AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DE ARGAMASSAS COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO MIÚDO POR PET RECICLADO

EVALUATION OF THE PHYSICAL PROPERTIES OF MORTARS WITH PARTIAL REPLACEMENT OF FINE AGGREGATE BY RECYCLED PET

Igor Vieira Fernandes[1]; Carlos Fernando Gomes do Nascimento[2]; Marcos David dos Santos[3]; Ana Maria Gonçalves Duarte Mendonça[4]; Antônio Acácio de Melo Neto[5]

[1]Mestre em Engenharia Civil | igor.vfernandes@ufpe.br | UFPE | Recife, Brasil; [2]Mestre em Ciência de Materiais | carlos.fgnascimento@ufpe.br | UFPE | Recife, Brasil; [3]Mestre em Engenharia Civil | marcos.david@ufpe.br | UFPE | Recife, Brasil; [4]Doutora em Ciências e Engenharia de Materiais e em Engenharia de Processos | ana.duartemendonca@gmail.com | UFCG | Campina Grande, Brasil; [5]Doutor em Engenharia Civil | antonio.meloneto@ufpe.br | UFPE | Recife, Brasil

Resumo:
A construção civil é um setor de grande relevância socioeconômica, mas também está entre os principais consumidores de recursos naturais e geradores de resíduos. Diante da crescente demanda por práticas sustentáveis, este trabalho avalia a substituição parcial do agregado miúdo natural por politereftalato de etileno (PET) reciclado em argamassas. Foram produzidas misturas com 0%, 5%, 10% e 15% de substituição, analisando-se propriedades físicas nos estados fresco e endurecido. O PET foi caracterizado quanto à densidade, granulometria, composição térmica e mineralógica, confirmando sua baixa densidade e estrutura parcialmente cristalina. Em seguida, realizaram-se ensaios de índice de consistência, densidade de massa fresca, teor de ar incorporado, absorção por capilaridade e densidade de massa aparente. Os resultados mostraram que a adição de PET reduziu a densidade da argamassa e os índices de absorção, permitindo a obtenção da consistência desejada com menor consumo de água. Esses efeitos se devem à baixa densidade e à granulometria fina do PET, que favorecem o empacotamento das partículas. Conclui-se que o PET reciclado é uma alternativa promissora para a produção de argamassas mais leves e potencialmente mais duráveis.

Palavras-chave:
Politereftalato de etileno; Resíduos reciclados; Argamassa; Propriedades físicas; Construção sustentável.

Abstract:
The construction industry plays a major socio-economic role but is also one of the largest consumers of natural resources and generators of waste. In response to growing demands for sustainable practices, this study evaluates the partial replacement of natural fine aggregate with recycled polyethylene terephthalate (PET) in mortars. Mixtures with 0%, 5%, 10%, and 15% replacement were produced, and their physical properties were analyzed in both fresh and hardened states. PET was characterized in terms of density, particle size distribution, thermal composition, and mineralogical structure, confirming its low density and partially crystalline nature. Consistency index, fresh density, incorporated air content, capillary water absorption, and apparent density tests were then conducted. Results showed that PET addition reduced mortar density and absorption rates, while allowing the target consistency to be achieved with less water. These effects are attributed to the material's low density and fine particle size, which enhance particle packing. It is concluded that recycled PET is a promising alternative for producing lighter and potentially more durable mortars.

Keywords:
Polyethylene terephthalate; Recycled Waste; Mortar; Physical Properties; Sustainable Construction.

1. INTRODUÇÃO

A construção civil está entre os setores que mais impactam o meio ambiente, respondendo por aproximadamente 50% da extração global de matérias-primas e pela geração expressiva de resíduos sólidos (Oliveira *et al*., 2022). Diante da urgência por práticas mais sustentáveis, ganha destaque o desenvolvimento de soluções que conciliem desempenho técnico e redução de impactos ambientais, como a incorporação de materiais reciclados em composições cimentícias (Barbhuiya *et al*., 2024). Em particular, o uso de agregados alternativos em argamassas tem se mostrado uma estratégia promissora para minimizar a exploração de recursos naturais e promover o reaproveitamento de resíduos urbanos.

