INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE FINOS DE ROCHA GRANÍTICA NO DESEMPENHO MECÂNICO DE ARGAMASSAS DE HIDRATAÇÃO CONTROLADA

Gabriella Cintra dos Santos[1], Pedro Lucas da Costa Duarte Cerqueira[1], Ivania da Silva Dias Santana[1], Lylian Gabriele Carneiro Oliveira[1], Daniele Ribeiro Gonçalves[2], Fernanda Nepomuceno Costa[1]

[1] Universidade Federal do Recôncavo da Bahia/Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Rua Rui Barbosa, 710, Centro - 44380-000 – Cruz das Almas-BA, Brasil, gabycintr4@gmail.com, pedrolucascerqueira@hotmail.com, ivaniadias3010@gmail.com, lyliangabriele14@gmail.com, fernandacosta@ufrb.edu.br.

[2] Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), Av. Transnordestina, s/n, Novo Horizonte Brasil, 26115070@discente.uefs.br.

Resumo

A argamassa de hidratação controlada (AHC), consiste em uma mistura de cimento Portland, agregados miúdos, água e aditivo controlador de hidratação, podendo conter outros ligantes inorgânicos, aditivos e adições, e tem como principal característica a manutenção de suas condições de uso por períodos prolongados. Este estudo avaliou a influência da adição de finos de rocha granítica (FRG) no desempenho mecânico das AHC. Foram avaliados um traço de referência e formulações com 5%, 10% e 15% de FRG, com tempo de uso de 36 horas. Os ensaios de resistência à tração na flexão e à compressão foram realizados aos 14, 28 e 63 dias. Os resultados apresentaram aumento das resistências com a idade de cura e com a incorporação de FRG. O teor de 15% apresentou o melhor desempenho aos 63 dias, atingindo 6,41 MPa na tração na flexão e 8,90 MPa na compressão. Os resultados indicam que a adição de FRG pode contribuir para o desempenho mecânico das AHC nas condições avaliadas.

Palavras-chave: Assentamento de blocos. Argamassa estabilizada. Resíduo de britagem. Valorização de resíduo.

Área do Conhecimento: Engenharias.

Introdução

A construção civil se destaca pelo elevado consumo de recursos naturais e pela geração expressiva de resíduos oriundos da fabricação de materiais, das atividades executivas e de processos industriais vinculados ao setor. Diante dos impactos ambientais associados à extração de matérias-primas e ao descarte inadequado desses resíduos, o desenvolvimento de soluções que promovam sua reutilização em materiais cimentícios tem adquirido crescente importância (Guindani, 2018; Siqueira, 2020).

No processo de beneficiamento de rochas para a produção de agregados em pedreiras, são geradas partículas com diferentes granulometrias, incluindo frações de menor dimensão, como a areia de britagem (AB) e os finos de rocha granítica (FRG). Cerqueira *et al*. (2024) têm investigado o aproveitamento de resíduos provenientes do processamento de rochas graníticas (RPRG) na produção de matrizes cimenticias. Esses resíduos são gerados em volumes expressivos, apresentam baixo valor agregado e, frequentemente, permanecem acumulados nos pátios das pedreiras ou são destinados de maneira inadequada (D'Agostino, 2003). Nesse sentido, a incorporação desses resíduos em materiais de construção representa uma alternativa para promover seu aproveitamento e reduzir os impactos associados ao seu acúmulo e descarte inadequado (Abreu, 2019).

Uma possibilidade de aproveitamento desses materiais consiste em sua utilização em argamassas de hidratação controlada destinadas ao assentamento de blocos. Essas argamassas são produzidas industrialmente, fornecidas no estado fresco e formuladas para conservar condições adequadas de trabalhabilidade por períodos prolongados (Marcondes, 2009), mediante o emprego de aditivos controladores de hidratação e incorporadores de ar (Matos *et al*., 2020). Essa tecnologia pode contribuir para maior controle da produção, melhor organização das atividades no canteiro e redução das perdas de material.

A incorporação dos finos de rocha também pode modificar a estrutura interna das argamassas, uma vez que suas partículas podem preencher os vazios existentes entre os grãos maiores. Esse efeito de

preenchimento pode favorecer o empacotamento das partículas, aumentar a compacidade e influenciar propriedades como densidade e absorção capilar (Siqueira, 2020). Além disso, o uso desses resíduos reduz a demanda por agregados naturais e amplia a valorização dos subprodutos provenientes da indústria de rochas (Pacheco-Menor; Flores-Colen; Brito, 2025).

