XV SBTA Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas
Porto Alegre/RS - 11 a 13 de junho de 2025

Estudo de argamassas com materiais não convencionais e com aditivo modificador do consumo de água

Study of mortars with unconventional materials and with additives that modify water consumption

Marcos David dos Santos[1], Lucas Gabriel Barbosa Leal[2], Rafael de Albuquerque Silva[3], Iranilza Costa da Silva[4], Arnaldo Manoel Pereira Carneiro[5]

[1] Doutorando, Departamento de Engenharia Civil, UFPE, marcos.david@ufpe.br
[2] Graduando, Departamento de Engenharia Civil, UFPE, lucas.leal@ufpe.br
[3] Graduando, Departamento de Engenharia Civil, UFPE, rafael.albuquerquesilva@ufpe.br
[4] Doutoranda, Departamento de Engenharia Civil, UFPE, iranilza.costa@ufpe.br
[5] Professor, Departamento de Engenharia Civil, UFPE, arnaldo.carneiro@ufpe.br

RESUMO

Argamassas de cimento e cal são essenciais na construção civil, e a substituição de agregados convencionais por materiais alternativos, como resíduos de construção e demolição (RCD) e pó de pedra (PDP), torna-se uma estratégia promissora. Este estudo avalia a influência de um aditivo retentor de água em argamassas mistas com RCD e PDP, utilizando o traço de 1:1:8 (cimento:cal:agregados). Foram testadas misturas unitárias e binárias, com substituição de 30% e 50%, da areia pelos resíduos. Os resultados indicaram que os resíduos podem ser incorporados em argamassas, proporcionando ganhos em resistência e contribuindo para a sustentabilidade.

Palavras-chave: Argamassas. Resíduos. Aditivos. Construção civil. Sustentabilidade.

ABSTRACT

Cement-lime mortars are essential in civil construction, and replacing conventional aggregates with alternative materials, such as construction and demolition waste (CDW) and stone dust (PDP), is becoming a promising strategy. This study evaluates the influence of a water-retaining additive in mixed mortars containing CDW and PDP, using a 1:1:8 mix (cement:lime:aggregates). Both single and binary mixtures were tested, with 30% and 50% substitution of sand by the waste materials. The results indicated that the waste materials can be incorporated into mortars, providing strength improvements and contributing to sustainability.

Keywords: Mortars. Waste. Additives. Civil construction. Sustainability.

Como citar:
SANTOS, M.D.; LEAL, L.G.B.; SILVA, R.A.; SILVA, I.C.; CARNEIRO, A.M.P. Estudo de argamassas com materiais não convencionais e com aditivo modificador do consumo de água. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 2025, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2025.

INTRODUÇÃO

A crescente preocupação com os impactos ambientais causados pela indústria da construção civil tem impulsionado a busca por alternativas sustentáveis que reduzam o consumo de recursos naturais e promovam a reutilização de resíduos. Dentre essas alternativas, destaca-se o uso de resíduos de construção e demolição (RCD) e pó de pedra (PDP) como substitutos dos agregados convencionais em argamassas, principalmente devido à disposição inadequada de grande parte desses resíduos no meio ambiente [1]. Além de contribuírem para a redução da extração de agregados naturais, esses materiais têm demonstrado potencial para melhorar o desempenho das argamassas [2][3][4][5][6].

No estudo de [7], argamassas contendo pó de pedra alcançaram uma resistência à compressão de 57,75 MPa para a mistura 1:1 (cimento:agregado) e 36,6 MPa para a proporção 1:2, ambas após 28 dias de cura. Em [8], foram obtidos 5,8 MPa aos 28 dias em argamassas com 40% de substituição da areia por agregados reciclados. Por sua vez, [9] destacaram o uso de agregados reciclados como alternativa sustentável à areia natural, tanto em argamassas de cimento comum quanto em argamassas de cimento álcali-ativado, alcançando resistências de 15,4 MPa e 46,4 MPa, respectivamente, aos 28 dias. Além disso, [10] também exploraram argamassas com agregados reciclados, obtendo resistências superiores a 24 MPa após 28 dias de cura.

Diante desse cenário, a pesquisa tem como objetivo analisar diferentes teores de substituições de RCD e PDP em argamassas mistas de cimento e cal, além de avaliar a influência de um aditivo do tipo éter de celulose de média viscosidade nas misturas, visando investigar o impacto dessas substituições no desempenho das argamassas.

O trabalho foi estruturado em quatro partes: a introdução, que contextualiza o tema, apresenta os objetivos e a relevância da pesquisa. Em materiais e métodos, são detalhados os materiais utilizados, sua caracterização, as dosagens das misturas e os ensaios realizados nos estados fresco e endurecido. Na seção de resultados e discussão, os dados dos ensaios são analisados e interpretados, abordando o comportamento dos materiais nos estados anidro, fresco e endurecido. E, por fim, a conclusão resume os principais achados da pesquisa.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais utilizados neste trabalho foram: cimento Portland (CPV-ARI MAX), cal hidratada (CH-I), areia natural lavada, pó de pedra (PDP), resíduos de construção e demolição (RCD), além de um aditivo do tipo éter de celulose de média viscosidade.

