	0.1	Aluminium	13	3.58	8.16	0.2	Iron	26	1.81	4.13	0.1	Calcium	20	0.92	2.08	0.1	Sodium	11	0.72	1.64	0.1	Magnesium	12	0.03	0.07	0.0	Total:		43.93	100.00	
Element	AN	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Error [%]																																																					
Silicon	14	14.27	32.49	0.6																																																					
Oxygen	8	13.24	30.14	2.0																																																					
Carbon	6	5.34	12.15	1.2																																																					
Potassium	19	4.01	9.14	0.1																																																					
Aluminium	13	3.58	8.16	0.2																																																					
Iron	26	1.81	4.13	0.1																																																					
Calcium	20	0.92	2.08	0.1																																																					
Sodium	11	0.72	1.64	0.1																																																					
Magnesium	12	0.03	0.07	0.0																																																					
Total:		43.93	100.00																																																						

5.2 | Ensaios de Campo (cor e brilho, dureza e FRX portátil)

Para os ensaios portáteis de cor e brilho, dureza e FRX realizaram-se as medições no poço de lioz próximo à igreja, na fachada principal da igreja e no poço de gnaissé presente no castelo.

A Figura 24 representa um desenho esquemático do poço encontrado na igreja da Boa Viagem, composto por lioz onde foram realizadas as medições.

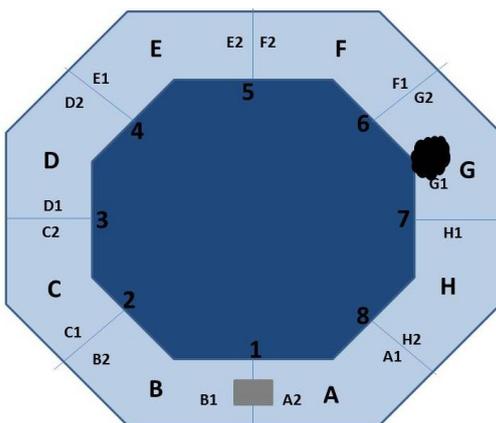


Figura 24. Desenho esquemático do poço próximo à igreja.

As Tabela 3 e 4 apresentam a distribuição colorimétrica das amostras de lioz presentes na base e faces do poço próximo à igreja. Observam-se padrões de a e b positivos, indicando as cores vermelha e amarela, dando uma coloração típica rosa. Os valores de L superiores a 50 indicam que o tom da rocha é claro. Em geral, a base apresenta tom em torno de 70, numa escala que vai até 100, indicando o alto tom claro das peças.

Há rochas com tom abaixo de 50, como é o caso do ponto G1, relacionado com a presença de sujeira e formação de crosta negra. Já as faces apresentam tom mais claro, em média com valor de 77 e na face 6 um valor ultrapassando 80, indicando tom bem claro. O brilho (G) de todas as amostras é muito baixo, chegando a um valor máximo de 2,2^o na face 7. Comparando-se tais valores com a parte interna do poço, verifica-se que a luminosidade (L) encontra-se em torno de 74, indicando ser um pouco mais escura do que a parte externa (~77), porém a diferença não é significativa. Os padrões a e b não se alteraram indicando as mesmas colorações que a parte externa.

Tabela 3. Resultados dos padrões colorimétricos da base do poço.

A1	68.49	3.79	15.51	0.8
A2	69.77	2.22	14.98	1.0
B1	59.57	3.25	19.20	0.8
B2	68.83	2.59	13.73	0.9
C1	70.41	2.58	14.99	1.1
C2	69.34	2.35	14.0	0.9
D1	65.39	2.95	14.0	0.9
D2	70.60	2.09	13.14	1.0
E1	65.49	2.81	13.69	0.9
E2	70.91	1.78	13.54	1.2
F1	68.53	2.88	12.31	0.7
F2	68.30	2.84	13.04	1.0
G1	47.39	2.22	10.03	0.4
G2	70.38	13.57	12.04	1.0
H1	70.82	2.39	13.65	1.0
H2	70.96	2.33	12.70	1.0

Tabela 4. Cor e brilho das faces externas e interna.

Faces	L	a	b	G
1	71.65	1.41	7.99	1.1
2	77.04	1.25	6.99	1.3
3	77.31	2.07	7.52	1.3
4	77.94	1.78	6.64	1.7
5	78.42	1.67	8.01	1.2
6	80.93	0.84	7.41	1.3
7	77.34	1.57	8.71	2.2
8	76.40	1.59	10.20	1.2
Interno	74.85	1.86	11.42	1.2

A Tabela 5 apresenta os resultados de dureza das rochas da base e faces do poço. Verifica-se que dureza média da base é 600 HLD e nas faces varia de 400 a 500 HLD. Tais resultados estão de acordo com a dureza desse tipo de material, indicando a coesão e resistência mecânica adequada das rochas que compõem o poço.

