

Júlia Botelho da Cunha

**MAPEAMENTO DAS ROCHAS E ELABORAÇÃO DE MATERIAL
INTERPRETATIVO SOBRE O MONUMENTO DO CAIS DO VALONGO
(RIO DE JANEIRO, RJ)**

Trabalho de Conclusão de Curso (Geologia)

UFRJ

Rio de Janeiro

2024



Júlia Botelho da Cunha

**MAPEAMENTO DAS ROCHAS E ELABORAÇÃO DE MATERIAL
INTERPRETATIVO SOBRE O MONUMENTO DO CAIS DO VALONGO
(RIO DE JANEIRO, RJ)**

Trabalho de Conclusão de Curso de
Graduação em Geologia, Instituto de
Geociências, Universidade Federal
do Rio de Janeiro – UFRJ,
apresentado como requisito
necessário à obtenção do grau de
Bacharel em Geologia.

Orientadora:

Kátia Leite Mansur

Coorientadora:

Nuria Fernández Castro

Rio de Janeiro

Novembro de 2024

DA CUNHA, Júlia Botelho

Mapeamento das rochas e elaboração de material interpretativo sobre o monumento do Cais Do Valongo (Rio De Janeiro, RJ) / Júlia Botelho da Cunha - Rio de Janeiro: UFRJ / IGeo, 2024.

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Geologia – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia, 2024.

Orientador(es): Kátia Leite Mansur

Coorientador(res): Nuria Fernández Castro

Júlia Botelho da Cunha

MAPEAMENTO DAS ROCHAS E ELABORAÇÃO DE MATERIAL
INTERPRETATIVO SOBRE O MONUMENTO DO CAIS DO VALONGO (RIO DE
JANEIRO, RJ)

Trabalho de Conclusão de Curso de
Graduação em Geologia, Instituto de
Geociências, Universidade Federal
do Rio de Janeiro – UFRJ,
apresentado como requisito
necessário à obtenção do grau de
Bacharel em Geologia.

Orientador(es):

Aprovada em:

Por:

Marcia Cezar Diogo

Rosana Elisa Coppedê da Silva

UFRJ

Rio de Janeiro

2024

À geologia, que, com suas ordens de bilhões, me tornou lúcida de minha insignificância frente ao universo. E aos meus pais, Mônica e Júlio, e ao meu namorado, Felipe, cuja significância em minha jornada nem mesmo tais ordens podem mensurar.

Agradecimentos

Agradeço às minhas orientadoras Kátia Mansur e Nuria Castro que com a excelência no desempenho de seus ofícios foram partes vitais para o desenvolvimento deste trabalho. Graças à sua orientação e apoio, pude levar para frente este projeto, transformando ideias em resultados concretos. Sou profundamente grata pela dedicação, paciência e pelo conhecimento compartilhado ao longo desta jornada.

Gostaria também de expressar minha sincera gratidão ao laboratório LACON do Centro de Tecnologia Mineral – CETEM/MCTI, que me forneceu as ferramentas e os dados necessários para a realização deste projeto. O suporte técnico e os recursos disponibilizados foram fundamentais para o sucesso do trabalho. A colaboração e o acesso a um ambiente tão enriquecedor fizeram toda a diferença no desenvolvimento desta pesquisa. Agradeço ainda ao meu colega de pesquisa do laboratório LACON por sua valiosa ajuda no quesito das descrições petrográficas.

Ao Francisco Roberto Monteiro Silva Neto, da Terreng e ao Divino Oliveira pelo apoio e compartilhamento de conhecimento; ao arqueólogo Reinaldo Tavares e à arquiteta Catherine Gallois pela disponibilidade e fornecimento de material bibliográfico; ao IPHAN pela contribuição de material imprescindível para a pesquisa, como a planta esquemática do Sítio Arqueológico.

“A educação é a arma mais poderosa que você pode usar para mudar o mundo”.

Nelson Mandela.

Resumo

CUNHA, Júlia Botelho da. **Mapeamento das rochas e elaboração de material interpretativo sobre o monumento do Cais Do Valongo (Rio De Janeiro, RJ).** Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Geologia – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Este trabalho tem como objeto de estudo o sítio arqueológico do Cais do Valongo, reconhecido como patrimônio da humanidade pela UNESCO, símbolo de resistência africana, espaço de produção cultural, marco na luta contra a intolerância religiosa e importante memorial da diáspora africana. Dada a relevância histórica e cultural do local, esta pesquisa contribui para a preservação do patrimônio por meio de uma análise detalhada das rochas que compõem o Cais. O estudo envolveu levantamento bibliográfico e estudos de campo, focando no mapeamento das litologias presentes, como Leptinito, Gnaisse Facoidal, granito, pegmatito e diabásio, e na identificação dos processos de deterioração a que estão submetidas, tais como oxidação, crosta negra e colonização biológica. Além da documentação do estado de conservação dessas rochas, foram realizados modelos em AutoCAD, em planta mapeada e em 3D, que detalham a distribuição das diferentes litologias dentre os componentes estruturais do sítio. Tais modelos são de suma importância para visualização e análise precisa da estrutura do Cais, proporcionando uma ferramenta valiosa para futuros estudos de conservação e restauração. É enfatizada também a conexão Brasil-África recobrada pela geologia das rochas do sítio, que remonta ao período de união física entre os dois territórios durante a formação do supercontinente Gondwana. Como parte dos resultados entregues neste estudo, foi desenvolvido um modelo de página para um site informativo, que visa tornar o conhecimento geocientífico acessível ao público geral. Esse site reforça o potencial turístico e educativo do Cais do Valongo, promovendo a conscientização sobre a importância da preservação desse patrimônio histórico. O valor deste patrimônio e a necessidade de sua conservação potencializam-se com o estudo acerca de suas rochas uma vez que essas representam diferentes períodos da história da cidade e sobretudo do passado escravista que jamais deve ser esquecido.

Palavras-chave: Cais do Valongo; litologias; patrimônio

Abstract

CUNHA, Júlia Botelho da. **Mapeamento das rochas e elaboração de material interpretativo sobre o monumento do Cais Do Valongo (Rio De Janeiro, RJ).** Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Geologia – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

This study focuses on the archaeological site of the Valongo Wharf, recognized as a UNESCO World Heritage Site, a symbol of African resistance, a space for cultural production, a landmark in the fight against religious intolerance, and an important memorial to the African diaspora. Given the historical and cultural significance of the site, this research contributes to the preservation of this heritage through a detailed analysis of the rocks that make up the wharf. The study involved bibliographic research and field studies, focusing on mapping the lithologies present, such as Leptinito, Facoidal Gneiss, granite, pegmatite and diabase, and identifying the deterioration processes they undergo, such as oxidation, black crust formation, and biological colonization. In addition to documenting the conservation state of these rocks, AutoCAD models were created, both as mapped plans and in 3D, detailing the distribution of the different lithologies among the structural components of the site. These models are crucial for the precise visualization and analysis of the wharf's structure, providing a valuable tool for future conservation and restoration studies. The Brazil-Africa connection is also emphasized through the geology of the site's rocks, which dates back to the period of physical union between the two territories during the formation of the supercontinent Gondwana. As part of the results delivered in this study, a model for an informative website was developed, aiming to make geoscientific knowledge accessible to the general public. This website enhances the touristic and educational potential of the Valongo Wharf, promoting awareness of the importance of preserving this historical heritage. The value of this heritage and the need for its conservation are enhanced through the study of its rocks, as these represent different periods in the city's history and, above all, the enslaved past that must never be forgotten.

Key-Words: Valongo's Wharf; lithologies; heritage

Lista de Figuras

Figura 1 - Perfil Geológico do Arpoador ao Maracanã (Valeriano et al., 2007b).....	1
Figura 2 - Foto do Sítio Arqueológico do Cais do Valongo tirada na ocasião de visita de campo.....	3
Figura 3 - Foto demonstrativa das atividades de campo realizadas em 2019.	7
Figura 4 - Fluxograma com a sequência aplicada para a elaboração dos modelos 2D e 3D em AutoCAD	9
Figura 5 - Capa do Glossário Ilustrado das Formas de Deterioração da Pedra.....	10
Figura 6 - Imagem demonstrativa das ferramentas disponíveis na barra de menu do Software AutoCAD	12
Figura 7 - Snippet do código relativo à página acerca do Cais do Valongo desenvolvida.....	13
Figura 8 – Mapa litológico simplificado da foz da Baía de Guanabara, em escala 1:100.000, com a localização de pedreiras históricas de gnaiss facoidal. Fontes: Castro et al.(2021), Reis (1934), Silva (1936), e Almeida e Almeida (2012), Almeida e Porto (2012), Valeriano et al. (2012), e CPRM (2020).....	16
Figura 9 – Mapas representativos do local de construção do Cais do Valongo (Jean Massé, 1713).....	17
Figura 10 – À esquerda, pintura retratando o Cais da Imperatriz (Friedrich Pustkow, 1843) e, à direita, fotografia de Augusto Malta retratando a Praça Municipal, início do século XX.....	17
Figura 11 – À esquerda, fotografia da escadaria externa às ruínas do Cais; à direita (superior), fotografia do capitel e, abaixo, desenho do mesmo que data de 1861.....	18

Figura 12 – Pintura de Debret ilustrando transporte do material extraído em pedreiras por meio de carros de boi.....	19
Figura 13 – Fotografias representativas dos pavimentos superior (em paralelepípedos) e inferior (estilo pé-de-moleque).....	20
Figura 14 – Fotografias representativas da murada do Cais em estilo costaneira.....	21
Figura 15 – Fotos de amostras referentes às litologias encontradas no sítio, retiradas no local das obras de melhoramentos: (a) Gnaiss Porfírico, (b) Gnaiss Facoidal.....	21
Figura 16 – Fotos representativas de amostras referentes às litologias encontradas no sítio, retiradas no local das obras de melhoramentos: (a) Diabásio, (b) Kinzigito.....	23
Figura 17 – Fotos representativas de amostras referentes às litologias encontradas no sítio, retiradas no local das obras de melhoramentos: (a) Granito, (b) Pegmatito.....	23
Figura 18 – Registros de: colonização biológica (esquerda), oxidação (centro) e degradação total de Leptinito por delaminação (direita).....	24
Figura 19 – Registros de: depósitos de cera de vela (esquerda) e alteração por perda de material por deslocamento (direita).....	25
Figura 20 – (a) Amostra de Leptinito do Cais do Valongo; (b) Amostra de Gnaiss Facoidal do Cais do Valongo; (c) Amostra de Gnaiss Facoidal da Rua da Conceição; (d) Amostra de Gnaiss Facoidal da Rua Sacadura Cabral.....	26
Figura 21 – Fotos em luz não polarizada: (a) Alteração de Microclina em Sericita e Caulinita em Gnaiss Facoidal do Sítio Arqueológico do Cais do Valongo; (b) Alteração por Ferro em Quartzo; (c) Mimerquita em Plagioclásio no Gnaiss Facoidal da Rua Sacadura Cabral; (d) Granada sin-tectônica em Leptinito retirado do Sítio Arqueológico do Cais do Valongo.....	27
Figura 22 – Fotomicrografias em luz não polarizada (a) Granada em Leptinito apresentando deflexão simultânea à assimilação de foliação (haja vista orientação de biotitas); (b) Mimerquita por intercrescimento na microclina ainda na amostra de Leptinito.....	28

Figura 23 – Modelo bidimensional (2D) do Cais do Valongo elaborado em AutoCAD.....	29
Figura 24 – Modelo tridimensional (3D) do Cais do Valongo elaborado em AutoCAD.....	29
Figura 25–Recorte da tela exibindo página de website relativa ao Cais do Valongo.....	30
Figura 26 – Recorte da tela exibindo parte da página de website relativa ao Cais do Valongo na qual é possível ver um slideshow interativo que explica melhor acerca da conexão geológica e histórica do sítio.....	32

Lista de abreviaturas e siglas

ICOMOS - Illustrated Glossary of Stone Deterioration Patterns (Glossário Ilustrado das Formas de Deterioração da Pedra)

UNESCO - United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura)

Sumário

Agradecimentos	vi
Resumo	viii
Abstract	ix
Lista de figuras	x
Lista de abreviaturas e siglas	xii
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO E FINALIDADE	4
3. METODOLOGIA	6
3.1. Pesquisa Bibliográfica	6
3.2. Levantamentos no sítio arqueológico	6
3.3. Modelagem	7
3.4. Mapeamento de Litologias e alterações das rochas	8
3.5. Análise petrográfica de amostras	11
3.6. Modelo em AutoCAD	11
3.7. Elaboração de página informativa na Internet utilizando o React	13
4. CONTEXTO TEÓRICO	15
4.1. Geologia Local	15
4.2. História e Evolução do Cais.....	16
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	20
5.1. Mapeamento de Litologias.....	19
5.2. Alterações dos Elementos Estruturais	24
5.3. Análise Macroscópica e Microscópica de Amostras	25
5.4. Modelos Bidimensional e Tridimensional	28
5.5. Elaboração do Material Interpretativo	30
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	33
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35

1. INTRODUÇÃO

O Cais do Valongo, localizado no centro do Rio de Janeiro, é uma estrutura histórica de grande importância, construída no início do século XIX para receber africanos escravizados. Embora amplamente aceito como o principal ponto de desembarque de escravizados no Brasil, estudos recentes sugerem que o desembarque de africanos ocorreria predominantemente na Praça XV, também no Rio de Janeiro (Tavares, 2018). Reconhecido como Patrimônio Mundial da Humanidade pela UNESCO em 2017 (UNESCO, 2017), o Cais é um símbolo vital da memória dos milhões de africanos que desembarcaram no Brasil. Além de sua relevância histórica, o sítio arqueológico do Cais do Valongo também reflete o uso das rochas que compõem a célebre paisagem natural do Rio de Janeiro. Essas rochas não apenas foram protagonistas na construção da cidade, como ainda contribuem de forma significativa para a compreensão da evolução geológica da região (Figura 1).

