A INFLUÊNCIA DO RESÍDUO DE ROCHA ORNAMENTAL NA PRODUÇÃO DE ARGAMASSAS

THE INFLUENCE OF ORNAMENTAL ROCK WASTE ON MORTAR PRODUCTION

Sara Nunes Soares [1]; Renata Coura Borges [2]; Carina Mariane Stolz [3]; Mayara Amario [4]

[1] Especialização em Mineração e meio ambiente | saranunes@coc.ufrj.br | UFRJ | Rio de Janeiro, Brasil; [2]PhD in Environmental Geochesmitry | renata.coura@ufrrj.br | UFRRJ | Rio de Janeiro, Brasil; [3] DSc. em Engenharia Civil | carinastolz@poli.ufrj.br | UFRJ | Rio de Janeiro, Brasil; [4] DSc. em engenharia civil | mayara_amario@poli.ufrj.br | UFRJ | Rio de Janeiro, Brasil.

Resumo:
A reutilização dos resíduos de rochas ornamentais pode indicar uma importante solução para redução de impactos ambientais na construção civil, pois diminui o descarte desses materiais em aterros sanitários, que geram passivos ambientais e custos de armazenamento, e potencialmente contaminam o ar e a água devido à sua natureza fina. Assim, o objetivo desta pesquisa foi incorporar diferentes percentuais de resíduo de rocha ornamental na mistura de argamassa e analisar como a substituição de percentuais do cimento pelo componente pode influenciar na consistência e na resistência à compressão axial da argamassa. Foi observado que a consistência dos traços que receberam 5% e 15% do resíduo foram praticamente as mesmas do traço de referência de 0% alcançando o valor de 210 mm. Os resultados dos testes de resistência à compressão indicaram que a resistência diminui com o aumento da proporção de resíduo, sendo o traço com 5% de resíduo o mais eficiente, apresentando resistência próxima ao traço de referência aos 7 dias e 28 dias e adequada às normas do concreto, podendo proporcionar benefícios à economia socioambiental através da sua reutilização, que reduz consequências nocivas à saúde e impactos no meio ambiente, gerando alternativa de produto econômico, eficaz e sustentável.

Palavras-chave:
Reutilização; Sustentabilidade; Impacto ambiental; Resíduo de rocha; Argamassas.

Abstract:
The reuse of ornamental rock waste can indicate an important solution for reducing environmental impacts in civil construction, as it decreases the disposal of these materials in landfills, which generate environmental liabilities and storage costs, and potentially contaminate air and water due to their fine nature. Thus, the objective of this research was to incorporate different percentages of ornamental rock waste into mortar mixtures and analyze how the replacement of cement percentages with this component can influence the consistency and axial compressive strength of the mortar. It was observed that the consistency of the mixtures containing 5% and 15% of the waste was practically the same as the reference mixture with 0%, reaching a value of 210 mm. The results of the compressive strength tests indicated that strength decreases with the increase in the proportion of the component, with the mixture containing 5% waste being the most efficient, presenting strength close to the reference mixture at 7 days and 28 days and meeting concrete standards. This reuse can provide socio-environmental economic benefits by reducing harmful health consequences and environmental impacts, generating an alternative product that is economical, effective, and sustainable.

Keywords:
Reuse; Sustainability; Environmental impact; Rock waste; Mortar.

1. INTRODUÇÃO

Diversos estudos sobre os impactos das atividades antrópicas no meio ambiente têm sido desenvolvidos em vários campos da ciência, aumentando a necessidade de desenvolvimento de materiais de construção sustentáveis (Hossain *et al*., 2018). Assim sendo, Pontes e Baima (2019) indicam que alguns dos prejuízos causados ao meio ambiente na produção dos componentes da argamassa são: geração de resíduos sólidos, desmatamento e remoção de solo, emissões atmosféricas e ruídos, contaminação do solo, impactos na qualidade hídrica entre outros.