Entre os resíduos com potencial para esse tipo de aplicação, o politereftalato de etileno (PET) se destaca por sua elevada disponibilidade, origem predominantemente urbana e características físico-químicas compatíveis com matrizes cimentícias (ABIPET, 2025). Estudos apontam que sua incorporação pode influenciar propriedades como densidade, teor de ar incorporado, absorção de água e comportamento mecânico (Mello, 2011). Assim, o presente trabalho visa avaliar os efeitos da substituição parcial do agregado miúdo natural por PET triturado em argamassas, analisando suas propriedades no estado fresco e endurecido, com foco em desempenho físico e viabilidade para uso sustentável na construção civil.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

As argamassas são materiais formados por aglomerantes, agregados miúdos e água, podendo conter aditivos ou adições, utilizados em diversas etapas da construção, como revestimento, assentamento, contrapiso e regularização de superfícies. Suas propriedades variam conforme a dosagem, os materiais empregados e a finalidade de uso, sendo divididas entre o estado fresco — com destaque para trabalhabilidade, consistência, densidade e teor de ar incorporado — e o estado endurecido, no qual se analisam aspectos como absorção por capilaridade, densidade aparente e resistência (Carasek, 2017; Cincotto *et al.*, 2017).

Entre os constituintes, os agregados miúdos naturais representam até 80% do volume total da argamassa e exercem influência direta sobre o empacotamento de partículas, o consumo de água e o comportamento físico do material (Carasek, 2017). A substituição parcial por resíduos com menor densidade, como o PET, pode alterar significativamente a densidade da mistura e o teor de ar incorporado. Além disso, a granulometria do PET e sua superfície lisa e hidrofóbica favorecem a dispersão na matriz e contribuem para a redução da absorção de água por capilaridade — fator relevante em argamassas de revestimento sujeitas à umidade (Vaz, 2016).

O teor de ar incorporado, por sua vez, depende da densidade e forma das partículas dos agregados. Agregados poliméricos tendem a aumentar esse teor, o que pode reduzir a densidade de massa e influenciar positivamente a trabalhabilidade, desde que dentro dos limites estabelecidos por normas técnicas, como a ASTM C270 (2019), que estabelece um máximo de 14% para argamassas de uso geral. Já a absorção de água por capilaridade é diretamente relacionada à porosidade da mistura, sendo desejável sua redução em sistemas de revestimento para minimizar patologias ligadas à umidade (ABNT, 2005).

Assim, a substituição parcial da areia por PET deve ser cuidadosamente analisada em relação aos parâmetros normativos e às exigências técnicas da aplicação, com atenção às alterações na densidade, na porosidade e na consistência da argamassa. A incorporação do PET pode resultar em misturas mais leves, com menor absorção e boa trabalhabilidade, desde que respeitados critérios de dosagem e proporção adequados à função da argamassa na obra.

3. METODOLOGIA

3.1. CARACTERIZAÇÃO DE MATERIAIS ANIDROS

A caracterização física dos materiais foi realizada por meio de ensaios de massa específica, massa unitária, granulometria e finura. A massa específica dos aglomerantes foi determinada pelo método do frasco de Le Chatelier, enquanto a dos agregados miúdos (areia e PET) foi obtida pelo ensaio com picnômetro. A massa unitária dos agregados miúdos foi determinada conforme a NBR 16972 (ABNT, 2021) e a análise granulométrica foi realizada por peneiramento, com base na NBR 17054 (ABNT, 2022b) Para o cimento, a finura foi determinada conforme a NBR 11579 (ABNT, 2012).

A caracterização química dos aglomerantes foi realizada por fluorescência de raios X (FRX), utilizando o equipamento EDX-720 da marca Shimadzu. O agregado miúdo alternativo (PET) foi submetido à análise termogravimétrica (TGA), conduzida em termobalança da marca Shimadzu, modelo DTG-60H – Simultaneous DTA-TGA Apparatus. O ensaio foi realizado em atmosfera de nitrogênio, com cadinho de alumina, fluxo de 50 mL/min e razões de aquecimento de 5, 10 e 15 °C/min, cobrindo a faixa de temperatura entre o ambiente e 900 °C, com massa de amostra em torno de 3,0 ± 0,5 g.

A caracterização mineralógica do PET foi realizada por difração de raios X (DRX), utilizando o equipamento Shimadzu XRD-6000, com radiação CuKα, tensão de 40 kV, corrente de 30 mA, em modo fixed time, com passo de 0,02° e tempo de contagem de 0,6 s, cobrindo o intervalo de 10° a 60° (2θ).