Tabela 5. Medições de dureza da base do poço.

Partes	Dureza HLD
A	635
B	607
C	643
D	619
E	606
F	625
G	633
H	611
Face 1	407
Face 2	498
Face 3	393

A Figura 25 representa um desenho esquemático da fachada da igreja da Boa Viagem, composto por lioz onde foram realizadas as medições de dureza e a Figura 26 apresenta o modelo esquemático da soleira da igreja onde se realizaram medições de dureza.

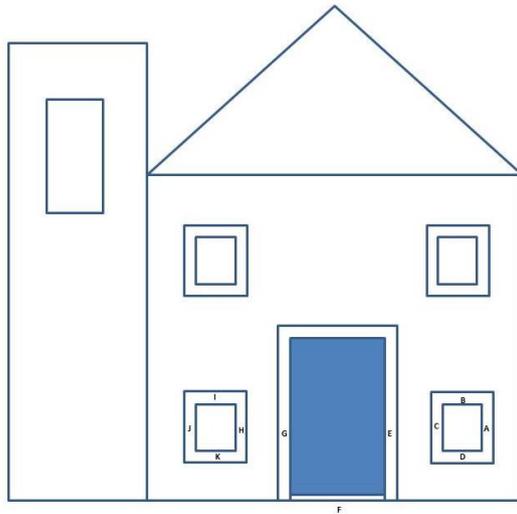


Figura 25. Desenho esquemático da fachada da igreja.

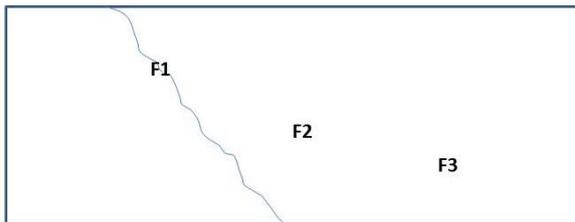


Figura 26. Desenho amplificado da soleira da igreja (Face F).

Na Tabela 6 verificam-se os resultados da dureza do lioz que faz parte da fachada da igreja onde se verificam valores entre 400 e 670 HLD, valores típicos para esse tipo de rocha. Observa-se apenas um valor de 394 HLD indicando a fragilidade da rocha próximo a uma rachadura da soleira da entrada da igreja.

Tabela 6. Valores de dureza da fachada da igreja.

Faces	Dureza
A	599
B	627
C	417
D	435
E	613
F1	394
F2	687
F3	669
G	490
H	594
I	490
J	464
K	555

A Figura 27 representa um desenho esquemático da fachada da igreja da Boa Viagem, composto por lioz onde foram realizadas as medições de cor e brilho e a Figura 28 um detalhe da soleira onde se realizaram os ensaios de cor e brilho.

Na Tabela 7 observa-se o padrão colorimétrico das rochas da fachada da igreja, constituída de lioz, e verifica-se um padrão muito similar ao obtido no poço feito do mesmo material, com valores de a e b positivos, indicando a coloração vermelha e amarela, explicando-se a coloração rosa observada nas rochas. No entanto, verifica-se que o padrão de luminosidade (L) encontra-se mais elevado, ultrapassando 80 em boa parte dos pontos avaliados, indicando que a rocha encontra-se muito mais clara, possivelmente, devido a maior ação do sol. O brilho (G) das amostras é praticamente nulo, não ultrapassando nem 2º em nenhum ponto.

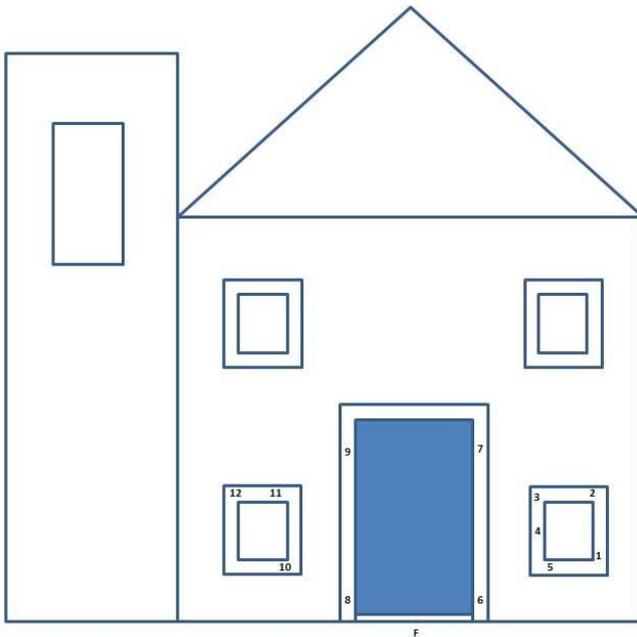


Figura 27. Desenho esquemático da fachada da igreja.