Sena e Morcelli (2018) corroboram que os prejuízos causados ao meio ambiente para a produção de argamassas incluem o alto consumo de materiais como areia, e outros recursos naturais, que são extraídos diretamente da natureza. Essa extração pode resultar em degradação ecossistêmica tais como, desmatamento, erosão e redução da biodiversidade.

Sob esta ótica, a presente pesquisa objetiva avaliar resultados de análises de consistência e resistência à compressão axial para a reutilização do resíduo de pó de rocha ornamental na produção de argamassa, tendo em vista o uso sustentável destas aplicações, que buscam reduzir o consumo de outros recursos naturais como solo, cal e a dosagem do cimento.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Os resíduos sólidos em destaque nesta pesquisa, os de pó de rocha ornamental provenientes de marmorarias, são misturas de partículas de rochas que através do uso da água durante o processo de corte e polimento geram uma espécie de lama, que ao secar ao ar livre, formam um pó que pode provocar consequências nocivas à saúde humana, modificar o meio ambiente afetando a estética da paisagem e/ou prejudicar os ecossistemas, já que em muitas empresas seu descarte é realizado no próprio meio ambiente atingindo córregos e rios (Farias Filho, 2017).

Para Mendonça *et al* (2017), as cidades brasileiras grandes e médias não possuem estrutura suficiente para gerenciar a quantidade de resíduos acumulados, e a busca de solução para esse problema não pode mais ser adiado. Nesse sentido, cabe aqui apresentar os principais conceitos dos recursos naturais utilizados na pesquisa, como também, os principais estudos que versam sobre o tema.

Os granitos se configuram como rocha ígnea, formada através da solidificação do magma em grandes profundidades da superfície terrestre através de alta pressão e temperatura. Os parâmetros fundamentais para a caracterização de rocha ígnea é o teor de sílica (Teixeira, 2024). A composição mineralógica predominante é formada por muscovita, biotita, feldspato e quartzo que atribui resistência e texturas diversas através do tamanho dos grãos de minerais, cor e dureza. O granito como rocha ornamental pode ser utilizado na confecção de soleiras, pisos, placas de revestimento e bancadas.

Já os mármores se configuram como rocha metamórfica, isto é, originário de calcários, formada através de diversos fatores como alta temperatura, pressão, fluidos e tempo, possui estruturas bandadas ou maciças e sua composição mineralógica predominante é o carbonato (Teixeira, 2024). Trata-se de rocha ornamental muito utilizada na confecção de objetos de decoração, pisos e bancadas.

De acordo com a norma NBR 13281 (ABNT, 2023), as argamassas são misturas homogêneas compostas por água e agregados sólidos inorgânicos, tais como solo, cimento, cal, entre outros. Seu uso é destinado à construção civil com indicação para diversos tipos de revestimento como contrapiso, regularizar lajes, assentamento de cerâmica, entre outras utilidades (ABNT, 2005).

Mendonça *et al.* (2017), corroboram com este estudo avaliando a utilização do resíduo de corte de mármore e granito em argamassas de revestimento. Os ensaios mecânicos mostraram que as argamassas com resíduo apresentaram resistência superior, atribuída ao efeito do componente na densidade de massa e no teor de ar incorporado.

A pesquisa realizada por Sena e Morcelli (2018) analisou a substituição de areia por resíduo de beneficiamento de granito em argamassas de revestimento. Foi observado que teores de 10% de resíduo aumentaram a resistência à compressão, além de melhorar a incorporação da água de amassamento. A pesquisa de Pontes e Baima (2019) explorou a produção de argamassas autoadensáveis com adição de resíduo de rocha ornamental, fibras de borracha e polipropileno. As propriedades no estado fresco e endurecido foram favoráveis, destacando o potencial do resíduo para melhorar a consistência e desempenho mecânico.

Por fim, Onofre *et al.* (2016) investigou a ativação mecânica do resíduo por moagem para melhorar o desempenho mecânico de argamassas. Apesar de incrementos na resistência à tração, os valores de resistência à compressão foram inferiores aos de referência, evidenciando limitações na substituição do cimento pelo resíduo.