3.2. MATERIAIS

Os materiais utilizados neste estudo foram cimento Portland CP II-Z 32, cal hidratada do tipo CH-I, agregado miúdo natural, agregado polimérico (PET) e água. Nos ensaios laboratoriais, o cimento apresentou massa específica de 3,15 g/cm³, massa unitária de 1,15 g/cm³ e finura de 2,84%, com composição química caracterizada por 74,85% de óxido de cálcio (CaO) e 16,59% de dióxido de silício (SiO_2), sendo os demais óxidos presentes em teores inferiores a 5%. A cal hidratada, do tipo CH-I e com base calcítica, apresentou massa específica de 2,63 g/cm³ e massa unitária de 0,42 g/cm³, sendo composta majoritariamente por CaO (92,35%) e MgO (0,89%), conforme análise por fluorescência de raios X. O agregado miúdo, do tipo natural, obtido de jazida localizada no leito do Rio Paraíba, apresentou massa unitária de 1,4 g/cm³, massa específica de 2,56 g/cm³, com diâmetro máximo característico de 2,4mm e módulo de finura de 2,25, sendo caracterizado como uma areia do tipo fina e média. O agregado polimérico foi obtido por trituração de garrafas PET recicladas, sendo classificado como plastômero. Já a água utilizada para mistura e cura foi fornecida pela Companhia de Águas e Esgotos da Paraíba (CAGEPA).

3.3. DOSAGEM E MOLDAGEM DOS CORPOS DE PROVA

As argamassas foram dosadas na proporção 1:2:9 (cimento:cal:agregado miúdo), em volume, com substituições parciais da areia por PET nos teores de 5%, 10% e 15% em massa. A relação água/cimento variou conforme o índice de consistência de cada traço. A Tabela 1 apresenta o traço em massa utilizado para cada composição. Para os ensaios de resistência à compressão, absorção por capilaridade e massa específica aparente, foram moldados corpos de prova cilíndricos (9 por traço e por idade). Para o ensaio de resistência à tração na flexão, foram moldados corpos de prova prismáticos (3 por traço e por idade). As idades de cura avaliadas foram 7, 14, 28 e 56 dias. Ao todo, foram moldados 192 corpos de prova, sendo 144 cilíndricos e 48 prismáticos. A moldagem seguiu os procedimentos da NBR 7215 (ABNT, 2025), com preenchimento em quatro camadas, adensadas com 30 golpes de soquete por camada. Após 24 horas, os corpos de prova foram desmoldados e mantidos em cura úmida até a realização dos ensaios.

Argamassa	Cimento (g)	Cal (g)	Areia (g)	PET (g)	Relação a/agl.
REF	1575	1150	17273	0	1,75
5% PET	1575	1150	16406	866	1,52
10% PET	1575	1150	15546	1727	1,54
15% PET	1575	1150	14682	2591	1,55

Tabela 1: Traço em massa para os corpos de prova de cada teor.
Fonte: Os autores (2025).

3.4. ENSAIOS NO ESTADO FRESCO

A consistência das argamassas foi determinada conforme a NBR 13276 (ABNT, 2016), utilizando-se o ensaio da mesa de consistência, sendo adotado como referência o espalhamento de 255 ± 10 mm. A densidade de massa fresca e o teor de ar incorporado foram obtidos de acordo com a NBR 13278 (ABNT, 2005a), por meio de recipiente cilíndrico calibrado. O teor de ar incorporado foi calculado a partir da Equação 1.

$$A = 100\left(1 - \frac{d}{d_t}\right) \text{ (Equação 1)}$$

Em que *A* é o teor de ar incorporado (%), *d* é a densidade da argamassa fresca (kg/m³) e d_t é a densidade teórica da argamassa, que é dada pela Equação 2.

$$d_t = \frac{\sum m_i}{\sum\left(\frac{m_i}{\gamma_i}\right)} \text{ (Equação 2)}$$

Sendo m_i a massa seca de cada componente da argamassa juntamente com a massa da água, e γ_i a respectiva massa específica de cada material.

3.5. ENSAIOS NO ESTADO ENDURECIDO

A absorção de água por capilaridade foi determinada segundo a NBR 15259 (ABNT, 2005d), utilizando corpos de prova cilíndricos parcialmente imersos em água por 10 e 90 minutos. A absorção foi calculada pela variação de massa no período, e o coeficiente de capilaridade pela diferença entre essas duas medições, expressos em g/cm² e g/cm².min$^{1/2}$, respectivamente. A densidade de massa aparente foi obtida conforme a NBR 13280 (ABNT, 2005b), pela razão entre a massa e o volume geométrico dos corpos de prova secos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nessa seção sugere-se apresentar um resumo dos principais achados, bem como limitações do estudo e recomendações para pesquisas futuras.

