USO DE FIBRAS DE POLIETILENO TEREFTALATO (PET) PARA CONTROLE DE RETRAÇÃO NO CONCRETO, UMA REVISÃO.

Use of Polyethylene Terephthalate (PETWF) fibers to control shrinkage in concrete, a review.

Salvador dos Santos e Silva Junior
Universidade Federal de Minas Gerais | Belo Horizonte, Minas Gerais | salvadorsilva@ufmg.br

White José dos Santos
Universidade Federal de Minas Gerais | Belo Horizonte, Minas Gerais | white.santosr@demc.ufmg.br

Resumo

A indústria de garrafas PET, tem grande importância social, produzindo milhões de toneladas/ano, gerando emprego e renda. Entretanto, recicla pouco, resultando em problemas ambientais. Este artigo de revisão, baseado em artigos de alto impacto de engenharia civil e ambiental, com ênfase em concreto com fibras de PET (CFPet), pretende avaliar o desempenho, melhores usos, melhores fibras, e limitações. Os dados coletados nesses artigos, tais como: Características das fibras; propriedades mecânicas; retração e fissuração estão apresentados em forma de tabela. Segundo os artigos estudados, além de reduzir a poluição, a adição de fibras melhora propriedades do concreto, resistência à tração até 35% e retração até 56%, embora ocasione diminuição da trabalhabilidade e resistência à compressão. Misturas contendo fibras entre 0,5% a 1% apresentaram melhores desempenhos. Os estudos comprovaram que o CFPet pode ser utilizado em pavimentação, revestimentos, e estruturas em situação de incêndio, como uma solução viável técnica e ambientalmente.

Palavras-chave: PET; Fibras; Concreto; Resíduo; Retração.

ABSTRACT

The PET bottle industry is of great social importance, producing millions of tons/year, generating employment and income. However, it recycles little, resulting in environmental problems. This review article, based on high-impact articles in civil and environmental engineering, with emphasis on PET fiber concrete (PEC), aims to evaluate the performance, best uses, best fibers, and limitations. The data collected in these articles, such as: Fiber characteristics; mechanical properties; shrinkage and cracking are presented in tabular form. According to the articles studied, in addition to reducing pollution, the addition of fibers improves concrete properties, tensile strength up to 35% and shrinkage up to 56%, although it causes a decrease in workability and compressive strength. Mixtures containing fibers between 0.5% and 1% presented better performance. The studies proved that PETC can be used in paving, coatings, and structures in fire situations, as a technically and environmentally viable solution.

Keywords: PETWF; Fibers; Concrete; Waste; Shrinkage.

1 INTRODUÇÃO

Em 2023, o mercado global de garrafas PET foi estimado em cerca de 44,1 milhões de toneladas, com previsão de crescimento anual de 3,3% até 2032, gerando emprego e renda em todo o mundo (Plastics Europe, 2023). Segundo a Associação Brasileira da Indústria do PET (Abipet, 2024), apenas 51% das garrafas pet consumidas no Brasil são recicladas. Entretanto, em um referencial mais abrangente, no mundo todo, apenas 9% de todo o plástico consumido é reciclado. Isso gera problemas ambientais.

A reutilização e reciclagem de garrafas PET minimiza o impacto ambiental de sua produção. Adnan e Dawood (2020), afirmam que uma técnica para reduzir o plástico no meio ambiente e reduzir o custo do descarte é reciclá-lo como material de construção substituindo areia ou cascalho ou como fibra adicionada ao concreto. As fibras de PET podem ser utilizadas como reforço, contribuindo para uma maior integridade estrutural (Tang *et al*., 2022; Ali *et al*., 2022; Pelisser *et al*., 2012; Mohammed e Karim, 2023), ou como agregado graúdo e miúdo no concreto, inclusive com aditivos minerais, como metacaolin, escória de alto-forno, sílica ativa e hwangtoh (Koo, *et al*., 2014; Noaman, *et al*., 2019; Haido & Abdullah, 2022).

