

Comportamento mecânico de argamassas produzidas com PET triturado em substituição parcial ao agregado convencional

Mechanical behavior of mortars produced with crushed PET partially replacing conventional fine aggregate

Comportamiento mecánico de morteros elaborados con PET triturado en sustitución parcial del árido convencional

Recebido: 01/02/2022 | Revisado: 06/02/2022 | Aceito: 06/03/2022 | Publicado: 13/03/2022

Solange da Rocha Patrício

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3886-3129>
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
E-mail: solapatricio@hotmail.com

Ana Maria Gonçalves Duarte Mendonça

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4595-2959>
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
E-mail: ana.duartemendonca@gmail.com

John Kennedy Guedes Rodrigues

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0340-5567>
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
E-mail: profkennedy@hotmail.com

Loredanna Melyssa Costa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0907-3444>
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
E-mail: loredannamcs@gmail.com

Danielly do Nascimento Silva Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6811-749X>
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
E-mail: daninascimento.eng@gmail.com

Jonny Dantas Patrício

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6903-7851>
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
E-mail: jonny_dantas@hotmail.com

Resumo

O polietileno tereftalato (PET) se tornou um dos materiais plásticos mais utilizados mundialmente devido à sua versatilidade e baixo custo de produção. Todavia, problemas ambientais decorrem da destinação inadequada deste material e dos grandes volumes ocupados em aterros sanitários, considerando o longo tempo de decomposição do PET. Nesse cenário, a indústria da construção civil possui grande potencial para incorporação de resíduos advindos de outros sistemas produtivos. Dentre as alternativas para o emprego do PET, cita-se a incorporação em traços para a produção de concreto e argamassas em geral. Desta forma, este estudo objetivou avaliar as propriedades mecânicas de argamassas produzidas com substituição parcial do agregado miúdo por PET triturado. Para tanto, dois traços foram produzidos com diferentes proporções de aglomerante e agregado miúdo utilizando cimento Portland CP II Z-32, cal, areia e PET triturado nas porcentagens de 5%, 10%, 15%, 20% e 25% em substituição à areia. Ensaios de resistência à compressão simples e resistência à tração por compressão diametral foram realizados. Observou-se um aumento de ambas as resistências determinadas com o aumento da porcentagem de PET a partir dos 14 dias. Os resultados obtidos indicam que a utilização de PET em substituição parcial ao agregado miúdo convencional pode promover melhorias nas propriedades mecânicas de argamassas.

Palavras-chave: Argamassa; PET triturado; Propriedades mecânicas.

Abstract

Polyethylene terephthalate (PET) has become one of the most used plastic materials worldwide owing to its versatility and low production costs. However, environmental issues arise from the inadequate disposal of this material and the considerable volume it occupies in sanitary landfills, particularly because the long decomposition time of PET. Considering this scenario, the construction industry has a considerable potential to incorporate wastes from other productive systems. In this regard, concrete and mortar can be an alternative to incorporate PET. Thus, this study aimed to evaluate the mechanical properties of mortars produced with a partial replacement of fine aggregate by

crushed PET. Two mix designs with different binder/ fine aggregate ratios were produced using Portland cement CP II Z-32, lime, sand, and crushed PET replacing 5%, 10%, 15%, 20%, and 25% of sand. The compressive strength and splitting tensile strength were determined. As a result, it was observed that both compressive and splitting tensile strength values increased with increasing PET percentages from the age of 14 days. These results indicate that the use of PET replacing the conventional fine aggregate can improve the mechanical properties of mortars.

Keywords: Mortar; Crushed PET; Mechanical properties.

Resumen

El tereftalato de polietileno (PET) se ha convertido en uno de los materiales plásticos más utilizados a nivel mundial debido a su versatilidad y bajo costo de producción. Sin embargo, los problemas ambientales surgen por la inadecuada disposición de este material y los grandes volúmenes que ocupan en los rellenos sanitarios, considerando el largo tiempo de descomposición del PET. En este escenario, la industria de la construcción tiene un gran potencial para incorporar residuos de otros sistemas productivos. Entre las alternativas para el uso del PET, se menciona su incorporación en trazas para la elaboración de hormigones y morteros en general. Así, este estudio tuvo como objetivo evaluar las propiedades mecánicas de los morteros producidos con sustitución parcial del agregado fino por PET triturado. Para ello se produjeron dos trazas con diferentes proporciones de ligante y agregado fino utilizando cemento Portland CP II Z-32, cal, arena y PET triturado en los porcentajes de 5%, 10%, 15%, 20% y 25% en sitio. De la arena se realizaron ensayos simples de resistencia a la compresión y resistencia a la tracción por compresión diametral. Hubo un aumento de ambas resistencias determinado con el aumento del porcentaje de PET a partir de los 14 días. Los resultados obtenidos indican que el uso de PET como sustituto parcial del árido fino convencional puede promover mejoras en las propiedades mecánicas de los morteros.

Palabras clave: Mortero; PET triturado; Propiedades mecánicas.

