

Substituição do agregado graúdo do concreto por resíduo de PET para a fabricação de cobogó

Substitution of concrete coarse aggregate for PET waste to manufacture cobogo

Sustitución del árido grueso del hormigón por residuos de PET para fabricar cobogó

Recebido: 04/05/2022 | Revisado: 12/05/2022 | Aceito: 24/05/2022 | Publicado: 29/05/2022

Denise Costa da Costa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3514-8868>

Universidade Univeritas, Brasil

E-mail: denise.costa78@hotmail.com

Gabriel Sousa de Freitas

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7221-7351>

Universidade Univeritas, Brasil

E-mail: gsousadefreitas

Andrew Arantes da Costa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8894-1523>

Universidade Univeritas, Brasil

E-mail: andrew.arantes.costa@gmail.com

Kelly Fernandes Ferreira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5594-5189>

Universidade Univeritas, Brasil

E-mail: kelly.fernandes1995@gmail.com

Fabricio Bau Dalmas

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7547-6642>

Universidade Univeritas, Brasil

E-mail: fdalmas@prof.ung.br

Resumo

O grande desafio atual na construção civil é conseguir diminuir os impactos causados pelos processos, tais como a geração de resíduos; consumo de matérias primas; e o consumo exagerado de polímeros (plásticos) pela sociedade. Visando conciliar essas problemáticas, o presente artigo buscou avaliar a substituição do agregado graúdo (brita) do concreto por resíduo de PET para a fabricação de blocos cobogós. Para tal objetivo utilizou-se como método um traço modificado de concreto onde houve a substituição total do agregado graúdo (brita) por PET, estes concretos foram avaliados por meio do ensaio de compressão axial aos 7, 14 e 21 dias. Como resultado obteve-se uma resistência de 4,07 MPa, satisfazendo a norma para blocos vazados de concreto simples para alvenaria, que por sua vez traz uma excelente vantagem no que se refere a sustentabilidade.

Palavras-chave: Resíduos sólidos; PET; Concreto; Sustentabilidade; Cobogós.

Abstract

The current great challenge of civil construction is to be able to reduce the impacts caused by the processes, such as the generation of waste; consumption of raw materials; and the exaggerated consumption of polymers (plastics) by society. In order to reconcile these problems, this article sought to evaluate the replacement of coarse aggregate (gravel) in concrete with PET waste for the manufacture of cobogós blocks. For that, a modified concrete mixture was used as a method, where there was the total replacement of the coarse aggregate (gravel) by PET, these concretes were evaluated by means of the axial compression test at 7, 14 and 21 days. As a result, a strength of 4.07 MPa was obtained, meeting the standard for hollow concrete blocks for masonry, which in turn brings an excellent advantage in terms of sustainability.

Keywords: Solid waste; PET; Concrete; Sustainability; Cobogós.

Resumen

El gran desafío actual en la construcción civil es reducir los impactos causados por los procesos, como la generación de residuos, el consumo de materias primas y el consumo exagerado de polímeros (plásticos) por parte de la sociedad. Con el fin de conciliar estos problemas, este trabajo pretendía evaluar la sustitución del árido grueso (grava) del hormigón por residuos de PET para la fabricación de bloques de cobogós. Para ello, se utilizó una mezcla de hormigón modificada en la que se produjo una sustitución total del árido grueso (grava) por PET. Estos hormigones se evaluaron mediante un ensayo de compresión axial a los 7, 14 y 21 días. Como resultado se obtuvo una resistencia de

4,07 MPa, que satisfaz a norma para blocos vazados de concreto armado para mamposteria, o que a sua vez supõe uma excelente vantagem em termos de sustentabilidade.

Palavras chave: Resíduos sólidos; PET; Concreto; Sustentabilidade; Blocos vazados.

1. Introdução

A construção civil é considerada uma atividade que promove o desenvolvimento de diversos setores da economia do Brasil, pois tem um grande impacto em outras áreas, como alimentação, educação, energia, entre outros (Freitas, 2021; Santos et al., 2020). No Brasil o setor da construção civil é uma das atividades que se destaca pela geração de resíduos, tal resíduo é denominado como resíduos da construção civil (RCC). O RCC afeta a economia, a sociedade e o meio ambiente (Freitas & Bulbovas, 2020). O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) em sua Resolução 307, de 5 de julho de 2002 determina que o RCC são os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, e que somente no ano de 2019 houve uma geração de aproximadamente 44,5 milhões de toneladas ou 213,5 (kg/hab/ano) de RCC (ABRELPE, 2020).