Assim pôde-se concluir, a partir dos estudos revisados, que o resíduo de rocha ornamental pode ser utilizado nas misturas de argamassas principalmente como substituto parcial de cal ou areia, possibilitando aumento de resistência mecânica e melhoria na densidade. Todavia, a substituição do cimento pelo resíduo pode apresentar limitações, requerendo mais pesquisas para aprimorar sua aplicação.

3. MÉTODOS E MATERIAIS

Nesta seção serão apresentados os procedimentos metodológicos que vão desde a coleta e preparação da amostra até os ensaios de caracterização granulométrica, consistência e resistência à compressão.

3.1. COLETA E PREPRAÇÃO DA AMOSTRA

A coleta do resíduo de rocha ornamental foi realizada no mês de outubro de 2023 em uma marmoraria localizada na cidade do Rio de Janeiro (22° 54’ 26.89” S e 43° 16’ 11.91” W) e o transporte foi realizado em sacos plásticos até o laboratório de geotecnia do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ). Em seguida, o resíduo foi depositado no pátio do laboratório, onde ficou por uma semana, ainda nos sacos, para facilitar a retirada do maior volume de água através do processo de decantação e para manter o material sólido mais concentrado. Após uma semana, o resíduo foi espalhado em uma mesa para facilitar o processo de secagem ao ar.

Posteriormente, o resíduo de rocha passou pelo processo manual de destorroamento para desagregar os grãos e, em seguida, foi realizado o processo de quarteamento do material de acordo com a NBR 10007 (ABNT, 2004). Com o resíduo quarteado adequadamente e a data da confecção dos corpos de prova já prevista, foi realizado o processo de pesagem da amostra seca ao ar para averiguar o teor de umidade e, em seguida, o resíduo foi para a estufa com temperatura a 110 °C, na qual permaneceu por 24 horas.

Após sair da estufa, foi feito o destorroamento com o uso do almofariz e peneiramento manual do resíduo, passando na peneira de 0,075mm, comprovando que possui uma finura bem parecida com a do cimento.Conforme indica a norma NBR 6457(ABNT, 2016a) as amostras de resíduo de rocha ornamental foram secas ao ar, destorroadas e peneiradas na peneira de 4,8mm, em seguida parte da amostra foi pesada para determinação do teor de umidade através das recomendações da mesma norma.

O Ensaio de granulometria foi realizado através de peneiramento e sedimentação do resíduo (com uso de hexametafosfato como defloculante), conforme indica a NBR 7181 (ABNT, 2016c). A determinação da massa específica dos grãos, foi realizada através do método do picnômetro, conforme recomenda a NBR 6458 (ABNT, 2016b).

Os resultados do ensaio de caracterização granulométrica do resíduo de rocha ornamental indicam que o resíduo possui um teor significativo de finos, com a 71% de silte, 5% de argila, 21% de areia fina e 3% de areia média, correspondendo a um teor de finos significativo de 76% (silte + argila).

3.2. MATERIAIS UTILIZADOS

Os materiais utilizados nesta pesquisa são apresentados a seguir:

a) Areia: Foi utilizada uma areia normalizada, seca ao ar, composta pelas frações grossa (#16), média grossa (#30), média fina (#50) e fina (#100), fornecidas pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT);
b) Cimento Portland: O cimento escolhido para compor os traços de argamassa foi do tipo Portland CPII-F-32. Suas propriedades químicas e físicas atendem diversos tipos de aplicações inclusive na produção de argamassas por possuir fíler com teor entre 6% e 10% de material carbonático e por possuir uma classe de resistência a compressão de 32 MPa, de acordo com a NBR 11579 (ABNT 1991);
c) Água: Foi utilizada água potável, proveniente da rede de abastecimento do estado do Rio de Janeiro;
d) Aditivo químico: O aditivo químico utilizado na produção da argamassa foi o Glenium 51, de alta redução de água e superplastificante tipo ll, de acordo com os requisitos da NBR 11768 (ABNT, 2019b);
e) Resíduo: O resíduo de pó de rocha ornamental utilizado foi coletado pela empresa através do processo de decantação em canaletas adaptadas pela marmoraria. O resíduo é proveniente de corte e polimento de placas de diferentes rochas ornamentais como mármore e granito. A máquina utilizada na marmoraria é movida a água e todo processo de produção até o acabamento é realizado com uso de lixas e água que ao gerar atrito e desgaste das placas de rochas possibilita o corte, a moldagem e polimento de peças ornamentais, e nesse processo é gerado um resíduo fino com consistência de lama e que ao secar vira um pó.