1. Introdução

O crescimento populacional, associado à elevação da urbanização e às alterações nos padrões de produção e consumo de bens, configuram os principais fatores que acarretam o aumento da geração de resíduos sólidos (Esmaeilian et al., 2018). Esses resíduos, por sua vez, afetam a sustentabilidade em escala global, devido aos danos ambientais e sociais desencadeados pelos elevados montantes e pelo descarte inadequado (Nogueira et al., 2020).

Os materiais plásticos são na atualidade um dos principais constituintes do lixo doméstico e industrial, aspecto que se justifica pela elevada versatilidade, que permite ser empregado na confecção de embalagens e outros materiais (Assis & Santos, 2020). Estimativas indicam que até 2015 foram gerados aproximadamente 6.300 milhões de toneladas de plásticos em todo o mundo, enquanto as nações só conseguem reciclar até 5,9% da demanda (Almeshal et al., 2020). Outro fator relevante é a durabilidade, uma vez que podem demorar séculos para se decompor no meio ambiente, culminando no acúmulo em aterros sanitários e na poluição ambiental, quando descartados de forma inadequada (Freitas et al., 2020).

Dentre os plásticos mais difundidos, dar-se destaque ao polietileno tereftalato (PET), por apresentar boas características químicas, físicas e mecânicas, e, por possuir boa reciclabilidade (Passatore, 2013). No Brasil, em 2020, a capacidade de produção chegou a 1 milhão de toneladas por ano, enquanto o potencial de reciclagem, corresponde a 450 mil toneladas, conforme a Associação Brasileira da Indústria do PET (ABIPET, 2021).

De maneira análoga ao que acontece com os demais materiais plásticos, os resíduos oriundos do descarte do PET recebem destinações insustentáveis (Prata et al., 2019). Logo, afeta principalmente os organismos aquáticos e a composição do solo (Stone et al., 2019) e apresenta longa permanência na natureza após o descarte, podendo superar mil anos (Koshti et al., 2018).

Em contrapartida, nota-se que a indústria da construção civil se configura como um dos segmentos com maior demanda de recursos naturais, condição que também desperta preocupações quanto à sustentabilidade do setor, devido à escassez e ao risco de esgotamento das matérias primas (Leal, 2021). Todavia, se caracteriza como um segmento que possui grande potencial para incorporação de resíduos advindos de outros sistemas produtivos, incluindo o PET (Şimşek & Uygunoğlu, 2018).

Diversos estudos versam sobre o incremento do PET como substituto parcial ou total do agregado miúdo em traços para a produção de concreto e argamassas em geral (Oliveira et al., 2011; Vidales *et al.*, 2014; Benosman et al., 2017; Kocot et al., 2021). Trata-se de uma alternativa benéfica ao meio ambiente e pode melhorar determinadas propriedades dos compósitos (Silva et al., 2014).

Diante disso, Latroch et al. (2018), afirma que por se tratar de um agregado leve, o PET contribui para a produção de produtos com menor densidade, aspecto que reduz o peso da estrutura, contribuindo ainda para menores riscos de danos estruturais e redução de custos; e melhora o isolamento térmico. Também há benefícios quanto à durabilidade, especialmente devido à menor penetração de água, maior resistência a meios quimicamente agressivos e melhor trabalhabilidade (Almeshal et al., 2020; Thiam & Fall, 2021).

Todavia, algumas condições findam por criar restrições quanto à empregabilidade desse material em produtos cimentícios, sobretudo, devido à perda de desempenho mecânico, decorrente da redução da resistência à compressão e da tração na flexão (Badache et al., 2018; Aocharom & Tickai, 2021).

Logo, as principais recomendações prescritas indicam para a necessidade de expandir a viabilidade da incorporação de PET em produtos que demandem poucos esforços de compressivos, e, melhorar o desempenho mecânico destes, a fim de destinar satisfatoriamente os resíduos, a partir da incorporação na construção civil.

Assim, este estudo tem como objetivo avaliar o comportamento mecânico de argamassas produzidas com PET triturado em substituição parcial ao agregado convencional

2. Metodologia

Para realização desta pesquisa foram utilizados os seguintes materiais:

Cimento: Cimento Portland pozolânico (CP II Z-32) com adição de material pozolânico que varia de 6% a 14% em massa, com maior impermeabilidade, melhor desempenho em ambientes agressivos e menor calor de hidratação.

Cal: Foi utilizada a cal calcítica hidratada conhecida comercialmente como Carbomil, fabricada no Município de Limoeiro do Norte, Ceará. Segundo Farias Filho (2007) esta cal é a que possui maior teor de hidróxido de cálcio dentre as cais encontradas no Nordeste do Brasil. A cal Carbomil é comercializada em sacos de papel “Kraft”, 3 camadas, de 20 kg. No laboratório foi acondicionada em sacos plásticos, lacrada e etiquetada para evitar a hidratação.

Areia: Agregado miúdo do tipo natural, areia quartzosa, proveniente de jazida do leito do Rio Paraíba.

Politereftalato de Etileno (PET): Polímero obtido da reciclagem de garrafas PET, classificado como plastômero, e com a denominação de PET. O PET foi adquirido na Indústria de DEPET Reciclagem localizada no município de Campina Grande, Paraíba.