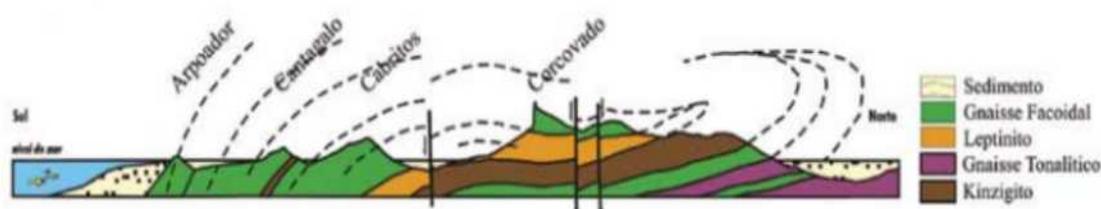


Figura 1: Perfil Geológico do Arpoador ao Maracanã (Valeriano et al., 2007b)

As rochas usadas na construção do Cais, como os gnaisses leucocráticos e porfiroblásticos, conhecidos localmente como Leptinito e Facoidal, juntas ao Kinzigito foram extraídas na própria cidade do Rio de Janeiro. Devido à ausência de jazidas de mármore nas imediações, e à dificuldade em transportar materiais pesados na época, o uso dessas rochas foi amplamente favorecido. O transporte das pedras até o local da construção era realizado por carros de bois, o que exigia a proximidade das pedreiras às áreas de construção (Debret, 1822). Esse fator logístico foi determinante para a escolha dos gnaisses locais como materiais predominantes nas construções cariocas, especialmente em fundações, meios-fios, portais e janelas (Mansur et al., 2008; Almeida & Porto Jr, 2012).

Os gnaisses utilizados no Cais do Valongo possuem uma origem geológica que remonta a cerca de 560 milhões de anos, durante a formação do supercontinente Gondwana. Esses materiais foram fundamentais não só para a construção física do Cais, mas também

para a formação da paisagem natural do Rio de Janeiro. A importância dessas rochas foi amplamente reconhecida em estudos anteriores, como nos trabalhos de Castro et al. (2021), que destacam o Gnaisse Facoidal como uma pedra de grande relevância patrimonial no contexto do Rio de Janeiro, e Mansur et al. (2008), que exploram a importância geológica e cultural dessa rocha, considerada a mais representativa das formações geológicas da cidade. Sob tal perspectiva, um modelo tridimensional do sítio arqueológico foi desenvolvido para fornecer uma compreensão mais detalhada e interativa das características litológicas e do estado de conservação das rochas do Cais (Cunha et al., 2020).

As rochas do Cais do Valongo, além de sua relevância geológica, carregam um profundo valor cultural e simbólico. Como enfatizado por Brockx e Semeniuk (2019), elas representam uma conexão tangível com o passado e são um poderoso recurso para a educação e conscientização sobre a importância da preservação do patrimônio cultural. São imbuídas de grande significância histórica e cultural, o que as torna eficazes ferramentas de educação e conscientização do público no que tange ao senso de pertencimento para a população. O fato de que muitas dessas rochas foram extraídas, transportadas e trabalhadas por mãos escravizadas como descrito confere ao Cais uma dimensão adicional de significância histórica e cultural, reforçando seu valor como símbolo de resistência e de identidade para a comunidade afro-brasileira.

Além disso, o Cais do Valongo possui um grande potencial geoturístico (Figura 2). A compreensão das rochas que compõem sua estrutura, vinculadas à história geológica da formação do Gondwana e à separação dos continentes, oferece uma oportunidade única para o ensino das geociências. Ao destacar esses aspectos para o público, o conhecimento científico e histórico sobre o Cais é ampliado, fortalecendo a consciência geral sobre a importância de sua preservação.



Figura 2: Foto do Sítio Arqueológico do Cais do Valongo, obtida por ocasião de visita de campo.

A pesquisa contínua sobre as rochas do Cais do Valongo, aliada ao uso de tecnologias avançadas, como a modelagem tridimensional e o uso do desenvolvimento web para criação e divulgação de conteúdo informativo e educacional sobre o sítio arqueológico, não só enriquece o entendimento histórico e geológico do local, mas também contribui significativamente para sua conservação. A valorização dessas rochas como parte integrante do patrimônio mundial reflete a importância de preservar e transmitir esse legado cultural e científico para as futuras gerações.

2. OBJETIVO E FINALIDADE

O presente estudo busca evidenciar a importância histórica e geocientífica do sítio arqueológico do Cais do Valongo, reconhecido como Patrimônio Mundial pela UNESCO, e promover a divulgação de sua riqueza cultural e das características geológicas presentes em seus elementos estruturais. A pesquisa é orientada pelo intuito de fomentar o conhecimento público sobre o local e incentivar sua preservação como patrimônio cultural relevante para a história do Brasil e da diáspora africana.

Entre os objetivos específicos, destaca-se o levantamento detalhado das litologias presentes no sítio, como Leptinito, Gnaiss Facoidal, pegmatito, granito e diabásio. Buscou-se realizar o mapeamento de litologias em detalhe, realizando-se o registro de cada tipo de rocha utilizado nos componentes estruturais do Cais, incluindo rampas, muradas e pavimentações. Esses registros podem ser utilizados para identificar correlações entre o Cais do Valongo e outras edificações históricas da cidade do Rio de Janeiro, construídas com materiais semelhantes, além de contribuir para a identificação de possíveis origens das matérias-primas. Esses dados poderão orientar futuros trabalhos de conservação do sítio, assegurando que eventuais substituições preservem o aspecto original dos elementos estruturais.

Outro aspecto relevante foi o estudo das alterações identificadas nas rochas do Cais. Compreender os processos de degradação a que as rochas estão submetidas possibilita a formulação de estratégias de conservação adequadas, que assegurem a integridade estrutural e histórica do sítio a longo prazo. A análise dessas alterações, associada ao registro litológico, fornece uma base sólida para intervenções futuras voltadas à preservação do local, orientando o uso de materiais compatíveis em eventuais restaurações.

Como parte dos objetivos estabelecidos, buscou-se um modelo tridimensional detalhado em AutoCAD, que representaria de maneira precisa cada elemento estrutural do Cais do Valongo de acordo com sua litologia. Essa modelagem 3D não apenas oferece uma ferramenta útil para planejamentos de conservação e restauração, mas seria ainda aplicada na educação e divulgação científica. A elaboração deste modelo visou permitir que pesquisadores e o público em geral visualizem de forma clara a composição do Cais, promovendo o entendimento das particularidades geológicas do sítio e reforçando sua relevância patrimonial.

Adicionalmente, o trabalho usou de análises macroscópicas e microscópicas de amostras de rochas, com o intuito de identificar as pedreiras de origem dos materiais utilizados na construção do Cais. A comparação dessas amostras com exemplares provenientes de outras edificações históricas do Rio de Janeiro complementa os esforços de ampliar o conhecimento sobre as origens dos recursos empregados e sua relevância cultural e histórica.

Por fim, para fortalecer a valorização educacional e cultural do sítio, foi desenvolvido um material digital em forma de página *web* informativa. Esta página busca disponibilizar ao público uma síntese do conhecimento histórico e geológico do Cais do Valongo, incentivando a conscientização acerca de sua importância e promovendo seu potencial turístico e educativo. Dessa forma, a pesquisa contribui não apenas para a preservação material do Cais, mas também para sua integração na memória coletiva e no patrimônio cultural da cidade.

3. METODOLOGIA

A metodologia adotada para o presente trabalho foi dividida em etapas que abrangeram tanto a pesquisa bibliográfica quanto o trabalho prático em campo e a modelagem digital.

3.1. Pesquisa Bibliográfica

Inicialmente, realizou-se um levantamento detalhado de fontes históricas e técnicas acerca do Cais do Valongo e os materiais utilizados em sua construção, com o objetivo de entender sobretudo as litologias que compõem os elementos estruturais do sítio. Esse estudo incluiu a análise de documentos do IPHAN referentes às obras de revitalização e de autores que abordaram outras construções e monumentos cariocas, feitos com materiais semelhantes desde o período colonial até o século XX. A partir deste embasamento teórico, foi possível contextualizar o uso dessas rochas no cenário construtivo da cidade.

3.2. Levantamentos no sítio arqueológico

Como parte da continuidade da pesquisa, foram realizadas visitas técnicas ao sítio arqueológico, com o apoio da empresa Terreng, responsável pelas obras de conservação do local, ocorridas no ano de 2019, sob a supervisão do arqueólogo Divino Oliveira. Durante essas visitas, foram identificadas as diferentes litologias que compõem os elementos estruturais do Cais, como a rampa, a murada e a pavimentação superior. As formas de deterioração observadas nas rochas foram registradas e categorizadas conforme os padrões estabelecidos pelo glossário do ICOMOS (Verges-Belmin, 2008). Para o mapeamento das litologias, utilizou-se uma planta do projeto de revitalização disponível no SEI do IPHAN, o que possibilitou uma melhor organização das informações adquiridas em campo (Figura 3).

Além da identificação das litologias, as visitas técnicas permitiram uma análise focada nas características macroscópicas das rochas, com o intuito de detectar padrões relevantes que pudessem indicar potenciais planos e porções dos elementos que seriam mais suscetíveis à deterioração. A investigação seguiu uma ordem lógica, começando pela murada do Cais, cuja estrutura robusta oferecia boas condições para a observação

inicial. Em seguida, a análise se concentrou na pavimentação de paralelepípedos, e, por fim, o levantamento se encerrou na pavimentação em estilo pé-de-moleque.

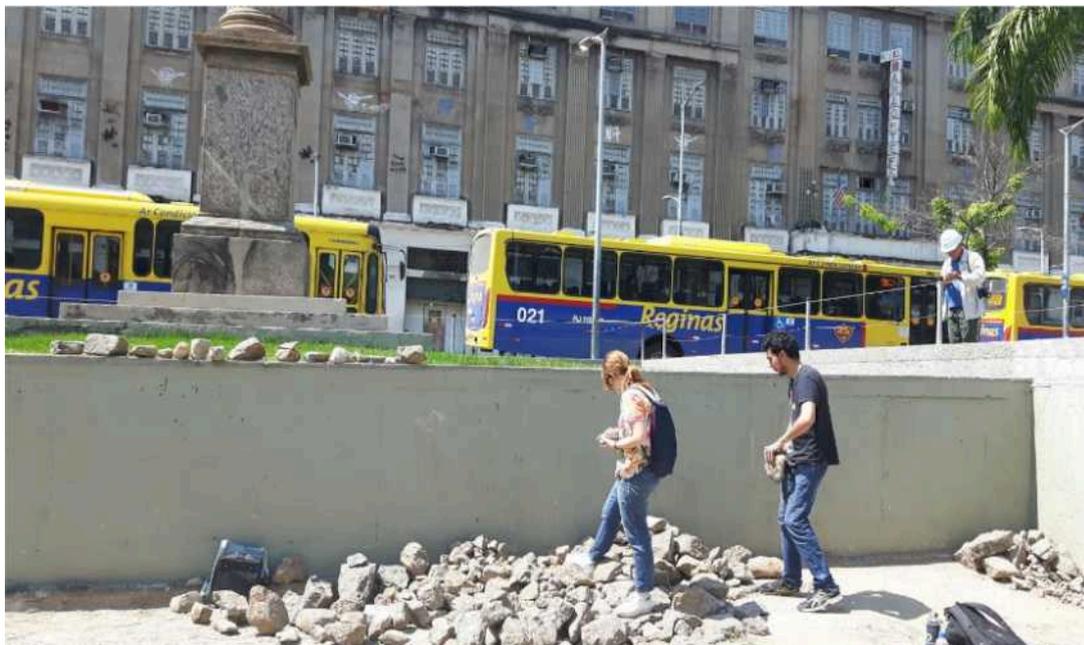


Figura 3: Foto demonstrativa das atividades de campo realizadas em 2019.

3.3. Modelagem

Após a coleta de dados no campo, as informações sobre as litologias presentes no Cais do Valongo foram organizadas em um modelo bidimensional utilizando o software AutoCAD, uma plataforma amplamente utilizada para desenho técnico assistido por computador (CAD), voltada à criação de projetos 2D e 3D. Nesse modelo 2D, as diferentes litologias identificadas no sítio arqueológico foram representadas por meio de colorações distintas nas legendas, facilitando a visualização e categorização das rochas que compõem os elementos estruturais, como a rampa, a murada e os pavimentos em pé de moleque e paralelepípedo.