Dessa forma, este estudo tem como objetivo avaliar o desempenho mecânico de argamassas de hidratação controlada com adição de finos de rocha granítica, analisando a influência desse material nas propriedades no estado endurecido, a fim de verificar sua viabilidade técnica como insumo na produção de argamassas e contribuir para uma destinação ambientalmente adequada desse resíduo.

Metodologia

A etapa experimental da pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Materiais de Construção da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), campus de Cruz das Almas, conforme a sequência metodológica apresentada na Figura 1. Para a elaboração das argamassas, foram empregados cimento Portland CP II-F-32, cal hidratada CH-I, aditivo incorporador de ar (AIA) e aditivo controlador de hidratação (ACH). A areia natural utilizada, proveniente de uma jazida situada em Alagoinhas-BA, foi previamente peneirada e posteriormente seca em estufa à temperatura de (105 ± 5) °C durante 24 horas, até a obtenção de massa constante. A água utilizada nas misturas foi previamente destilada em equipamento da marca Marte. O resíduo do processamento de rochas graníticas (RPRG), por sua vez, foi coletado na Mineradora Impectra, localizada no interior do estado da Bahia.

Figura 1: Etapas experimentais da pesquisa.



Fonte: Elaborado pelos autores, com auxílio de inteligência artificial (ChatGPT/OpenAI).

Após a coleta, o RPRG foi devidamente acondicionado e submetido a um processo de beneficiamento, com a finalidade de eliminar impurezas e materiais de maiores dimensões, além de selecionar a fração granulométrica de interesse para sua incorporação às argamassas. Inicialmente, o material passou pelo processo de secagem e, após atingir a temperatura ambiente por resfriamento natural, foi submetido ao peneiramento utilizando uma série de peneiras com diferentes aberturas. A partir desse procedimento, foi selecionado o material passante na peneira com abertura de 75 µm (nº 200), sendo essa fração denominada, neste estudo, de fino de rocha granítica (FRG).

A utilização dessa fração foi definida em função de sua elevada finura, buscando favorecer sua atuação como filler na matriz cimentícia, por meio do preenchimento dos vazios existentes entre as partículas dos demais constituintes da argamassa (Dal Molin, 2005). O FRG obtido após o beneficiamento foi, então, reservado para as etapas posteriores de formulação e produção das argamassas de hidratação controlada.

Os traços das argamassas de hidratação controlada (AHC) destinadas ao assentamento de blocos de vedação foram estabelecidos a partir dos estudos desenvolvidos por Lima *et al*. (2019) e Carasek (2010), adotando-se como referência a proporção 1:0,5:4,5 (cimento:cal:areia). Com base nessa composição, foram realizados ajustes experimentais nos teores dos aditivos e na relação água/cimento

(a/c), considerando as características dos materiais empregados, as condições climáticas locais e o período de estabilização pretendido para as argamassas.

A partir dos testes preliminares, foram definidos os teores de 0,4% de aditivo incorporador de ar (AIA) e 1,4% de aditivo controlador de hidratação (ACH), por apresentarem comportamento adequado para a manutenção da trabalhabilidade durante o período de utilização estabelecido. A relação água/cimento também foi determinada experimentalmente, partindo-se inicialmente de a/c = 0,9 e realizando-se acréscimos graduais de água até que a mistura atingisse a consistência desejada. Ao final desse procedimento, estabeleceu-se a relação a/c = 1,0, considerada adequada para proporcionar as condições de trabalhabilidade requeridas e preservar as características da argamassa no estado fresco durante o período de controle. A formulação final adotada é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 - Proporção dos materiais da argamassa de hidratação controlada.

Tempo de uso	CP II – F32	CH-I	Areia natural	AIA	AEH	a/c
36 horas	1,0	0,5	4,5	0,40%	1,40%	1,0

Fonte: Autores, 2026.

Neste estudo, além do traço de referência (sem a adição do resíduo), o fino de rocha granítica (FRG) foi incorporada em três proporções distintas: 5%, 10% e 15%, em massa. A relação água/cimento foi mantida constante em todas as formulações, com o intuito de isolar o efeito da adição nas propriedades da argamassa, garantindo assim uma comparação consistente e precisa entre o traço de referência e os traços modificados.

A homogeneização dos materiais foi realizada mecanicamente, por meio de misturador helicoidal, acoplado a furadeira elétrica, utilizando recipiente não absorvente, a fim de evitar perdas de água durante o processo. Após a preparação, as argamassas foram acondicionadas em recipientes adequados (Figura 2), confeccionados em material não absorvente e impermeável, devidamente vedados, com capacidade volumétrica suficiente para conter a quantidade de material necessária à realização dos ensaios previstos. Esse procedimento foi adotado de modo a assegurar a preservação da água de amassamento, em conformidade com a NBR 17218 (ABNT, 2024).