O CPV-ARI MAX (Cimento Portland de Alta Resistência Inicial – Máxima Performance) foi fornecido pela empresa Cimento Nacional, cuja fábrica está localizada em Pitimbu-PB. A cal hidratada (CH-I) foi fornecida pela empresa Mineração Ouro Branco Ltda., situada em Rosado-RN. As massas específicas do cimento Portland e da cal hidratada, informadas pelos fabricantes, são de 2,99 g/cm³ e 2,24 g/cm³, respectivamente.

A areia natural e os resíduos de construção e demolição (RCD) são oriundos de Recife-PE. Já o pó de pedra (PDP) foi coletado no município de Caruaru-PE. O aditivo utilizado, fornecido pela MC Química Importação e Exportação Ltda., é composto por HPMC (Hidroxipropil Metil

Celulose), com uma dosagem recomendada pelo fabricante entre 0,03% e 0,1% sobre a formulação total.

CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

A caracterização física dos agregados foi realizada por meio de ensaios de massa unitária, massa específica e granulometria. As massas unitárias e específicas dos materiais foram determinadas conforme as normas [11] e [12], respectivamente, e um resumo das propriedades físicas está apresentado na Tabela 1.

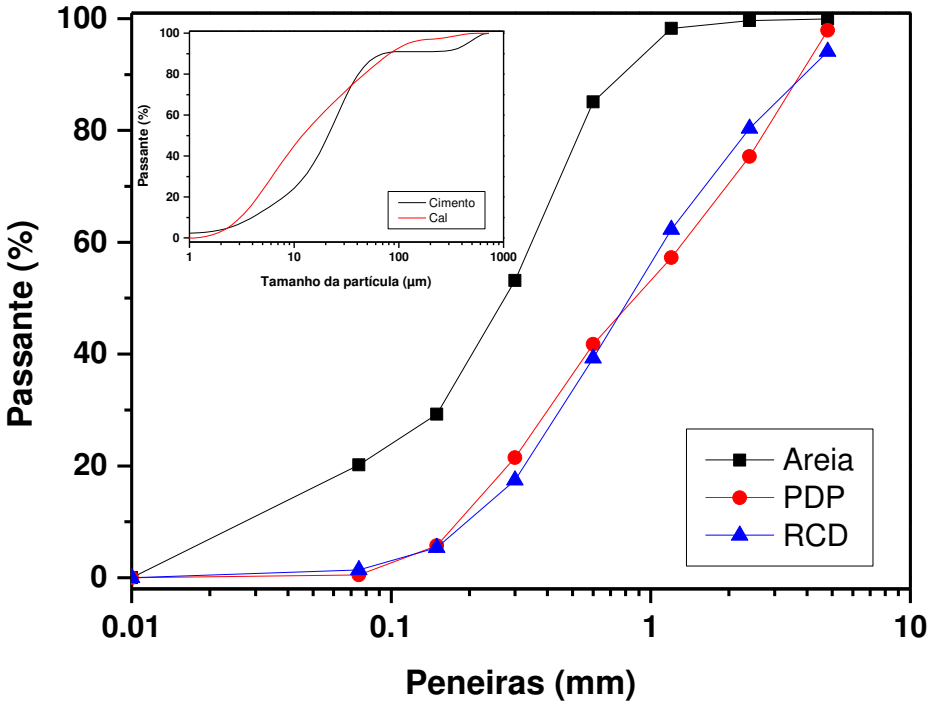
Tabela 1 – Massas unitárias (g/cm³) e massas específicas (g/cm³) dos materiais.

	Cimento	Cal	Areia	PDP	RCD
Massa Unitária	0,77	0,48	1,62	1,44	1,23
Massa Específica	2,99	2,24	2,65	2,62	2,54

Fonte: Os autores (2025).

As distribuições granulométricas dos agregados foram obtidas por peneiramento, de acordo com [13]. A caracterização da distribuição do tamanho das partículas dos aglomerantes foi realizada por meio de espalhamento de luz laser, utilizando o analisador de partículas Malvern - Mastersizer 2000, capaz de analisar partículas com tamanhos entre 0,01 µm e 2000 µm. A técnica de dispersão das partículas foi por via seca, empregando o acessório Scirocco 2000. Os intervalos granulométricos estão representados na Figura 1.

Figura 1 – Curvas granulométricas dos materiais.



Fonte: Os autores (2025).

DOSAGEM DAS MISTURAS

O traço utilizado para a formulação das misturas foi de 1:1:8 (cimento:cal:agregados), com 20% de ligante e 80% de agregados, em massa, utilizando uma relação água/aglomerante de 0,8. As argamassas foram dosadas com 100% de cada tipo de agregado (areia, PDP e RCD). Nas misturas binárias, realizou-se a substituição parcial da areia pelos agregados (PDP e RCD) em teores de 50% e 30%, em massa. As Tabelas 2 e 3 apresentam os dados de espalhamento e as quantidades de materiais utilizados nas misturas, que foram executadas conforme [14].