4.1. CARACTERIZAÇÃO DO AGREGADO POLIMÉRICO

A caracterização física do Politereftalato de Etileno (PET) triturado revelou valores médios de 0,54 g/cm³ para a massa unitária e 1,45 g/cm³ para a massa específica real, indicando reduções de aproximadamente 61,4% e 43,4%, respectivamente, em relação aos valores da areia natural utilizada. Quanto à granulometria, o PET apresentou módulo de finura de 1,55 e diâmetro máximo de 0,6 mm. De acordo com a NBR 7211 (ABNT, 2022a), esse módulo o enquadra na zona utilizável inferior, caracterizando-o como um agregado miúdo muito fino. Essa classificação é relevante, pois as dimensões reduzidas do material afetam o empacotamento dos grãos, a relação água/cimento necessária para a trabalhabilidade da argamassa e a formação de vazios no estado endurecido, influenciando assim diversas propriedades físicas e mecânicas da mistura.

Com base nesses resultados, já é possível esperar que a adição progressiva do PET às argamassas leve à redução da densidade final dos traços, devido à menor massa do material substituinte. Além disso, considerando sua granulometria mais fina, espera-se também um aumento na demanda de água para manter a consistência desejada no estado fresco, o que pode influenciar o teor de vazios e, consequentemente, propriedades como a absorção e densidade de massa aparente.

A caracterização do agregado polimérico por meio de análise termogravimétrica (TGA) e difração de raios X (DRX) encontra-se ilustrada na Figura 1, sendo a curva TGA representada em (A) e o difratograma de DRX em (B). A curva TGA evidencia duas etapas distintas de perda de massa: a primeira entre aproximadamente 360 °C e 481 °C, correspondendo à decomposição principal do PET, com redução de cerca de 82% da massa inicial; e a segunda, entre 481 °C e 780 °C, atribuída à queima dos resíduos carbonizados formados anteriormente, resultando na eliminação total do material. Esse comportamento é coerente com resultados reportados por Bannach *et al.* (2011), que também identificaram essas duas fases de perda, e por Singh *et al*. (2020), que situam a faixa de degradação inicial entre 450 °C e 550 °C.

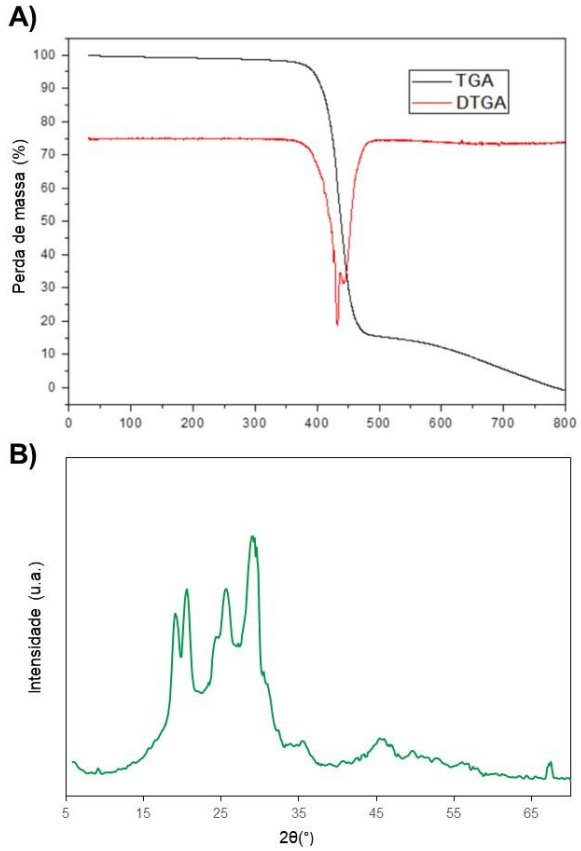

Figura 1: Análise termogravimétrica (A) e Difração de raios-X (B) do politereftalato de etileno triturado.
Fonte: Os autores (2025).

Já o difratograma de raios X mostra que o PET triturado apresenta estrutura parcialmente cristalina, com picos de difração identificados nos ângulos 2θ de 16,25°, 17,62°, 21,48°, 22,71°, 26,10°, 26,67º, 32,66°, 42,65° e 46,70°, revelando conformidade com o padrão de referência da ficha 00-060-0989 (DP3) do banco de dados *Internacional Centre of Diffraction Data (ICDD)*. O pico em 26,67° sugere possível cristalização por deformação, embora essa hipótese não possa ser confirmada de forma conclusiva devido à sobreposição com a fase primária. Essas análises contribuem para uma compreensão mais aprofundada da estabilidade térmica e da natureza estrutural do PET utilizado, fornecendo subsídios para a interpretação de seu comportamento nas argamassas analisadas neste estudo.

4.2. ENSAIOS NO ESTADO FRESCO

A análise dos resultados do ensaio de consistência, apresentados na Figura 2 (A), revelou que, com o aumento do teor de PET nas argamassas, houve redução progressiva da relação água/aglomerante necessária para atingir o índice de espalhamento de 255 ± 10 mm. Em comparação com a argamassa de referência, as reduções foram de 11,43%, 12,0% e 13,14% para os teores de 5%, 10% e 15% de PET, respectivamente. Esse comportamento indica maior eficiência na obtenção da consistência desejada com menores teores de água quando há adição do polímero.

