

Influência da Concentração de Pet Pós-Consumo nas Propriedades Físicas do Concreto Leve

P. M. Correa¹, D. Guimarães¹, R. M. C. Santana¹

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, LAPOL - Laboratório de Materiais Poliméricos, Campus do Vale - Bloco IV - Prédio 74, Cx. Postal 15010, Av. Bento Gonçalves, 9500, 91501-970 - Porto Alegre - RS - Brasil

(Recebido em 27/12/2019; revisado em 10/04/2020; aceito em 10/04/2020)
(Todas as informações contidas neste artigo são de responsabilidade dos autores)

Resumo:

O volume de produção e venda de embalagens de PET (politereftalato de etileno) no Brasil aumentará significativamente nos próximos anos, aumentando ainda mais o volume residual que, quando descartado inadequadamente em locais como: lixões ou costas de rios, gera problemas. Nesse sentido, a reciclagem do PET, ajudará a preservar o meio ambiente, com base na reciclagem, este trabalho visa incentivar o uso desse resíduo polimérico na substituição parcial da areia pelo polímero. A substituição parcial em volume de areia por PET em diferentes teores (10% e 15%), foram caracterizados através do ensaio de resistência à compressão axial, absorção de água e densidade aos 28 dias de cura. Os resultados mostraram uma diminuição na densidade quando ocorre o aumento do teor de PET utilizada (2,32 - 2,26 g / cm³), redução da resistência à compressão axial em 17,5% e um aumento de 15% da quantidade de água absorvida.

Palavras-chave: PET; concreto leve; reciclagem.

Abstract:

The volume of production and sale of PET (ethylene polytherphthalate) packaging in Brazil will increase significantly in the coming years, further increasing the residual volume that, when improperly disposed of in places such as dumps or river coasts, creates problems. PET recycling, will help to preserve the environment, based on recycling, this work aims to encourage the use of this polymeric waste in the partial replacement of sand by polymer. The partial replacement in volume of sand by PET in different contents (10% and 15%), were characterized by the test of resistance to axial compression, water absorption and density at 28 days of curing. The results showed a decrease in density when there is an increase in the PET content used (2.32 - 2.26 g / cm³), a reduction in resistance to axial compression by 17.5% and an increase of 15% in the amount of water absorbed.

Keywords: PET; light concrete; recycling;

1. Introdução

Devido à falta de recursos naturais e à dificuldade de destinação adequada dos resíduos, é necessário promover a reciclagem dos resíduos que a sociedade produz. No entanto, não há pressão da sociedade por meio de órgãos ambientais para a real execução desse tipo de iniciativa [1].

O desenvolvimento de materiais ecológicos e a melhor adaptação dos processos de produção na indústria da construção são necessários para reduzir os problemas ambientais. No entanto, é conhecida a significativa interferência das atividades de construção no ambiente, derivada das ações inerentes ao processo, que contêm tanto a obtenção de insumos básicos, a produção de componentes e elementos da construção, como o estágio de uso dos mesmos. espaço construído, nas condições impostas pelo usuário [2].

Ultimamente, estão sendo buscadas opções para reduzir esse problema através de estudos que levem em consideração vários aspectos, como: reciclagem; redução de desperdícios e

energia; uso de materiais derivados de fontes renováveis; recuperação de resíduos; a especificação dos materiais e componentes que requerem menos energia em sua produção e uso na construção [2]

Correa et al. [3] avaliou a influência da substituição parcial de PET pela areia em 10% em volume aos 28 e 90 dias de cura na resistência à compressão axial, onde foi constatada uma redução de 20% da propriedade avaliada e isso ocorre devido a resistência e a massa específica do polímero ser menor que da areia.

Pesquisadores verificaram a influência da substituição da areia por PET em diferentes teores: 5,10 e 15% em diferentes tempos de cura: 15, 30 e 60. De acordo com os resultados, ocorreu uma taxa de redução de carga compressiva quando comparada ao concreto convencional [4].

Silva et al. [5] constataram que com o tempo, as fibras PET degradam-se em ambiente alcalino. A degradação do

*Email: priengenheira@gmail.com (P. M. Correa)

PET envolve uma reação de despolimerização que quebra a cadeia polimérica dividindo-a em dois grupos (o anel aromático e o éster alifático). O espectro infravermelho do PET mostram a presença de bandas atribuídas ao anel aromático. Como resultado da degradação da fibra de PET, a tenacidade e o desempenho mecânico do concreto diminuem com o tempo (20%) entre as amostras com 42 e 104 dias de cura.