Água: Utilizou-se água potável fornecida pela CAGEPA (Companhia de Água e Esgotos da Paraíba).

A caracterização física foi realizada através de ensaios de massa específica, massa unitária, área específica e granulometria, conforme apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Ensaios para caracterização física dos materiais.

Materiais	Ensaios	Resultados
Cimento Portland (CP II-Z)	- Massa específica (NBR NM 23/2001); - Massa unitária (NBR NM 45/2006); - Granulometria a laser.	3,15 g/cm ³ 1,15 g/cm ³ DM:11,10 µm, com D ₁₀ de 0,58 µm, D ₅₀ de 5,07 µm e D ₉₀ de 31,96 µm
Cal (CH I)	- Massa específica (NBR NM 23/2001); - Massa unitária (NBR NM 45/2006); - Granulometria a laser.	2,63 g/cm ³ 0,42 g/cm ³ DM: 0,10µm — 100µm, com diâmetro médio de 5,85µm e D ₁₀ de 1,49µm, D ₅₀ de 5,10µm e D ₉₀ de 11,12µm
Agregado Miúdo (Areia)	- Massa específica (NBR NM 52/2009); - Massa unitária (NBR NM 45/2006); - Granulometria (NBR NM 248/2003).	2,56 g/cm ³ 1,40 g/cm ³ Bem graduada (MD: 2,25mm)
Politereftalato de etileno (PET)	- Massa específica (NBR NM 52/2009); - Massa unitária (NBR NM 45/2006); - Granulometria a laser.	1,45g/cm ³ 0,54g/cm ³ DM:0,10µm — 100µm, com diâmetro médio de 91,84µm e D ₁₀ de 14,5µm, D ₅₀ de 67,26µm e D ₉₀ de 206,29µm.

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Nesta pesquisa foram utilizados em traço de argamassas de assentamento e um traço de argamassa de revestimento, nas proporções 1:2:9 (cimento:cal:areia:PET) e 1:1:6 (cimento:cal:areia:PET) em massa, respectivamente. Para os dois traços, têm-se as argamassas de referência (0%) de PET, e as argamassas nos percentuais de 5%, 10%, 15%, 20% e 25% de PET, em substituição parcial do agregado miúdo (areia). A Tabela 2, apresenta os valores dos traços em volume e em massa.

Tabela 2 - Valores dos traços em volume e em massa.

Traços	PET (%)	cimento:cal:areia:PET (m³)	cimento:cal:areia:PET (kg)
1:2:9 cim:cal:areia/ PET	0%	1:2:9:0	1:0,73:10,96:0
	5%	1:2:8,55:0,45	1:0,73:10,412:0,548
	10%	1:2:8,10:0,90	1:0,73:9,864:1,096
	15%	1:2:7,65:1,35	1:0,73:9,316:1,644
	20%	1:2:7,20:1,80	1:0,73:8,768:2,192
	25%	1:2:6,75:2,25	1:0,73:8,220:2,740
1:1:6 cim:cal:areia: PET	0%	1:1:6:0	1:0,36:7,30:0
	5%	1:1:5,70:0,30	1:0,36:6,935:0,365
	10%	1:1:5,40:0,60	1:0,36:6,570:0,730
	15%	1:1:5,10:0,90	1:0,36:6,205:1,095
	20%	1:1:4,80:1,20	1:0,36:5,840:1,460
	25%	1:1:4,50:1,50	1:0,36:5,475:1,825

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Para a preparação das argamassas estudadas, os materiais foram homogeneizados em um misturador mecânico com capacidade de 5l e em seguida os corpos de prova foram moldados utilizando moldes cilíndricos com dimensões 5 cm x 10 cm, seguindo os procedimentos estabelecidos pela NBR 7.215/2019 (ABNT,2019).

Após o desmolde, os corpos de prova foram identificados e em seguida acondicionados em sacos plásticos e etiquetados. Utilizou-se o processo de cura úmida, onde os corpos de prova ensacados foram colocados em tanques, cobertos com areia úmida e submetidos a períodos de cura de 7, 14, 28 e 56 dias (Figura 1).

Figura 1. Preparação, moldagem e cura das argamassas de assentamento e revestimento.



Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Para determinação das propriedades mecânicas das argamassas, foram realizados os seguintes ensaios:

Resistência à compressão simples

O ensaio para determinar a resistência à compressão simples foi realizado em corpos de prova com dimensões 5 cm x 10 cm (diâmetro x altura), para os períodos de 7, 14, 28, e 56 dias de cura, seguindo todas as prescrições indicadas pela NBR 13279/2005. Utilizou-se 04 corpos de prova de cada argamassa (traços 1:2:9 e 1:1:6 em massa) e determinou-se o valor médio. A prensa utilizada foi SHIMADZU AG-IS com célula de 100 KN, com a carga aplicada à velocidade de $0,25 \pm 0,05$ MPa/s, conforme apresentada na Figura 2.

Figura 2. Prensa SHIMADZU AG-IS.