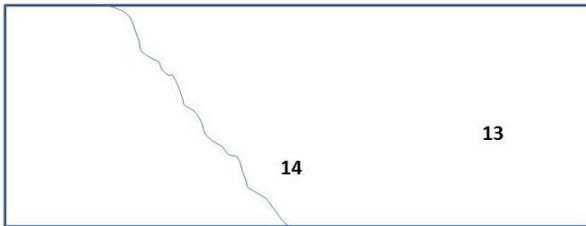


Figura 28. Desenho esquemático da soleira da igreja (Face F).

Tabela 7. Valores de cor e brilho dos pontos na fachada da igreja.

Faces	L	a	b	G
1	76.54	1.32	7.68	1.4
2	71.92	1.96	9.74	1.0
3	72.72	0.81	9.41	0.9
4	72.24	2.36	13.48	0.8
5	69.09	3.87	12.51	1.0
6	76.76	4.44	9.31	1.0
7	80.52	2.23	13.26	1.2
8	84.05	0.23	7.17	1.3
9	79.78	2.21	13.28	1.2
10	79.39	1.24	9.60	1.5
11	76.50	2.12	11.35	1.2
12	80.02	1.42	10.25	1.3
13	76.54	1.28	12.18	1.2
14	76.14	1.25	12.21	1.3

A alteração cromática é tão intensa nas rochas das fachadas da igreja que o lioz conhecido como encarnadão (Figura 29A), de coloração vermelha intensa, apresenta-se praticamente branco, como apresenta na Figura 29B. Além disso, pode-se observar o processo de alveolização na rocha.



Figura 29A. Lioz encarnadão.



Figura 29B. Alveolização e alteração cromática do encarnadão.

As Figuras 30A e B apresenta o modelo esquemático dos pilares encontrados na frente da igreja, onde se realizaram as medidas de cor e brilho e composição química.

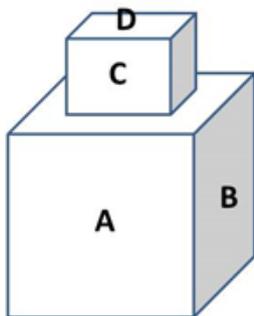


Figura 30A: Modelo esquemático pilar esquerdo.

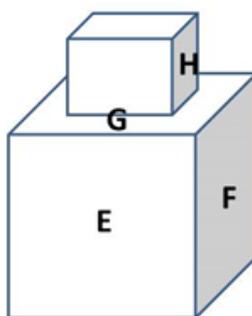


Figura 30B: Pilar direito.

A Tabela 8 apresenta os resultados de cor e brilho das rochas dos pilares da igreja. De uma maneira geral, os padrões a e b indicam-se valores positivos, indicando a mistura das cores vermelha e amarela, explicando-se a coloração laranja encontrada. Os valores de luminosidade variam desde 96,53 (onde a rocha recebe maior incidência dos raios solares) indicando o clareamento da rocha, até valores mais baixos, 56,11 e 64,32 referente às bases dos pilares, onde há mais acúmulo de sujidades alterando a cor para tons mais escuros. O brilho é praticamente nulo em todas as rochas.

Tabela 8. Resultados de Cor e Brilho.

Faces	L	a	b	G
A	56.11	0.59	8.15	0.6
B	69.96	0.8	11.07	1.0
D	96.53	0.97	0.66	0.0
E	64.32	0.58	9.91	0.8
F	77.28	1.13	11.67	1.2

Como os pilares não apresentavam fragmentos de rochas para avaliação em laboratório como foi realizado nas outras rochas, determinou-se a composição química por meio de avaliação em FRX portátil e a Tabela 9 apresenta os resultados obtidos onde se verifica que em todos os pontos avaliados o teor de silício representa mais de 70% da rocha e o alumínio é o segundo elemento mais abundante, com valores entre 14 e 22%. Tais resultados corroboram as avaliações em campo que apontavam que as rochas se tratavam de gnaisses facoidais.