Tabela 2 – Espalhamento (cm) das misturas sem e com aditivo.

Grupos	Sem aditivo	Com aditivo
REF	26,5	18,3
100% PDP	22,9	17,5
50% PDP	27,8	20,6
30% PDP	27,3	19,3
100% RCD	ND	ND
50% RCD	20,3	13,8
30% RCD	22,7	16,1

ND= NÃO DETECTADO

Fonte: Os autores (2025).

Tabela 3 – Quantitativo de materiais, em massa (g), das misturas.

Grupos	Cimento	Cal	Agregados			Água	Aditivo
			Areia	PDP	RCD		
REF	250	250	2000	-	-		
100% PDP	250	250	-	2000	-		
50% PDP	250	250	1000	1000	-		
30% PDP	250	250	1400	600	-	400	2,5
100% RCD	250	250	-	-	2000		
50% RCD	250	250	1000	-	1000		
30% RCD	250	250	1400	-	600		

Fonte: Os autores (2025).

ENSAIOS NO ESTADO FRESCO

Foram analisadas as características das misturas no estado fresco, incluindo trabalhabilidade, teor de ar incorporado e densidade da massa fresca. O ensaio de consistência, conforme [14]. A determinação do teor de ar incorporado e da densidade da massa fresca foi feita utilizando corpos de prova cilíndricos de volume e massa conhecidos, seguindo os procedimentos indicados em [15].

ENSAIOS NO ESTADO ENDURECIDO

Foram produzidos 5 corpos de prova (CPs) para cada uma das misturas, utilizando moldes cilíndricos com dimensões de 5x10 mm. Após 24 horas nos moldes, os corpos de prova foram desmoldados e mantidos em cura seca sob monitoramento no laboratório, com análises das variações de massa realizadas até a idade de 21 dias. As amostras foram submetidas a ensaios

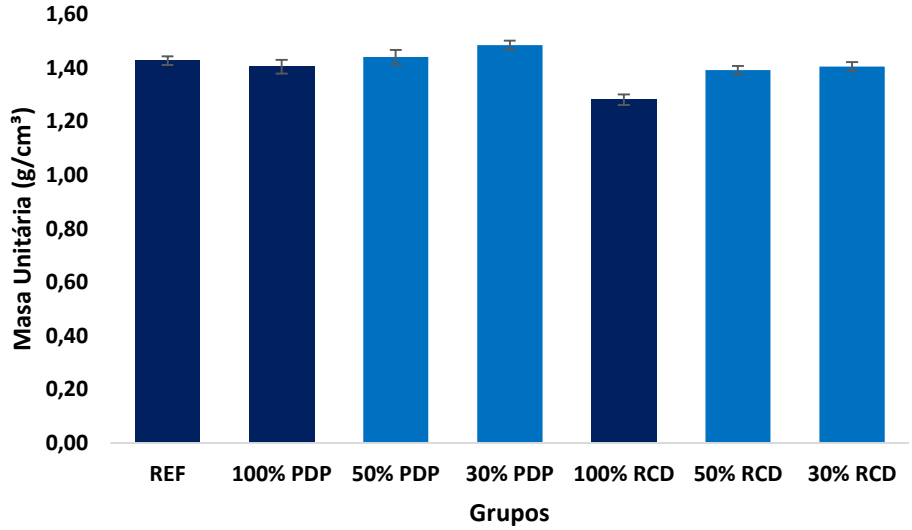
de densidade de massa aparente, cujos valores foram determinados de acordo com as recomendações de [16], e ao ensaio de resistência à compressão axial, conforme [17]. Os corpos de prova foram retificados e rompidos aos 28 dias de idade em uma prensa elétrica do tipo AGV-X Shimadzu, com capacidade de 300 kN.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

ESTADO ANIDRO

A Figura 2 mostra os resultados do ensaio de massa unitária das misturas. A análise dos valores alcançados permite identificar a relação entre a estrutura e a composição de cada material.

Figura 2 – Massas unitárias (g/cm³) das misturas.



Fonte: Os autores (2025).

A massa unitária da mistura com 100% de pó de pedra (1,40 g/cm³) está muito próxima à da mistura de referência (1,43 g/cm³), sugerindo que a substituição integral da areia por pó de pedra não altera significativamente a densidade da massa fresca. Esse resultado pode ser visto como positivo, já que não afeta a consistência nem a massa da argamassa no estado fresco.