Com isso o presente trabalho propôs a produção de um concreto leve com a incorporação do polímero PET pós-consumo e na substituição parcial da areia, a fim de verificar a influência do polímero nas propriedades do concreto.

2. Materiais e Métodos

2.1 Materiais

Para o desenvolvimento do trabalho, foram utilizados os seguintes materiais: Garrafas PET limpas e trituradas de refrigerantes e água mineral em um moinho Wiley (mostrado na Figura 1). Estes foram peneirados nas malhas da série Tyler e classificados nos seguintes tamanhos de partícula: 1000 µm, 750 µm, 500 µm e 250 µm.

Os agregados utilizados foram: brita utilizada do tipo I de origem basáltico e a areia média do tipo quartzosa. Nesta

pesquisa foi utilizada o cimento Portland Tipo V (Votoran) de alta resistência inicial, por ser um cimento mais puro facilitando verificar a influência do resíduo no concreto.



Figura 1: PET triturado utilizado para substituição parcial da areia.

Na Figura 2 é apresentada a curva granulométrica da areia realizada de acordo com a norma NBR 248 [6]. Nota-se o diâmetro máximo obtido é de 4,75 mm. A maior porcentagem da areia ficou retida entre 0,3 – 1,2 mm.

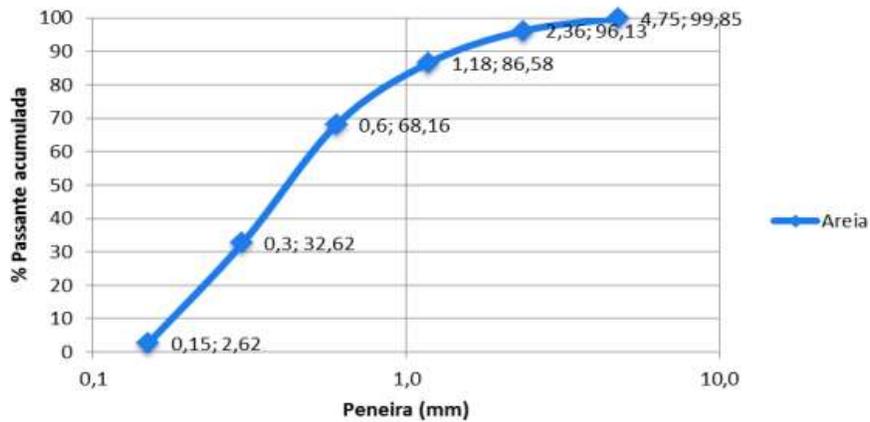


Figura 2: Curva granulométrica da areia

Após a moagem do PET foi realizada a granulometria do polímero através do uso da técnica de difração de raios laser em meio aquoso (álcool isopropílico) para uma amostra de 5g. Nota-se que o diâmetro médio de partícula é de 0,851 µm (Figura 3). Essa técnica foi utilizada pois é mais indicada para materiais de baixa massa específica, pois o ensaio granulométrico utilizado para a areia não seria tão preciso para o PET.

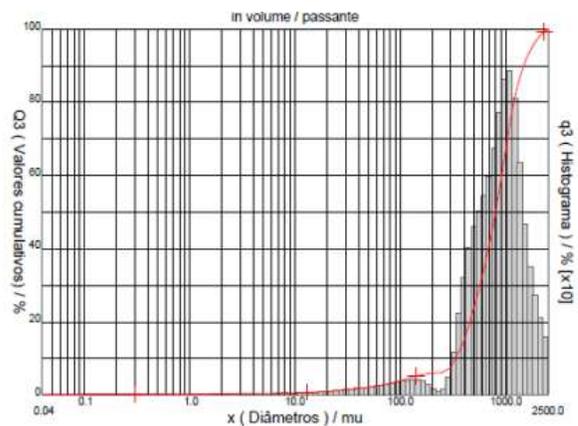


Figura 3: Curva granulométrica do PET

2.2 Preparação dos corpos de prova

Os recipientes de PET foram limpos com água e detergente neutro para remover vestígios de impurezas. Após o corte dessas embalagens, a moagem foi realizada em moinho modelo TE-650 da Wiley Willye, Após a obtenção deste pó de polímero, a separação por tamanho de partícula foi realizada em uma peneira magnética da série Tyler, de acordo com as seguintes condições: tempo de 30 minutos e agitação máxima (100%). As amostras foram preparadas com Portland V, areia média, cimento e PET, conforme especificado na Tabela 1 [3].