Diversos estudos destacam a viabilidade das fibras PET em obras de pavimentação, revestimentos e elementos estruturais. Seu uso em vigas de concreto armado tem demonstrado melhorias na capacidade de carga e comportamento à flexão (Kinasz *et al*.,2019; Mohammed e Karim, 2023; Pelisser *et al*., 2012). Outras aplicações incluem o reforço de elementos submetidos a cargas de impacto, como paredes e pisos (Ali *et al*., 2022; Pelisser *et al*., 2012). Também podem ser aplicados em concretos sem a finalidade estrutural, como ornamentos e meio fios (Zhuge *et al*., 2021)

2 METODOLOGIA

Essa pesquisa bibliográfica foi conduzida com base em artigos científicos de periódicos de alto impacto nas áreas de engenharia civil e ambiental, com ênfase no desenvolvimento de concretos com fibras de PET em diferentes concentrações e tamanhos. As bases de dados para busca incluem: ScienceDirect, SciELO, e Scopus, utilizando as palavras-chave: “PET”, “PETWF’, polyethylene terephthalate”, “PET fibers in concrete”, “palstic waste in construction materials”, “shrinkage control in concrete”, recycled PET in concrete, “shrinkage reduction of PET fibers’.

Os dados obtidos foram tabulados e organizados por: Autor; Características das fibras de PET; Propriedades mecânicas e físicas do concreto; Efeitos na retração, fissuração e flexão, entre outros. Tais informações são apresentadas tanto em forma de tabela, como em forma de gráfico.

3 RESULTADOS E ANÁLISES

Em se tratando de construção civil, o uso de fibras PET como reforço em matriz cimentícia é uma alternativa que alia sustentabilidade à melhoria das propriedades mecânicas (Tang *et al*., 2022; Baldenebro-Lopez *et al*., 2014; Mohammed e Karim, 2023). A reutilização e/ou reciclagem de garrafas PET contribui para a redução do impacto ambiental causado pelo acúmulo de plásticos em lixões, aterros sanitários e no meio ambiente. A adição de fibras de PET no concreto reduz o volume de resíduos e agrega valor a um material descartado, promovendo a economia circular (Aocharoen e Chotickai, 2023; Pelisser *et al*., 2012; Tang *et al*., 2022; Baldenebro-Lopez *et al*., 2014). Entretanto, pode impactar negativamente a trabalhabilidade, exigindo adequações no fator água/cimento, ou uso de aditivos plastificantes. A alteração no fator água/cimento, e/ou adensamento inadequado do concreto, pode resultar na diminuição da resistência à compressão e prejudicar outras características do concreto.

3.1 PROPRIEDADES DAS FIBRAS

As fibras de PET apresentam características como alta resistência à tração, baixa densidade e durabilidade química, que as tornam adequadas para aplicações em compósitos cimentícios (Aocharoen e Chotickai, 2023; Mohammed e Karim, 2023; Pelisser *et al*., 2012). Estudos indicam que o formato, as dimensões e o tratamento superficial das fibras influenciam diretamente no desempenho mecânico e na aderência à matriz cimentícia (Mohammed e Karim, 2023; Pelisser *et al*., 2012). Vários estudos sobre o comportamento de concreto com adição de fibras de PET foram realizados. Cada estudo tem sua abordagem específica quanto à geometria e tipologia das fibras. O Quadro 1 mostra características das fibras por autor, a Figura 1 apresenta a variedade delas.

Quadro 1: Características das Fibras de Pet por autor.