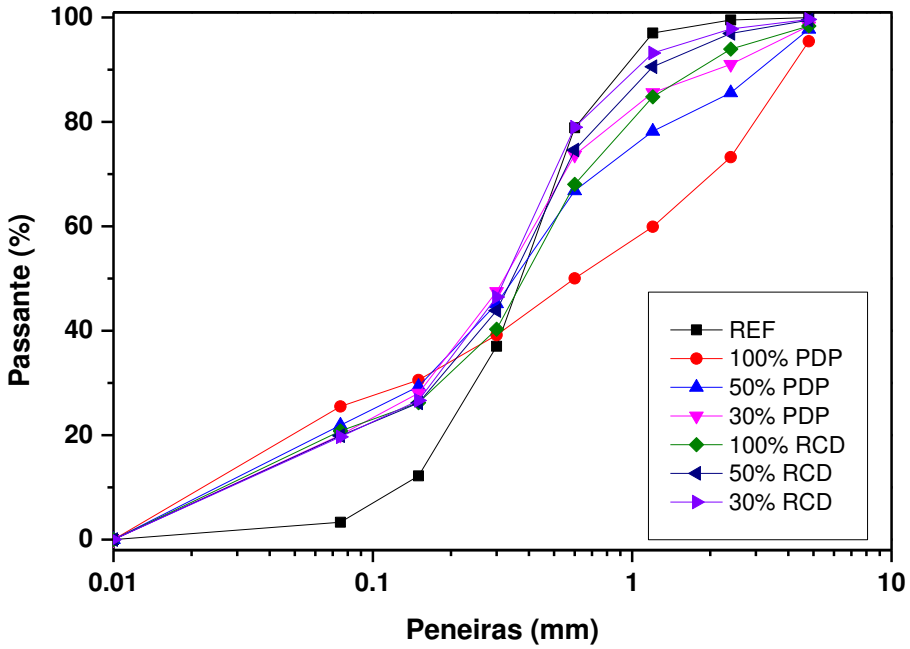
Por outro lado, a substituição total da areia por resíduos de construção e demolição (RCD) resultou em uma massa unitária menor (1,28 g/cm³), o que indica que o RCD tem densidade inferior em comparação à areia e ao pó de pedra. Isso pode ser explicado pela maior presença de agregados de baixa densidade, especialmente devido à argamassa cimentícia antiga ainda aderida à superfície dos grãos [18][19].

Nas substituições parciais com pó de pedra, observou-se um aumento na massa unitária, com 1,44 g/cm³ para a substituição de 50% e 1,49 g/cm³ para a de 30%. Esse aumento pode ser atribuído ao fato de o pó de pedra, apesar de ser um resíduo, possuir características granulométricas e de densidade semelhantes ao agregado natural, o que contribui para a coesão da mistura e o aumento da densidade.

Já as substituições parciais de 50% e 30% com RCD também resultaram em aumentos na massa unitária em comparação com a mistura de 100% RCD, mas ainda inferiores à da mistura de referência. Isso sugere que, embora o uso de RCD em menores quantidades ainda reduza a densidade da mistura, o impacto é menor em relação à substituição total. Dessa forma, percentuais menores de RCD podem favorecer a trabalhabilidade e melhorar as propriedades mecânicas da argamassa.

A Figura 3 ilustra os resultados das curvas granulométricas das misturas. Os valores resultantes permitem determinar a distribuição do tamanho das partículas dos agregados utilizados.

Figura 3 – Curvas granulométricas das misturas.



Fonte: Os autores (2025).

Observa-se que a mistura de referência (REF) tem uma distribuição granulométrica mais contínua e uniforme, com uma maior quantidade de partículas finas, principalmente nas peneiras de 0,3 mm 0,15 mm. Isso favorece uma melhor compactação e maior densidade das argamassas.

Já a mistura 100% PDP apresentou uma maior quantidade de partículas mais grossas, como evidenciado nas peneiras maiores, especialmente a de 1,2 mm, que registrou 59,94% passante, contrastando com os 97,02% da REF. Essa distribuição mais grossa tende a reduzir a trabalhabilidade e aumentar a porosidade das argamassas. Nas misturas binárias com PDP, a de 30% PDP apresentou uma distribuição mais próxima à referência, sendo mais fina e com melhores resultados de passante em peneiras menores, o que pode melhorar a coesão e trabalhabilidade da argamassa.

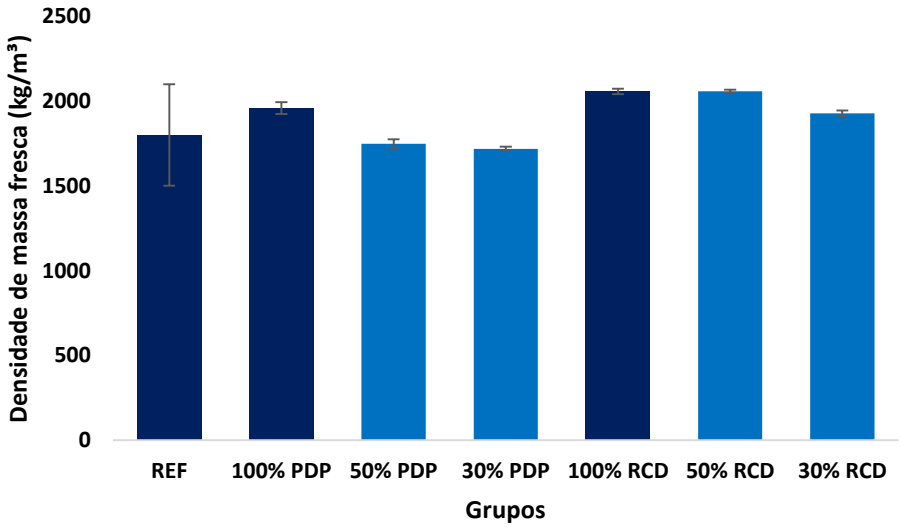
As misturas com RCD também demonstraram uma granulometria mais irregular, com destaque para a 100% RCD, que apresentou 68,05% de passante na peneira de 0,6 mm,