Figura 2: Armazenamento das argamassas para processo de estabilização (A); Moldagem dos corpos de prova (B).



Fonte: Elaborado pelos autores, com auxílio de inteligência artificial (ChatGPT/OpenAI).

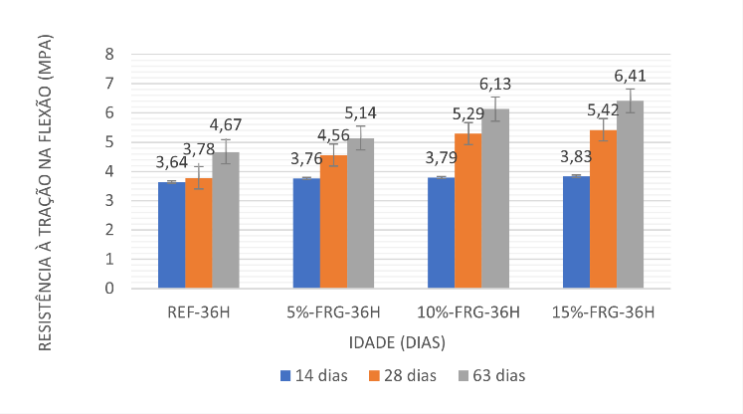
Após 36 horas de armazenamento, foram moldados corpos de prova prismáticos em escala reduzida, com dimensões de 10 × 10 × 40 mm, seguindo metodologia indicada na NBR 13279 (ABNT, 2005). Nos três primeiros dias, as amostras permaneceram nos moldes e foram submetidas à cura úmida por aspersão, com umedecimento duas vezes ao dia, devido à dificuldade de desforma sem ocasionar danos aos corpos de prova. Posteriormente, foram desmoldadas e mantidas em água saturada com cal, a (23 ± 2) °C, até as idades de 14, 28 e 63 dias. Nessas idades, realizaram-se os

ensaios de resistência à tração na flexão e à compressão, visando avaliar a influência dos diferentes teores de FRG no desempenho mecânico das argamassas.

Resultados e discussões

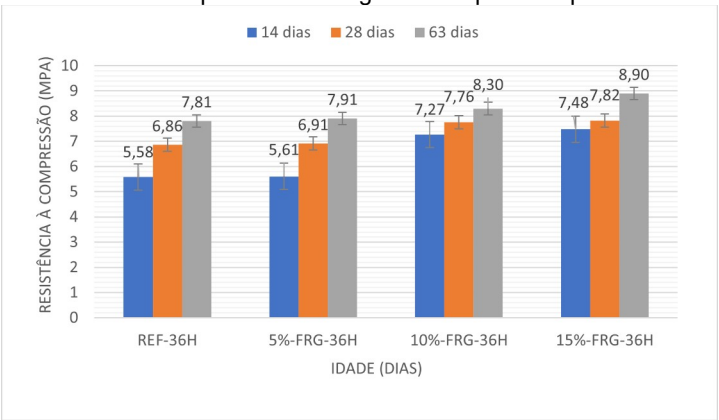
Os resultados da avaliação do desempenho mecânico das argamassas de hidratação controlada à tração na flexão e à compressão, para tempo de uso de 36 horas e considerando os diferentes teores de FRG, estão apresentados na Figura 3 e 4, referentes as idades de 14, 28 e 63 dias.

Figura 3: Resistências à tração das argamassas para tempo de uso de 36 horas.



Fonte: Autores, 2026.

Figura 4: Resistência à compressão das argamassas para tempo de uso de 36 horas.



Fonte: Autores, 2026.

Os resultados demonstraram aumento da resistência à tração na flexão com o avanço da idade de cura para todos os traços avaliados, conforme esperado. As argamassas com incorporação de FRG apresentaram desempenho superior ao traço de referência, principalmente aos 28 e 63 dias, observando-se ainda um aumento da resistência com a elevação do teor de FRG. Entre as formulações estudadas, o teor de 15% de FRG apresentou os maiores valores em todas as idades analisadas.

Esse comportamento pode estar relacionado à presença das partículas finas de FRG, que favorecem uma distribuição granulométrica mais adequada e o preenchimento dos vazios da matriz. Segundo Koch e Sousa Júnior (2024), misturas com distribuição granulométrica contínua tendem a apresentar maior densificação e, consequentemente, melhores resistências mecânicas. Além disso, o ganho de resistência observado aos 63 dias reforça a importância da avaliação em idades mais avançadas, uma vez que o desenvolvimento das propriedades mecânicas pode continuar ao longo do período de cura (Amin *et al.*, 2017).