Autores	Proporção (% de volume)	Comp. (mm)	Largura (mm)	Espessura (mm)	Peso específico (g/cm³)	Módulo de elasticidade (GPa)	Resistência à tração (MPa)	Alongamento final (%)
Kim *et al.*	0,50	50,00	1,30	0,20	1,38	12,00	420,70	11,20
Mohammed e Rahin.	0,75	20,00	1,20	0,40	1,24			
	0,75	40,00	1,20	0,40	1,24			
	1,00	20,00	1,20	0,40	1,24			
	1,00	20-40	1,20	0,40	1,24			
Nematzadeh *et al.*	5,00	40,00	1,10		1,25			
	10,00	40,00	1,10		1,25			
Zhuge *at al.*	10,00				1,23	3,50	80,00	
	20,00				1,23	3,50	80,00	
Haido e Abdullah.	0,25	20,00	4,00	0,40	1,37	3,70	400,00	30,00
	1,00	20,00	4,00	0,40	1,37	3,70	400,00	30,00
	0,25	40,00	4,00	0,40	1,37	3,70	400,00	30,00
	1,00	40,00	4,00	0,40	1,37	3,70	400,00	30,00
Fraternali *et al.*	1,00	40,00	1,10	0,70	1,34		550,00	
	1,00	52,00	0,70	0,70	1,34		263,72	
Noamana *et al.*	0,25	35,00	4,00	0,30	1,10	0,19	101,00	
	0,50	35,00	4,00	0,30	1,10	0,19	101,00	
	0,75	35,00	4,00	0,30	1,10	0,19	101,00	
	1,00	35,00	4,00	0,30	1,10	0,19	101,00	
	1,25	35,00	4,00	0,30	1,10	0,19	101,00	
	1,50	35,00	4,00	0,30	1,10	0,19	101,00	
	1,75	35,00	4,00	0,30	1,10	0,19	101,00	
	2,00	35,00	4,00	0,30	1,10	0,19	101,00	
Foti.	0,26	32,00	2,00	0,10	1,33	3,10	150,00	
	0,26	30-50	5,00	0,10	1,33	3,10	150,00	
Okubo *et al.*	0,50	30-40	0,70	0,70	1,34		450,00	
	1,00	30-40	0,70	0,70	1,34		450,00	
	1,50	30-40	0,70	0,70	1,34		450,00	
Patro e Parhi.	0,30	35,00	5,00	0,11	1,29	2,90	67,21	78,00
	0,40	35,00	5,00	0,11	1,29	2,90	67,21	78,00
	0,50	35,00	5,00	0,11	1,29	2,90	67,21	78,00
Kim *et al.*	0,50	50,00	1,30	0,20	1,38	1,02	420,70	11,20
	0,75	50,00	1,30	0,20	1,38	1,02	420,70	11,20
	1,00	50,00	1,30	0,20	1,38	1,02	420,70	11,20
Dawood e Adnan.	1,50	25,40	25,40	0,20				
	3,00	25,40	25,40	0,20				
	1,50	40,00	4,00	0,20				
	3,00	40,00	4,00	0,20				
Muhammad *et al.*	1,00	20,00	1,50	0,40	1,32			
	1,00	40,00	1,50	0,40	1,32			
Salhotra *et al.*	3,00	50,00	2,00	0,10	1,34		300,00	
	3,00	100,00	2,00	0,10	1,34		300,00	
	3,00	150,00	2,00	0,10	1,34		300,00	
	6,00	50,00	2,00	0,10	1,34		300,00	
	6,00	100,00	2,00	0,10	1,34		300,00	
	6,00	150,00	2,00	0,10	1,34		300,00	
	9,00	50,00	2,00	0,10	1,34		300,00	
	9,00	100,00	2,00	0,10	1,34		300,00	
	9,00	150,00	2,00	0,10	1,34		300,00	
	12,00	50,00	2,00	0,10	1,34		300,00	
	12,00	100,00	2,00	0,10	1,34		300,00	
	12,00	150,00	2,00	0,10	1,34		300,00	
Marthong e Marthong.	0,50	50,00	2,00	0,50	1,38		155,00	
	1,00	50,00	2,00	0,50	1,38		155,00	
Noaman *et al.*	0,50	50,00	4,00	0,30	1,30		105,00	
	1,00	50,00	4,00	0,30	1,30		105,00	
Chotickai e Aocharoen.	5,00	27,50		0,20	1,56			
	10,00	27,50		0,20	1,56			
	5,00	27,50		0,20	1,56			
	5,00	27,50		0,20	1,56			
	5,00	27,50		0,20	1,56			

Fonte: Kim *et a*l, (2008); Mohammed e Rahin, (2020);Nematzadeh *et al.*(2020);Zhuge *at al.*(2021);Haido e Abdullah(2022);Fraternali *et al.*(2011);Noaman *et al.*(2019);Foti(2011);Okubo *et al.* (2007);Patro e Parhi(2024);Kim *et al.*(2010);Dawood e Adnan(2020);Muhammad *et al.*(2023);Salhotra *et al.*(2023);Marthong e Marthong(2016);Chotickai e Aocharoen(2023).