indicando uma maior quantidade de partículas médias e grossas em comparação à REF. Isso pode afetar a densidade e a resistência da argamassa no estado endurecido. No entanto, nas misturas binárias, a de 50% RCD apresentou um comportamento granulométrico mais equilibrado, semelhante à mistura de referência, o que pode proporcionar melhor densidade e resistência.

ESTADO FRESCO

A Figura 4 demonstra os resultados do ensaio de densidade de massa fresca das argamassas. A análise dos valores permite determinar a massa por unidade de volume das misturas.

Figura 4 – Massas específicas (kg/m³) das misturas.



Fonte: Os autores (2025).

A substituição total da areia pelo pó de pedra resultou em um aumento da densidade para 1960 kg/m³. Esse incremento sugere que o pó de pedra, apesar de ser um resíduo, possui uma densidade maior do que a areia natural. A granulometria mais fina e o formato angular dos grãos do PDP podem contribuir para uma maior compactação da mistura, justificando o aumento da densidade de massa fresca.

A argamassa com 100% de RCD apresentou a maior densidade, 2058 kg/m³, o que indica que os resíduos de construção e demolição, compostos principalmente por fragmentos de concreto e argamassas antigas, possuem uma densidade mais elevada. A presença de agregados cimentícios e outros materiais de maior densidade pode ser o fator principal que contribui para esse aumento expressivo, superando tanto a mistura de referência quanto a com 100% PDP.

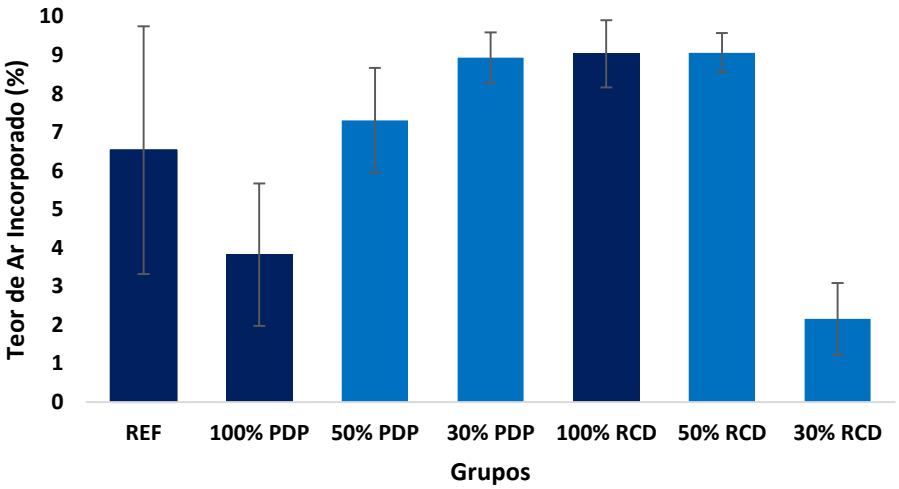
As misturas com 50% e 30% de substituição de areia por pó de pedra apresentaram massas específicas de 1750 kg/m³ e 1719 kg/m³, respectivamente. Esses valores estão abaixo da mistura de referência (1800 kg/m³), o que pode ser atribuído a uma combinação entre a densidade do pó de pedra e a menor coesão proporcionada pela areia remanescente. À medida que a proporção de PDP diminui, a densidade também diminui, sugerindo que a

mistura com 30% PDP tem uma densidade mais próxima da areia natural, mas ainda inferior à da argamassa de referência.

As substituições de 50% e 30% de areia por RCD resultaram em massas específicas de 2059 kg/m³ e 1928 kg/m³, respectivamente. A mistura com 50% RCD apresentou uma densidade similar à de 100% RCD (2058 kg/m³), o que demonstra que o impacto do RCD na densidade da argamassa é predominante, mesmo com uma proporção de apenas 50%. Já a mistura com 30% RCD apresentou uma densidade menor (1928 kg/m³), mas ainda superior à da mistura de referência. Isso indica que mesmo com uma substituição parcial, o RCD tem um efeito significativo na elevação da densidade da argamassa, devido à presença de agregados cimentícios de alta densidade.

A Figura 5 mostra os resultados do ensaio de teor de ar incorporado nas argamassas, permitindo a avaliação da quantidade de ar aprisionado nas misturas.