Esse modelo serviu como uma importante base de análise, permitindo o estudo detalhado das rochas e sua distribuição no espaço, além de contribuir para um entendimento mais claro da composição litológica do local. Posteriormente, o modelo 2D foi transformado em um modelo tridimensional do sítio arqueológico utilizando os

recursos avançados do AutoCAD.

A conversão para o ambiente 3D foi realizada através da ferramenta de extrusão, que permitiu criar volumes a partir das formas bidimensionais da planta. As ferramentas de modelagem, como "*Extrude*" e "*Presspull*", foram fundamentais para replicar as alturas e formatos dos elementos observados no campo, como a murada, os pavimentos de pé de moleque e paralelepípedo, e a rampa (Figura 4).

O resultado foi um modelo tridimensional detalhado, que oferece uma representação fiel da estrutura do Cais, possibilitando o estudo aprofundado do sítio arqueológico e fornecendo uma ferramenta essencial para futuras análises de conservação e divulgação científica.

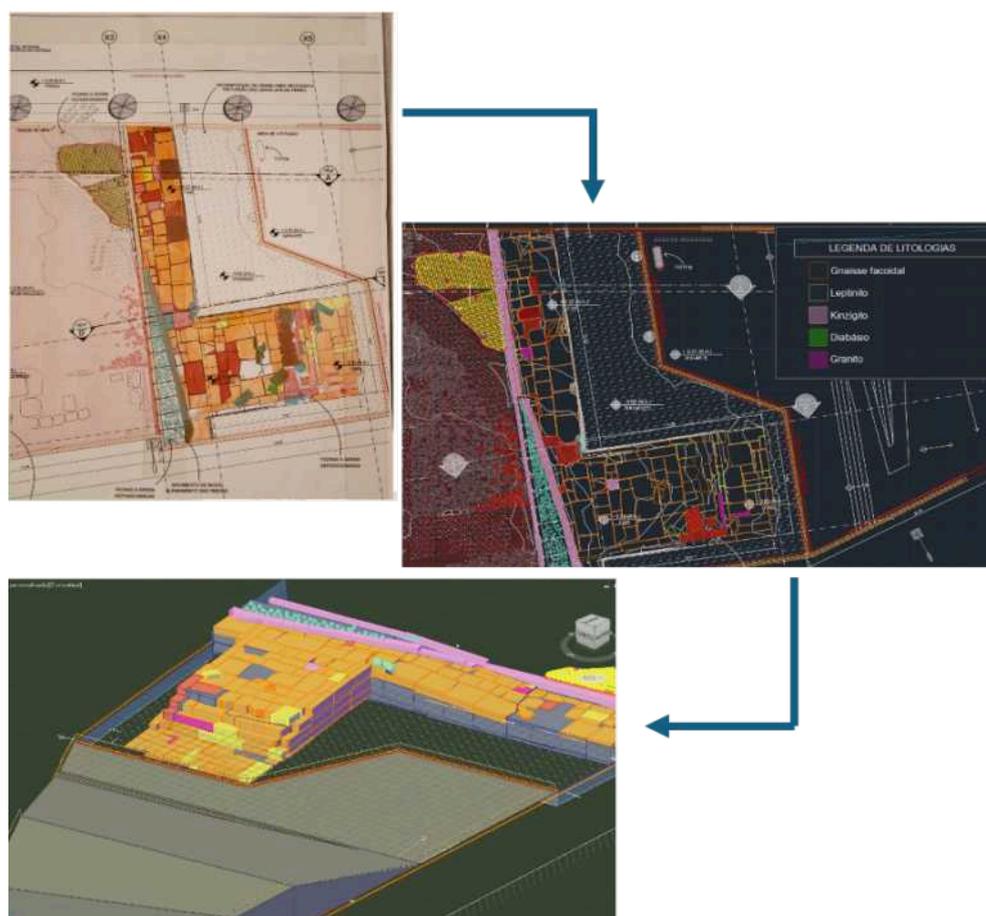


Figura 4: Fluxograma com a sequência aplicada para a elaboração dos modelos 2D e 3D em *AutoCAD*.

3.4. Mapeamento de Litologias e alterações das rochas

A investigação das litologias presentes no Cais do Valongo foi conduzida considerando que as rochas da cidade do Rio de Janeiro, como o gnaiss e o granito,

resultam de eventos geológicos vinculados à formação do supercontinente Gondwana. Ao longo desse processo, essas rochas foram submetidas a fusões e transformações tectônicas, acompanhadas por metamorfismo, que resultaram na configuração geológica da região. A análise buscou mapear e identificar as litologias utilizadas nos elementos estruturais do sítio arqueológico, como pavimentações e muradas, estabelecendo conexões com tais principais litologias componentes da paisagem carioca.

Para o diagnóstico das alterações encontradas nas rochas, o glossário do ICOMOS (*International Council on Monuments and Sites*) foi utilizado como referência. Este glossário é amplamente reconhecido como uma ferramenta essencial para discussões científicas sobre fenômenos e processos de degradação. Além de oferecer uma ampla gama de sugestões e orientações práticas, ele se baseia na análise criteriosa de glossários preexistentes e proporciona uma terminologia padronizada para descrever as diversas formas de deterioração de pedras. A aplicação deste glossário garantiu precisão na categorização das alterações observadas e uma abordagem técnica consolidada.

O glossário ICOMOS (Figura 5) organiza as alterações das rochas em seis categorias principais, fornecendo um panorama abrangente para sua análise e conservação. A primeira família, rachaduras e deformações, inclui fissuras claramente visíveis a olho nu, que indicam a separação de partes do material, além de deformações como dobras, arqueamentos ou torções que preservam a integridade estrutural. Já a segunda família, de destacamento, abrange processos nos quais partes da rocha se desprendem, como formação de bolhas (*blistering*), explosões internas (*bursting*), delaminação, fragmentação, descamação (*scaling*) e desintegração, todos comprometendo a integridade do material.

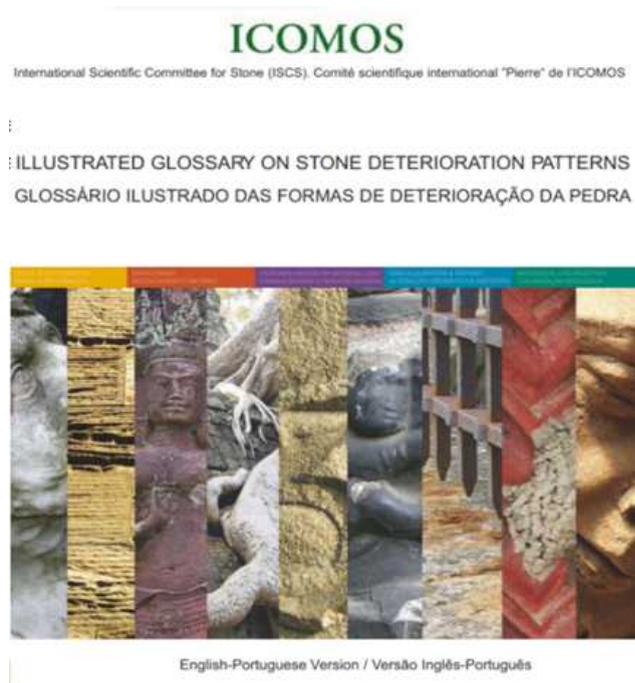


Figura 5: Capa do Glossário Ilustrado das Formas de Deterioração da Pedra.

A terceira família engloba efeitos induzidos pela perda de material, como a formação de pequenas cavidades (alveolização), erosão, danos mecânicos e *microkarst* (dissolução localizada). Também se incluem aqui as perfurações, partes ausentes e o picotamento (*pitting*), que são depressões concentradas em pontos específicos. A quarta família, relacionada à descoloração e depósitos, abarca alterações visuais e químicas, como crostas, depósitos, mudança de cor (*discolouration*), eflorescências, encrustações, formação de filmes, aspecto brilhante (*glossy*), grafites, pátinas e subflorescências, que podem comprometer o valor estético e estrutural do bem.

A colonização biológica, quinta família, trata da presença de organismos como algas, líquens, mofos, musgos e plantas, que se fixam sobre a rocha e aceleram sua degradação por meio de processos físicos e bioquímicos. Por fim, a última categoria inclui termos gerais essenciais para a compreensão dos fenômenos de deterioração. Alteração se refere a mudanças que não necessariamente pioram a condição do material. Dano é a percepção humana da perda de valor. Ruína indica modificação física ou química que prejudica a função da rocha. Degradação expressa o declínio da funcionalidade ou qualidade, e deterioração é o processo de degradação progressiva. Finalmente, o intemperismo descreve as transformações da rocha por exposição a condições climáticas, causando mudanças físicas e químicas ao longo do tempo.

3.5. Análise petrográfica de amostras

A análise petrográfica das amostras incluiu exemplares de Gnaisse Facoidal e Leptinito do calçamento tipo pé-de-moleque do Cais, além de amostras de Gnaisse Facoidal coletadas de pedreiras antigas localizadas nas ruas Sacadura Cabral e da Conceição, gentilmente cedidas pelo arqueólogo Reinaldo Tavares. Esta etapa foi realizada em paralelo com os demais itens descritos nesta seção, buscando comparar as características das amostras do sítio arqueológico com as de outras áreas da cidade para identificar possíveis origens das rochas utilizadas.

O processo metodológico englobou análises macroscópicas iniciais e, em seguida, a confecção de lâminas para observação microscópica. Nas análises macro e microscópicas, investigaram-se texturas, mineralogia, microestruturas e também possíveis evidências de alterações nas rochas, enriquecendo o entendimento das variações petrográficas. Essa abordagem comparativa possibilitou verificar similaridades e diferenças relativas a amostras de outras regiões.

3.6. Modelo em AutoCAD

O uso do AutoCAD no presente trabalho foi fundamental para a representação e análise das rochas do Cais do Valongo. No modelo bidimensional (2D), as polilinhas foram a principal ferramenta utilizada para delinear as superfícies correspondentes aos elementos estruturais, como a rampa, a murada e os pavimentos em pé de moleque e paralelepípedo (Figura 6). As polilinhas, por permitirem o traçado contínuo de múltiplas linhas conectadas, possibilitaram a criação de contornos precisos das formas geométricas associadas a cada litologia. Uma vez definidos os contornos, foi possível atribuir colorações específicas a cada tipo de rocha identificado, de acordo com as litologias observadas durante as visitas de campo. Isso facilitou a visualização clara das diferentes rochas presentes no sítio e a análise do comportamento de cada litotipo no contexto estrutural do Cais.