Figura 1 – Variedade de tipos e formas de fibras de PET adicionadas ao concreto.

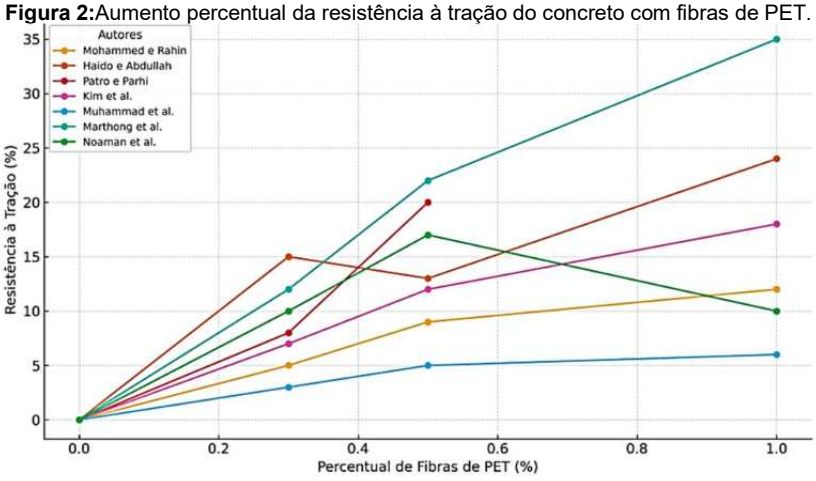


Fonte:(a) Muhammad *et al*. (2023); **(b)** Nematzadeh *et al*. (2020); **(c)** Dawood e Adnan (2020); **(d)** Kim *et a*l. (2008); **(e)** Mohammed e Rahin (2020); **(f)** Chotickai e Aocharoen (2023); **(g)** Marthong e Marthong (2016); **(h)** Noaman *et al*. (2019)

3.2 RESISTÊNCIA MECÂNICA

A resistência à tração é beneficiada pelas fibras PET. Foi observado aumento de até 63% da resistência à tração do concreto, devido à melhor distribuição das tensões e ao controle da propagação de fissuras (Mohammed e Karim, 2023). Pelisser *et al*. (2012), destacou que fibras com dimensões entre 10 e 20mm oferecem melhores resultados. Além disso, o comportamento pós-fissuração é melhorado, com as fibras atuando como reforço, mantendo a integridade do material mesmo após a formação inicial de fissuras. Misturas contendo 0,5% a 1% de fibras apresentaram melhores resultados, equilibrando ganhos de desempenho e trabalhabilidade (Rasheed *et al*., 2021), conforme Figura 2.

Figura 2: Aumento percentual da resistência à tração do concreto com fibras de PET.



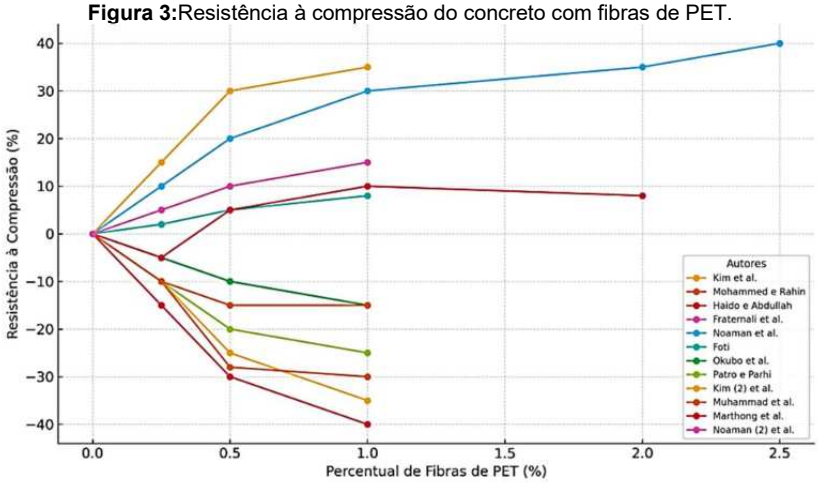
Fonte: Mohammed e Rahin.(2020);Haido e Abdullah.(2022);Noaman *et al*.(2019);Patro e Parhi.(2024);Kim *et al*.(2010); Muhammad *et al*.(2023); Marthong e Marthong(2016).