Figura 5 – Teor de ar incorporado (%) nas misturas.



Fonte: Os autores (2025).

Observa-se que a adição de 100% de PDP reduz significativamente o teor de ar incorporado em relação ao grupo de referência. Esse comportamento pode ser explicado pelas características físicas do PDP, cujas partículas, mais finas e densas que as da areia convencional, tendem a preencher os poros da mistura, reduzindo o espaço disponível para o aprisionamento de ar e, consequentemente, diminuindo o teor de ar incorporado.

Em contrapartida, o uso de 100% de resíduos de construção e demolição (RCD) resultou em um alto teor de ar incorporado (9,03%). Esse comportamento é atribuído à morfologia irregular e rugosa dos grãos de RCD, que favorece a formação e retenção de bolhas de ar. Além disso, a porosidade interna dos materiais provenientes dos resíduos contribui para o aumento do ar incorporado na mistura.

Na substituição de 50% da areia por PDP, o teor de ar incorporado aumenta para 7,31%, ultrapassando o valor do grupo de referência. Esse comportamento pode ser explicado pela combinação de partículas finas e grossas, que favorecem a formação de microbolhas e aumentam a capacidade de retenção de ar. A mistura de granulometrias variadas parece criar

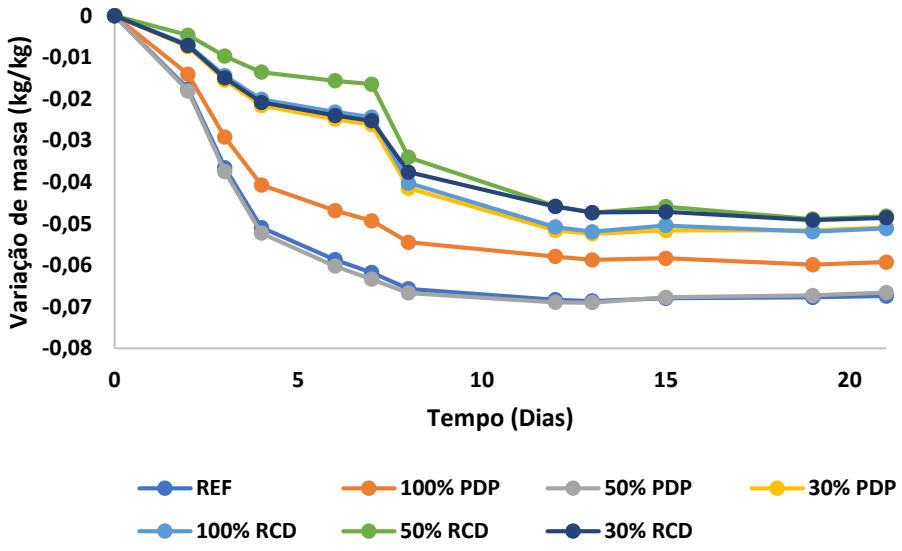
um sistema mais propício à incorporação de ar. Com a substituição de 30% de PDP, observa-se o maior valor de teor de ar incorporado (8,93%). Esse aumento pode estar relacionado à presença de partículas finas em proporção adequada para estabilizar as bolhas de ar, sem reduzir de maneira significativa os espaços entre os grãos. A substituição parcial pode favorecer um equilíbrio entre a densidade da mistura e a capacidade de aprisionamento de ar.

A substituição de 50% da areia por RCD registra o maior valor (9,06%). Assim como observado na mistura com 100% de RCD, a superfície rugosa dos grãos e a distribuição granulométrica facilitam a retenção de ar. No entanto, com 30% de RCD, o teor de ar incorporado cai drasticamente para 2,15%, o menor valor entre todas as amostras. Esse resultado sugere que uma menor proporção de RCD não é suficiente para promover a mesma retenção de ar observada em misturas com maiores teores de substituição. Além disso, uma possível densificação maior da matriz pode estar contribuindo para a redução no aprisionamento de bolhas de ar.

ESTADO ENDURECIDO

A Figura 6 ilustra os resultados do ensaio de variação de massa, de modo a avaliar a estabilidade volumétrica e a resistência à variação de umidade ao longo do tempo.

Figura 6 – Variação de massa (kg/kg) das misturas ao longo do tempo (dias).



Fonte: Os autores (2025).

A argamassa de referência apresenta uma perda de massa mais acentuada, especialmente nos primeiros dias de cura. Isso ocorre porque a areia natural tem uma capacidade de retenção de água limitada, resultando em uma maior perda de massa por evaporação. A estabilização da variação de massa ocorre após o 12° dia, com uma perda final de cerca de -0,06744.