Freitas & Dalmas (2021) afirmaram que a geração do RCC está ligada a fatores como o Produto Interno Bruto (PIB) de um país e sua população e que entre os anos de 2012 a 2018 no Brasil foram coletados 1.142.065 t/dia de RCC, desta maneira conforme há um aumento da população de um país e o seu crescimento econômico existirá um aumento na geração do RCC.

No Brasil o descarte do RCC ocorre ainda de forma irregular como em margens de rios, lotes desocupados, margens de rios, vias públicas, por vezes misturados a outros resíduos, o RCC consiste basicamente em resíduos difíceis de degradar ou não degradáveis, o que os diferencia dos RSU em termos de disposição no solo, pois tendem a não perder volume ao longo do tempo, consumindo mais espaço de disposição rapidamente após o término da atividade. de outros usos (Brasil, 2022).

Para Roth e Garcias (2009) é o setor que desempenha um papel importante na economia brasileira, entretanto, uma grande geradora de impactos ambientais, resultando em uma área completamente degradada. Essas áreas acabam levando a condições de risco com consequências associadas, como maior vulnerabilidade dos lençóis freáticos, rios, córregos próximos. Outra questão importante que a construção civil traz é a extração de matérias primas da natureza se tornando responsável por ser um dos setores que mais consomem recursos.

Mesquita (2012) disse que o setor consome aproximadamente cerca de 20% a 50% de todo consumo da sociedade e para Gasquez (2014) o consumo está entre 40% a 75%, possuindo o consumo de cimento maior que o de alimentos e de concreto só perdendo para a água.

O concreto é material formado pela mistura de cimento, água, agregado graúdo (brita), agregado miúdo (areia) e aditivos. Para Lima et. al (2014), é um material de fácil modelagem antes da sua cura e possui uma grande resistência tornando-se capaz de suportar bases para construção. Com isso a busca de alternativas sustentáveis para a fabricação do concreto se torna uma reponsabilidade necessária visando a manter as propriedades do material.

O concreto tem uma enorme versatilidade no seu uso dentro da construção civil, desde a fabricação de elementos estruturais a elementos decorativos. Dentre estes materiais está o cobogó ou elemento vazado, tal material possui vantagens como, a sua capacidade de ventilação e separação de ambientes sem a perda de luz natural. Para Camado et. al (2022) o uso do cobogó é uma opção arquitetônica que pode ser utilizada para minimizar as condições climáticas adversas e promover ventilação natural permanente, proteção solar e iluminação natural. Araújo (2011) diz que a fabricação dos cobogós tem adotado atualmente técnicas construtivas levando soluções viáveis e econômicas que podem ser utilizadas por toda a população, com o objetivo de responder às condições ambientais de cada região, contribuindo para a realização de edifícios com baixo impacto ambiental.

Segundo Meneses (2011), para enfrentar esse problema da geração de resíduos sólidos e reduzir a exploração dos

recursos naturais é preciso utilizar outro recurso para substituir a matéria prima, reciclar outros materiais e utilizá-los como agregado para tornar os produtos conhecidos no mercado. Deste modo é necessário criar um material que combine resíduos sólidos recicláveis com materiais construtivos da construção civil. Dentre os materiais recicláveis para tal combinação esta os polímeros (plásticos).

Nos últimos anos os polímeros (plásticos) têm sido muito utilizados na construção civil e pela sociedade. Os polímeros atendem a diversas necessidades do mercado devido às suas propriedades físicas e químicas e baixo custo oferecendo alternativas para diversas aplicações (SCOTT, 2002). Um dos polímeros mais utilizado na sociedade e nos dias atuais é o Polietileno Tereftalato (PET) para Romão et al., (2009) as aplicações do PET são: fibras têxteis (67%), embalagens processadas por injeção-sopro (24%), filmes biorientados (5%) e polímeros de engenharia (4%).

Devido ao seu rápido crescimento em uso, o PET é considerado um dos polímeros de engenharia mais importantes das últimas duas décadas e é considerado um excelente material para diversas aplicações e é amplamente utilizado na fabricação de recipientes para líquidos (Awaja & Pavel, 2005). De acordo com Gomes et al., (2018) cerca de 530 mil toneladas de PET no ano de 2015 foram consumidas no Brasil, sendo destinados 49% a aterros, em discordância com a Política Nacional dos Resíduos Sólidos.