Tabela 9. Composição Química (%) das faces.

Elemento (%)	A	C	G	H
Al	22,30	14,00	16,80	18,70
Si	75,50	84,60	81,30	69,40
Ti	0,48	0,21	0,39	0,86
Cr	0,22	0,55	0,24	0,19
Fe	1,14	0,54	1,12	9,60
Co	0,09	0,00	0,06	0,89

A Figura 31 apresenta um desenho esquemático do poço encontrado no Castelo. Na Tabela 10 verificam-se os valores de dureza da rochas onde se observam valores em torno de 750 HLD, adequado para esse tipo de rocha (gnaisse facoidal). A rocha, que apresenta coloração laranja apresentou resultados de padrão colorimétrico descritos na Tabela 11 onde se identificam os padrões a e b positivos, confirmando a cor laranja, porém os valores de luminosidade (L) encontram-se menores ou iguais a 50, configurando um tom escuro para as rochas. O brilho (G) é praticamente nulo.

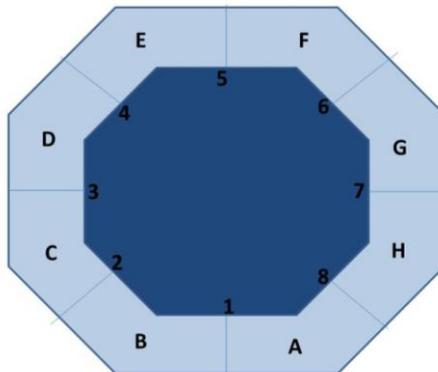
**Figura 31.** Desenho esquemático do poço do Castelo.

Tabela 10. Resultados de dureza das faces do poço.

Faces	Dureza (HLD)
A	647
B	726
C	611
D	775
E	774
F	701
G	735
H	759

Tabela 11. Resultados dos padrões colorimétricos das faces do poço.

Faces	L	a	b	G
A	56.57	4.70	17.01	1.3
B	50.23	5.33	15.78	1.6
C	54.53	3.07	14.59	1.9
D	54.91	2.88	13.26	1.8
E	56.6	3.38	12.8	6.8
F	42.86	0.83	8.51	0.4
G	55.49	5.09	15.54	1.7
H	55.3	2.27	12.36	0.5
Interna 1	59.17	3.47	13.63	0.9
Interna 4	49.35	1.16	8.54	0.3
Interna 7	59.74	1.13	10.32	0.4

6 | CONCLUSÃO

Pode-se concluir que as rochas da fachada da igreja e o poço da igreja tratam-se de lioz, caracterizado pela presença de calcita e alto percentual de CaO e perda por calcinação, além da presença de fósseis. Esse lioz apresenta-se em elevado grau de alteração cromática, visto que o material deveria apresentar coloração vermelha (lioiz encarnadão) e apresenta coloração rosa, indicando a forte ação dos raios-UV nessa rocha. Foram observados diversos pontos de alveolização nos lioiz causadas pela ação do sal oriundo do mar. As amostras do castelo apresentam altos teores de calcita, porém tratam-se mármores, confirmados pela análise petrográfica. Os resultados de dureza do lioiz e dos mármores encontra-se em torno de 600 HLD, típico desse tipo de rocha.

A amostra do poço do castelo é um gnaiss facoidal com presença de albita, quartzo, microclínio, caulinita e biotita. O padrão de cor dessa rocha é laranja escuro. A dureza encontrada para o facoidal é de 750 HLD, valor dentro dos padrões dessa rocha, indicando a sua boa coesão.

Não foram evidenciadas alterações no gnaiss facoidal causadas por névoa salina ou SO_2 indicando o bom estado de conservação das rochas. Apenas o lioiz apresentou alto grau de alteração cromática causada pelo sol e formação de alvéolos causados pelo sal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT NBR 15845-1/2015. Análise petrográfica -1/2015 “Rochas para revestimento - Parte 1: Análise petrográfica” da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

AÇOBRI, Medição de Dureza – soluções portáteis, Disponível em: <<http://www.acobril.com.br/wp-content/uploads/2014/02/Dureza-de-Materiais.pdf>>. Acesso em: 28 de abril de 2019.

AIRES-BARROS, L. 1991. Alteração e alterabilidade de rochas. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Nacional de Investigação Científica, 384 p.

