

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS PLÁSTICOS NO TRAÇO DE BLOCOS DE CONCRETO TIPO PAVER

USE OF PLASTIC WASTE IN THE TRACK OF PAVER CONCRETE BLOCKS

234

Helen Ferrari¹; Ricardo da Silva Manca²

1- Formada em Engenharia Ambiental, pela Faculdade Municipal Prof. Franco Montoro (FMPFM), Mogi Guaçu – SP; 2- Doutor em Engenharia Civil, pela Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP e coordenador/docente na FMPFM.

Contatos: ricardomanca@gmail.com; hf_ferrari@yahoo.com.br

RESUMO

O presente trabalho visa mostrar algumas alternativas para reciclagem do lixo urbano formado por resíduos plásticos PEAD e PET quando estes são adicionados na produção de concreto. Foram executados corpos de prova de concreto em forma de blocos maciços que em sua composição foram adicionadas diferentes porcentagens de plásticos na forma triturada ou granular. Os corpos de prova foram submetidos a testes de resistência à compressão para obter-se suas propriedades mecânicas. Os resultados mostraram que os blocos produzidos com plástico na forma triturada podem ser usados na construção civil em peças de concreto sem grande função estrutural como mobiliários urbanos, ornamentos, vasos, entre outras aplicações.

Palavras-chave: Concreto, plástico, traço, reciclagem.

ABSTRACT

This paper aims to show some alternatives for recycling urban waste formed by HDPE and PET plastic residues when used in concrete production. Specimens in the form of solid blocks concrete were made and in their composition different percentages of crushed or granular plastics were added. The specimens were subjected to compressive strength tests to obtain their mechanical properties. The results showed that the produced blocks with crushed plastic can be used in civil construction in concrete pieces without major structural functions such as urban furniture, ornaments, vases, among other applications.

Keywords: Concrete, plastic, trace, recycling.

INTRODUÇÃO

O grande volume de resíduos plásticos depositados nas cidades de forma irregular e inconsciente é um dos maiores contribuintes para o crescimento do lixo urbano. Estes resíduos possuem grande potencial de reciclagem, não necessitando serem descartados integralmente no aterro sanitário da cidade.

Segundo Itô (2014), existem três pontos de descarte dos resíduos no Brasil, sendo eles os aterros sanitários, aterros controlados, e os populares lixões. Em todos os casos há contaminação de solo através da geração de chorume oriunda dos resíduos, e causam inúmeros problemas ambientais, sendo a única diferença que os lixões contam com a disposição a céu aberto, e os aterros controlados são cobertos por terra.

Nestes casos, a utilização dos resíduos plásticos nos traços do concreto com a finalidade de substituir totalmente ou parcialmente os agregados, pode ser considerada uma maneira ambientalmente satisfatória e viável, com capacidade de reduzir o impacto ao meio ambiente que a construção civil gera.

A energia de trituração do material reciclado não foi levada em conta, mas deve ser estudada caso seja feita uma produção em maior escala dos blocos com material reciclado, devido sua influência no custo do produto final.

Com base no exposto, o presente trabalho visa analisar a resistência à compressão de blocos maciços de concreto, quando o agregado é substituído parcialmente por plásticos Polietileno de Alta Densidade (PEAD) e Polietileno Tereftalato (PET), nas formas granulada e triturada.

Com o presente trabalho espera-se contribuir com os estudos sobre o concreto com resíduos plásticos, defendendo a sua utilização e assim auxiliar na redução do descarte de resíduos e a diminuição dos impactos ambientais resultantes da construção civil.

2. revisão bibliográfica

Segundo De Wit *et al.* (2019), desde 1950 a produção de plástico virgem aumentou em 200 vezes e cresce a um índice de 4% ao ano desde 2000. Em 2016, a marca foi de 396 milhões de toneladas métricas, aproximadamente 2 bilhões de toneladas métricas de emissões de dióxido de carbono, equivalente a 6% da liberação mundial por ano. Estima-se que até 2030, mais de 104 milhões de toneladas de plástico irão poluir o ecossistema. De todo o plástico produzido, 75% é lixo e 80% da poluição dos oceanos é originada em terra. O frenético consumo plástico gera uma quantidade enorme de resíduos. No ano de 2016, quase 310 milhões de toneladas métricas de resíduos plásticos foram reproduzidos, proporcional a 2.200 garrafas plásticas de água para cada habitante do planeta. Desse montante, apenas 63% está sendo tratado de forma eficiente.