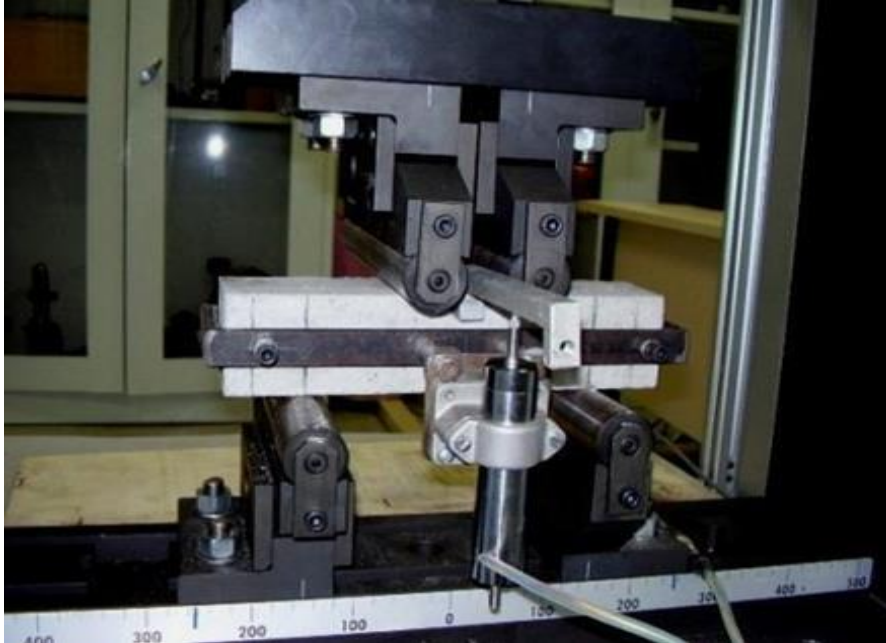
Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Resistência à tração na flexão

O ensaio de resistência à tração na flexão foi baseado na norma da ABNT NBR 13.279/2005 (ABNT, 2005). As amostras, compostas por quatro corpos de prova prismáticos com dimensões 50x50x230 mm, foram ensaiadas com 7, 14, 28 e 56 dias de idade, sendo submetidas a um carregamento aplicado em dois pontos até a ruptura.

O avanço da célula de carga foi constante em 0,1 mm/min, na prensa da marca Shimadzu, modelo AG-X 100 kN (Figura 3). Um transdutor foi instalado no centro do corpo de prova para as leituras dos deslocamentos durante o carregamento.

Figura 3. Prensa SHIMADZU AG-IS.



Fonte: Dados da pesquisa (2021).

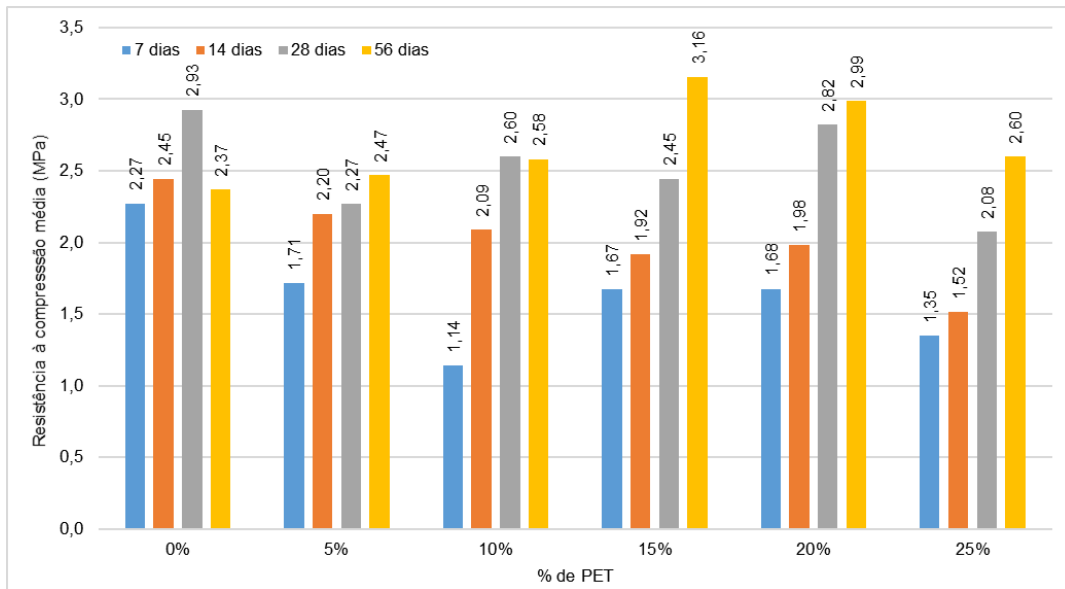
3. Resultados e Discussão

Esta seção apresenta e discute os resultados obtidos na fase experimental de produção e determinação das propriedades mecânicas das argamassas em estudo. Todos os resultados dos testes mecânicos foram obtidos a partir da média de três corpos de prova para cada teor de incorporação de PET triturado e para a argamassa de referência

3.1 Resistência a compressão simples – RCS

As Figuras 4 e 5 ilustram os resultados de resistência à compressão simples obtidos para os traços 1:2:9 e 1:1:6, aos 7, 14, 28 e 56 dias de cura.