Figura 4: Preparação do concreto

Tabela 1 - Composição das amostras.

Composição/amostra	Branco	PET (10%)	PET (15%)
Tempo de cura (días)	28	28	28
Cimento (kg)	3,77	3,77	3,77
Areia média	7,45	6,78	6,33
Água (dm ³)	2,26	2,26	2,26
Brita (Kg)	11,31	11,31	11,31
PET (% vol)	0	10	15

Todas as misturas foram preparadas em uma betoneira (Figura 4). A ordem e o tempo de adição do material para a mistura do concreto são apresentados na Tabela 2.



Figura 5: Adensamento do concreto na mesa vibratória

Tabela 2 – Condições de preparo do concreto com seus respectivos tempos de mistura.

Materiais	Tempo (min)
Areia e o Polímero *	1
Britas	1
Cimento e 75% da água	3
Água	1

*No material de referência (branco) foi adicionada apenas a areia

Os moldes com dimensões de (diâmetro x comprimento) 10x20 cm, foram lubrificadas por uma camada de óleo mineral e em seguida, a massa de cimento foi adicionada aos moldes e colocada em uma mesa de vibratória (Figura 5). As amostras permaneceram no molde por 24 horas e foram removidas e identificadas. Para a cura do concreto, as amostras foram colocadas em uma câmara úmida com temperatura de 23°C e umidade relativa de 95% por 28 dias. Para o ensaio de compressão axial, estes foram cobertos com neoprene para garantir o nivelamento da amostra e não interferir nos resultados do ensaio [3].

2.3 Caracterização

2.3.1 Ensaio de compressão

Os ensaios foram realizados em uma máquina de compressão. Todos os corpos de prova foram testados após 28 dias de cura em câmara úmida. Os resultados são mostrados como uma média de três amostras de concreto convencional e concreto com adição de PET (10 e 15%) de cada tipo. O ensaio foi realizado conforme a norma ABNT NBR 5739 [7].

2.3.2 Cálculo da densidade

As dimensões dos corpos de prova foram medidas (comprimento e diâmetro) para o cálculo da densidade. As amostras foram pesadas em uma balança analítica e a densidade foi calculada para cada amostra.

2.3.3 Ensaio de absorção de água

As amostras cilíndricas com as seguintes dimensões: diâmetro de 10 cm a 6,6 cm foram secas em estufas e posteriormente pesadas para a obtenção da massa seca, após a

pesagem as amostras foram imersas em um recipiente contendo água (Figura 6a), durante um período de 10, 20, 30, 60, 120, 1440, 2880 e 4320 min e foram pesados no final de cada período (Figura 6b). O ensaio foi realizado em triplicata conforme a norma ABNT NBR 9778 [8].

O cálculo da taxa de absorção de umidade foi realizado de acordo com a seguinte fórmula:

$$I = \frac{Mu - Ms}{Ms} * 100 \quad (1)$$

I: índice de absorção de água

Mu: peso úmido (g)

MS: peso seco (g)



Figura 6: Teste de absorção de água.

3. Resultados e Discussão

3.1 Resistência à Compressão Axial

A tabela 3 mostra os resultados da resistência axial à compressão das amostras avaliadas. Observou-se que as amostras de concreto referência apresentaram uma média de 38,81 MPa de resistência, enquanto as amostras com adição de 10 e 15% de PET foram 30,43 MPa e 25,10 MPa, respectivamente. Este ensaio mostrou que a adição de uma quantidade maior de PET (15%) reduz a resistência à compressão do concreto em 35,32%.

Com esses resultados, nota-se que, para garantir uma melhor resistência à compressão do concreto, o teor ideal de substituição deve ser no máximo 10% de PET, onde a redução foi de 21,6% em relação ao material de referência. Essa

redução é devida as características do polímero, tais como, baixa massa específica quando comparada a areia, e a geometria irregular devido a moagem que desfavorece a adesão do PET a massa cimentícia, favorecendo para o aparecimento de vazios e consequentemente a redução da resistência à compressão axial.