AMOROSO, G.G.; FASSINA, V. 1983. Stone decay and conservation. Amsterdam: Elsevier, 453 p. (Materials science monograph; v. 11).

BAER, N.S. & SNETHLAGE, R. Group Report: What is the state o four knowledge of the mechanisms of deterioration and how good are our estimates of rates of deterioration? In: BAER, N. & SNETHLAGE, R. (Ed.), Dahlem Workshop Saving our architectural heritage: the conservation of historic stone structures. Berlin, John Wiley & Sons Ltd. p.95-112, 1996.

BARROSO, E.V. et al. Weathering Zones on Metamorphic Rocks from Rio de Janeiro – Physical, mineralogical and geomechanical characterization. Engineering Geology, v. 111, p.1-18, 2010.

CHIARI G.; SANTARELLI, M.L.; TORACCA, G. Characterizzazione delle malte antiche mediante l'analisi di campioni non frazionati, Materiali e Strutture 3 (1992), 111 - 137.

CHUANG, S.S.C. SO₂-resistant immobilized amine sorbents for CO₂ capture. Final technical report to the Department of Energy. The University of Akron, Ohio. January, 2014.

COSTA, A.G. Rochas e Histórias do Patrimônio Cultural do Brasil e de Minas. 1a. ed. Rio de Janeiro: Bem-Te-Vi, 2009. v. 1. 292p.

COUTINHO, J.S. Materiais de Construção 2. Disponível em: <http://civil.fe.up.pt/pub/apoio/ano1/CienciaDosMateriais/apontamentos/teorica_20022003/JSC_031a043.pdf>. 2002. Acesso em: 12 de abril de 2019.

FRASCÁ, M.H.B.O. Estudos Experimentais de Alteração Acelerada em Rochas Graníticas para Revestimento, Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

FRASCÁ, M.H.B.O.; YAMAMOTO, J.K. Ensaio de Alteração Acelerada em Rochas Graníticas para Revestimento: Estudos Experimentais. In: 11º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2005, Florianópolis - SC. 11 Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental. São Paulo - SP: ABGE - Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2005. v. 1. p. 1779-1791.

GOOGLE. Google Earth. 2019. < <https://maps.google.com>>. Acesso em: 01 de abril de 2019.

GUELMAN, R.P. A preservação do patrimônio cultural em Niterói. Niterói Livros, 2004, 96 p.

HEILBRON, M.; EIRADO, L.G. DO; ALMEIDA, J. Geologia e recursos minerais do Estado do Rio de Janeiro: texto explicativo do mapa geológico e de recursos minerais: Belo Horizonte: BRASIL. MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM, 2016.

ICOMOS – Conselho Internacional de Monumentos e Sítios. Glossário Ilustrado das Formas de Deterioração da Pedra. Versão Inglês-Português. Tradução portuguesa da versão inglês-francês de 2008 por José Delgado Rodrigues e Maria João Revez.

JUNIOR, M.V.G. Avaliação do Estado de Conservação da Capela de Nossa Senhora da Boa Viagem. Pesquisa da Escolha de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal Fluminense, 2014.

LICHT, O.A.B. Prospecção geoquímica. Principais técnicas e métodos. Rio de Janeiro: CPRM, 216p. 1998.

MANSUR, K.L.; CARVALHO, I.S.; DELPHIM, C.F.M.; BARROSO, E.V. (2008). O gnaiss facoidal: a mais carioca das rochas. Anuário do Instituto de Geologia, UFRJ, Rio de Janeiro, v.3, n.2.

MOURA, L.C.R.; RIBEIRO, R.C.C. Avaliação Geológica das Causas de Alterações em Monumentos Pétreos Tombados, V Jornada de Capacitação Institucional – PCI do CETEM, 2016.

NPArq – Núcleo de Preservação Arquitetônica, Centro de Memória e Informação, Caderno de Apoio à Elaboração do Caderno de Encargos: Conservação das superfícies arquitetônicas do Museu Casa de Rui Barbosa. 2015.

OLIVEIRA, A.A. Apostila para as aulas práticas de materiais de construção. Disponível em: <http://www.deecc.ufc.br/Download/TB788_Materiais_de_Construcao_Civil_I/Apostilha%20materiais%20I.pdf> Universidade Federal do Ceará, 2007.

OLIVEIRA, R.; FERNANDES, C. Estudo e Determinação do "pH". Universidade Federal de Campina Grande. Disponível em: <<http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/PH.html>>. Acesso em: 16 de abril de 2019.