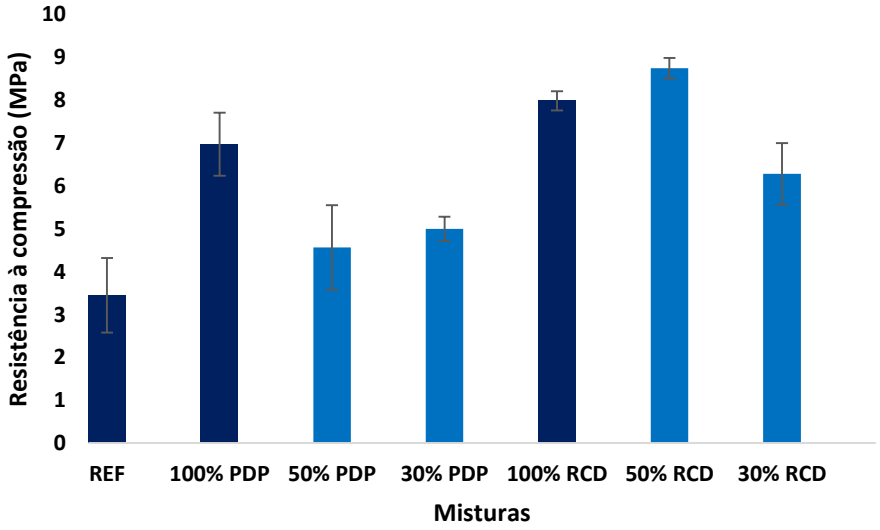
As misturas com pó de pedra (PDP) apresentam menor perda de massa em comparação à argamassa de referência. Isso pode ser atribuído à maior densidade do PDP, que reduz a

porosidade e, consequentemente, a perda de água durante a cura. As substituições parciais de PDP (50% e 30%) mostram uma perda de massa ligeiramente maior em comparação à mistura 100% PDP, mas ainda inferior à referência. Essa variação sugere que o uso de PDP pode melhorar a compactação da argamassa e, assim, reduzir a evaporação de água.

A incorporação de 100% de RCD também resulta em uma menor perda de massa, principalmente nos primeiros dias de cura. Isso pode ser explicado pela composição do RCD, que contém fragmentos de concreto e argamassas antigas com maior densidade e menor capacidade de reter água livre. As misturas binárias com 50% e 30% de RCD seguem uma tendência semelhante, com variações de massa inferiores às da referência e às das misturas com PDP. Isso indica que o RCD contribui para uma maior retenção de água em comparação à areia, sendo também mais eficiente que o pó de pedra.

A Figura 7 apresenta os resultados do ensaio de resistência à compressão axial, que avalia a capacidade da argamassa de suportar cargas quando submetida a esforços compressivos.

Figura 4 – Resistência à compressão (MPa) das misturas.



Fonte: Os autores (2025).

A substituição total do agregado natural pelo PDP resultou em um aumento significativo da resistência à compressão em comparação com a mistura de referência. Esse comportamento pode ser explicado pela maior compactação proporcionada pelo PDP à matriz da argamassa, devido à sua granulometria mais fina e à menor porosidade, o que gera uma estrutura mais densa e, consequentemente, mais resistente.

Por outro lado, o uso de 100% de resíduos de construção e demolição (RCD) apresentou a maior resistência à compressão axial entre todas as misturas (7,99 MPa). Esse desempenho pode ser atribuído à composição heterogênea dos RCD, que pode conter fragmentos de materiais de alta resistência, como concreto endurecido, cerâmicas e argamassas densas. Além disso, a superfície irregular dos agregados de RCD tende a aumentar a aderência entre o cimento e o agregado, contribuindo para o ganho de resistência.

A substituição de 50% do agregado por PDP também resultou em um aumento de resistência em relação à referência (3,45 MPa), embora o ganho tenha sido menos expressivo do que no caso de 100% PDP. Esse valor intermediário pode ser explicado pela combinação de partículas finas de PDP com o agregado convencional, promovendo um equilíbrio entre densidade e trabalhabilidade. Já a substituição de 30% do agregado por PDP também proporcionou um aumento na resistência (5,00 MPa), indicando que mesmo menores proporções de PDP podem melhorar as propriedades mecânicas da argamassa, possivelmente devido à otimização do empacotamento de partículas e à redução da porosidade, o que melhora a coesão da mistura.

A substituição de 50% da areia por RCD resultou no maior valor de resistência à compressão axial (8,75 MPa), superando inclusive a mistura com 100% de RCD. Esse comportamento pode ser explicado pela combinação de partículas de RCD com agregados naturais, o que proporciona uma boa distribuição de diferentes tamanhos e texturas, favorecendo uma matriz mais coesa e resistente. Com 30% de RCD, a resistência à compressão também foi significativamente maior que a da mistura de referência (6,29 MPa), demonstrando que mesmo em menores proporções, o RCD contribui para o aumento da resistência da argamassa, provavelmente devido à maior densidade e irregularidade das partículas, que favorecem uma melhor ligação com a matriz cimentícia.

CONCLUSÃO

Com base nos ensaios realizados, conclui-se que tanto o pó de pedra (PDP) quanto os resíduos de construção e demolição (RCD) são agregados viáveis para uso em argamassas com aditivo retentor de água, influenciando de maneiras distintas as propriedades no estado anidro, fresco e endurecido.