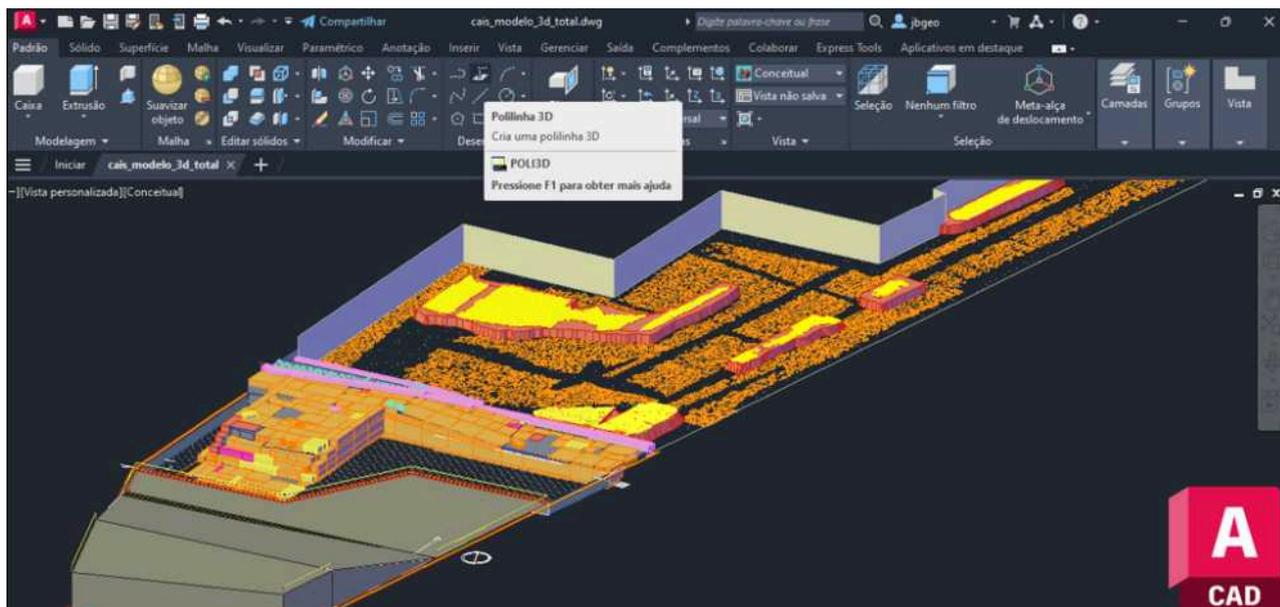


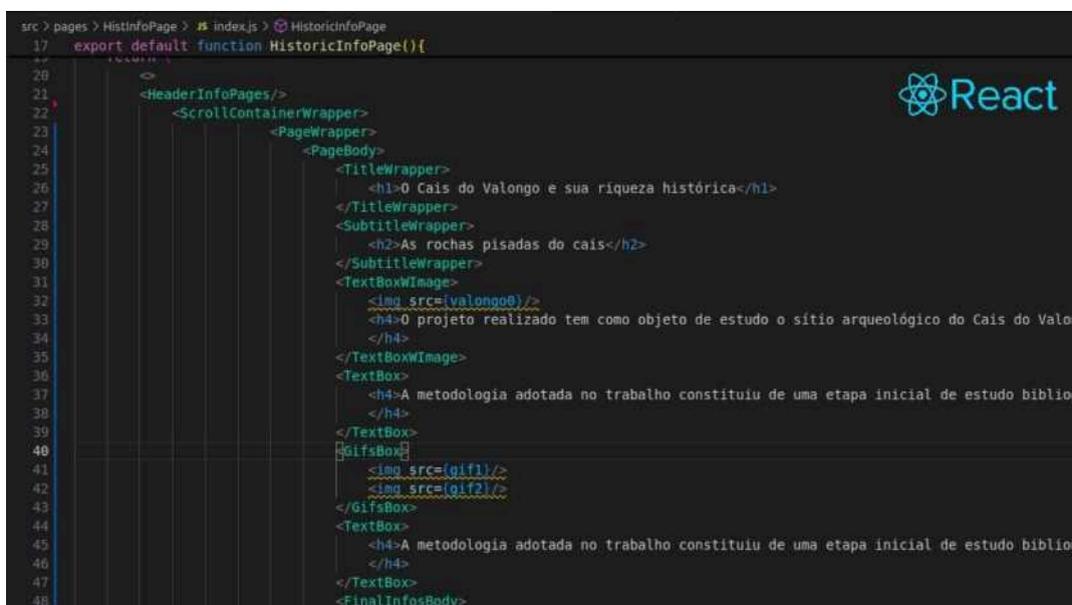
Figura 6: Imagem demonstrativa do modelo 3D elaborado junto ao menu com a barra das ferramentas disponíveis no Software *AutoCAD*

Além disso, as polilinhas serviram como base para a conversão do modelo 2D em um modelo tridimensional (3D). Para alcançar esse objetivo, as ferramentas de extrusão do *AutoCAD*, como a "Extrude", foram fundamentais. A extrusão permitiu dar volume às superfícies delimitadas no modelo 2D, transformando os elementos planos em sólidos tridimensionais. Essa etapa foi guiada pelas informações de altura obtidas nos documentos de planta obtidos junto ao IPHAN, o que garantiu que cada componente estrutural fosse representado com precisão em termos de sua elevação. As cotas de altura inseridas no modelo 3D foram cuidadosamente ajustadas para refletir as proporções e variações de altura observadas no sítio arqueológico, assegurando um alto grau de fidelidade à realidade física do Cais do Valongo.

Por fim, o uso do *AutoCAD* facilitou a modelagem tridimensional e conferiu a este trabalho a capacidade de alternar entre as visualizações 2D e 3D, beneficiando a verificação da coerência das informações e ajuste entre eventuais discrepâncias entre os dados de campo e o modelo digital. O *AutoCAD* se revelou uma ferramenta eficiente para a integração das informações geológicas e arquitetônicas do Cais do Valongo, proporcionando uma base sólida para futuras análises de conservação e reconstituição do sítio.

3.7. Elaboração de página informativa na Internet utilizando o React

A elaboração da página informativa acerca do Cais do Valongo foi desenvolvida utilizando o *React*, um framework de *JavaScript* amplamente utilizado para a criação de interfaces de usuário dinâmicas e interativas. *React* é notório por sua abordagem baseada em componentes, o que permite construir aplicações de maneira modular e organizada. Uma de suas principais vantagens é a capacidade de criar Single Page Applications (SPA), onde todo o conteúdo necessário para a navegação do site é carregado de uma vez, proporcionando uma experiência de navegação fluida, sem a necessidade do recarregamento de toda uma nova página ao clicar em novos links ou seções (Figura 7). Como resultado, obtém-se uma visualização mais rápida e eficiente para o usuário, permitindo uma exploração contínua das informações sobre o Cais do Valongo.



```

src > pages > HistInfoPage > JS index.js > HistoricInfoPage
17 export default function HistoricInfoPage(){
18   // ...
19   // ...
20   // ...
21   <HeaderInfoPages/>
22   <ScrollContainerWrapper>
23     <PageWrapper>
24       <PageBody>
25         <TitleWrapper>
26           <h1>0 Cais do Valongo é sua riqueza histórica</h1>
27         </TitleWrapper>
28         <SubtitleWrapper>
29           <h2>As rochas pisadas do cais</h2>
30         </SubtitleWrapper>
31         <TextBoxImage>
32           <img src=ivalongo0/>
33           <h4>0 projeto realizado tem como objeto de estudo o sítio arqueológico do Cais do Valon
34         </h4>
35         <TextBoxImage>
36         <TextBox>
37           <h4>A metodologia adotada no trabalho constituiu de uma etapa inicial de estudo bibliog
38         </h4>
39         </TextBox>
40         <GifsBox>
41           <img src=(gif1)/>
42           <img src=(gif2)/>
43         </GifsBox>
44         <TextBox>
45           <h4>A metodologia adotada no trabalho constituiu de uma etapa inicial de estudo bibliog
46         </h4>
47         </TextBox>
48         <FinalInfosBody>

```

Figura 7: *Snippet* do código relativo à página acerca do Cais do Valongo desenvolvida.

A página desenvolvida neste trabalho é uma pré-visualização simulada da página, antes que esta seja integrada ao site oficial do Museu da Geodiversidade – IGEO/UFRJ. Essa simulação busca garantir que o *layout*, as funcionalidades interativas e os elementos visuais funcionem corretamente e transmitam a totalidade das informações pretendidas. O desenvolvimento prévio da página proporciona uma base sólida para ajustes e melhorias, assegurando que a experiência do usuário, tanto em termos de design quanto de desempenho, estivesse otimizada antes da integração final.

Outro aspecto relevante na construção da página foi a integração de uma apresentação modularizada desenvolvida em Prezi, que adiciona dinamismo e

interatividade à experiência do internauta. A escolha pelo Prezi se deve ao seu formato não-linear, que permite a visualização das informações de forma rica, favorecendo a compreensão do conteúdo uma vez que tal tecnologia preconiza a interatividade. A apresentação foi embutida diretamente na página, tornando possível a navegação por diferentes tópicos relacionados ao Cais do Valongo de forma fluida e contínua, favorecendo um aprendizado mais cativante e servindo como reforço ao objetivo de oferecer uma ferramenta educacional que informe e sobretudo atraia o grande público.

4. CONTEXTO TEÓRICO

4.1 Geologia Local

A Baía de Guanabara, onde se situa o Rio de Janeiro e o corpo d'água pelo qual os navios chegavam ao Cais do Valongo, é parte integrante a Província Mantiqueira, um dos principais sistemas orogênicos do Brasil que se estende por além de 3.000 km ao longo do litoral. Este cenário geológico, pertencente ao Cinturão Ribeira Central (Heilbron et al., 2016), resultou de intensos eventos de compressão litosférica que levaram à formação do paleocontinente Gondwana Ocidental, conhecidos como orogenia Pan-Africana/Brasileira. Esse processo envolveu uma série de fases geodinâmicas, incluindo subducção e colisão entre placas tectônicas, seguidas pelo colapso da cadeia orogênica entre 790 e 480 Ma (Tupinambá et al., 2012; Heilbron et al., 2016; Schmitt et al., 2018), o que o torna um exemplo relevante de evolução orogênica diacrônica durante o Pré-Cambriano (Heilbron et al., 2020).

Esses eventos tectônicos geraram rochas diversas, como migmatitos, ortognaisses, paragnaisses e algumas rochas graníticas que, atualmente, compõem áreas da costa carioca. Dentre elas, o gnaiss facoidal destaca-se por ser originado de processos de fusão e subsequente metamorfismo de materiais da crosta continental durante os episódios de colisão. Datações radiométricas posicionam a formação desse batólito entre 590 e 550 Ma, durante o auge do tectonismo compressivo de baixo ângulo, que coincidiu com o início do metamorfismo, cerca de 560 Ma (Silva, 2003). Esse tipo de gnaiss está presente em ambos os lados da Baía de Guanabara, ocupando aproximadamente 200 km² (Hippert, 1990).

Posteriormente, a região experimentou um período de estabilização tectônica e isostasia, até a fragmentação do supercontinente Gondwana e a abertura do Oceano Atlântico Sul, durante o Jurássico-Cretáceo, datando desta forma de 130 Ma, fenômeno marcado pela intrusão de diques toleíticos. Mais tarde (aproximadamente 60 Ma) falhas foram reativadas, formando o Gráben da Guanabara, entre as cadeias da Serra do Mar e Serra da Carioca. Esses movimentos tectônicos elevaram as montanhas e picos que hoje desenham e agregam a paisagem da cidade. Assim, tal história geológica e tectônica singular resultou em uma notável diversidade litológica e uma espetacular paisagem para o Rio de Janeiro (Castro et al., 2021).

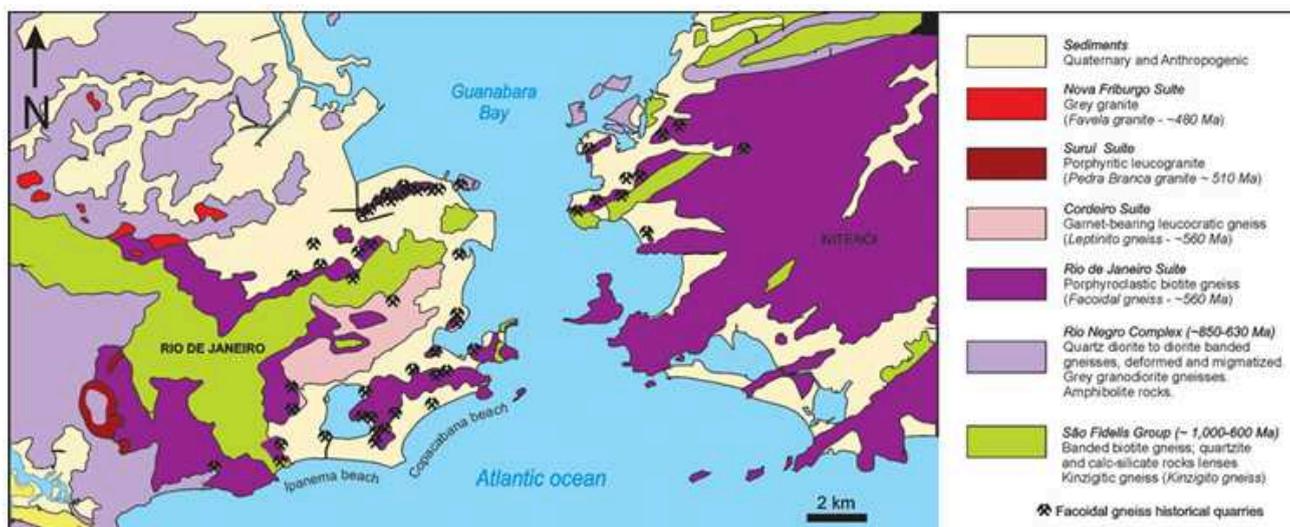


Figura 8: Mapa litológico simplificado da foz da Baía de Guanabara, em escala 1:100.000, com a localização de pedreiras históricas de gnaíse facoidal. Fontes: Castro et al.(2021), Reis (1934), Silva (1936), e Almeida e Almeida (2012), Almeida e Porto (2012), Valeriano et al. (2012), e CPRM (2020).

4.2. História e Evolução do Cais

Tavares (2018) informa que a história do Cais do Valongo é marcada por sucessivas transformações que refletem tanto o desenvolvimento urbano do Rio de Janeiro quanto a memória do tráfico humano de antepassados africanos. Ainda de acordo com Tavares (2018) o Cais fora construído entre 1811 e 1817, o Cais foi projetado especificamente para receber cativos africanos trazidos compulsoriamente, desempenhando papel central nas dinâmicas do tráfico transatlântico. Localizado na orla norte, nas atuais regiões da Saúde e Gamboa (Figura 9), o complexo incluía não apenas o Cais, mas também um lazareto para alocação dos doentes, um cemitério e armazéns para confinamento e venda dos cativos (Tavares, 2018). Durante seu período de operação, estima-se que mais de 500 mil indivíduos trazidos em tais circunstâncias tenham desembarcado ali. A localização periférica do Cais ilustra a organização segregatória da cidade na época, afastando essas atividades do centro urbano. Finalmente Tavares (2018) complementa que com a proibição do tráfico transatlântico em 1830, o local foi desativado e posteriormente sua função original foi alterada, e este passou a ser usado para recepção de uma variedade de insumos.



Figura 9: Mapas representativos do local de construção do Cais do Valongo (Jean Massé, 1713).