A reciclagem de resíduos plásticos quando associada à produção de concreto pode minimizar os impactos ambientais gerados pela construção civil e também reduzir a quantidade de material lançada no meio ambiente.

De acordo com Fraga (2006), a redução de RCC associada a sua reciclagem são formas de aproximar a construção civil da sustentabilidade através da redução dos impactos negativos e da geração de matéria-prima que pode ser substituída pela natural.

De acordo com Waroonkun *et al.* (2017), é possível usar flocos de plástico na produção de blocos para a construção civil, desde que os mesmos sejam produzidos com a proporção certa de cimento, água, areia e flocos de plástico. Este estudo determinou que o tamanho dos flocos de plástico devem estar entre 1,19 – 4,75 mm (milímetro) obtendo-se blocos com tensão de ruptura de 14.4 MPa (Mega Pascal).

Segundo Rahmani *et al.* (2013), para o manuseio do concreto ainda úmido, conforme se aumenta a quantidade de PET na produção da massa, a plasticidade e consistência do concreto fresco diminuem tornando o manuseio mais complicado devido ao aumento na flexão causado pelas partículas de PET. Os blocos apresentaram também aumento da resistência a flexão em baixas concentrações de plástico de 6,87 % a 8,01 % em blocos com proporções de água/cimento de 0,42 e 0,54 respectivamente. No entanto, os blocos com concentração maior que 15 % de plásticos começam a apresentar uma redução na resistência a flexão de 14.7 % e 6.25 % para as mesmas combinações de proporção água x cimento.

De acordo com Pareja *et al.* (2009), que realizaram estudos usando PEAD na forma de grânulos de tamanho aproximado de 5 mm e isento de contaminantes, foram produzidos 4 tipos diferentes de cilindros para testes com substituição de areia por granulado de PEAD em 3.0, 4.0 e 5.0 kg (quilograma) respectivamente, tendo o traço 1 como referência sem a adição de plásticos na produção. Depois de 14 dias em área climatizada os corpos de prova foram retirados e capeados com enxofre para uniformizar as tensões no topo dos objetos e então os testes de rompimento foram realizados. Comprovando assim que os cilindros do traço 2 (3.0 kg PEAD) foram os que tiveram melhores resultados passando dos 30 MPa apresentando um aumento de quase 10 MPa sobre os resultados dos concretos normais sem a adição de PEAD, em contrapartida os de traço 4 (5.0 kg) apresentaram uma queda na resistência média, ficando abaixo dos concretos convencionais, os do traço 3 (4.0 kg) tiveram resultados parecidos com os dos concretos normais.

Segundo Rocha *et al.* (2018), o plástico PEAD poderia ser usado para a produção de *pavers* usando-o como substituto para parte dos agregados. Foram produzidos 4 tipos diferentes para testes, com substituição de uma porcentagem da brita usada no preparo do cimento por granulado de plástico nas proporções de 5%, 10%, 15% e 20%. Após o teste de compressão nenhum dos traços atingiu os valores médios esperados segundo as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) que são de 35 MPa. O traço com melhor resultado foi o com 5% de PEAD atingindo apenas 18,67 MPa. Em relação ao teste de absorção de água, todos os 4 traços obtiveram resultados maiores que os exigidos pela Norma Brasileira (NBR), porém os traços com adição de 5% de PEAD foram os únicos que apresentaram redução em relação ao traço de referência. Os resultados

dos testes apontaram a possibilidade do uso de PEAD na fabricação de pisos intervalados como uma opção para o reuso de plásticos.