Entre os estudos que adotaram a adição de até 1,5% em volume de fibras de PET, todos tiveram um aumento percentual na resistência à tração, quando comparados aos seus respectivos valores de referência. Isso ocorre devido à redução da abertura de fissuras e a atuação após a abertura de fissuras.

Os resultados para a resistência à compressão são mais heterogêneos, conforme ilustra a figura 3. Os teores de fibras de PET maiores que 1,5% podem reduzir a resistência à compressão devido ao aumento da porosidade e à dificuldade de compactação. Por outro lado, teores de fibras menores que 0,5% mostraram manter a resistência à compressão em níveis comparáveis ao concreto convencional. (Pelisser *et al*., 2012). Tang *et al*. (2022) destacaram que a modificação superficial das fibras, com revestimentos químicos ou tratamentos térmicos, pode melhorar a interação entre as fibras e a matriz cimentícia e aumentar a resistência a compressão.

A adição de fibras de PET melhora a ductilidade do concreto, aumentando sua resistência a cargas dinâmicas e repetitivas. Além disso, a resistência à flexão pode ser otimizada com o uso de fibras tratadas quimicamente, que apresentam melhor aderência à matriz cimentícia. (Rasheed *et al.*,2021; Mohammed e Karim, 2023).

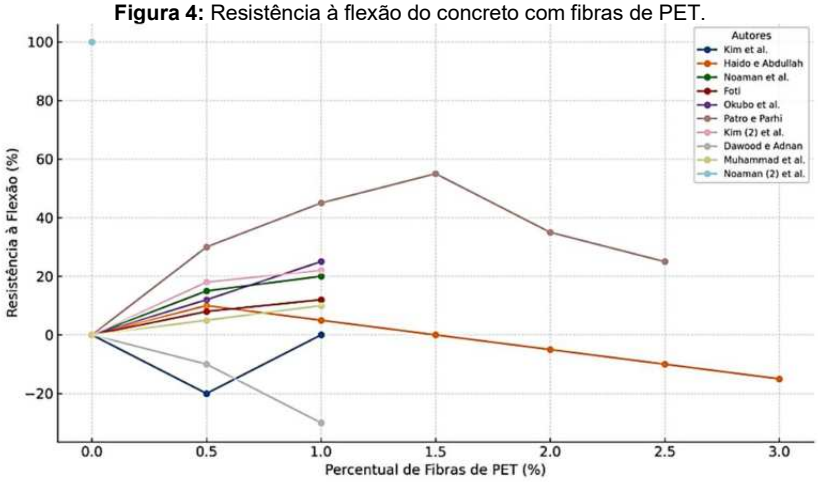
Figura 3: Resistência à compressão do concreto com fibras de PET.



Fonte: Kim *et al*. (2008); Mohammed e Rahin (2020); Haido e Abdullah (2022); Fraternali *et al*. (2011); Noaman *et al*. (2019); Foti (2011); Okubo *et al*. (2007); Patro e Parhi (2024); Kim *et al*. (2010); Muhammad *et al*. (2023); Marthong e Marthong (2016); Noaman *et al*. (2021).

Para elementos estruturais como vigas e lajes o uso de fibras de PET tem mostrado ganhos significativos. Kinasz *et al*. (2019) demonstraram que 1% de fibras de PET aumentaram a capacidade de carga em flexão em até 56%. Isso devido à capacidade das fibras de restringir a propagação de fissuras e melhorar o desempenho pós-fissuração. Outros autores observaram aumentos na capacidade de carga à flexão, como mostra a Figura 5.

Figura 4: Resistência à flexão do concreto com fibras de PET.



Fonte: Kim *et a*l. (2008); Mohammed e Rahin (2020); Haido e Abdullah. (2022); Noaman *et al*. (2019); Foti (2011); Okubo *et al.* (2007); Patro e Parhi (2024); Kim *et al*. (2010); Dawood e Adnan (2020); Muhammad *et al.* (2023);Noaman *et al*. (2021).