Os resultados de resistência à compressão apresentaram crescimento com o avanço da idade de cura para todos os traços avaliados, também conforme esperado. As argamassas com incorporação de 5%, 10% e 15% de FRG alcançaram resistências superiores ao traço de referência em todas as

idades, com destaque para a formulação contendo 15% de FRG, que apresentou o melhor desempenho aos 63 dias. Esse comportamento indica uma contribuição positiva do aumento do teor de finos para o desempenho mecânico das argamassas.

Embora o FRG apresente sílica e óxido de alumínio em sua composição, sua contribuição para a resistência deve ser associada principalmente aos efeitos físicos, uma vez que o material é caracterizado como uma adição mineral de baixa reatividade (Pedroso, 2022). Dessa forma, o efeito fíler, o preenchimento dos vazios e a melhoria do empacotamento das partículas podem favorecer a formação de uma matriz mais compacta (Pedroso, 2022). Além disso, a superfície relativamente rugosa das partículas de FRG pode proporcionar maior aderência física com a pasta cimentícia, contribuindo para o desenvolvimento da resistência mecânica (Estolano *et al.*, 2024).

A resistência à compressão é essencial para a distribuição das cargas na alvenaria, devendo ser compatível com a resistência dos blocos para evitar juntas excessivamente rígidas e possíveis fissurações (Martins; Piva, 2019). Conforme a NBR 13281-2 (ABNT, 2023), as argamassas apresentaram elevada resistência à compressão, superando a faixa estabelecida para alvenaria de vedação, com aumento da resistência à medida que o teor de FRG foi elevado.

De acordo com a ABNT NBR 13281-2**,** quanto à classificação normativa, a argamassa com 5% de FRG enquadra-se na classe AAE5 (5,0 ≤ f_a < 8,0 MPa), enquanto as argamassas com 10% e 15% de FRG apresentam resistências compatíveis com a classe AAE8 (8,0 ≤ f_a < 12,0 MPa). Essas classes são recomendadas para o assentamento de unidades de alvenaria estrutural com resistências características à compressão dos blocos ($f$bk) de 5 a 6 MPa, 8 MPa e 10 MPa**,** respectivamente.

Conclusão

A partir dos resultados obtidos nessa pesquisa, pode-se concluir:

- A incorporação de 5%, 10% e 15% de FRG apresentou boa compatibilidade com os constituintes das AHC, sem comprometer a atuação dos aditivos;
- Todas as formulações mantiveram comportamento adequado durante as 36 horas de estabilização, demonstrando a viabilidade da utilização do FRG;
- A presença do FRG favoreceu o empacotamento das partículas, contribuindo para maior compacidade das argamassas;
- A incorporação de FRG promoveu ganhos na resistência à tração na flexão, com destaque para o teor de 15%, que apresentou os maiores valores em todas as idades avaliadas;
- Na resistência à compressão, os teores de 5%, 10% e 15% de FRG apresentaram desempenho superior ao traço de referência, sendo 15% o teor de melhor desempenho aos 63 dias;
- Quanto à resistência à compressão, todas as formulações apresentaram desempenho superior aos limites estabelecidos para argamassas de assentamento de vedação (AAV), enquadrando-se como argamassas para assentamento estrutural (AAE). A formulação com 5% de FRG foi classificada como AAE5, enquanto as formulações com 10% e 15% de FRG foram classificadas como AAE8, evidenciando o desempenho mecânico favorável proporcionado pela incorporação do resíduo;
- A utilização de FRG em argamassas de hidratação controlada contribui para a sustentabilidade na construção civil, ao promover a valorização dos resíduos do processamento de rochas graníticas, desde que o teor de adição seja adequadamente controlado, visando preservar o desempenho e a integridade da matriz endurecida.

Referências

ABREU, V. S. Avaliação da resistência de concretos com incorporações de pó de pedra e resíduo de construção e demolição (RCD). Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) - Colegiado do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Pau dos Ferros, RN, 2019.

AMIN, M. N.; KHAN, K.; SALEEM, M. U.; KHURRAM, N.; NIAZI, M. U. K. Aging and curing temperature effects on compressive strength of mortars containing waste materials. Materials, v. 10, n. 7, 2017. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5554023/>. Acesso em: 6 ago. 2026.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13279: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

_____.NBR 17218: Argamassa inorgânica de hidratação controlada – Coleta, transporte, recebimento e homogeneização do material para a realização de ensaios. Rio de Janeiro: ABNT, 2024.