De acordo com a pesquisa de Akçaözog̃lu (2012), foram criados 4 tipos de corpos de prova com diferentes porcentagens de agregados entre 30 a 60% usando PET de forma cilíndrica e prismática, sendo os mesmos usados para testes de compressão, velocidade da onda ultrassônica e condutividade térmica. Foi constatada uma diminuição no peso por metro cúbico kg/m^3 (quilograma por metro cúbico) dos blocos em conformidade com o aumento da porcentagem de agregado usado na sua confecção, os blocos com PET chegaram a ser até 35% mais leves que um bloco de concreto tradicional. Quanto aos testes de compressão os objetos produzidos com 30% de PET foram os que apresentaram o melhor resultado após 27 dias de cura atingindo 26,9 MPa e o pior foi o bloco com 60% de PET atingindo apenas 11,1 MPa, sendo o único com resultados não satisfatórios no teste. Segundo as medições com relação a condutividade térmica, houve uma redução em todos os compostos com agregados que pode ser atribuída a propriedades dos granulados de PET não terem um valor de condutividade térmica alta, tendo assim uma propagação térmica mais lenta que o observado em concretos normais. Observando os resultados dos testes da velocidade da onda ultrassônica, os objetos apresentaram redução com relação aos blocos tradicionais, o que era esperado devido a diminuição do peso e aumento na porosidade.

Para a pesquisa de Candido *et al.* (2014), foram produzidos 4 traços sendo 1 sem a adição do agregado de PET e outros 3 com adição de plásticos nas porcentagens de 15%, 30% e 45%. Os resultados dos testes de massa seca constataram uma redução na massa correlacionada com o aumento da quantidade de PET nos blocos. Os resultados dos testes de condutividade térmica apontaram um aumento de 27,4% no traço com 15% de PET com relação ao traço sem PET, enquanto os outros traços tiveram resultados não satisfatórios. Com relação ao teste de compressão, houve um aumento da resistência de 2,33% apenas no traço de 15% PET, enquanto os outros tiveram grandes reduções acima dos 35%.

MATERIAL E MÉTODOS

Materiais Utilizados

Areia

A areia utilizada foi a média lavada, isenta de materiais orgânicos e secada ao sol. Os diâmetros médios dos grãos foram de 0.5 mm até 2 mm.

Cimento

Para a produção do concreto foi utilizado o cimento Portland Composto com escória, o CP II – E – 25.

Água

A água utilizada foi obtida através do abastecimento público, sendo esta potável.

Plástico triturado

O plástico triturado foi doado por uma empresa de reciclagem no município de Indaiatuba/SP, onde recebe o material e faz o processo de trituração transformando-os em partículas menores de plástico.

Os tipos de plástico triturado encontrados na amostra utilizada são o PET e o PEAD. Os flocos são finos de espessura média de 2 mm e comprimento médio de 4 cm (centímetro). O plástico triturado utilizado pode ser visto na Figura 1.

Figura 1. Plástico triturado.



Fonte: fonte própria (2019).

Plástico granulado

O tipo de plástico granulado utilizado é o PEAD. Também obtido pela mesma empresa de reciclagem que o plástico triturado, os grãos têm uma forma que se aproxima de pequenos cilindros, com comprimento médio de 1 cm e diâmetro de 0,5 cm. O plástico granulado utilizado é mostrado na Figura 2.

Figura 2. Plástico granulado.



239

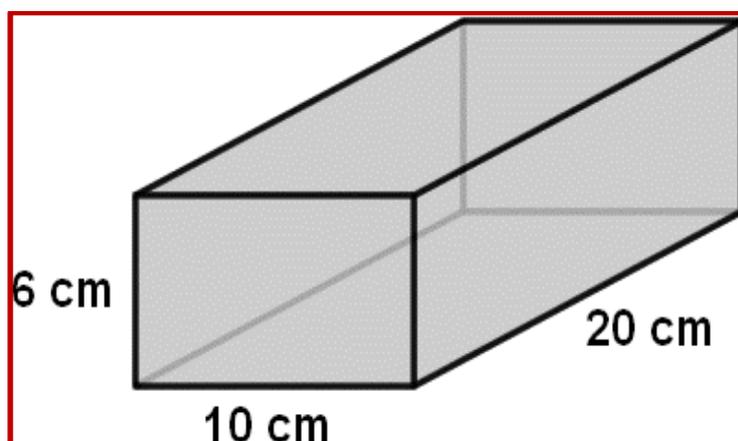
Fonte: fonte própria (2019).

Métodos

Especificações do corpo de prova

O corpo de prova adotado foi feito em forma de bloco maciço, com as dimensões de 10 cm de largura por 20 cm de comprimento por 6 cm de altura, conforme a Figura 3:

Figura 3. Especificações do corpo de prova.



Fonte: fonte própria (2019).