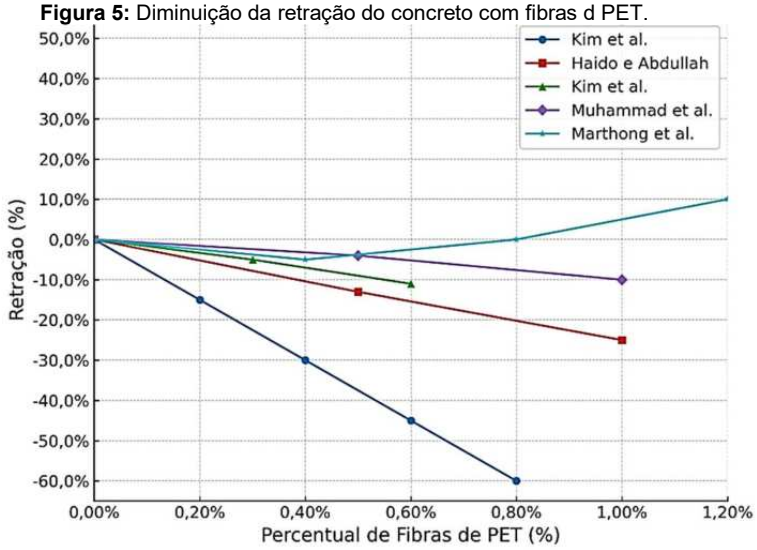
3.2 RETRAÇÃO

O controle da retração é um benefício observado pelo uso de fibras de PET. A redução na formação de fissuras em concretos expostos a condições adversas de cura, pode ser maior que 40%, comparado com o valor de referência. O efeito das fibras na redução de retração é atribuído à sua capacidade de restringir o movimento da matriz durante a fase inicial de endurecimento (Aocharoen e Chotickai, 2023). Observa-se na Figura 5, que ha aumento da retração, ele ocorre pelo fato das amostras possuírem fibras com dimensões muito grandes, larguras acima de 6,0mm. Entretanto na maioria das amostras a retração diminui significativamente, até 58%.

3.3 INCÊNDIO

Embora as fibras de PET sofram degradação térmica em temperaturas próximas a 200 °C, sua presença na matriz cimentícia pode reduzir o risco de explosão do concreto, *"spalling térmico".* Segundo Mohammed e Karim (2023), ao se degradarem em altas temperaturas, criam microcanais na matriz cimentícia permitindo a liberação de vapor de água, reduzindo a pressão interna e, minimizando o risco de fissuração explosiva. Essa propriedade é vantajosa em túneis e paredes de contenção sujeitas a incêndios.

Figura 5: Diminuição da retração do concreto com fibras d PET.

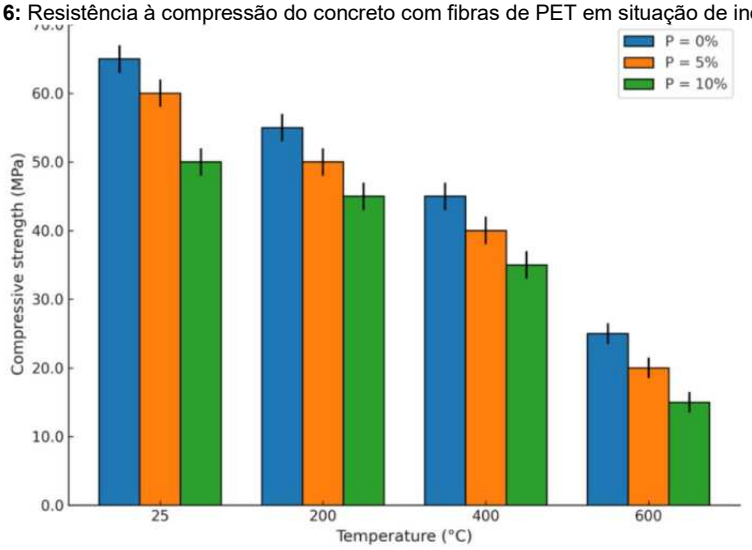


Fonte: Kim *et a*l. (2008); Haido e Abdullah (2022); Kim *et al* (2010); Muhammad *et al* (2023); Marthong e Marthong (2016).