Tabela 3 - Resultados da compressão axial das amostras

	Branco	PET (10%)	PET (15%)
1	38,88	29,67	25,1
2	38,92	29,18	25,4
3	38,63	31,68	24,8
Média	38,81	30,43	25,10

Modro et al. [9] avaliaram a influência do resíduo de PET sobre a resistência à compressão do concreto. Os resultados apresentam uma severa perda de força compressiva com o aumento do teor de resíduos. Segundo os autores, a perda de resistência está relacionada à porosidade das amostras de concreto contendo PET e também a menor resistência do PET quando comparada a areia.

Albano et al. [10] estudaram dois teores de substituição de resíduos de PET (10% e 20%) pela areia em diferentes granulometrias de PET (2,6 mm, 11,4 mm e uma mistura das duas). Os resultados mostram que os concretos com teor de resíduos de 20% e granulometria de 11,4 mm apresentaram uma perda de resistência à compressão de 60%. Usando apenas 10% de substituição com granulométrica de 2,6 mm e 11,4 mm (em partes iguais) apresentaram uma menor redução dessa propriedade, entre 15% e 20%. Os autores indicam partículas de menor dimensão, caso contrário, apresentam um aspecto microscópico parecido com favos de mel, favorecendo a redução da resistência.

3.2 Ensaio de densidade

O concreto leve tem esse nome devido à sua baixa densidade em comparação ao concreto convencional, esse recurso é obtido pela substituição parcial da areia pelo PET, porque a densidade do PET (1,38 g/cm³) é menor que a densidade da areia natural (1,8 g/cm³). A densidade do concreto foi realizada pela fórmula (1). A Figura 7 mostra os resultados da densidade aparente das amostras de concreto.

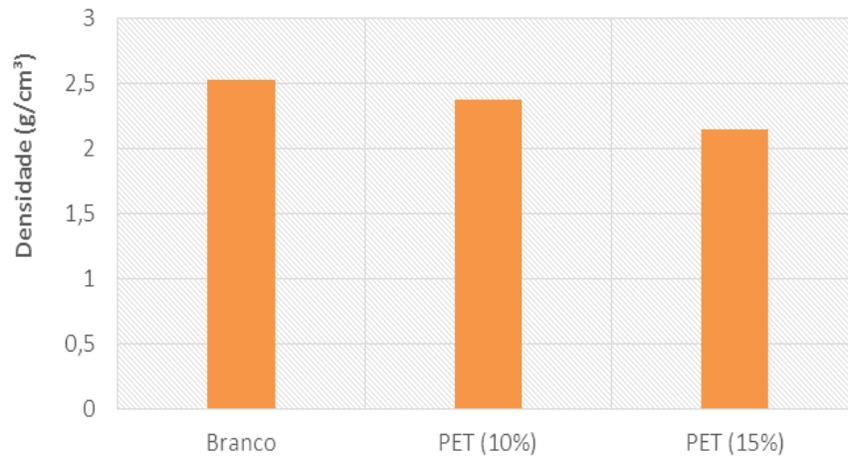


Figura 7: Densidade das amostras

A redução na densidade das amostras com 10 e 15% de PET foi respectivamente (5,95% e 15%), o que mostrou uma tendência relacionada ao maior percentual de substituição de areia por polímero, apresentar uma maior redução da densidade, devido a diferença das massas específicas de cada material.

3.3 Ensaio de absorção de água

A Figura 8 mostra os resultados da absorção de água das amostras em função do tempo (cada período foi calculado usando a equação (2)).

A amostra 10 e 15% de PET no final do período de absorção mostrou respectivamente uma absorção de 2,06 e 3% de água. Enquanto o branco absorveu apenas 0,6%. Essa diferença excessiva de água absorvida pela amostra contendo PET está relacionada ao fato de o polímero ser higroscópico, ou seja, absorve água do ambiente durante o armazenamento. À medida que o teor do polímero for maior, a absorção de água também será. Outro fator importante é a porosidade, que também é diretamente afetada pelo aumento do PET no concreto [11].