Traços utilizados

Definiu-se o traço base para o bloco sem adição de material reciclável de 1 para 7, sendo este uma parte de cimento para sete partes de areia. Para os blocos com material reciclável utilizou-se os traços dados pela Tabela 1:

Tabela 1. Traços utilizados.

Traço	Cimento	Areia	PET Triturado	PET Granulado
Puro	1	7	0	0
Triturado	1	4	3	0
Granulado	1	5	0	2

Fonte: fonte própria (2019).

DESENVOLVIMENTO

Os corpos de prova foram produzidos no Laboratório de Fenômenos de Transporte, nas dependências da Faculdade Municipal Prof. Franco Montoro, Campus Mogi Guaçu (FMPFM). As quantidades de materiais utilizadas na execução, seguindo os traços já estabelecidos, são dadas pela Tabela 2:

Tabela 2. Quantidade de materiais.

Traço	Cimento	Areia	PET Triturado	PET Granulado	Água
Puro	150 ml	1050 ml	0	0	250 ml
Triturado	150 ml	600 ml	450 ml	0	250 ml
Granulado	150 ml	750 ml	0	300 ml	250 ml

Fonte: fonte própria (2019).

Foram executados 3 blocos para cada traço utilizado, chegando a um total de 9 corpos de prova. Antes da execução foram confeccionadas formas de madeira untadas com óleo nas dimensões do bloco a ser moldado, conforme a Figura 4:

Figura 4. Forma de madeira untada com óleo.

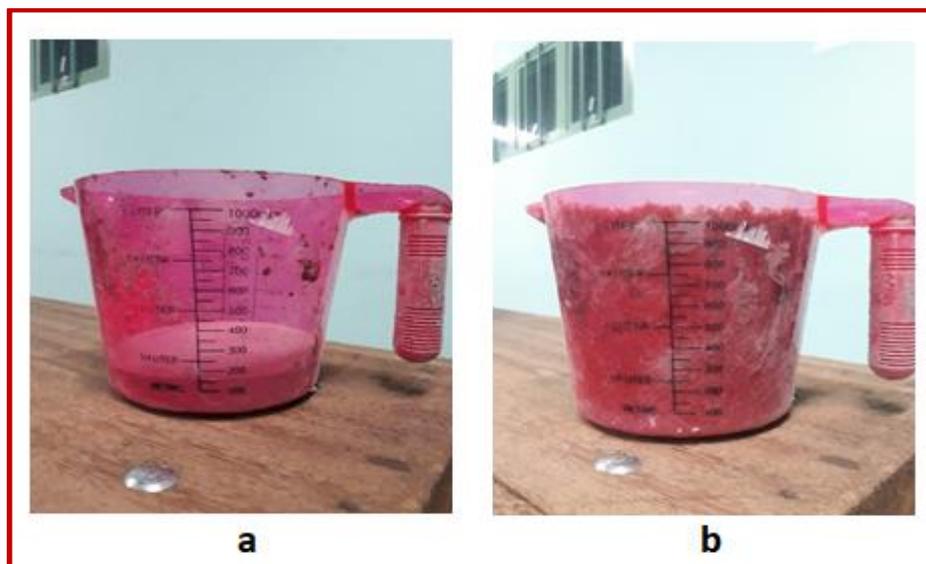


Fonte: fonte própria (2019).

Execução do bloco puro

Em dois recipientes separados foi adicionado 150 ml (mililitro) de cimento e 1050 ml de areia média, conforme mostrado pela Figura 5 (a) e (b), respectivamente.

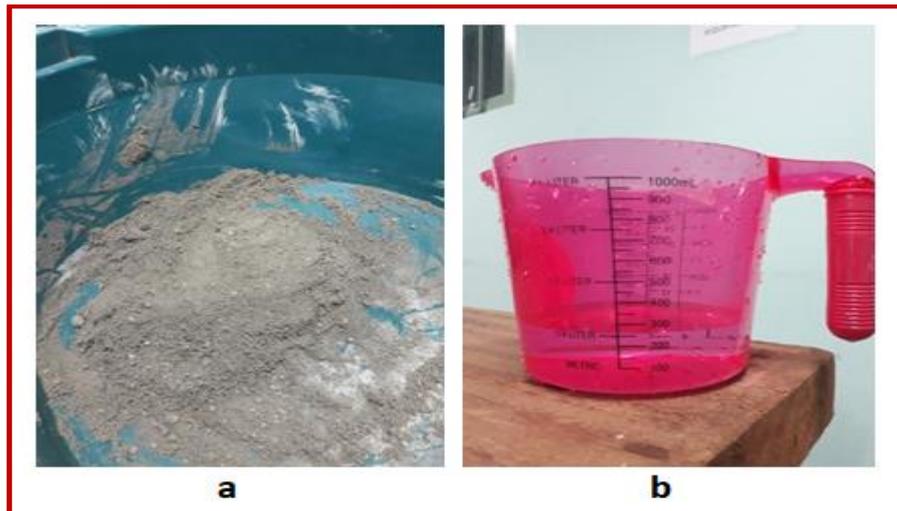
Figura 5. Recipiente com 150 ml de cimento (a), 1050 ml areia média (b).