Em 1843, por ordem de Dom Pedro II, o Cais passou por reformas para a recepção da imperatriz Teresa Cristina. Uma nova estrutura, o Cais da Imperatriz, foi construída sobre as fundações do antigo Valongo, e uma praça foi adicionada, buscando conferir ao espaço um ar nobre e luxuoso. Essas intervenções urbanísticas marcaram o início de uma fase de revitalização da área, de modo que na segunda metade do século XIX o local foi consolidado como a Praça Municipal (Figura 10). Ao longo dos séculos XIX e XX, novas reformas alteraram o espaço, até que a expansão da linha costeira e a urbanização intensa soterraram o Cais sob a Praça do Jornal do Comércio e a futura Avenida Barão de Tefé (Lima et al., 2016).

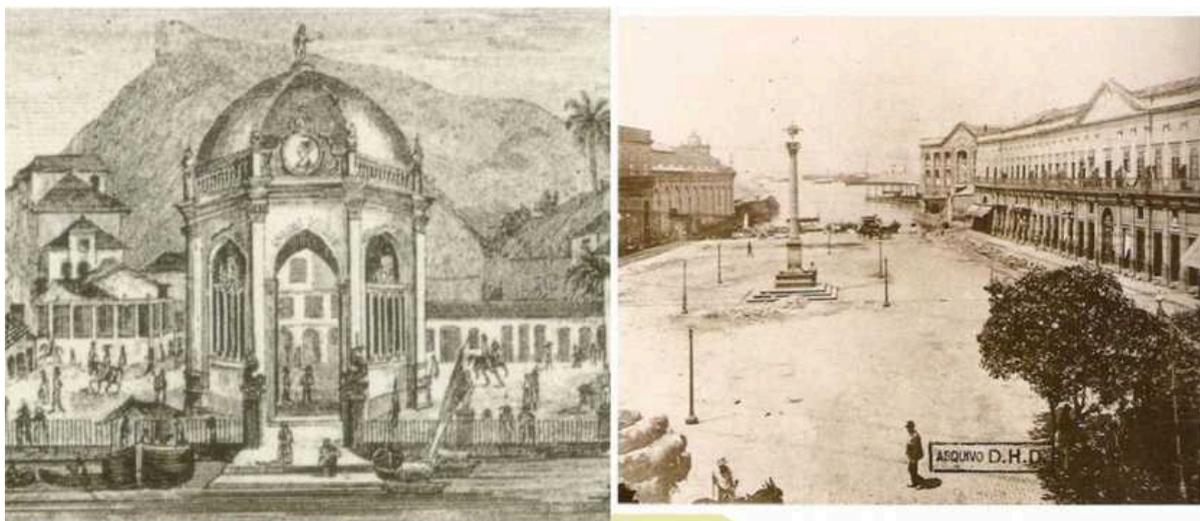


Figura 10 : À esquerda pintura retratando o Cais da Imperatriz (Friedrich Pustkow, 1843) e à direita fotografia de Augusto Malta retratando a Praça Municipal, início do século XX.

Após isso, se sucederam diversos aterramentos da linha de costa e as ruínas dos

elementos estruturais dos Cais do Valongo e da Imperatriz vieram à luz em 2011, durante obras de revitalização da zona portuária do Rio de Janeiro. As escavações revelaram diversos elementos estruturais, incluindo dois tipos de pavimentação: a camada superior, de paralelepípedos, associada às reformas da Praça Municipal, e uma camada inferior, conhecida como pavimento "pé de moleque", composta por pedras irregulares, que corresponderia ao Cais da Imperatriz. A murada e as rampas do Cais, estruturadas em estilo Costaneira, também seriam remanescentes do Cais da Imperatriz e são formadas por grandes blocos de rocha, alguns chegando a dois metros de comprimento.

Durante as obras de revitalização modernas, outras estruturas foram erguidas, como as escadarias externas feitas com gnaiss proveniente de Santo Antônio de Pádua, material extraído na Região Noroeste do estado do Rio de Janeiro (Wong, 2004).

Outro elemento estrutural muito notório é a coluna com capitel que faziam parte de um chafariz que ornamentava a região quando ainda configurava a Praça Municipal. A coluna e o capitel foram construídos com gnaiss facoidal (Figura 11) proveniente da Pedreira de São Diogo (Azevedo, 1867, p. 130), situada na região da Providência. A obra arquitetônica foi projetada por José Bittencourt da Silva, arquiteto da Câmara Municipal na época, e recebeu reconhecimento por sua qualidade, sendo premiada na Exposição Industrial de 1861 (Azevedo, 1867, p. 130).



Figura 11: À esquerda fotografia da escadaria externa às ruínas do Cais construída em gnaiss de Santo Antônio de Pádua, à direita (superior) fotografia do capitel e abaixo desenho do mesmo que feito pelo arquiteto municipal José Bittencourt vencedor do prêmio na exposição industrial de 1861.

Mais pesquisas acerca do processo de construção do Cais levaram à percepção do quanto dispendioso era o processo de produção das rochas utilizadas como material. Além

do enorme esforço, por sua vez decorrente da reconhecida dureza da rocha, relacionado à extração, que de forma não inédita era reservado aos escravos, havia ainda a dificuldade do transporte do material extraído que deveria ser realizado por carros de boi (Figura 12). Esse processo oneroso repercutia no valor comercial da rocha, de modo que existem registros de que, em 1868, o metro cúbico da rocha chegava a custar 6.675 reis (Rebouças, 1869), equivalentes a atualmente cerca de mil reais. O custo das rochas fazia com que fosse altamente recomendável o maior aproveitamento possível do material, reduzindo ao máximo o desperdício. Assim, de acordo a Tavares (2018) o Gnaisse Facoidal do Cais era proveniente de parte de peças sobrantes de reformas do Paço Imperial e da pedreira do Morro da Conceição, a mais próxima do Cais.

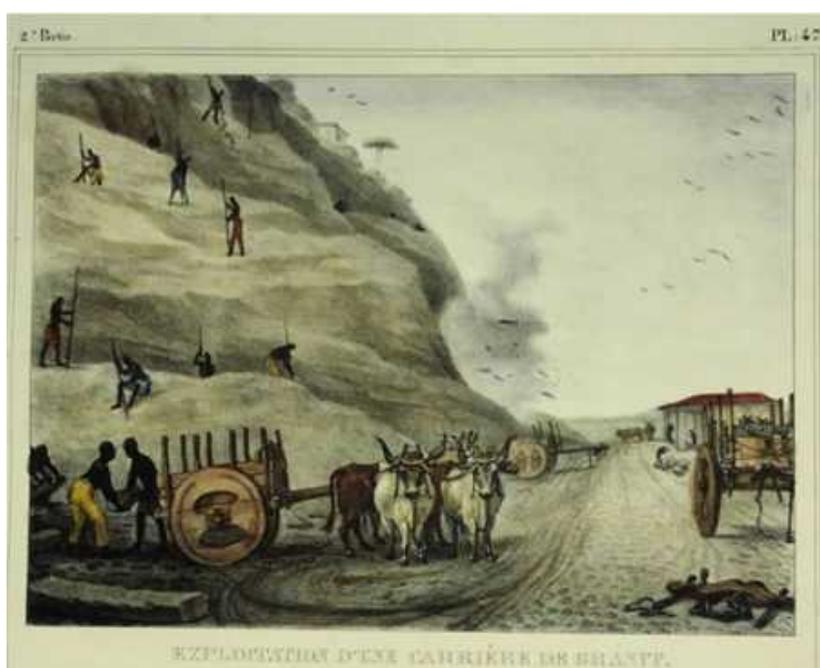


Figura 12: Gravura de Debret (1834) ilustrando a extração por escravizados e o transporte do material extraído em pedreira da região da Glória, por meio de carros de boi.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Mapeamento de Litologias

O sítio arqueológico do Cais do Valongo apresenta uma considerável diversidade de litologias quando se atenta aos materiais referentes a seus elementos estruturais, que refletem a história geológica das áreas próximas do Cais e os diversos momentos e etapas da história de sua construção.

As atividades de campo permitiram a identificação de dois principais níveis de pavimento, o inferior constituído por pedras irregulares no estilo pé-de-moleque, e o superior com paralelepípedos (Figura 13). Além dos pavimentos, a rampa e a murada do Cais apresentam uma construção no formato de costaneira, utilizando blocos de rochas de grandes dimensões (cerca de dois metros) com arestas retas (Figura 14). A divergências observadas de tipos de pavimentação e materiais utilizados corroboram a ideia do uso de técnicas construtivas distintas em períodos distintos.



Figura 13: Fotografias representativas dos pavimentos superior (em paralelepípedos) e inferior (estilo pé-de-moleque).



Figura 14: Fotografias representativas da murada do Cais em estilo costaneira

Partindo para um foco geocientífico mais aprofundado das rochas presentes no Cais, tem-se principalmente os gnaisses porfiroblástico e leucocrático, conhecidos, respectivamente como Gnaiss Facoidal e Leptinito (Figura 15), que são rochas metamórficas oriundas dos eventos de colisão continental, formadores do supercontinente Gondwana, datando assim de um período de 560 milhões de anos atrás (Silva, 2003).

Como mencionado anteriormente, na ocasião das atividades de campo foram detectados elementos constituídos por diabásio, que, por sua vez, se originou da atividade vulcânica, graças à geração de diques decorrentes da fragmentação do Gondwana e da abertura do Atlântico no Mesozoico (Castro et al., 2021).

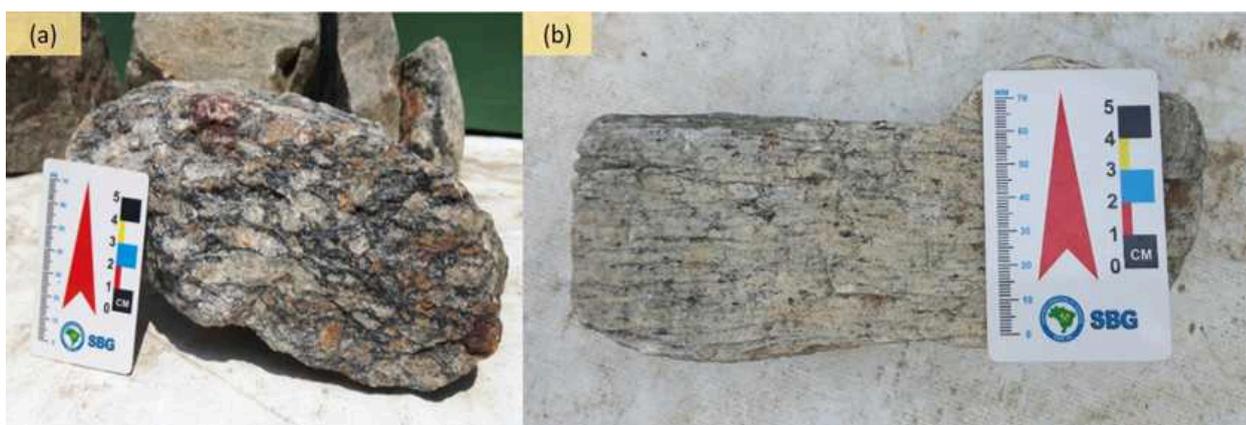


Figura 15: Fotos de amostras referentes às litologias encontradas no sítio retiradas no local das obras de melhoramentos (a) Gnaiss Facoidal (b) Leptinito.

Entrando um pouco mais em detalhe sobre o Gnaiss Facoidal, podemos destacar que ele compõe maciços rochosos muito conhecidos, como o Corcovado e o Pão de Açúcar (Castro et al., 2021), e que ele também tem sua composição média definida principalmente por quartzo, feldspato potássico (sobretudo microclina) e, em menor escala, plagioclásio e biotita. Trata-se, então, de uma rocha porfiroblástica, na maior parte com cores claras, e muito característica por seus porfiroblastos de feldspato potássico e plagioclásio, que constituem lentes rosadas ou esbranquiçadas. Formado há aproximadamente 560 milhões de anos, sua origem está diretamente correlacionada à fusão e recristalização decorrente da colisão entre placas continentais, originando um batólito que acompanhou o desenvolvimento do supercontinente Gondwana (Silva et al., 2003). Em função desse processo, a rocha exibe texturas variadas: desde cristais de feldspato idiomórficos, com baixa deformação e orientação local, sugerindo fluxo magmático, até cristais bem deformados e recristalizados em formato amendoado (augen) (Silva et al., 2000).

Já o Leptinito, ortognaiss que aflora de maneira mais expressiva no Maciço da Tijuca e na área central da cidade (Valeriano et al., 2012), tem principalmente em sua composição feldspato potássico, plagioclásio, quartzo, biotita, granada, e, mais localizadamente, hornblenda. Os minerais acessórios comumente presentes são apatita, muscovita, zircão, ilmenita e magnetita (Heilbron et al., 2016). Ele apresenta uma granulação bem mais fina comparada ao Facoidal e, além disso, uma foliação bem desenvolvida.