3.3. DOSAGEM E PRODUÇÃO DAS ARGAMASSAS

Para facilitar o processo de mistura, o resíduo, o cimento e as frações de areia foram pesados. Os grupos em sacos plásticos de cada traço por teor (0%, 5%, 15% e 25%) foram separados, conforme Figura 1. Em seguida, antes do material ir para o misturador, as quatro frações de areia normalizada de cada traço foram misturadas, como também, o cimento e o resíduo de rocha ornamental.

A mistura para a confecção dos corpos de prova foi iniciada no misturador a partir do traço de referência para argamassa, mantendo a proporção de areia média padrão com 4 frações, cimento, água, e aditivo superplastificante para manter a uniformidade na consistência da argamassa. Para os testes da pesquisa, foram adicionados os teores de 5%, 15% e 25% do resíduo de rocha ornamental em substituição parcial do cimento CPII-F-32 e todo procedimento da mistura foi feito de acordo com a ABNT NBR 7215 (ABNT, 2019a). Esses teores foram definidos baseados em estudos anteriores da literatura (Melo, 2020).

Na Figura 1 são apresentados os teores de resíduo, fracionamento da areia em sacos plásticos, bem como, a finalização da argamassa após o processo de mistura.



Figura 1: Teores de resíduo, fracionamento da areia e finalização da argamassa.
Fonte: os autores (2025).

3.4. ENSAIO DE CONSISTÊNCIA DA ARGAMASSA

Após a preparação da argamassa, foram realizados testes para determinar o índice de consistência e verificar se o volume de água estava coerente, sem alterar a sua resistência, conforme indica a ABNT NBR 13276 (ABNT, 2016d). Após a argamassa passar por todas as etapas no misturador mecânico, uma parte foi utilizada para fazer os testes de consistência em camadas na forma tronco-cônica. Primeiramente, através de 15 golpes manuais com o peso do soquete, em seguida mais 10 golpes, logo após foi acrescentado material até acima da borda para facilitar o processo de adensamento completo na forma. Aplicaram-se mais 5 golpes e se retirou o excesso do material e a forma tronco- cônica. Logo em seguida o processo de ensaio foi finalizado com auxílio de uma manivela que, ao girar, provocou o abatimento de tronco de cone para a realização de três medidas do diâmetro do espalhamento da argamassa.

Nesse sentido, as moldagens dos corpos de prova foram feitas seguindo as recomendações da ABNT NBR 7215 (ABNT, 2019a) em moldes cilíndricos lubrificados com óleo mineral apresentando as dimensões de 100 mm de altura e 50 mm de diâmetro, e, para cada traço foram confeccionados 12 corpos de prova. No total, foram confeccionados 48 corpos de prova cilíndricos para os testes de resistência a compressão axial, que em seguida foram armazenados em prateleiras em cura úmida para serem desmoldados com 24 horas. Após completar o tempo de cura úmida, os corpos de prova foram desmoldados e seus topos foram regularizados com o torno mecânico, ficando com a superfície retificada. Em seguida, foram armazenados na câmara úmida para serem ensaiados com idades de 7 e 28 dias.

Na Figura 2 são apresentados: (a) moldagem dos corpos de prova da argamassa na mesa vibratória; (b) desmolde e identificação das amostras; e (c) retificação das amostras após a cura.



Figura 2: Moldagem, desmoldagem e retificação das amostras.
Fonte: os autores (2025).