Fonte: fonte própria (2019).

Os dois materiais foram misturados de forma homogênea e foram adicionados 250 ml de água, conforme as Figuras 6 (a) e (b), respectivamente.

Figura 6. Mistura de cimento e areia (a), 250ml de água (b).



Fonte: fonte própria (2019).

A mistura foi então adicionada na forma de madeira untada com óleo para facilitar a retirada do bloco depois da cura, conforme a Figura 7.

Figura 7. Forma com traço de concreto puro.

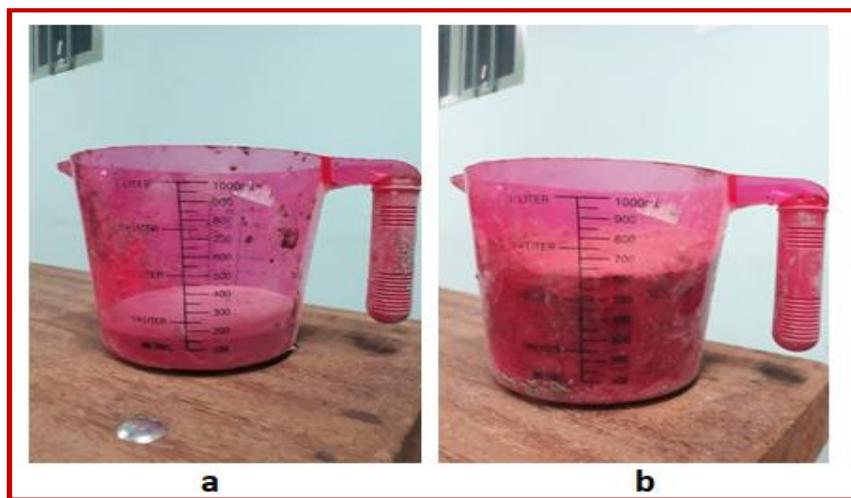


Fonte: Fonte Própria (2019).

Execução do bloco triturado

Em um recipiente foi adicionado 150 ml de cimento, depois foram adicionados 600 ml de areia média, conforme as Figuras 8 (a) e (b), respectivamente.

Figura 8. Recipiente com 150 ml de cimento (a), 600 ml areia média (b).



Fonte: fonte própria (2019).

Foram adicionados 450 ml do plástico triturado e 250 ml de água, conforme as Figuras 9 (a) e (b), respectivamente.

Figura 9. Recipiente com 450 ml de plástico triturado (a), 250 ml de água (b).



Fonte: fonte própria (2019).

Os materiais foram misturados até que chegassem a uma consistência homogênea. A mistura foi então adicionada na forma de madeira untada com óleo para facilitar a retirada depois da cura, conforme Figura 10.

Figura 10. Forma com traço de concreto com plástico triturado.



Fonte: fonte própria (2019).

Execução do bloco granulado

Em um recipiente foi adicionado 150 ml de cimento, depois foram adicionados 750 ml de areia média, as Figuras 11 (a) e (b), respectivamente.