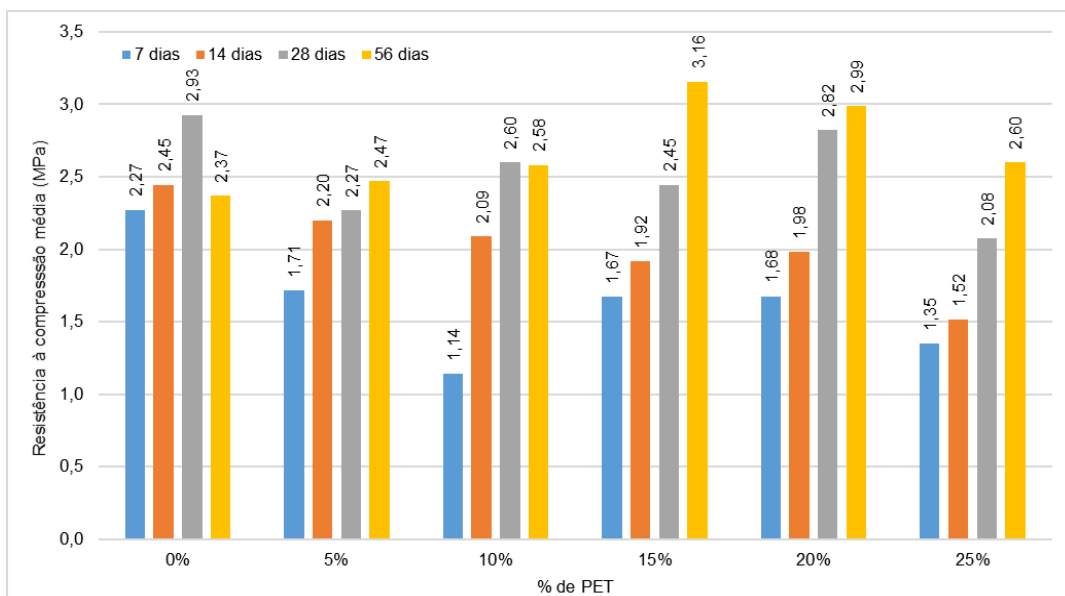
Figura 4. Resistência a compressão simples - Traço 1:2:9.



Fonte: Dados da pesquisa (2021).

De acordo com os resultados obtidos para o traço 1:2:9, observa-se que a Resistência a Compressão Simples - RCS das argamassas exibiram um aumento em termos de incorporação de PET e idade de cura. As argamassas incorporadas com 10%, 15%, 20% e 25% de PET, obtiveram melhor desempenho mecânico aos 56 dias de cura quando em comparação a argamassa de referência (1,34 MPa), com valores de 1,45 MPa (8,21%), 1,70 MPa (26,86%), 1,62 MPa (20,89%) e 1,51 MPa (12,69%), respectivamente. Observa-se também que aos 56 dias de cura as argamassas que apresenta melhor desempenho mecânico foram as que contêm percentual de PET correspondendo a 15%.

Figura 5. Resistência à compressão simples – Traço 1:1:6.



Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Para o traço 1:1:6, a argamassa de referência, aos 28 dias de cura, destacou-se por apresentar maior valor de resistência a compressão simples. Todavia, aos 56 dias, nota-se que as argamassas com PET incorporado obtiveram

desempenho superior, na ordem de 4,05%, 8,14%, 25%, 20,74% e 8,85%, para os teores de 5%, 10%, 15%, 20% e 25% de PET, respectivamente.

Deste modo, pode-se inferir que o traço 1:2:9 apresentou desempenho mecânico inferior ao traço 1:1:6. Este fato pode estar relacionado às proporções de aglomerante e agregado da mistura. Como a proporção do traço 1:2:9 é menor, ocorre uma diminuição na formação de produtos ao longo da hidratação, resultando em menores valores de resistência.

Considerando os parâmetros estabelecidos pela norma da ABNT NBR 13.281/2005, verifica-se que as argamassas do traço 1:2:9 se enquadram na classe P1, por apresentarem resistência $\leq 2,0$ MPa. Quanto ao traço 1:1:6, considerando os valores alcançados aos 28 dias de cura, as argamassas classificam-se como P2, cujo intervalo definido é de 1,5 MPa a 3,0 MPa. Vale destacar que as argamassas contendo 15% de incorporação de PET, aos 56 dias, apresentaram resultados que permitem classificá-las como P3, inerentes a valores de resistência a compressão no intervalo de 2,5 MPa e 4,5 MPa.