Esse efeito pode ser explicado por diferentes mecanismos. A literatura sugere que a granulometria fina do PET contribui para o melhor empacotamento das partículas da mistura, reduzindo os vazios entre os grãos de areia e aumentando a coesão da massa (Damineli *et al*., 2017). Além disso, a superfície lisa e pouco porosa das partículas de PET favorece o escorregamento entre os grãos, elevando a mobilidade da argamassa (Silva, 2014). Também se destaca o fato de o PET ser quimicamente inerte e apresentar comportamento hidrofóbico (Jucá, 2017), o que evita a absorção de água pelas partículas do agregado alternativo, mantendo maior volume de água livre disponível para lubrificação da mistura.

Dessa forma, os resultados de consistência obtidos neste estudo corroboram as observações anteriores, permitindo inferir que a adição do PET contribui para a redução da demanda de água e, consequentemente, para a melhoria da trabalhabilidade das argamassas.

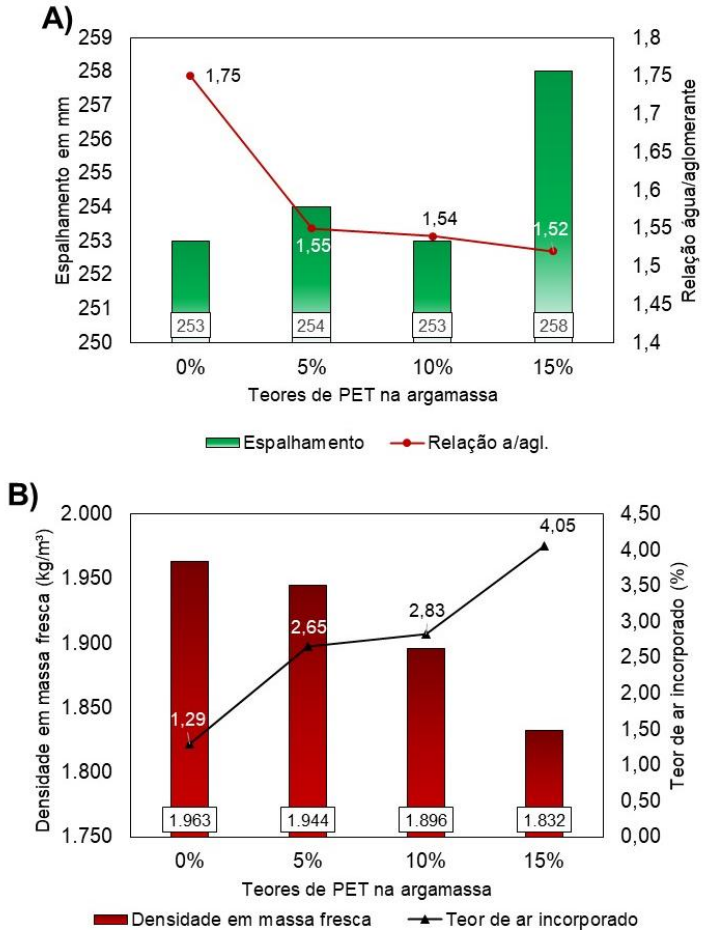

Figura 2: Propriedades das argamassas no estado fresco em função do teor de PET: A) Espalhamento e relação água/aglomerante; B) Densidade de massa fresca e teor de ar incorporado.
Fonte: Os autores (2025).

Ademais, a adição de PET à mistura ocasionou redução progressiva na densidade de massa fresca das argamassas, como mostra a Figura 2 (B). Tal comportamento está associado à menor densidade do polímero em relação ao agregado miúdo convencional. Valores de densidade entre

1.963 kg/m³ e 1.832 kg/m³ foram obtidos, mantendo todas as argamassas dentro da faixa estipulada pela NBR 13281 (ABNT, 2005c) para argamassas normais (entre 1800 kg/m³ e 2200 kg/m³). Isso indica que, mesmo com a substituição parcial da areia pelo PET, as argamassas ainda podem ser utilizadas em aplicações convencionais.

Quanto ao teor de ar incorporado, observou-se um aumento proporcional ao teor de polímero adicionado, variando de 1,29% na amostra de referência para até 4,05% na mistura com 15% de PET. Esse comportamento é atribuído à natureza física do PET, que pode favorecer a formação e retenção de bolhas de ar durante a mistura, conforme discutido por Vaz (2016). No entanto, mesmo com esse acréscimo, os valores permanecem muito abaixo do limite de 14% estipulado pela ASTM C270 (ASTM, 2019), indicando que o impacto do aumento de ar incorporado não compromete a qualidade da mistura e pode, inclusive, ter colaborado com a melhora da trabalhabilidade observada.