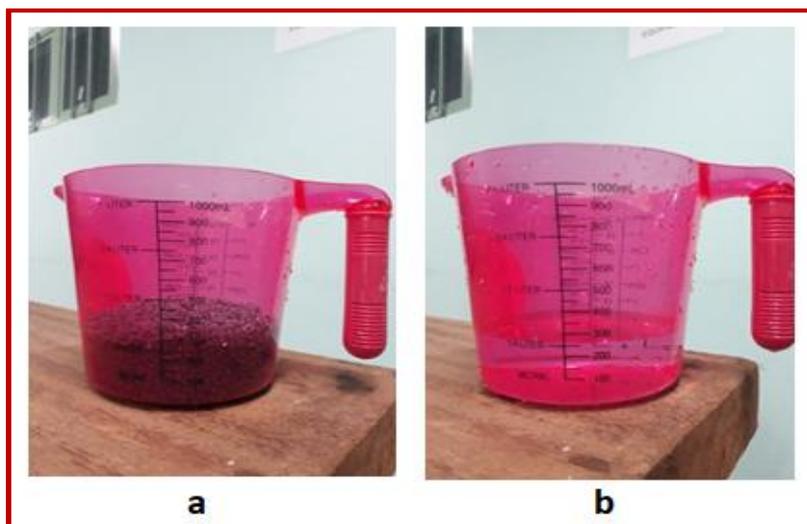
Figura 11. Recipiente com 150 ml de cimento (a), 750 ml areia média (b).



Fonte: fonte própria (2019).

Foram adicionados 300 ml do plástico granulado, e adicionados 250 ml de água, as Figuras 12 (a) e (b), respectivamente.

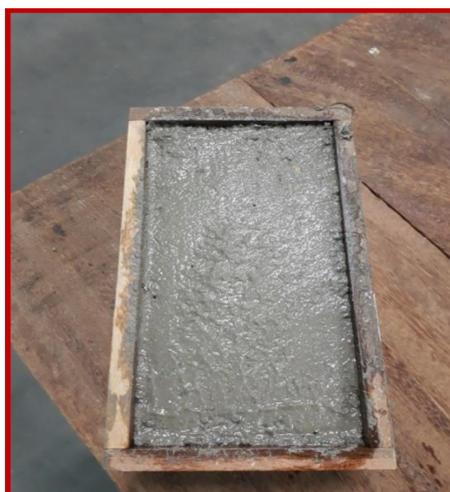
Figura 12. Recipiente com 300 ml de plástico granulado (a), 250 ml de água (b).



Fonte: fonte própria (2019).

Os materiais foram misturados até que chegassem a uma consistência homogênea e foram adicionados à uma forma de madeira, conforme a Figura 13.

Figura 13. Forma com traço de concreto com plástico granulado.



Fonte: fonte própria (2019).

Cura

Os blocos concretados foram curados à sombra, onde foram molhados uma vez por dia durante 28 dias. Pode-se ver os blocos na Figura 14.

Figura 14. Corpos de prova em processo de cura.



Fonte: fonte própria (2019).

Remoção das formas

Depois de 28 dias do processo de cura os blocos foram desenformados, removendo-se os lados da forma. Os blocos finais podem ser vistos na Figura 15.

Figura 15. Corpos de prova desenformados.



Fonte: fonte própria (2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Teste de Resistência à Compressão

Os corpos de prova foram levados ao laboratório de qualidade da Empresa Blocos Torati, localizada na cidade de Mogi Guaçu/SP, o qual cedeu seu laboratório para que fossem realizados os testes de resistência à compressão através da prensa hidráulica SEIDNER com capacidade máxima igual a 100.000 kgf (quilograma-força), como mostra a Figura 16.

247

Figura 16. Prensa para teste de resistência à compressão.



Fonte: fonte própria (2019).

Antes de serem colocados na prensa, os blocos foram nivelados utilizando-se concreto magro, conforme a Figura 17.