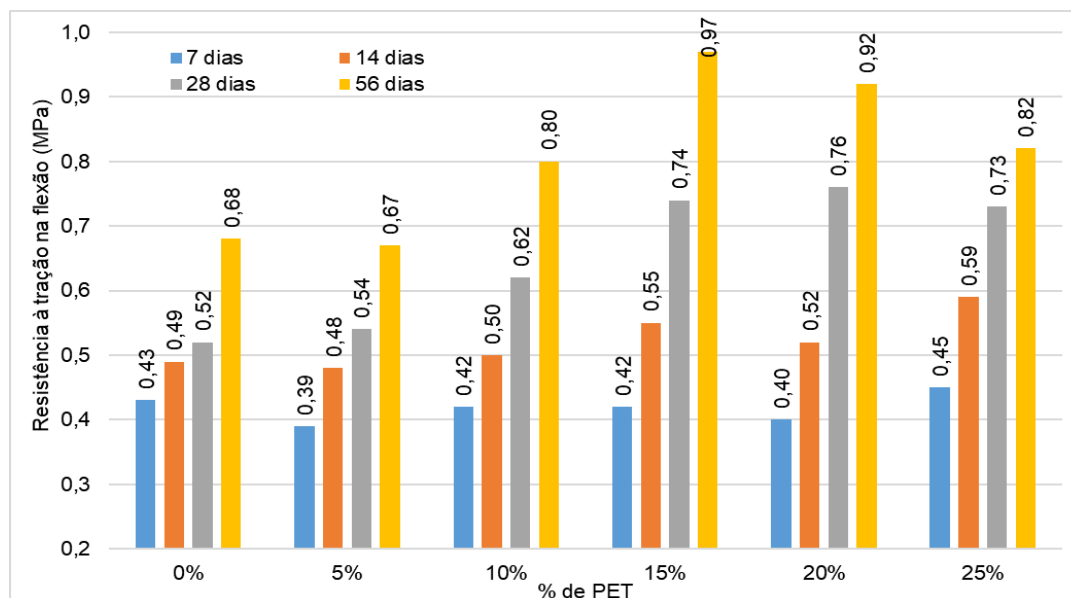
Ge et al. (2013), constataram que a amostra com 15% de partículas finas foi a que proporcionou os melhores resultados da resistência à compressão simples, de modo que à medida que esse percentual era aumentado, notava-se variações em relação à resistência e uma tendência à diminuição dessa propriedade. Esses resultados coincidem com o comportamento observado para os traços em estudo. Resultados promissores também foram encontrados para percentuais de 5% de incorporação de PET, exibindo elevação de resistência à compressão aos 28 dias de cura (ABED et al., 2021).

Entretanto, é pertinente enfatizar que há possibilidade de a adição de PET reduzir o desempenho mecânico das argamassas, devido à baixa aderência entre a pasta cimentícia e o agregado plástico, por se tratar de um material hidrofóbico (Bahij et al., 2020). Esse aspecto permite compreender o comportamento do traço 1:1:6, aos 28 dias de cura.

3.2 Resistência a tração na flexão - RTF

As Figuras 6 e 7 ilustram os resultados de resistência à tração na flexão obtidos para os traços 1:2:9 e 1:1:6, respectivamente.

Figura 6. Resistência à tração na flexão no traço 1:2:9.



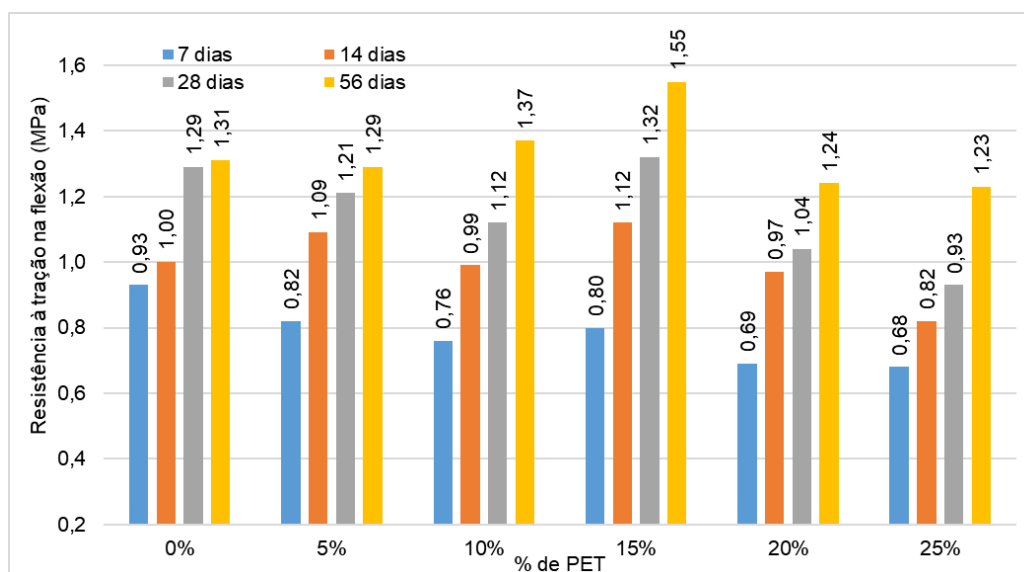
Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Conforme resultados obtidos, verifica-se que as argamassas obtidas para o traço o traço 1:2:9, apresentou aos 7 dias de cura, apresentam desempenho mecânico semelhante, visto que a argamassa de referência registrou resistência à tração na

flexão correspondente a 0,43 MPa, superior em 9,3%, 2,3%, 2,23% e 6,9%, quando em comparação com as argamassas com percentuais de 5%, 10%, 15% e 20% de PET, respectivamente. As argamassas com 25% de incorporação de PET apresentaram desempenho mecânico superior, com diferença de 0,2 MPa.