_____.NBR 13281-2: Argamassas inorgânicas — Requisitos e métodos de ensaios. Parte 2: Argamassas para assentamento e argamassas para fixação de alvenaria. Rio de Janeiro, 2023.

CARASEK, Helena. Argamassas. In: ISAIA, Geraldo Cechella (org.). Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais. São Paulo: IBRACON, 2010. cap. 28.

CERQUEIRA, P. L. C. D.; SANTOS, J. S.; BÔTO, R. F.; CALDAS, V. S. O.; COSTA, F. N. Avaliação das propriedades no estado fresco de argamassa estabilizada para revestimento com incorporação de areia de britagem. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, v. 20, Anais, ANTAC, Maceió, 2024.

D'AGOSTINO, L. Z.; SOARES, L. O uso de finos de pedreira de rocha granítico-gnáissica em substituição às areias naturais na elaboração de argamassa. Geociências, São Paulo, v. 22, p. 65–73, 2003.

DAL MOLIN, D. C. C. Adições minerais para concreto estrutural. In: ISAIA, G. C. (ed.). Concreto: ensino, pesquisa e realizações. São Paulo: IBRACON, 2005. v. 1, p. 345–379.

ESTOLANO, A. M. L.; SILVA, A. S.; LIMA, A. P.; SANTOS, J. C.; OLIVEIRA, M. G.; COSTA, R. B. Análise da rugosidade de agregados reciclados e a influência nas propriedades de concretos e argamassas. Revista Matéria, v. 29, 2024. DOI: 10.1590/1517-7076-RMAT-2024-0528.

GUINDANI, E. N. Argamassa estabilizada para revestimento: avaliação da influência da adição de finos nas propriedades do estado fresco e endurecido. 2018. 157 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

KOCH, R. H.; SOUSA JÚNIOR, L. G. Influência da granulometria da areia natural nas propriedades do concreto e argamassas na construção civil. Revista Novos Desafios, v. 4, n. 2, p. 176–183, 2024. DOI: 10.5281/zenodo.14201688.

LIMA, T. E. S.; PINHEIRO, V. D.; ALEXANDRE, J.; AZEVEDO, A. R. G.; MARVILA, M. T.; ZANELATO, E. B.; MONTEIRO, S. N. Estudo de argamassas de assentamento para utilização em alvenaria estrutural. In: CONGRESSO ANUAL DA ABM, 74., 2019, São Paulo. Anais [...]. São Paulo: ABM, 2019.

MARCONDES, C. G. Características e benefícios da argamassa estabilizada. Massa Cinzenta, 9 jun. 2009. Disponível em: <https://www.cimentoitambe.com.br/caracteristicas-e-beneficios-da-argamassa-estabilizada/>. Acesso em: 7 ago. 2026.

MARTINS, R. F.; PIVA, J. H. Análise das propriedades mecânicas da argamassa de assentamento em diferentes metodologias de ensaio. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2019.

MATOS, P. R.; SCHANKOSKI, R. A.; PILAR, R.; PRUDÊNCIO JUNIOR, L. R. Using ready-mixed mortars in concrete block structural masonry. Ambiente Construído, p. 431–449, 2020. Acesso em: 20 ago. 2026.

PACHECO-MENOR, M. C.; FLORES-COLEN, P.; DE BRITO, J. The use of stone waste as fine aggregate or cement replacement in cement-based mortars: a review. Construction and Building Materials, v. 425, p. 132504, 2025. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2025.132504.

PEDROSO, A. M. P. Avaliação da reatividade pozolânica do pó de rocha granítica. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2022.

SIQUEIRA, T. P. L.; ANDRADE NETO, J. S.; DIAS, C. M. R.; RIBEIRO, D. V. Adição de finos de rocha granítica e seus efeitos nas propriedades de argamassas autoadensáveis. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 20, n. 3, p. 451–466, jul./set. 2020. DOI: 10.1590/s1678-86212020000300439.

Declaração sobre o uso de inteligência artificial

Durante a preparação deste artigo, os autores utilizaram ferramentas de IA para criação de imagens, melhoria da coesão textual e correção ortográfica. Após seu uso, o conteúdo foi revisado pelos autores, que assumem total responsabilidade pelo artigo.

Agradecimentos

O presente trabalho contou com o apoio da UFRB e do CNPq, pelo incentivo à pesquisa, do grupo de pesquisa VALORA Civil da UFRB, bem como da empresa Massa Fort Concreto, MC-Bauchemie e a Mineradora Impectra, pela doação dos materiais utilizados.