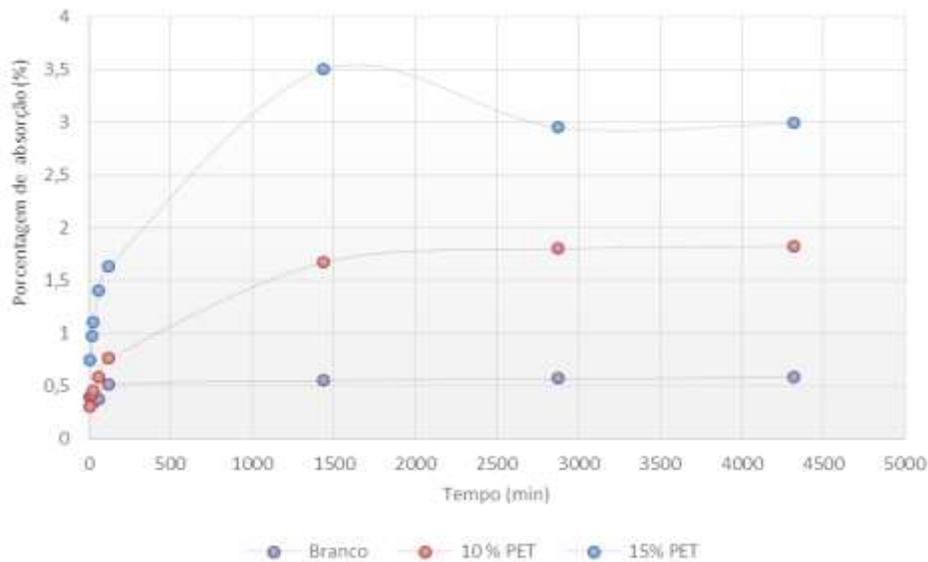


Figura 8: Teor de absorção de água

Conclusão

Com o objetivo de estudar a influência da concentração de PET pós-consumo nas propriedades físicas do concreto leve, pode-se concluir que a substituição parcial em volume de areia por PET em diferentes teores (10% e 15%), provoca com uma diminuição na densidade com o aumento do teor de PET utilizado (2,32 - 2,26 g / cm³), além de uma redução da resistência à compressão axial em 17,5% e um aumento de 15% da quantidade de água absorvida.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao laboratório LEME pelo espaço fornecido e pelo material utilizado, bem como seus colegas que ajudaram na prática do trabalho e a Sibratec pelo apoio financeiro ao estudo.

Referências

- [1] Souza, U. E. L. O uso do plástico nas fôrmas para estruturas de concreto de edifícios. In: II Encontro Tecnologia de Sistemas Plásticos na Construção Civil, 1997, São Paulo, SP. Anais... São Paulo: Universidade de São Paulo, nov. 1997. 252 p. p. 181-218.
- [2] Cimino, M. A.; Baldochi, V. M. Z. Minimização de resíduos sólidos urbanos: alternativas tecnológicas para pneumáticos inservíveis. UNISANTA, UFSCar, 2002.
- [3] Correa, P. M.; Rodrigues Junior, L. F.; Maciel, A.; Swarowsky, A.; Santana, R. M. C. Obtenção de concreto leve: um estudo sobre a adição de polímero com grupos funcionais - PET. In: CBPol, 2013, Florianópolis. CBPol, 2013.
- [4] Nikbin, M., Rahimi, S., Allahyari, H., & Fallah, F. (2016). Feasibility study of waste Poly Ethylene Terephthalate (PET) particles as aggregate replacement for acid erosion of sustainable structural normal and lightweight concrete. *Journal of Cleaner Production*, 10, 108-117.
- [5] Silva, D. Betioli, A., Gleize, P., Roman, H., Gomez, L., Ribeiro J. Degradation of recycled PET fibers in Portland cement-based materials. *Cem Concr Res* 2005; 35:1741-6.
- [6] ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2003) NBR 248. Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT.
- [7] ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2018) ABNT NBR 5739. Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos.
- [8] ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2009) ABNT NBR 9778. Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica.
- [9] Modro, N. L., Modro, N., Modro, N. R., Oliveira, A. Avaliação de concreto de cimento Portland contendo resíduos de PET. *Revista Matéria* 2009; 14:725-36.
- [10] Albano, C. Camacho N, Hernandez M, Gutierrez A. Influence of content and particle size of waste pet bottles on concrete behaviour at different w/c ratios. *Waste Manage* 2009; 29:2707-16.
- [11] Thomas, L. M., & Imoosvi, S. A. (2020). Hardened properties of binary cement concrete with recycled PET bottle fiber: An experimental study. *Materials today proceedings*.