Para as argamassas com 10%, 15%, 20% e 25% de incorporação de PET aos 14 e 28 dias verificou-se um aumento na resistência a compressão simples. Para a idade de 56 dias, a argamassa com 5% de PET apresentou desempenho inferior à de referência.

Figura 7. Resistência à tração na flexão no traço 1:1:6.



Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Quanto ao traço 1:1:6, a argamassa de referência apresentou o melhor resultado para a idade de 7 dias de cura. Aos 14 dias, as argamassas com 5% e 15% foram as que se sobressaíram, com valores de resistência à tração na flexão de 8,2% e 10% superiores. Para 28 dias, a argamassa com 15% de PET registrou 3% a mais de resistência, quando comparada à argamassa de controle. E, aos 56 dias, os produtos com 10% e 15% de PET foram os que registraram melhor desempenho, 4,3% e 15,5%, superior ao de referência.

Ademais, verifica-se, em ambos os traços, que a resistência à tração na flexão aumenta com a idade de cura e que as argamassas com 15% de PET foram as que obtiveram o melhor desempenho, aos 56 dias. Quando comparados, nota-se que o traço 1:1:6 detém os maiores valores para esse parâmetro, fato explicado pela maior razão aglomerante/agregado, já discutida na resistência à compressão simples.

Conforme a norma da ABNT NBR 13.281/2005, as argamassas obtidas com o traço 1:2:9 são classificadas como classe R1, por apresentarem resistência à tração na flexão inferior a 1,5 MPa. Os produtos derivados do traço 1:1:6, para a idade de 28 dias de cura, também se enquadram nessa classe. Entretanto, considerando a idade de 56 dias, é possível classificar a argamassa com 15% de PET como R2, que apresenta intervalo entre 1,0 e 2,0 MPa.

Bahij *et al.* (2020) afirmam que a resistência à tração pode ser melhorada à medida que são incrementadas pequenas porcentagens de PET, pelo fato de que a resistência à tração desse material se destaca em relação aos demais constituintes da argamassa. Tal comportamento pôde ser constatado especialmente para o tempo de cura de 56 dias, para o traço 1:2:9.

É necessário ressaltar ainda que os estudos que abordam essa propriedade mecânica adotam a idade de 28 dias como referência. Todavia, dadas as particularidades do material polimérico, torna-se pertinente avaliar o comportamento para tempos de cura maiores, a exemplo do que foi empregado nesta análise.

4. Considerações Finais

De acordo com os resultados obtidos, pôde concluir que:

A resistência à compressão simples, para o traço 1:2:9, apresentaram um aumento tanto com a incorporação de PET quanto com a idade de cura, para as argamassas com teores de substituição parcial de 10%, 15%, 20% e 25% de PET, a partir dos 14 dias; Para o traço 1:1:6, aos 28 dias cura, percebe-se que a argamassa sem adição de PET demonstrou melhor desempenho para esse parâmetro mecânico. Todavia, aos 56 dias de cura, todas as argamassas com aditivo de PET mostraram maior resistência;

Para ambos os traços a substituição parcial de 15% resultou na melhor RCS, aos 56 dias de cura. Os valores de resistência do traço 1:1:6 são substancialmente superiores aos registrados para o traço 1:2:9. A partir da NBR 13.281/2005, as argamassas do traço 1:2:9 são enquadradas na classe P1, por apresentarem resistência $\leq 2,0$ Mpa. Já as argamassas do traço 1:1:6, pertencem à classe P3, cuja resistência varia entre 1,5 MPa a 3,0 MPa, aos 28 dias de cura;

De maneira análoga ao que foi observado para a RCS, na resistência à tração na flexão o traço 1:2:9 melhorou com o aumento do tempo de cura e com teor de PET incorporado. O mesmo comportamento se repete para o traço 1:1:6, contudo, a argamassa de referência apresentou melhor desempenho para este traço; Embora o traço 1:1:6 tenha apresentado melhor desempenho que o traço 1:2:9 para a resistência à tração na flexão, ambos são pertencem a classe R1 (resistência à tração na flexão inferior a 1,5 MPa), aos 28 dias de cura;

Trabalhos futuros relacionados ao tema deste estudo, devem abordar análises que busquem identificar a influência do PET triturado na durabilidade através do ensaio de resistência ao ataque por sulfatos das argamassas produzidas, bem como uma avaliação acerca da resistência a aderência visando estabelecer limites em função de sua aplicação.