PROCEQ, Equotip 550 Leeb, ReboundHardness Test. Disponível em: <<http://www.proceq.com/nondestructivetestequipment/metal-testing/hardness-testing/equotip-550-leeb.html>>. Acesso em: 28 de abril de 2019.

RAJESH, P.; VEDHAGIRI, S.J.; RAMASAMY, V. FTIR characterisation of minerals in charnockite rocks of Kalrayan Hills, India. Archives of Physics Research, 2013, 4 (4):5-13. India. Disponível em: < <http://scholarsresearchlibrary.com/APR-vol4-iss4/APR-2013-4-4-5-13.pdf>>. Acesso em: 16 de abril de 2019.

REVISTA IH, Convertendo as escalas - Leeb como uma alternativa de dureza, Revista IH, 2016. Disponível em: <<http://www.revistaih.com.br/artigo-tecnico/convertendo-as-escalas-leeb-como-uma-alternativa-de-dureza/2719>>. Acesso em: 28 de abril de 2019.

RODRIGUES, J.D. Causes, mechanisms and measurement of damage in stone monuments. Publicação do Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Memoria, nº.774: pp. 1-20. 1989.

SILVA, M.E. & ROESER, H.M.P. Mapeamento das deteriorações em monumentos históricos de pedra sabão em Ouro Preto. Revista Brasileira de Geologia 33 (4): 329-336, dezembro de 2003.

SILVA, Z.C.G. O Lioz Português – De lastro de navio a arte na Bahia. Afrontamento. Porto, Portugal. ISBN 978-972-36-0924-0, 2007.

SMITH, B.J. & WARKE, P.A. Processes of Urban Stone Decay. School of Geosciences. The Queen's University of Belfast. United Kingdom. 288 p. 1996.

SOUSA, V.; PEREIRA, F.D.; BRITO, J. Rebocos Tradicionais: Principais Causas de Degradação. Engenharia Civil, nº.23. 18p. 2005.

SPQ, Sociedade Portuguesa de Química, Boletim da Sociedade Portuguesa de Química. Série II / Número 24, Junho de 1986. Disponível em: < <http://www.spq.pt/magazines/BSPQ/548/3000287>>. Acesso em 12 de abril de 2019.

UFSCAR, Preservação de Bens Culturais. Disponível em: <<http://www.parqscar.ufscar.br/preservacao-de-bens-culturais>>. Acesso em: 13 de abril de 2019.

UFBA, 2012. Entendo a geologia: Quartzo. Disponível em: <<http://entendendoageologiaufba.blogspot.com.br/2012/03/quartzo.html>>. Acesso em: 13 de abril de 2019.

UTFP – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Determinação de massa específica e absorção de água. Toledo, Paraná, Brasil. 2014.

VARELA, M. Materiais de construção. <<http://docente.ifrn.edu.br/marciovarela/disciplinas/materiais-de-construcao>>. Acesso em: 2 de abril de 2019.

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 2018, já foram publicados, eletronicamente e/ou impressos em papel, mais de 340 títulos, distribuídos entre as seis séries atualmente em circulação: Rochas e Minerais Industriais (SRMI), Tecnologia Mineral (STM), Tecnologia Ambiental (STA), Estudos e Documentos (SED), Gestão e Planejamento Ambiental (SGPA) e Inovação e Qualidade (SIQ). 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 <http://www.cetem.gov.br/series>.

Últimos números da Série Rochas e Minerais Industriais

SRMI-26 – **Silício grau solar: uma revisão das tecnologias de produção.** João Alves Sampaio, Roberto Salgado Amado, Péricles Sávio Garcia Marques, Livia Gonçalves Leida Soares, 2019.

SRMI-25 – **Alterações das rochas das fachadas da Igreja de Nossa Senhora da Candelária.** Luanna Cavalcanti Rebecchi de Moura, Roberto Carlos da Conceição Ribeiro, Daniele Pereira da Silva Dalto, Amanda Guimarães dos Santos Mozer, Kátia Leite Mansur, 2018.

SRMI-24 – **Caracterização tecnológica do Lioz da fachada do Real Gabinete Português de Leitura do Rio de Janeiro.** Roberto Carlos da Conceição Ribeiro, Marcia Braga, Luanna Cavalcanti Rebecchi de Moura, 2018.

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
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, Inovações e Comunicações - MCTIC, 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 Universitária, no Rio de Janeiro e ocupa 20.000m² de área construída, que inclui 25 laboratórios, 4 plantas-piloto, biblioteca especializada e outras facilidades.

Durante seus 41 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.