3.5. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Os primeiros testes de resistência à compressão foram iniciados após 7 dias de cura dos corpos de prova, de acordo com as recomendações da norma ABNT NBR 5739 (ABNT, 2018). As amostras foram tiradas da câmara úmida aproximadamente 30 minutos antes dos ensaios. Os testes de compressão foram determinados com o auxílio do equipamento da marca Shimadzu, modelo AG – 100 kN com velocidade de carregamento de 0,1 mm/min. (Figura 3). Para cada traço de argamassa, foram analisados 6 corpos de prova cilíndricos de 100 mm de altura e 50 mm de diâmetro.

Na Figura 3 é apresentado o equipamento utilizado no ensaio de resistência a compressão simples e as amostras após o rompimento.



Figura 3: Equipamento da marca Shimadzu, modelo AG – 100 kN.
Fonte: os autores (2025).

A resistência à compressão dos corpos de prova foi obtida a partir da equação 1:

$$F_c = \frac{F}{A} \text{ (Equação 1)}$$

Onde:
F_c = tensão de ruptura à compressão simples (MPa);
F = Carga de ruptura (N);
A = Área de cada corpo de prova (mm²).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação à consistência da argamassa, o resultado de três medidas de diâmetro do espalhamento da argamassa que se formou no teste de cada traço é apresentado na Tabela 1. De forma que as leituras do diâmetro dos traços que receberam 5% e 15% do resíduo foram praticamente as mesmas do traço de referência de 0% alcançando o valor de 210 mm. Já o traço que recebeu 25% do resíduo apresenta uma pequena alteração na sua consistência com 220 mm.

A Tabela 1 mostra a consistência da argamassa de acordo com o teor de resíduo.

CONSISTÊNCIA DA ARGAMASSA					
Teor de resíduo	**D1 (mm)**	**D2 (mm)**	**D3 (mm)**	**Média (mm)**	**Desvio padrão**
0,0%	210,0	210,5	210,5	210,3	0,3
5,0%	210,4	210,5	210,5	210,5	0,1
15,0%	210,0	210,5	210,5	210,3	0,3
25,9%	220,0	220,5	220,5	220,3	0,3

Tabela 1: Consistência da argamassa.
Fonte: os autores (2025).

Os ensaios de resistência a compressão axial foram realizados com os corpos de prova para as idades de 7 e 28 dias, sendo, posteriormente, construído o gráfico com as respectivas idades e respectivas proporções que se encontram na Figura 4.