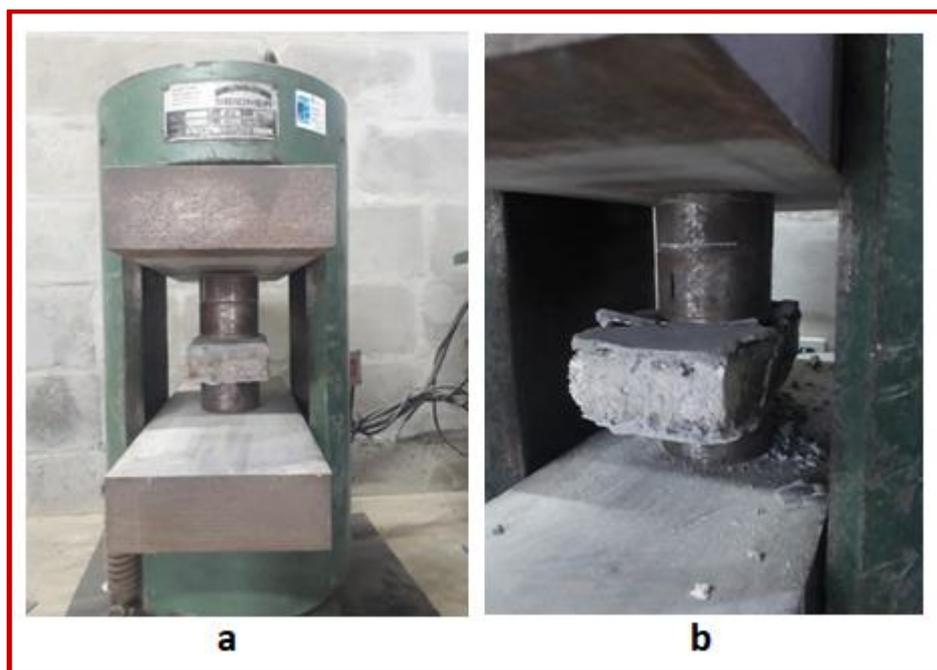
Figura 17. Corpos de prova nivelados com concreto magro.



Fonte: fonte própria (2019).

Os blocos nivelados foram posicionados na prensa e foram rompidos conforme NBR 9781/13, conforme as Figuras 18 (a) e (b), respectivamente.

Figura 18. Corpo de prova na prensa (a), Ruptura do corpo de prova (b).



Fonte: fonte própria (2019).

Os resultados obtidos do ensaio de resistência à compressão para cada tipo de corpo de prova podem ser vistos nas Tabelas 3, 4 e 5.

Tabela 3. Resultados da resistência à compressão, blocos puros.

PURO	Dimensões médias das peças (mm)			Área (mm ²)	Carga de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)
	comp.	largura	altura			
1	200	100	60	5674,5	124200	20,79
2	200	100	60	5674,5	62000	10,38
3	200	100	60	5674,5	48600	8,14
Resistência média à compressão - f_p - (MPa):						13,10
Desvio padrão - s - (MPa):						6,75
Resistência caracter. à compressão - f_{pk} - (MPa):						6,35

Fonte: fonte própria (2019).

Tabela 4. Resultados da resistência à compressão, blocos com plástico triturado.

TRITURADO	Dimensões médias das peças (mm)			Área (mm ²)	Carga de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)
	comp.	largura	altura			
1	200	100	60	5674,5	65600	10,98
2	200	100	60	5674,5	54500	9,12
3	200	100	60	5674,5	65300	10,93
Resistência média à compressão - f_p - (MPa):						10,35
Desvio padrão - s - (MPa):						1,06
Resistência caracter. à compressão - f_{pk} - (MPa):						9,29

Fonte: fonte própria (2019).

Tabela 5. Resultados da resistência à compressão, blocos com plástico granulado.

GRANULADO	Dimensões médias das peças (mm)			Área (mm ²)	Carga de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)
	comp.	largura	altura			
1	200	100	60	5674,5	35200	5,89
2	200	100	60	5674,5	39600	6,63
3	200	100	60	5674,5	30700	5,14
Resistência média à compressão - f_p - (MPa):						5,89
Desvio padrão - s - (MPa):						0,75
Resistência caracter. à compressão - f_{pk} - (MPa):						5,14

Fonte: fonte própria (2019).

Observando as Tabelas 3,4 e 5 pode-se verificar que os corpos de prova com materiais granulados não obtiveram bons resultados de resistência à compressão, pode-se concluir que seu formato granular “oco” pode aumentar o número de vazios no concreto, diminuindo assim sua resistência à compressão.

Também pode-se observar que quando comparados com os blocos puros, os blocos com material triturado foram os que tiveram maior resistência à compressão, ultrapassando a resistência necessária para alguns tipos de blocos de concreto estrutural. Os corpos de prova também tiveram uma boa trabalhabilidade, uma vez que não houve dificuldade na concretagem das formas. Na tabela 6 é possível observar uma comparação dos resultados obtidos para resistência à compressão com outros trabalhos:

Tabela 6. Comparação de resultados da resistência à compressão.