4.3. ENSAIOS NO ESTADO ENDURECIDO

4.3.1 Determinação da absorção de água por capilaridade

A Figura 3 apresenta os valores médios de absorção por capilaridade das argamassas aos 10 e 90 minutos, bem como os coeficientes de capilaridade médios obtidos para cada teor de PET. De modo geral, observou-se uma tendência clara de redução progressiva da absorção por capilaridade à medida que se aumentou o percentual de PET na mistura. A amostra com 15% de PET apresentou os menores valores, com reduções de aproximadamente 17% e 22% em comparação à argamassa de referência, nos tempos de 10 e 90 minutos, respectivamente.

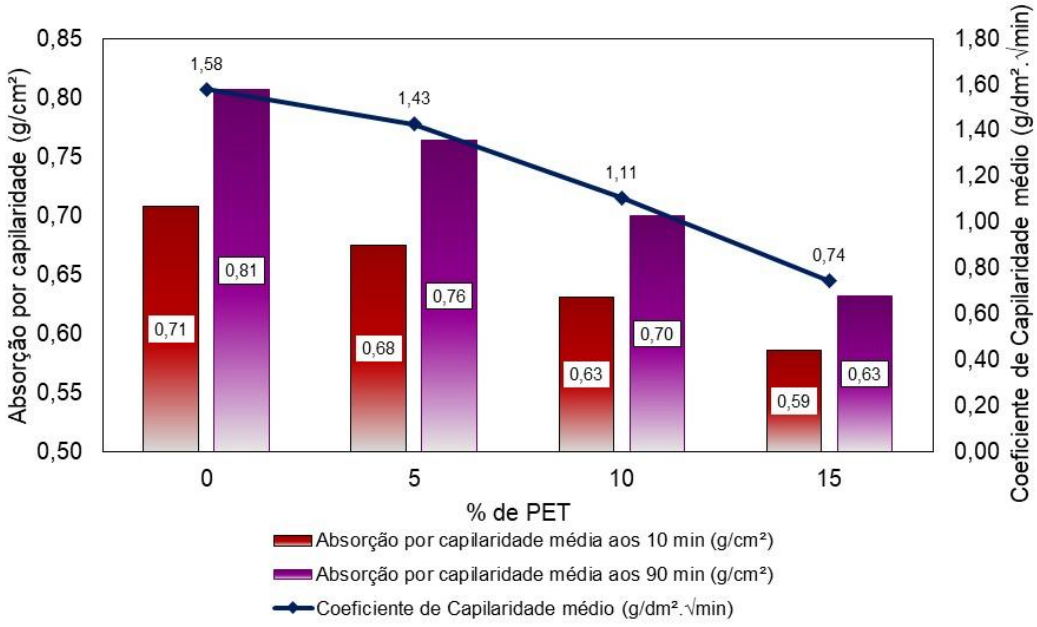

Figura 3: Valores médios de absorção por capilaridade aos 10 e 90 minutos e coeficiente de capilaridade das argamassas com diferentes teores de PET.
Fonte: Os autores (2025).

O mesmo comportamento foi identificado no coeficiente de capilaridade, cujo valor decresceu gradativamente, atingindo uma redução de mais de 50% entre a amostra com 0% e a de 15% de PET. Todas as formulações se enquadraram nas classes C1 e C2 da NBR 13281 (ABNT, 2005c), atendendo às exigências para aplicações convencionais, incluindo aquelas sujeitas ao contato com água de chuva.

Essa redução pode ser atribuída à menor necessidade de água das misturas com PET, visto que o polímero não é higroscópico e já havia promovido maior trabalhabilidade no estado fresco, reduzindo a quantidade de água livre na matriz. Esse fator limitou a formação de vazios de

amassamento, como também apontado por Daminelli *et al*. (2017), resultando em um sistema mais compacto e menos poroso.

Adicionalmente, a granulometria fina do PET (módulo de finura 1,55 e diâmetro máximo de 0,6 mm) favoreceu o empacotamento das partículas e o preenchimento dos vazios deixados pelo agregado natural. Essa reorganização da matriz granular contribui para a formação de uma microestrutura mais densa, com menor porosidade capilar, o que tende a favorecer a durabilidade da argamassa ao dificultar a penetração de agentes agressivos e mitigar processos de degradação associados ao transporte de umidade e íons deletérios (HOU *et al., 2023)*.