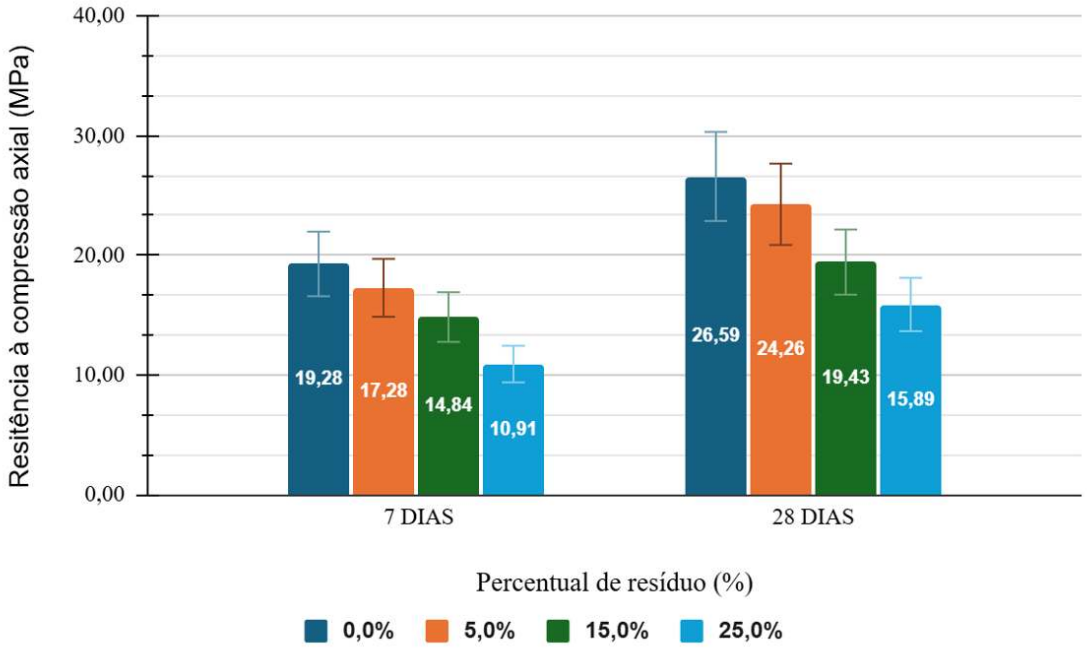

Figura 4: Gráfico de compressão com a média dos 6 corpos de prova.
Fonte: os autores (2025).

Ao observar o gráfico percebe-se uma tendência de diminuição da resistência à compressão simples com o aumento da proporção do resíduo empregado, o que está de acordo com os resultados encontrados por Onofre *et al.* (2016). Para Sena e Morcelli (2018), essa diminuição da resistência pode ser atribuída a uma porosidade mais alta quando se utiliza maiores quantidades de resíduo de rocha. Os testes realizados nos traços com 25% de resíduo foram os que apresentaram valores mais baixos de resistência.

Considerando os resultados de resistência à compressão, torna-se claro que conforme aumenta o tempo de cura dos corpos de prova, a resistência à compressão também aumenta, indicando que com o passar do tempo, a argamassa tende a se tornar mais forte e duradoura, como era esperado.

Comparado os valores de resistência do traço de referência, que foi de 19,28 MPa na idade de 7 dias e 26,59 MPa em 28 dias, com os resultados médios dos traços com adição das dosagens de 5%, 15% e 25% de resíduo, houve uma redução da resistência média aos 7 dias de 10,37%, 23,03% e 43,41% respectivamente, enquanto aos 28 dias a redução da resistência média foi de 8,76%, 26,93% e 40,21%, respectivamente.

Esses resultados mostram que o traço das amostras que recebeu 5% do resíduo, substituindo parcialmente o peso do cimento, foi o que apresentou valor de maior resistência com resultados acima de 17MPa com 7 dias e acima de 24MPa com idade de 28 dias. Entretanto, percebe-se também, que com 28 dias, o traço que recebeu 15% de resíduo apresenta uma resistência com valor similar ao traço de referência aos 7 dias com resultados acima de 19MPa.

Estudos anteriores, como os de Onofre *et al.* (2016) e Sena e Morcelli (2018), indicam que o resíduo de rocha ornamental pode ser utilizado em argamassas, especialmente como substituição parcial da cal ou da areia, proporcionando benefícios como o aumento da resistência mecânica e a melhoria da densidade. No entanto, a substituição do cimento por esse resíduo apresenta limitações, principalmente devido ao efeito de diluição associado à redução no teor de cimento. Do ponto de vista ambiental, a substituição de até 5% do cimento por resíduos de rocha pode ser considerada vantajosa, uma vez que não compromete significativamente a resistência mecânica e contribui para a redução do consumo de cimento na mistura.

5. CONCLUSÕES

Esta pesquisa demonstrou que o resíduo de rocha ornamental pode ser utilizado como substituto parcial do cimento, através da incorporação de diferentes percentuais de resíduo de rocha ornamental na mistura de argamassa, foi possível analisar como a substituição de percentuais do cimento pelo resíduo pode influenciar na consistência e na resistência a compressão axial da argamassa.

Os resultados dos testes de consistência dos traços que receberam 5% e 15% do resíduo foram praticamente os mesmos do traço de referência de 0% alcançando o valor de 210 mm.

Os resultados dos testes de resistência a compressão indicaram que a resistência diminui com o aumento da proporção de resíduo, sendo que o traço com 5% de resíduo foi o mais eficiente, apresentando resistência muito próxima ao traço de referência aos 7 dias e aos 28 dias, resistência adequada com as normas do concreto.