Embora apresente vantagens na redução de danos térmicos, a resistência mecânica pode ser reduzida em temperaturas superiores a 400 °C. Essa perda de resistência é atribuída à degradação das fibras e da matriz cimentícia, que sofre modificações químicas e estruturais sob calor extremo, conforme observamos na Figura 6.

A resistência à compressão em situação de incêndio reduz, se comparado ao valor de referência, à medida em que se aumenta o volume de fibras.

Figura 6: Resistência à compressão do concreto com fibras de PET em situação de incêndio.



Fonte: Pelisser et al. 2012.(adaptado)

4 CONCLUSÃO

O uso de fibras recicladas de PET no concreto é uma solução viável para promover a sustentabilidade e melhorar o desempenho mecânico. Os estudos revisados demonstram avanços, mas também destacam a

necessidade de pesquisa contínua e da criação de normas regulamentadoras para ampliar o potencial dessa tecnologia. Com os desenvolvimentos adequados, espera-se que o concreto reforçado com fibras de PET possa ser utilizado amplamente na construção civil, visando a sustentabilidade e eficiência.

Em geral as amostras estudadas apresentaram ligeira queda na resistência à compressão devido a um aumento na porosidade e diminuição da trabalhabilidade do concreto, o que leva a alterar o fator água/cimento, ou gera um adensamento insuficiente. Em relação à resistência à tração a maioria das amostras apresentaram aumento, alguns bastante significativos, até 63% em relação à amostra de referência. O módulo de elasticidade do concreto, geralmente, acompanha a resistência a compressão, e também apresentou bastante variabilidade. Já na retração, o concreto com fibras de PET, foi melhor que seu valor de referência em quase todas as amostras, apresentando alto desempenho, em alguns casos. Quanto à resistência a compressão, as amostras apresentaram grande variabilidade, em função do tipo e da geometria das fibras, bem como das adições de outros elementos na matriz cimentícia. Na situação de incêndio O concreto com fibras de PET, não apresentou perdas significativas, se comparado com seu referencial, além disso se mostrou eficiente para evitar a explosão do concreto *"spalling térmico*", sobretudo para concretos de alto desempenho.

5 REFERÊNCIAS

ABU-SALEEM, M., *et al.* Evaluation of concrete performance with different types of recycled plastic waste for kerb application. ***Construction and Building Materials***, *293*. 2021. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.123477

ADNAN, H. M. e DAWOOD, A. O. Strength behavior of reinforced concrete beam using re-cycle of PET wastes as synthetic fibers. ***Case Studies in Construction Materials***, *13*. 2020. https://doi.org/10.1016/j.cscm.2020.e00367

NOAMAN, A. T., *et al*. Mechanical properties and impact behavior of PET fiber reinforced self-compacting concrete (SCC). ***Composite Structures***, *224*. 2019. https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2019.111021

AOCHAROEN, Y. e CHOTICKAI, P. Compressive mechanical and durability properties of concrete with polyethylene terephthalate and high-density polyethylene aggregates. ***Cleaner Engineering and Technology***, *12*. 2023. https://doi.org/10.1016/j.clet.2023.100600

DE SILVA, S. e PRASANTHAN, T. Application of Recycled PET Fibers for Concrete Floors. ***Engineer: Journal of the Institution of Engineers****, Sri Lanka*, *52*(1), 21. 2019. https://doi.org/10.4038/engineer.v52i1.7340

FOTI, D. Preliminary analysis of concrete reinforced with waste bottles PET fibers. ***Construction and Building Materials***, *25*(4), 1906–1915. 2011. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2010.11.066

FRATERNALI, F., *et al.* Experimental study of the thermo-mechanical properties of recycled PET fiber-reinforced concrete. ***Composite Structures***, *93*(9), 2368–2374. 2011. https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2011.03.025

GAYAKE, S. B. e DESAI, A. K. Multi-criteria decision making tool for sustainable concrete production using waste polyethylene terephthalate bottle cap aggregates. ***Smart Construction and Sustainable Cities***, *2*(1). 2024. https://doi.org/10.1007/s44268-024-00031-9