4.3.2 Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido

A Figura 4 apresenta os valores de densidade de massa aparente obtidos para as argamassas com diferentes teores de PET reciclado ao longo das idades de cura de 7, 14, 28 e 56 dias. Observa-se que a substituição parcial do agregado miúdo pelo polímero ocasionou reduções sistemáticas na densidade das argamassas em comparação à referência, comportamento já esperado em função da menor massa específica do PET (cerca de 43,4% inferior à da areia).

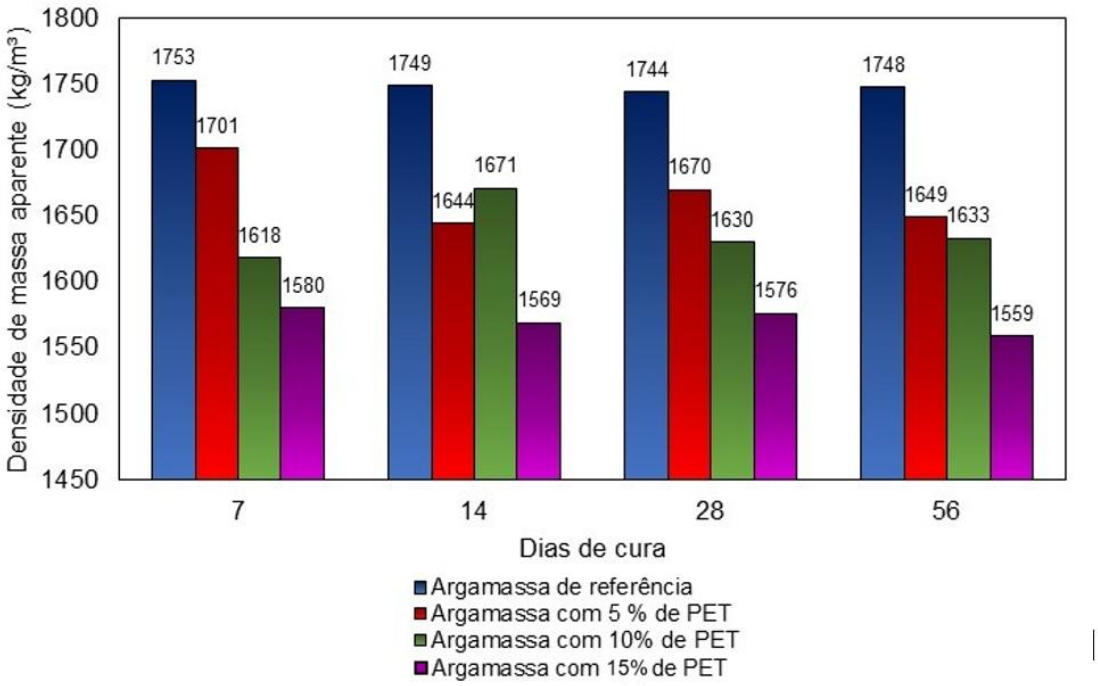

Figura 4 - Densidade de massa aparente das amostras ao decorrer do tempo de cura.
Fonte: os autores (2025).

Considerando a idade de 28 dias, observam-se reduções de 4,24%, 6,54% e 9,63% para os teores de 5%, 10% e 15% de PET, respectivamente. Tais resultados estão em consonância com outros estudos que também identificaram queda na densidade com a substituição da areia por agregados plásticos leves (Silva, 2019; Barros, 2018).

Apesar da redução dessa propriedade, todas as argamassas avaliadas se enquadraram nas classes M4 e M5 da NBR 13281 (ABNT, 2005c), com valores de densidade entre 1400 e 2000 kg/m³, o que permite sua utilização em aplicações convencionais de revestimento e assentamento, mantendo a compatibilidade com os critérios normativos.

5. CONCLUSÕES

A substituição parcial do agregado miúdo por PET reciclado triturado influenciou significativamente as propriedades físicas das argamassas estudadas. A caracterização física e térmica do PET indicou baixa densidade, elevada estabilidade térmica e estrutura parcialmente cristalina. Como consequência, observou-se redução progressiva na densidade das argamassas, tanto no estado fresco quanto no endurecido, além de diminuição da absorção por capilaridade e dos coeficientes de capilaridade.