O diabásio, por sua vez, é uma rocha ígnea intrusiva, com plagioclásio e piroxênio como seus principais constituintes, responsáveis também por sua coloração escura. Uma matéria de Backheuser(1925) afirma que esta rocha foi amplamente utilizada na década de 1920, compondo a seção escura dos mosaicos conhecidos como "pedra portuguesa". Embora as primeiras remessas tenham vindo de Portugal, logo se descobriu que a cidade possuía jazidas equivalentes. Assim, os depósitos de diabásio no Rio de Janeiro, especialmente próximos à Rua Santa Alexandrina, locais onde os diques apresentam largura excepcional, passaram a ser explorados para atender a essa demanda.

Outras rochas características da paisagem da cidade e observadas no campo incluem o Kinzigito, que faz parte da unidade basal do Grupo São Fidélis. Esse grupo consiste em rochas supracrustais intrudidas pelo arco magmático Rio Negro, ocorrendo desde a Serra do Mar até o estado do Espírito Santo. Os sedimentos precursores foram datados em 1.8 – 1.3 Ga (Heilbron et al., 2016).

O Kinzigito (Figura 16) é de um paragneisse muito deformado, com granulometria grossa, contendo cordierita e sillimanita, além de ser caracterizado por mesossomas de biotita rodeados por grandes cristais de granada e leucossomas compostos por quartzo, feldspato potássico, plagioclásio, cordierita e algumas ocorrências de ilmenita. Pode apresentar zircão, apatita, ilmenita, rutilo e sulfetos de ferro. (Kühn et al., 2004). Foram ainda observadas algumas ocorrências raras de pegmatitos e granitos condizentes com tais litotipos pós-colisionais oriundos dos eventos relativos à amalgamação do Supercontinente Gondwana (Figura 17).

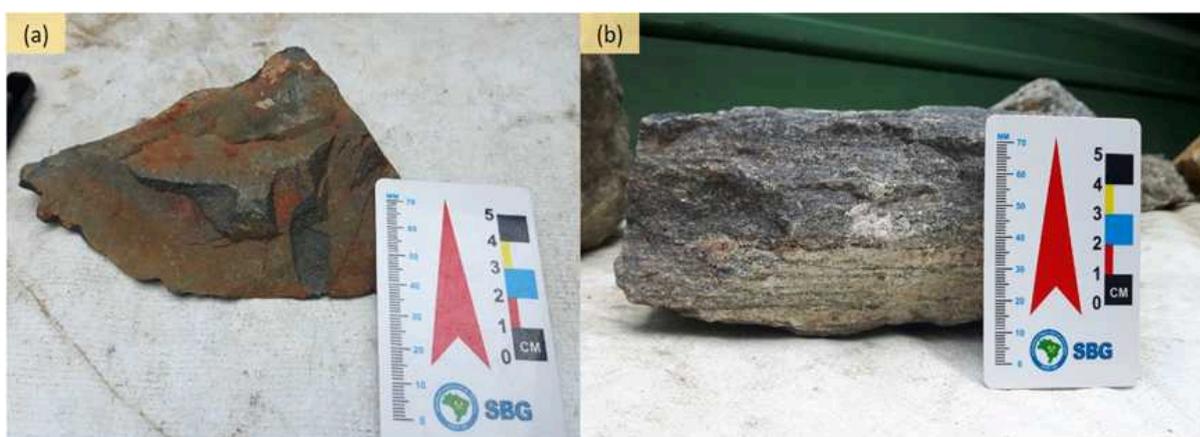


Figura 16: Fotos representativas de amostras referentes às litologias encontradas no sítio retiradas no local das obras de melhoramentos (a) Diabásio (b) Kinzigito.

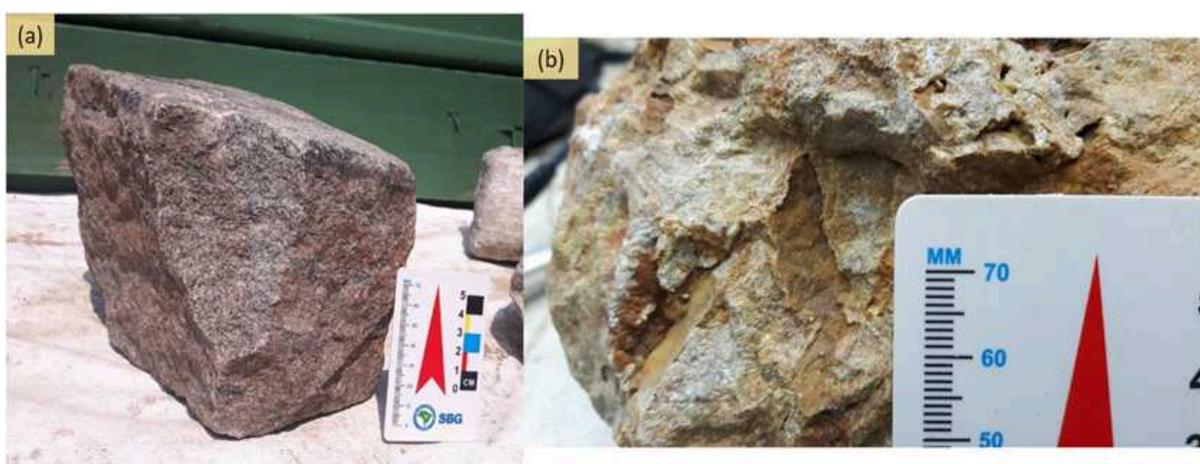


Figura 17: Fotos representativas de amostras referentes às litologias encontradas no sítio retiradas no local das obras de melhoramentos (a) Granito (b) Pegmatito.

5.2. Alterações dos Elementos Estruturais

As formas de deterioração rochosa observadas no monumento incluem: fraturamento, delaminação, destacamento, filmes de sujeira, colonização biológica (plantas e conchas), manchamentos por tinta, despejo de cera de vela, e oxidação em áreas próximas a elementos de ferro e cobre (Verges Belmin, 2008).

No sítio, as alterações que qualificam perda de material no caso das rochas de granulação fina, como o Leptinito analisado, traduzem-se principalmente em processos de delaminação, inclusive em alguns casos tendendo à destruição da rocha (Figura 18).

A colonização biológica registrada pela presença de conchas encrustadas na face frontal da murada do Cais ostenta valor geológico; comprovando um momento anterior de alcance do nível do mar, em uma região do município que hoje se encontra aterrada.

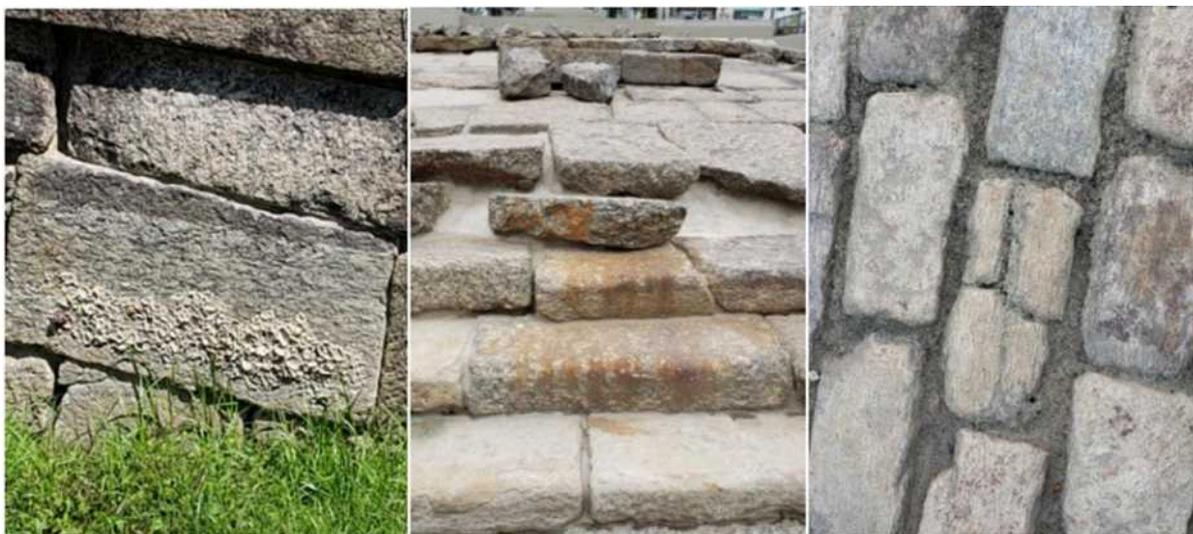


Figura 18: Registros de: colonização biológica (esquerda), oxidação (centro) e degradação total de Leptinito por delaminação (direita).

Já no caso das rochas de granulometria mais grossa no caso, o Gnaisse Facoidal, tendem à perda de minerais da matriz e ao projetamento de seus porfiroblastos com o agravamento da alteração; tendo como consequência os processos de destacamento e deslocamento observados em campo (Figura 19).



Figura 19: Registros de: depósitos de cera de vela (esquerda), alteração por perda de material por deslocamento (direita).

5.3. Análise Macroscópica e Microscópica de Amostras

As amostras de Gnaisse Facoidal coletadas em afloramentos de antigas pedreiras próximas ao Cais do Valongo, nas ruas Sacadura Cabral e da Conceição e cedidas pelo arqueólogo Reinaldo Tavares (Figura 19), exibem características muito semelhantes. A mineralogia essencial é composta por microclina (predominantemente ortoclásio), plagioclásio, quartzo e biotita. Os minerais acessórios também são concordantes nas duas amostras analisadas: granada, apatita, monazita e zircão, com exceção da titanita, visualizada apenas localmente na amostra da Rua Sacadura Cabral. A rocha apresenta textura porfiroblástica, com uma matriz formada por cristais de aproximadamente 1 mm de diâmetro e fenocristais variando entre 5 mm e 30 mm. Além disso, observou-se bandamento gnáissico, sem sinais de milonitização.

Outro aspecto comum nas amostras das antigas pedreiras é a mimerquitização de microclina e plagioclásio, com intercrescimento de quartzo (Figura 20). Ambas também mostram evidências de retrometamorfismo de biotita para clorita. A principal diferença entre os dois exemplares é o teor de biotita, mais abundante na amostra da Rua da Conceição em comparação com a da Rua Sacadura Cabral.

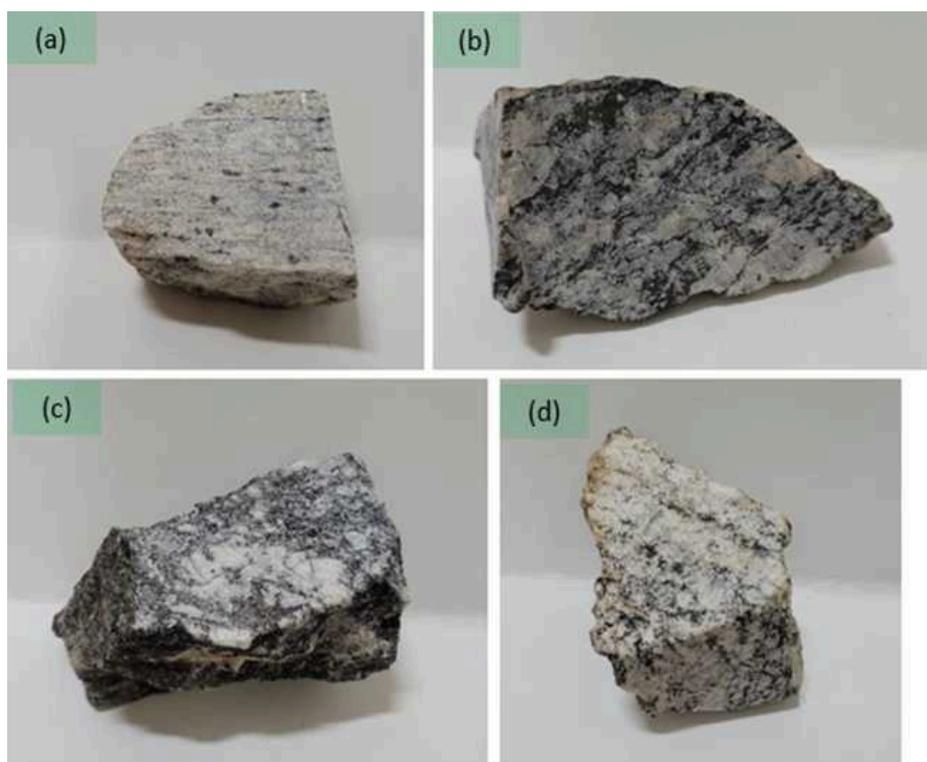


Figura 20: (a) Amostra de Leptinito do Cais do Valongo ;(b) Amostra Gnaiss Facoidal do Cais do Valongo; (c) Amostra de Gnaiss Facoidal da Rua da Conceição; (d) Amostra de Gnaiss Facoidal da Rua Sacadura Cabral.

A amostra de Gnaiss Facoidal retirada do sítio, além de ter minerais essenciais e acessórios semelhantes aos das duas rochas já descritas, apresentava um teor de biotita intermediário entre aquelas, porém um pouco mais próximo do relativo à amostra da Rua da Conceição. Sendo assim, vale aqui ressaltar os aspectos mais relevantes nesta amostra proveniente do próprio sítio: as alterações oriundas de seu uso como material de construção do Cais e seu posterior soterramento em uma área onde havia circulação de água. Primeiramente, destacam-se alterações por oxidação de ferro (Figura 21), na forma de manchas escuras na lâmina. Além destas, foram visualizadas raras alterações da microclina para sericita e caulinita.