No estado anidro, o PDP foi mais semelhante à mistura de referência em termos de massa unitária, enquanto o RCD reduziu a densidade. No estado fresco, o RCD aumentou o teor de ar e a densidade de massa fresca, especialmente nas substituições de 50%, favorecendo a resistência à compressão, mas comprometendo a trabalhabilidade. O PDP, especialmente em menores proporções, se comportou de forma mais próxima à areia natural, proporcionando um bom equilíbrio entre trabalhabilidade e densidade. No estado endurecido, tanto o PDP quanto o RCD apresentaram bom desempenho em resistência à compressão. O RCD destacou-se nas substituições de 50%, obtendo os melhores resultados. Além disso, as misturas com RCD (30% e 50%) mostraram menor variação de massa no processo de cura, sugerindo melhor controle da evaporação de água e maior estabilidade dimensional.

Esses resultados evidenciam a viabilidade técnica e sustentável da incorporação desses materiais na construção civil, contribuindo para a redução do uso de agregados naturais e o aproveitamento de resíduos, promovendo a sustentabilidade no setor.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco (PPGEC) e a Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE).

REFERÊNCIAS

[1] GUIMARÃES, M. G. A.; GOMES, H. C.; URASHIMA, D. C.; OLIVEIRA, G. S. Incorporação de resíduos de construção e demolição e pó-de-pedra em dosagens experimentais de argamassa para mitigação de impactos ambientais. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 5, p. 25337-25349, 2020.

[2] DIÓGENES, A. G. **Estudo do comportamento de argamassas de revestimento com areia de britagem da Região Metropolitana de Fortaleza**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

[3] ABATE, S.Y.; SONG, K.; SONG, J.; LEE, B. Y.; KIM, H. Internal curing effect of raw and carbonated recycled aggregate on the properties of high-strength slag-cement mortar. **Constr. Build. Mater**. 2018;165:64–71. https://doi.org/10.1016/j. conbuildmat.2018.01.035.

[4] MUÑOZ, A.; TORRES, N.; GUZMAN, A. Evaluacion de un mortero preparado con agregados reciclados de un concreto mejorado por carbonataci´on: una mirada a la construccion sustentable Assessment of a mortar with recycled aggregate from a concrete improved by carbonation: a look to a sustainable. **Rev. Ing. Constr.** 2019; 34:25–32 [Online]. Available: www.ricuc.cl.

[5] QUEIROZ JÚNIOR, C. C. **Estudo da influência da substituição parcial da areia natural pelo resíduo proveniente do corte de pedras ornamentais nas propriedades de argamassas para impressão 3D**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2022.

[6] ERBA, L. A. **Influência da substituição parcial de areia natural por areia de britagem em argamassas de revestimento: características, propriedades e condutividade térmica**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Arquitetura, Artes, Comunicação e Design, Bauru, 2022.

[7] MUPPARISETTY, V. K.R.; MOHAMMED, F.A. Crushed stone dust as a replacement for river sand in self compacting repair mortars – A sustainable solution. **Materials Today: Proceedings**. Volume 52, Part 3, 2022.

[8] MUPPARISETTY, V. K.R.; MOHAMMED, F.A. Crushed stone dust as a replacement for river sand in self compacting repair mortars – A sustainable solution. **Materials Today: Proceedings**. Volume 52, Part 3, 2022.

[9] WU, E.; MA, X.; FANG, C.; LI, N.; JIA, L.; JIANG, P.; WANG, W. Strength performance and microscopic mechanism of cement mortar incorporating fine recycled concrete aggregate and natural sand. **Journal of Building Engineering**, Volume 100, 2025.

[10] BORGES, P. M.; ROTHER, L. A.; SILVA, S. R.; POSSAN, E.; ANDRADE, J. J.O. Environmental and technical assessment of mortars produced with recycled aggregate from construction and demolition waste. **Construction and Building Materials**. Volume 467, 2025.

[11] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16972**: Agregados - Determinação da massa unitária e do índice de vazios. Rio de Janeiro, 2021.

[12] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 52**: Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro 2009.

[13] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 17054**: Agregados – Determinação da composição granulométrica – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2022.

[14] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2016.

[15] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13278**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. Rio de Janeiro, 2005.

[16] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13280**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido. Rio de Janeiro, 2005.

[17] 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, 2005.

[18] CARASEK, H.; GIRARDI, A. C. C.; ARAÚJO, R. C.; ANGELIM, R.; CASCUDO, O. Estudo e avaliação de agregados reciclados de resíduos de construção e demolição para argamassas de assentamento e de revestimento. **Cerâmica**, v.64, p. 288-300, 2018.

[19] GOMES, R. I.; FARINHA, C. B.; VEIGA, R.; BRITO, J.; FARIA, P.; BASTOS, D. CO_2 sequestration by construction and demolition waste aggregates and effect on mortars and concrete performance-An overview. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 152, p. 111668, 2021.