Desta forma, conclui-se que o resíduo de rocha ornamental pode ser utilizado como substituto parcial do cimento na produção de argamassa, mas também observar as limitações na substituição do cimento, especialmente em proporções mais altas. Recomenda-se a realização de estudos futuros para otimizar a aplicação do resíduo, considerando sua influência na porosidade e resistência mecânica. Além disso, é necessário explorar outras formas de aproveitamento do resíduo para ampliar sua viabilidade técnica e econômica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIROCHAS. Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais. **O setor de rochas ornamentais e de revestimento**: situação atual, demandas e perspectivas frente ao novo marco regulatório da mineração Brasileira. Informe 06/2013. São Paulo – SP. 2013.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11579**: Cimento Portland – Determinação do índice de finura por meio da peneira 75 µm (nº 200). Rio de Janeiro: ABNT, 1991.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10007**: a amostragem de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6457**: Argamassa para assentamento e revestimento de parede e teto – Preparo da mistura e teste de consistência. Rio de Janeiro, 2016a.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6458**: Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2016b.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: **NBR 7181**: Solo - Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 2016c.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13276**: Amostras de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro, 2016d.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**: Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7215**: Cimento Portland-Determinação da Resistência à Compressão. Rio de Janeiro, 2019a.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11768**: Aditivos químicos para concreto de cimento Portland. Rio de Janeiro: ABNT, 2019b.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13281**: métodos de ensaio para argamassas inorgânicas de assentamento e revestimento. Rio de Janeiro, 2023.

FARIAS FILHO, J. de. **Estudo da durabilidade de argamassas alternativas produzidas de resíduos de construção e granito**. Tese, UFGC, Campina Grande-PB, 2017. Disponível em: http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/1874. Acesso em: 6 maio. 2025.

HOSSAIN, M.; POON, C.; DONG, Y.; XUAN, D. Evaluation of environmental impact distribution methods for supplementary cementitious materials. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 82, p. 597–608, 2018

MELO, B. C.; SILVA, T. N. M.; BARBOZA, A. S. R. Produção de Argamassas com Adição de Fibras de Borracha e Polipropileno e Resíduos do Beneficiamento de Mármore e Granito. In: Congresso Brasileiro do Concreto, 53., 2011, Florianópolis. **Anais..**.Santa Catarina: IBRACON, 2020.

MENDONÇA, A. M. G. D.; SOUSA, L. M. C.; NETO, V. F. de S.; SILVA, C. C. V.; SILVA, J. B. da. Reutilização de resíduos de rochas ornamentais. In: VIII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 27-30 nov. 2017, Campo Grande/MS. **Anais** [...]. Campo Grande: [s.n.], 2017. Disponível em: efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2017/VII-042.pdf. Acesso em: 6 maio. 2025.

PONTES, J. C.; BAIMA, L. B. Diagnóstico ambiental e de processo da lavra de rocha ornamental com vistas a aplicação de técnicas de produção mais limpa. **HOLOS**, [S. l.], v. 8, p. 1–15, 2019. DOI: 10.15628/holos.2019.9202. Disponível em: https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/9202. Acesso em: 4 maio. 2025.

SENA, J. L. de; MORCELLI, C. P. R. Avaliação da incorporação de resíduos de construção civil na produção de argamassas. **Revista Científica UMC**, [S. l.], v. 3, n. 3, 2018. Disponível em: https://seer.umc.br/index.php/revistaumc/article/view/489. Acesso em: 10 maio. 2025.

SILVA, J. B.; HOTZA, D.; SEGADÃES, A. M.; ACCHAR, W. **Incorporação de lama de mármore e granito em massas argilosas**. São Paulo: Associação Brasileira de Cerâmica, 2005.

TEIXEIRA, W. *et al*. **Decifrando a Terra.** São Paulo: Companhia Editora Nacional. 2ª edição, 2024. p. 336-396.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Engenharia Ambiental (PEA) da UFRJ, ao laboratório NUMATS/POLI/COPPE/UFRJ e ao Departamento de Geotecnia da COPPE/UFRJ pelo suporte técnico e infraestrutura disponibilizados, fundamentais para a realização das análises e experimentos desta pesquisa.