Aqui é válido destacar que as três amostras analisadas de Gnaiss Facoidal, sendo uma delas aquela relativa à retirada *in situ* de um exemplar referente ao pavimento pé-de-moleque e as outras duas relativas a regiões de pedreiras próximas (Rua Sacadura Cabral e Rua da Conceição) mostraram proporções relativamente maiores de plagioclásio em relação à microclina quando comparadas com exemplares retirados de outros locais da cidade (sobretudo da Zona Sul do Rio de Janeiro). Além disso, percebeu-se também que em comparação ao Gnaiss Facoidal da Zona Sul do Rio de Janeiro, aqueles encontrados no Cais e regiões próximas mostram-se ligeiramente

menos deformados, apresentando os facóides de feldspato com hábito tabular (Cunha et al., 2021).

Pode-se concluir que, provavelmente, o Gnaiss Facoidal utilizado no calçamento do Cais do Valongo é proveniente das pedreiras próximas do Morro da Conceição, uma vez que a menor distância em relação ao local de construção o tornava uma fonte de matéria-prima mais conveniente.

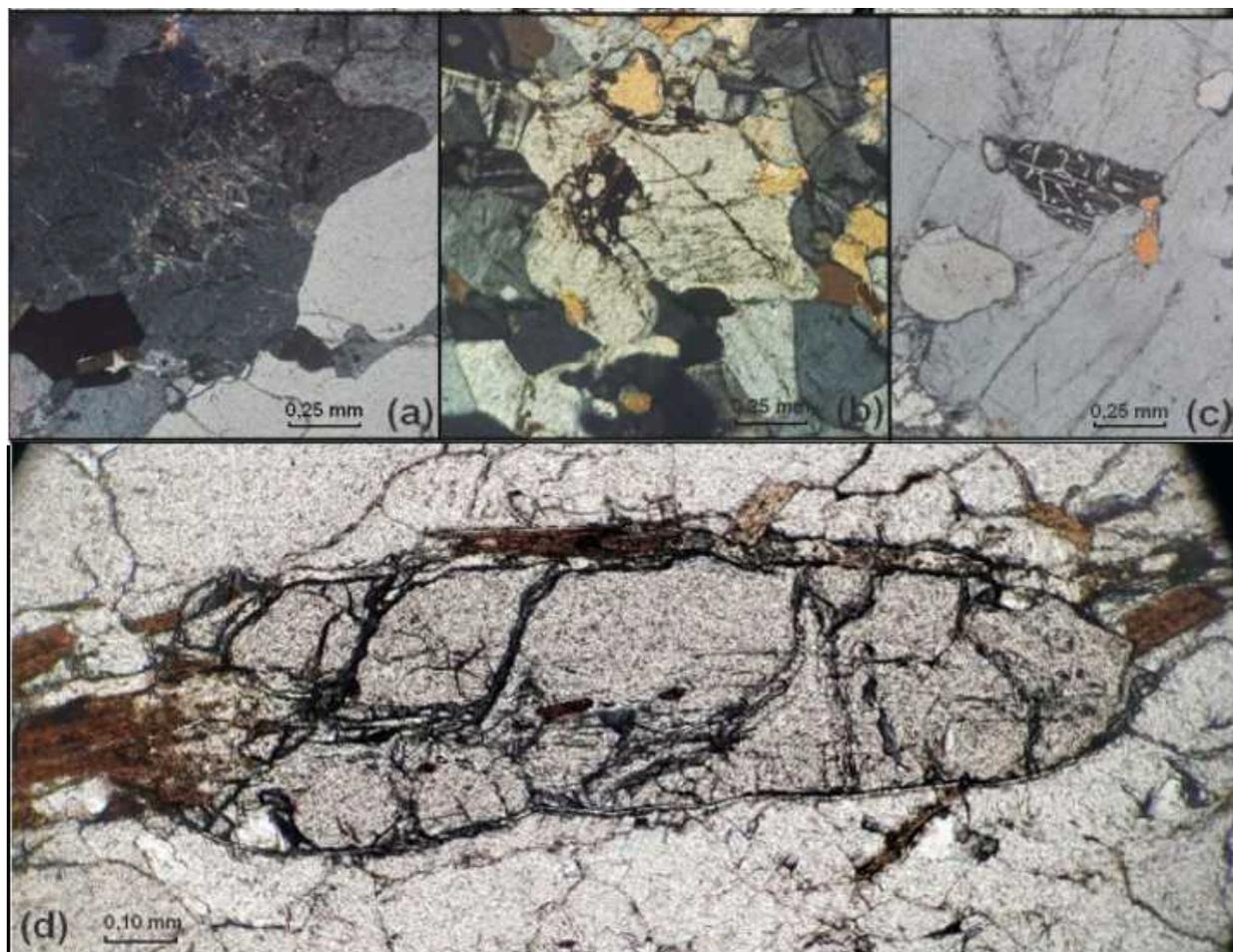


Figura 21: Fotomicrografias em luz não polarizada (a) Alteração de microclina em sericita e caulinita em Gnaiss Facoidal do Sítio Arqueológico do Cais do Valongo; (b) Manchamento por ferro em quartzo; (c) Mimerquita em plagioclásio no Gnaiss Facoidal da Rua Sacadura Cabral, (d) Granada sin-tectônica em Leptinito retirado do Sítio Arqueológico do Cais do Valongo.

Por fim, a amostra de Leptinito do Cais apresentou uma textura mais fina, com a foliação demarcada pela clara orientação da escassa mica de cor preta. A mineralogia essencial consiste de microclina, plagioclásio, quartzo e biotita. A mineralogia acessória por sua vez inclui sillimanita, granada, zircão, sericita e clorita (decorrente da alteração metamórfica da biotita). Algumas granadas da amostra apresentavam deflexão simultânea à assimilação de foliação (na forma de inclusões de biotitas orientadas) o que

evidencia sua origem sin-tectônica. Novamente a mimerquita se faz presente, aqui na forma de intercrescimento de quartzo na microclima (Figura 22). A rocha possui bandamento gnáissico, porém sua visualização é dificultada pela escassez de biotita (Cunha et al., 2021). Por fim, é possível observar indícios de alteração na forma de manchas de ferro. Para o caso do Leptinito, sua comparação com rochas oriundas de outras partes da cidade não demonstrou diferenças relevantes, uma vez que nenhum aspecto da mineralogia ou microestruturas detectadas na amostra demonstrou grande disparidade com exemplares descritos em outras pesquisas (Pinto et al., 2020).

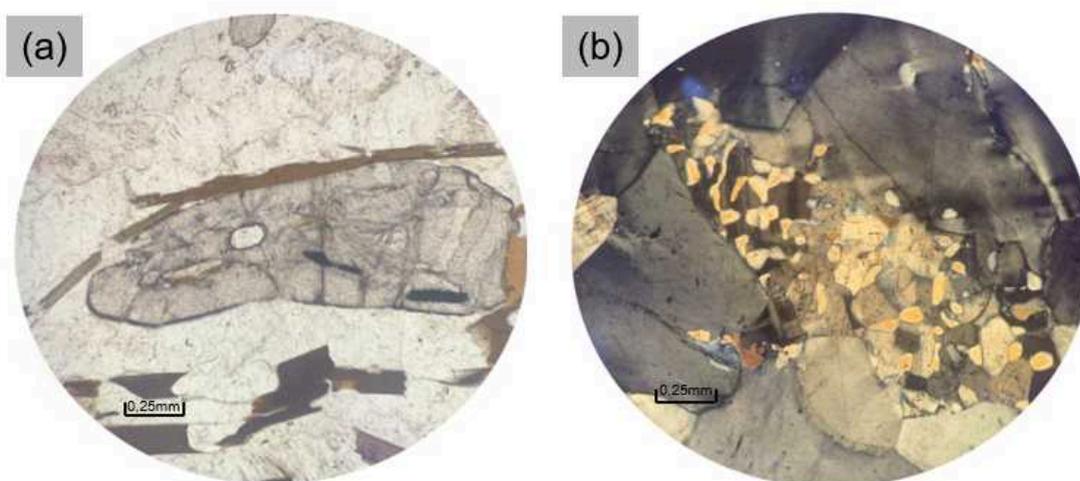


Figura 22: Fotomicrografias em luz não polarizada (a) Granada em Leptinito apresentando deflexão simultânea à assimilação de foliação (haja vista orientação de biotitas); (b) Mimerquita por intercrescimento na microclima ainda em amostra de Leptinito.

5.4. Modelos Bidimensional e Tridimensional

A seguir, são apresentados os modelos bidimensionais e tridimensionais elaborados em AutoCAD (Figuras 23 e 24), nos quais foram registradas as litologias dos elementos estruturais do Cais observadas durante as atividades de campo, com a respectiva coloração em legenda. Vale destacar que os elementos representados em vermelho na murada e na rampa do Cais referem-se a blocos removidos de sua posição original. Com o mapeamento fora notada, no pavimento mais antigo, a presença majoritária de Gnaisse Facoidal com eventuais veios aplíticos, com algumas ocorrências de granito, Leptinito e Kinzigito. Na rampa e murada, a maioria dos blocos são de Facoidal, com alguns elementos de Leptinito e Kinzigito. O pavimento superior, com regular estrutura em paralelos, tem como litologia mais recorrente o Leptinito. Alguns

outros litotipos encontrados nos paralelepípedos são granito, Facoidal e diabásio (Cunha et al., 2020).



Figura 23: Modelo bidimensional (2D) do Cais do Valongo elaborado em AutoCAD.

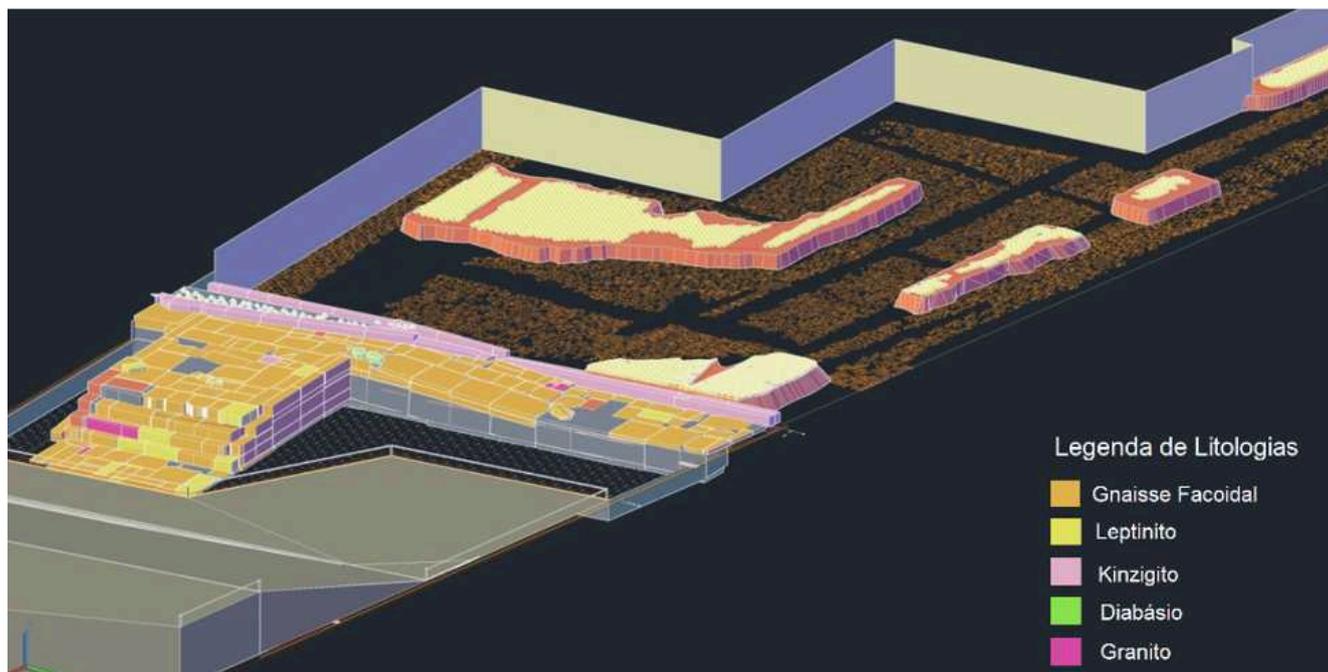


Figura 24: Modelo tridimensional (3D) do Cais do Valongo elaborado em AutoCAD.

5.5. Elaboração do Material Interpretativo

O desenvolvimento da página para *website* acerca do Cais do Valongo levou-se em conta a construção de uma narrativa interpretativa sobre a geologia e a importância histórica do local. A proposta criou uma experiência remota de geoturismo, conceito onde feições geológicas são exploradas em roteiros turísticos, promovendo a conscientização do público sobre o valor das formações rochosas presentes no Cais e a necessidade de sua preservação. Considerando a importância econômica do turismo para o Rio de Janeiro, o potencial geoturístico do sítio histórico poderá contribuir para a valorização cultural e econômica do local e gerar uma conscientização sobre a riqueza geológica presente em monumentos de relevância histórica e arquitetônica (Carter, 2001).