GHOSAL, K. e NAYAK, C. Recent advances in chemical recycling of polyethylene terephthalate waste into value added products for sustainable coating solutions-hope vs. hype. In ***Materials Advances*** (Vol. 3, Issue 4, pp. 1974–1992). Royal Society of Chemistry. 2022. https://doi.org/10.1039/d1ma01112j

HUANG, Y. e ZHOU, A. Study on Mechanical Properties of PET Fiber-Reinforced Coal Gangue Fine Aggregate Concrete. ***Geofluids***, *2021*. https://doi.org/10.1155/2021/6627447

NOAMAN, A., *et al*. Flexural performance of layered PET fiber reinforced concrete beams. ***Structures***, *35*, 55–67. 2022. https://doi.org/10.1016/j.istruc.2021.11.007

KIM, *et al.* Effects of the geometry of recycled PET fiber reinforcement on shrinkage cracking of cement-based composites. ***Composites Part B: Engineering***, *39*(3), 442–450. 2008. https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2007.05.001

KIM, *et al*. Material and structural performance evaluation of recycled PET fiber reinforced concrete. ***Cement and Concrete Composites***, *32*(3), 232–240. 2010. https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2009.11.002

KINASZ, R., et al. Examination of Concrete Elements Bending Strength Reinforced by Polyethylene Terephthalate (PET) Waste. ***IOP Conference Series: Materials Science and Engineering***, *603*(4). 2019. https://doi.org/10.1088/1757-899X/603/4/042041

KOO, B. M., et al. Material and Structural performance evaluations of Hwangtoh admixtures and recycled PET fiber-added eco-friendly concrete for CO2 emission reduction. ***Materials***, *7*(8), 5959–5981. https://doi.org/10.3390/ma7085959

MARTHONG, C. e MARTHONG, S. An experimental study on the effect of PET fibers on the behavior of exterior RC beam-column connection subjected to reversed cyclic loading. ***Structures***, *5*, 175–185. 2016. https://doi.org/10.1016/j.istruc.2015.11.003

MOHAMMED, A. A. e RAHIM, A. A. F. Experimental behavior and analysis of high strength concrete beams reinforced with PET waste fiber. ***Construction and Building Materials***, *244*. 2020. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118350

MOHAMMED, A. A., *et al*. Effect of PET waste fiber addition on flexural behavior of concrete beams reinforced with GFRP bars. *Case* ***Studies in Construction Materials***, *19*. 2023. https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02564

Mustafa Abdullah, Q., & Haido, J. H. (2022). Response of hybrid concrete incorporating eco-friendly waste PET fiber: Experimental and analytical investigations. ***Construction and Building Materials***, *354*. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.129071

NEMATZADEH, M., *et al*. Post-fire compressive strength of recycled PET aggregate concrete reinforced with steel fibers: Optimization and prediction via RSM and GEP. ***Construction and Building Materials***, *252*. 2020. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.11905

OKUBO, S., *et al*. Development of recycled PET fiber and its application as concrete-reinforcing fiber. ***Cement and Concrete Composites***, *29*(6), 448–455. 2007. https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2007.02.002

PARHI, S. K. e PATRO, S. K. Application of R-curve, ANCOVA, and RSM techniques on fracture toughness enhancement in PET fiber-reinforced concrete. ***Construction and Building Materials***, *411*. 2024. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.134644

PELISSER, F., *et al.* Mechanical properties of recycled PET fibers in concrete. ***Materials Research***, *15*(4), 679–686. 2012. https://doi.org/10.1590/S1516-14392012005000088

PELISSER, F., *et al*. Effect of the addition of synthetic fibers to concrete thin slabs on plastic shrinkage cracking. ***Construction and Building Materials***, *24*(11), 2171–2176. 2010. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2010.04.041

RASHEED, L. S., *et al.* Utilising PET Bottle Fibers in the production of Concrete. ***Journal of Physics: Conference Series***, *1973*(1). 2021. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1973/1/012210

SALHOTRA, S., *et al*. Comparative study of uncoated and coated waste PET fiber for sustainable concrete. ***Materials Today: Proceedings***, *80*, 2022–2026. 2023. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.06.060

TANG, R., *et al*. Preparation and performance analysis of recycled PET fiber reinforced recycled foamed concrete. ***Journal of Building Engineering***, *57*. 2022. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2022.104948