Apesar da incorporação de ar apresentar aumento com o teor de PET, todos os valores se mantiveram dentro dos limites normativos. A melhora na consistência com menor consumo de água sugere boa trabalhabilidade das argamassas com PET, mesmo com o aumento do teor de substituição. Esses resultados indicam que o uso de PET reciclado pode contribuir para a produção de argamassas mais leves e com menor absorção, favorecendo sua aplicação em ambientes úmidos e sistemas de revestimento sustentáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIPET – Associação Brasileira da Indústria do PET. **O que é PET**. Disponível em: https://abipet.org.br/o-que-e-pet/. Acesso em: 15 de março de 2025.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211: Agregados para concreto -** Especificação**.** Rio de Janeiro, 2022a.

—. **NBR 7215: Cimento Portland** – Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 2019.

—. **NBR 11579: Determinação do índice de finura do cimento**. Rio de Janeiro, 2012.

—. **NBR 13276: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos** – Determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2016.

—. **NBR 13278: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos**– Determinação da densidade de massas e do teor de ar incorporado. Rio de Janeiro, 2005a.

—. **NBR 13280: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos** – Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido. Rio de Janeiro, 2005b.

—. **NBR 13281: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos** – Requisitos. Rio de Janeiro, 2005c.

—. **NBR 15259: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos** – Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade. Rio de Janeiro, 2005d.

—. **NBR 16972: Agregados -** Determinação da massa unitária e do índice de vazios. Rio de Janeiro, 2021.

—. **NBR 17054: Agregados -** Determinação da composição granulométrica – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2022b.

ASTM – AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **C-270: Standard specification for mortar for unit masonry**. United States, 2019.

BANNACH, G.; PERPÉTUO, G. L.; CAVALHEIRO, E. T. G.; CAVALHEIRO, C. C. S.; ROCHA, R. R. Efeitos da história térmica nas propriedades do polímero PET: um experimento para ensino de análise térmica. **Química Nova**, v. 34, n. 10, p. 1825-1829, 2011.

BARBHUIYA, S.; DAS, B. B.; ADAK, D. A comprehensive review on integrating sustainable practices and circular economy principles in concrete industry. **Journal of Environmental Management**, v. 370, p. 122702, 2024

BARROS, I. M. D. S**. Análise térmica e mecânica de argamassa de revestimento com adição de vermiculita expandida em substituição ao agregado**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Construção Sustentável**. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/planejamento-ambiental-e-territorial-urbano/urbanismo-sustentavel/constru%C3%A7%C3%A3o-sustent%C3%A1vel.html>. Acesso em: 15 mar 2025.

CARASEK, H. **Argamassas de revestimento e assentamento: composição, propriedades e aplicações**. São Paulo: PINI, 2017.

CINCOTTO, M. A.; SILVA, D. A.; MONTEIRO, P. J. M. **Materiais de construção civil: propriedades e aplicações**. 3. ed. São Paulo: Elsevier, 2017.

DAMINELI, B. L.; PILEGGI, R. G. ; JOHN, V. M. . Influence of packing and dispersion of particles on the cement content of concretes. **Revista Ibracon de Estruturas e Materiais**, v. 10, p. 998-1024, 2017.

HOU, S.; CHE, Y.; LU, N.; HUANG, Y.; HOU, G.; GAO, Y.; LIANG, C. Sustainable utilization of hybrid recycled powder and recycled polyethylene terephthalate fiber in mortar: Strength, durability and microstructure. **Journal of building engineering**, v. 63, p. 105541–105541, 2023

JUCÁ, P.H.O. **Estudo das propriedades mecânicas em diferentes temperaturas do PET e ensaios de arrancamento com tratamento em matriz cimentícia a base de cimento portland.** 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil), Universidade Federal do Pampa. Alegrete, 2017.

MELLO, A. L. **Utilização de resíduos de PEAD como alternativa aos agregados naturais em argamassa**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana), Universidade Federal da Bahia. Salvador. 2011.

OLIVEIRA, J. M.; JÚNIOR, A. C. L.; SANTOS, D. G. Ações voltadas à redução, reutilização e reciclagem de resíduos na construção de edifícios. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 10, n. 78, 2022.

SILVA, A. M.; BRITO, J.; VEIGA, R. Incorporation of fine plastic aggregates in rendering mortars. **Construction and Building Materials**, v. 71, p. 226-236, 2014.

SILVA, R.O. **Avaliação da viabilidade da substituição de parcial do agregado miúdo por politereftalato de etileno (PET) em argamassas.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil), Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2019.

SINGH, R.K.; RUJ, B.; SADHUKHAN, A.K.; GUPTA, P. A TG-FTIR investigation on the co-pyrolysis of the waste HDPE, PP, PS and PET under high heating conditions. **Journal of the Energy Institute**, v. 93, n. 3, p. 1020-1035, 2020.

VAZ, C. E. **Avaliação de desempenho de argamassa modificada**: com areia de pet. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil), Universidade Federal do Pampa. Alegrete, 2016.