A página do *website* (Figura 25) dedica-se em explorar a história geológica dos materiais que compõem o Cais, incluindo rochas como o Gnaisse Facoidal, Leptinito, Kinzigito, diabásio e pegmatito. Esses materiais, formados durante o Neoproterozoico por atividades tectônicas intensas, como colisões continentais e subducção, são apresentados ao público de forma simplificada e acessível, permitindo que visitantes compreendam o processo de formação dessas rochas, desde a cristalização em câmaras magmáticas até as subsequentes alterações que levaram à sua aparência atual.



Figura 25: Recorte da tela exibindo página de *website* relativa ao Cais do Valongo.

Ao longo do conteúdo, a narrativa aborda também a evolução tectônica que culminou na fragmentação de Gondwana, evento que resultou na criação do Oceano Atlântico e em várias intrusões e fraturas rochosas no Rio de Janeiro, incluindo a formação dos diques de diabásio e pegmatito, litologias presentes no Cais do Valongo como já mencionado no presente trabalho. Essas explicações são organizadas para esclarecer o público sobre o papel das rochas no desenvolvimento da atual paisagem carioca, abordando, ainda, processos de intemperismo e erosão que moldaram as feições geológicas da cidade.

Além da valorização geológica, a página do *website* abordará o valor histórico e cultural do Cais do Valongo, principal porto de entrada de africanos escravizados no Brasil. Ao destacar sua relevância universal como testemunho da violência da escravidão e da resistência, liberdade e contribuição dos africanos e seus descendentes, o *website* busca fortalecer a memória do passado e as responsabilidades históricas para com esse patrimônio.

Com esse propósito, o *site* integra os conceitos de geoconservação e geoturismo, transmitindo o valor histórico e científico (Figura 26) do sítio e incentivando a preservação do patrimônio. Ao sensibilizar o público sobre a importância da proteção do sítios e as rochas componentes de seus elementos estruturais, o *website* espera inspirar um maior apreço pela geodiversidade e pela rica herança cultural do Rio de Janeiro, além de fomentar o senso de identidade e pertencimento das comunidades locais e visitantes.



Figura 26: Recorte da tela exibindo parte da página de *website* relativa ao Cais do Valongo na qual é possível ver um slideshow interativo que explica melhor acerca da conexão geológica e histórica do sítio.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O desenvolvimento deste trabalho contribuiu para a preservação e valorização do Cais do Valongo ao mapear e registrar digitalmente as rochas que constituem o sítio histórico, incluindo suas alterações visíveis. A transição para um modelo 3D em AutoCAD permitiu uma visualização mais detalhada, facilitando tanto o planejamento de intervenções de preservação quanto a divulgação científica do patrimônio geológico e histórico do Cais. Com a riqueza de dados coletados, este modelo oferece uma base para futuras atualizações e mapeamentos detalhados de toda a área.

A relevância do Cais do Valongo como patrimônio da humanidade se intensifica ao estudá-lo sob a perspectiva geológica, pois suas rochas narram períodos significativos da história natural e humana. A geologia do local revela o passado de um continente unido entre Brasil e África e, ao mesmo tempo, nos lembra da escravidão, ligando o sítio à memória da diáspora africana. Dessa forma, o modelo digital também tem o papel de transmitir a importância de conservar não apenas as estruturas visíveis, mas também o significado imaterial associado a elas.

Além disso, este projeto ressalta o potencial do Cais do Valongo para o geoturismo, que visa aproveitar as formações rochosas em roteiros urbanos. A localização estratégica do Cais no centro do Rio de Janeiro, somada à facilidade de acesso ao local, fortalece sua viabilidade como um destino turístico educativo. O geoturismo oferece ao público a oportunidade de entender a história geológica por trás dos monumentos e fomenta o senso de pertencimento e identidade cultural na comunidade, unindo aspectos turísticos e educativos.

Outro aspecto relevante da conclusão foi a análise petrográfica, que oferece descrições mais detalhadas das rochas do Cais, tornando possível a identificação de materiais compatíveis para eventuais substituições em obras de conservação. Essas informações impactam positivamente no sentido de garantir a integridade visual e histórica do sítio, evitando quaisquer descaracterizações. As recomendações incluem a ampliação do mapeamento detalhado e a incorporação de novas tecnologias para uma compreensão mais aprofundada das propriedades das rochas.

A continuidade desse trabalho poderá ampliar o conhecimento sobre as rochas do Cais do Valongo e enriquecer o acervo digital do Cais junto aos modelos 2D e 3D, beneficiando gestores, pesquisadores e o público em geral. Cada nova informação

contribui para a conscientização sobre a importância de proteger o sítio, promovendo tanto o respeito pelo patrimônio geológico quanto pela memória coletiva associada a ele.

Portanto, o projeto finaliza com uma contribuição significativa ao debate sobre geoconservação e valorização cultural, oferecendo bases técnicas e metodológicas para que o Cais do Valongo continue sendo um símbolo da herança geológica e histórica do Rio de Janeiro e do Brasil. O trabalho deixa claro que o avanço na conservação e divulgação científica de patrimônio histórico é uma responsabilidade coletiva, na qual a ciência desempenha um papel crucial para preservar e divulgar o valor dos patrimônios materiais e imateriais.

Para fins de aprofundar o entendimento sobre as condições e características das rochas componentes dos elementos estruturais do Cais do Valongo e facilitar futuras intervenções de preservação e divulgação científica, recomenda-se a realização de testes adicionais que possibilitem melhor caracterizar as propriedades físicas e químicas desses materiais, bem como seu estado de deterioração devido a intempéries e ações antropogênicas.

Entre as técnicas laboratoriais recomendadas, por requererem mínima quantidade de amostras, estão a difração de raios-X (DRX) e fluorescência de raios-X (FRX), que fornecem dados detalhados sobre a composição mineralógica e química das amostras. A análise por infravermelho (FTIR) pode identificar agentes de consolidação a nível molecular, sendo útil para avaliar possíveis intervenções anteriores.

Algumas análises *in situ* como testes de absorção por capilaridade podem auxiliar na estimação do grau de deterioração das rochas e a coleta de água de lavagem para análise via absorção atômica permite identificar elementos contaminantes.

Para um levantamento *in situ*, recomenda-se também a medição de dureza com equipamentos portáteis de teste dinâmico de rebote, que oferecem uma maneira prática de avaliar a resistência da superfície rochosa.

Além disso, no quesito de aplicação de métodos avaliação *in situ*, pode-se efetuar a determinação colorimétrica e de brilho, realizável com um espectrofotômetro portátil, proporcionando um controle de alterações cromáticas. Esses métodos combinados possibilitam uma abordagem abrangente, assegurando dados precisos para futuras ações de conservação e monitoramento da integridade destas estruturas de tamanho valor histórico.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, S.; PORTO Jr., R., 2012. Cantarias e Pedreiras Históricas Do Rio de Janeiro: Instrumentos Potenciais de Divulgação Das Ciências Geológicas. *Revista Terrae Didactica* 8(1), pp. 3–23.

AZEVEDO, M.D.M., 1864. Pequeno panorama ou descrição dos principaes edificios da cidade do Rio de Janeiro, Volume IV. Rio de Janeiro: Typographia de F. de Paula Brito. 231 p.

BACKHEUSER, E., 1925. Breve notícia sobre a geologia do Distrito Federal. In: *Anuário de Estatística da Cidade do Rio de Janeiro 1923-1924*, Volume V. Rio de Janeiro: [editora, se disponível]

BROCX, M., SEMENIUK, V. 2019. Building Stones can be of Geoheritage Significance. *Em: Geoheritage*, 11(1): 143-149.

CARTER, J (Ed). 2001. A sense of place: an interpretive planning handbook. Disponível

em: http://portal.uni-freiburg.de/interpreteurope/service/publications/recommendedpublications/carter_sense-of-place.pdf. Acessado em: 22/07/2022

CASTRO, N.F., MANSUR, K.L., FRASCÁ, M.H.B.O., SILVA, R.E.C., 2021. A Heritage Stone of Rio de Janeiro (Brazil): The Facoidal Gneiss. *Episodes* 44(1), pp. 59-74. <https://doi.org/10.18814/epiiugs/2020/0200s13>.

CUNHA, J. B.; CASTRO, N. F.; SILVA, R. E. C., 2020. Mapeamento das rochas do Cais do Valongo. In: *Anais da Jornada de Iniciação Científica*. Rio de Janeiro.

CUNHA, J. B.; CASTRO, N. F., 2022. Cais do Valongo: um sítio de patrimônio histórico de enorme potencial educativo. In: *Anais da Jornada de Iniciação Científica*. Rio de Janeiro.

DEBRET, J.-B., 1834-1839. *Viagem Pitoresca e Histórica ao Brasil (1822-1831)*. Paris: Firmin Didot Frères.

HEILBRON, M.; EIRADO, L.G.; ALMEIDA, J., 2016. *Geologia e recursos minerais do Estado do Rio de Janeiro: texto explicativo do mapa geológico e de recursos minerais*. Belo Horizonte: Ministério das Minas e Energia, Serviço Geológico do Brasil - CPRM.

HEILBRON, M.; SILVA, L.G. do E.; ALMEIDA, J.C.H. de; TUPINAMBÁ, M.; PEIXOTO, C.; VALERIANO, C. de M.; GIRÃO, R., 2020. Proterozoic to Ordovician geology and tectonic evolution of Rio de Janeiro State, SE Brazil: insights on the central Ribeira Orogen from the new 1:400,000 scale geologic map. *Brazilian Journal of Geology*, v. 50. <https://doi.org/10.1590/2317-4889202020190099>.

HIPPERT, J.F.M., 1990, *Contribuição à geologia e petrologia dos "augen" gnaisses de Niterói, RJ*. São Paulo, 203p. (Master Thesis) Geoscience Institute, University of São Paulo.

KÜHN, S. L., 2004, Upper Paleolithic raw material economies at Üçağizli cave, Turkey. *Journal of Anthropological Archaeology*, 23(4), 431–448.

LIMA, T.A. et al., 2016. Em busca do Cais do Valongo, Rio de Janeiro, século XIX. *Anais do Museu Paulista, São Paulo*, v. 24, pp. 299-391.

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.

PINTO, A.C.R.; SILVA, R.E.C.; CASTRO, N.F., 2020. Petrographic and technology evaluation of the garnet leucogneiss Leptnito utilized in the built heritage of Rio de Janeiro. In: XVIII Jornada de Iniciação Científica e III Jornada de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação, CETEM/MCTI, Rio de Janeiro, 5 p.

REBOUÇAS, A., 1869. Dados para orçamentos. Revista do Instituto Polytechnico Brasileiro, 1868. Num I, tomo 2. Rio de Janeiro: Typographia Imperial do Instituto Artístico, p. 30.

SCHMITT, R.S., FRAGOSO, R.A., AND COLLINS, A.S., 2018, Suturing Gondwana in the Cambrian: The Orogenic Events of the Final Amalgamation. In: Siegesmund S., Basei M., Oyhantçabal P., Oriolo S. (eds) Geology of Southwest Gondwana. Regional Geology Reviews. Springer, doi:10.1007/978-3-319-68920-3_15

SILVA, T.M.; FERRARI, A.L.; TUPINAMBÁ, M.; FERNANDES, N., 2015. The Guanabara Bay, a Giant Body of Water Surrounded by Mountains in the Rio de Janeiro Metropolitan Area. In: MAIA, R.P.; BEZERRA, F.H.R. (Eds.). Landscapes and Landforms of Brazil, 268 p. <https://doi.org/10.1007/978-94-017-8023-0>.

TAVARES, R.B., 2018. O Valongo através de um outro olhar: Arqueologia da paisagem do complexo escravista do Rio de Janeiro no Século XIX. Programa de Pós-graduação em Arqueologia, Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

TUPINAMBÁ, M.; TEIXEIRA, W.; HEILBRON, M., 2012. Evolução Tectônica e Magmática da Faixa Ribeira entre o Neoproterozoico e o Paleozoico Inferior na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. An. do Instituto de Geociências, v. 35, pp. 140–151.

UNESCO Social and Human Sciences Sector, 2017. The Outstanding Universal Value of the Valongo Wharf Archaeological Site. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Media Services. Disponível em: http://www.unesco.org/new/en/mediaservices/single-view/news/the_outstanding_universal_value_of_the_valongo_wharf_arch. Acessado em: 15 jun. 2020.

VERGÈS-BELMIN, V., ed. 2018. Illustrated Glossary on Stone Deterioration Patterns. Glossário Ilustrado das formas de alteração da pedra. English-Portuguese. Trad. Delgado, J. & Revez, J.M. ed. Monuments & Sites 15. Paris: ICOMOS (International Council on Monuments and Sites) and ISCS (International Scientific Committee for Stone). Disponível em: http://iscs.icomos.org/pdf-files/Portuguese_glossary.pdf. Acessado em: 20 ago. 2019.

WONG, P. T. Relatório de Estágio de Campo IV-A. 2018. 83 pp. Relatório (Graduação em Geologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/4176/1/WONG%2c%20P.T.pdf>.