Autor	Cimento	Areia	Traço Brita	PET/PEAD	Fck (MPa)
Presente Trabalho	1	4	0	3	9,29
Rocha <i>et al.</i> (2018)	1	3	3	10% da quantidade de brita	13,18
Waroonkun; Puangpinyo; Tongtuam (2017)	1	3,6	0	0,4	8,5
Cândido; Barreto; Cabral (2014)	1	5 (pó de pedra)	0	15% da quantidade de pó de pedra	5,71

Fonte: fonte própria (2019).

Quando os traços são similares, os resultados de resistência à compressão estão próximos aos encontrados por outros autores, observando-se que, mesmo utilizando uma taxa de plástico maior, o presente trabalho obteve bons resultados para o plástico triturado.

CONCLUSÕES

Os resultados de resistência à compressão dos corpos de prova mostraram que a utilização do resíduo plástico na confecção de blocos de concreto é possível e viável. Os blocos desenvolvidos com plástico triturado no presente trabalho alcançaram uma resistência à compressão que pode ser comparada à alguns tipos de blocos de concreto comerciais utilizados para vedação.

Com estes resultados, espera-se que os blocos possam ser utilizados em locais de baixa solicitação estrutural como calçamentos, mobiliários urbanos e áreas públicas como praças e parques. Pensando em redução, reuso, coleta seletiva e reciclagem, o presente trabalho mostra o resíduo plástico como uma alternativa promissora para redução dos impactos ambientais causados pela construção civil.

REFERÊNCIAS

RODRIGUES, L. S. et al. Utilização do resíduo sólido pet (polietileno tereftalato) na fabricação de blocos de concreto estrutural para pavimentos rígidos. In: **18º CBECiMat-Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais**. 2008.

RAHMANI, E. et al. On the mechanical properties of concrete containing waste PET particles. **Construction and Building Materials**, v. 47, p. 1302-1308, 2013.

PAREJA, J. A. M. et al. **Utilização de Polietileno de alta densidade (PEAD) como agregado em substituição a areia na produção de concreto**. Simpósio de Pós-Graduação em Engenharia Urbana–SIMPGEU, Maringá–PR, 2009.

ROCHA, J. S. **Inserção de polímeros da indústria de reciclagem de plásticos em pavers**. 23º CBECiMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais. Foz do Iguaçu, PR, 2018.

AKÇAÖZOĞLU, S.; AKÇAÖZOĞLU, K.; ATIŞ, C. D. Thermal conductivity, compressive strength and ultrasonic wave velocity of cementitious composite containing waste PET lightweight aggregate (WPLA). **Composites Part B: Engineering**, v. 45, n. 1, p. 721-726, 2013.

CÂNDIDO, L. F.; BARRETO, J. M. L.; CABRAL, A. E. B. Avaliação de blocos de concreto produzidos com PET reciclado. **Anais: XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**. Maceió, 2014.

RODRIGUES, L. S. et al. Utilização do resíduo sólido pet (polietileno tereftalato) na fabricação de blocos de concreto estrutural para pavimentos rígidos. In: **18º CBECiMat- Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais**. 2008.

SHALABY, A. et al. Compressive strength and electrical properties of cement paste utilizing waste polyethylene terephthalate bottles. **Journal of Applied Sciences Research**, v. 9, p. 4160-73, 2013.

ALVES, A. L. et al. Estudo das propriedades mecânicas de pavers de concreto obtidos através da introdução de resíduos plásticos industriais. **Ambiência**, v. 15, n. 1, p. 73-93, 2019.

SANTOS, I. R. **Medidas para a redução dos impactos ambientais gerados pela construção civil**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.

DE ABREU EVANGELISTA, P. P.; COSTA, D. B.; ZANTA, V. M. Alternativa sustentável para destinação de resíduos de construção classe A: sistemática para reciclagem em canteiros de obras. **Ambiente Construído**, v. 10, n. 3, p. 23-40, 2010.

ITÔ, L. C. M. **Geração de energia elétrica a partir de resíduos sólidos urbanos.** 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica com Ênfase em Sistemas de Energia e Automação), Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.

WAROONKUN, T.; PUANGPINYO, T.; TONGTUAM, Y. The Development of a Concrete Block Containing PET Plastic Bottle Flakes. **Journal of Sustainable Development**; Vol. 10, No. 6; 2017.

Os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.