Referências

- Abed, J. M, A Khaleel, B., Aldabagh, I. S. & Sor, N. H. (2021). The effect of recycled plastic waste polyethylene terephthalate (PET) on characteristics of cement mortar. *Journal of Physics: Conference Series*, 1973(1), 012121-28.
- Aocharoen, Y. & Chotickai, P. (2021). Compressive Mechanical Properties of Cement Mortar Containing Recycled High-Density Polyethylene Aggregates: Stress-Strain Relationship. *Case Studies Construction Materials*, 32(6), 752-63.
- Almeshal, I., Tayeh, B. A., Alyousef, R., Alabduljabbar, H., Mohamed, A. M. & Alaskar, A. (2020). Use of recycled plastic as fine aggregate in cementitious composites: a review. *Construction and Building Materials*, 253(6), 119146-53.
- ABNT (2001), NBR 13.281/2005: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos. Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- ABNT (2001), NBR NM 23/2001: Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação da massa específica. Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- ABNT (2003), NBR NM 248/2003: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- ABNT (2005), NBR 13.278/2005: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- ABNT (2006), NBR NM 45/2006: Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- ABNT (2009), NBR NM 52/2009: Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente. Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- ABNT (2019), NBR 7.215/2019: Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- Assis, M. W. V., Santos, T. T. (2020). Propriedades químicas, problemas ambientais e reciclagem de plástico: uma revisão de literatura. *Jornal Interdisciplinar de Biociências*, 5(1), 31-37.

- Associação Brasileira da Indústria do PET- ABIPET. (2021). *Indústria do PET no Brasil 2021*. <http://www.abipet.org.br/UserFiles/File/Site%201.pdf>
- Badache, A., Benosman, A. S., Senhadji, Y. & Mouli, M. (2018). Thermo-physical and mechanical characteristics of sand- based lightweight composite mortars with recycled high-density polyethylene (HDPE). *Construction and Building Materials*, 163(8), 40-52.
- Bahij, S., Omary, S., Feugeas, F. & Faqiri, A. (2020). Fresh and hardened properties of concrete containing different forms of plastic waste – A review. *Waste Management*, [S.L.], 113 (5), 157-75.
- Benosman, A. S., Taibi, H., Senhadji, Y., Mouli, M., Belbachir, M. & Bahlouli, M. I. (2017). Plastic waste particles in mortar composites: sulfate resistance and thermal coefficients. *Progress in Rubber Plastics and Recycling Technology*, 33(3), 171-202.
- Esmailian, B., Wang, B., Lewis, K., Duarte, F., Ratti, C. & Behdad, S. (2018). The future of waste management in smart and sustainable cities: a review and concept paper. *Waste Management*, 81(5), 177-95.
- Ge, Z., Sun, R., Zhang, K., Gao, Z. & Li, P. (2013). Physical and mechanical properties of mortar using waste Polyethylene Terephthalate bottles. *Construction and Building Materials*, 44(5), 81-86.
- Kocot, A., Ćwirzeń, A., Ponikiewski, T. & Katzer, J. (2021) Strength Characteristics of Alkali-Activated Slag Mortars with the Addition of PET Flakes. *Materials*, [S.L.], 14(21), 6274-81.
- Koshti, R., Mehta, L. & Samarth, N. (2018). Biological recycling of polyethylene terephthalate: A mini-review. *Journal of Polymers and the Environment*, 26(8), 3520-3529.
- Latroch, N., Benosman, A. S., Bouhamou, N., Senhadji, Y. & Mouli, M. (2018). Physico-mechanical and thermal properties of composite mortars containing lightweight aggregates of expanded polyvinyl chloride. *Construction and Building Materials*, 175(3), 77-87.
- Leal, A. P. (2021). Resíduos da construção civil: uma revisão sobre as possibilidades de aplicação. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, 7(6), 459-483.
- Nogueira, L. I. A., Martins, I. C. & Silva, G. R. (2020). A gestão de resíduos sólidos urbanos e o desenvolvimento sustentável: uma revisão. *Environmental Scientiae*, 2(1), 48-57, 11.
- Oliveira, L. A. P. & Gomes, J. P. C. (2011). Physical and mechanical behaviour of recycled PET fibre reinforced mortar. *Construction and Building Materials*, 25(4), 1712-1717.
- Passatore, C. R. (2013) *Química dos Polímeros*. Vozes.
- Prata, J. C., Silva, A. L. P., Costa, J. P., Mouneyrac, C., Walker, T. R., Duarte, A. C. & Rocha-Santos, T. (2019). Solutions and integrated strategies for the control and mitigation of plastic and microplastic pollution. *International journal of environmental research and public health*, 16(13), 2411-19.
- Silva, A. M., Brito, J. & Veiga, R. (2014). Incorporation of fine plastic aggregates in rendering mortars. *Construction and Building Materials*, 71(3), 226-236.
- Şimşek, B., Uygunoğlu, T. (2018). Thermal, electrical, mechanical and fluidity properties of polyester-reinforced concrete composites. *Sādhanā*, 43(4), 57-65.
- Stone, C., Windsor, F. M., Munday, M. & Durance I. (2019). Natural or synthetic—how global trends in textile usage threaten freshwater environments. *Science of the Total Environment*, 34(2), 134689-134696.
- Thiam, M. & Fall, M. (2021). Mechanical, physical and microstructural properties of a mortar with melted plastic waste binder. *Construction and Building Materials*, 302(2), 124190-124198.
- Vidales, J. M. M., Hernández, L. N., López, J. I. T., Flores, E. E. M. & Hernández, L. S. (2014). Polymer mortars prepared using a polymeric resin and particles obtained from waste pet bottle. *Construction and Building Materials*, 65(2), 376-383.