Pelo fato de o setor da construção civil ser uma geradora de resíduos e consumir uma grande quantidade de recursos naturais e a sociedade utilizar cada vez mais o uso de polímeros no seu cotidiano, buscar alternativas que possam mitigar os impactos causados pelo setor são necessários. Como uma alternativa possível, pode-se adotar a combinação do concreto com o PET, estudo realizados apontam alguns resultados na substituição de PET por algum agregado. O estudo realizado por Candido et al., (2014) realizaram a substituição parcial de 15% do agregado miúdo (areia) e obtiveram como resultado uma redução na massa seca, absorção e condutividade térmica e uma resistência à compressão do bloco de 5,71 MPa.

Rodrigues et al. (2018) obtiveram como resultado que esta adição não garante grande ganho de resistência à compressão, em contrapartida, minimiza o comportamento frágil do concreto convencional, tal como o aumento, mesmo que pouco significativo, da capacidade de deformação. As fibras PET como agregado são uma alternativa sustentável, que traz benefícios às diferentes propriedades do concreto, mas não deve ser incorporada em quantidade superior a 5% do volume total, pois não há benefício específico para o endurecimento. (Rodriguez et al., 2021). O estudo realizado por Correa et al., (2019) concluiu que a substituição parcial em volume de areia por PET em diferentes teores (10% e 15%), provoca 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. Moura e Venquiaruto (2017) mostraram em seu estudo que existe uma viabilidade técnica no uso do agregado reciclado de PET para a produção de um concreto leve. Portanto, mostra-se que as fibras PET como agregado são uma alternativa sustentável, que traz benefícios às diferentes propriedades do concreto, mas não deve ser incorporada em quantidade superior a 5% do volume total (Rodriguez et al., 2021).

Ferreira et. al (2007) afirmaram que os blocos que possuem PET têm grandes vantagens na execução de projetos construtivos, pelo baixo custo final de construção, melhorias termoacústicas, além de ser um bloco ecológico.

Diante do exposto, torna-se indispensável, estudos que busquem formas para que a construção civil gere menos resíduos, consuma menos matéria prima e reutilize os polímeros descartados pela sociedade. Sendo assim esse artigo tem o objetivo de substituir o agregado graúdo do concreto por resíduo de PET na fabricação de cobogós.

2. Metodologia

O presente estudo utilizou o cimento Portland ARI CP- V, devido a sua alta resistência inicial; água; agregados, sendo estes o resíduo de PET e areia; e aditivo. A substituição pela brita zero foi realizada devido buscar um material mais leve na fabricação. O PET utilizado é um material que seria descartado devido ser um rejeito no processo de trituração do PET. O

PET foi proveniente dos resíduos de garrafas que foram submetidos a uma compressa mecânica, de modo que se obteve uma granulometria que ficasse retida na peneira de 2,50 mm. O aditivo adotado para a fabricação do concreto foi um aditivo plastificante cuja quantidade foi de 1% da massa.

Os ensaios laboratoriais e a confecção dos corpos de prova foram realizados na universidade Univeritas UNG localizada em Guarulhos. O rompimento dos corpos de prova foi realizado de forma adaptada, sendo realizado aos 21 dias de idades dos corpos de prova devido as restrições do uso do laboratório decorrente ao COVID-19. Para a obtenção dos resultados da resistência a compressão foi seguindo as seguintes normas NBR 5739/2018 (Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos)

Para a fabricação do corpo de prova foi escolhido o traço 1:2:2/0,58 e foi realizado a substituição total do agregado graúdo pelo PET. Realizou-se uma dosagem e a confecção de três corpos de prova e conforme a NBR 5738/2015 (Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto). O concreto de PET foi avaliado em relação ao valor mínimo exigido pela NBR 6136/2016 (Blocos vazados de concreto simples para alvenaria). A norma em questão determina que o concreto possua nos seus 28 dias de idade uma resistência equivalente a 4,05MPa.

3. Resultados e Discussão

Para determinar a resistência a compressão simples e a sua análise dimensional afim de atender os parâmetros da NBR 6136/2016 (Blocos vazados de concreto simples para alvenaria) foi realizado, o total de três corpos de provas com o traço modificado. As Figuras 1 e 2 mostram o PET triturado e os corpos de provas fabricados com o resíduo de PET.

Figura 1: PET Triturado.



Fonte: Autores.

Figura 2: Corpos de prova.



Fonte: Autores.

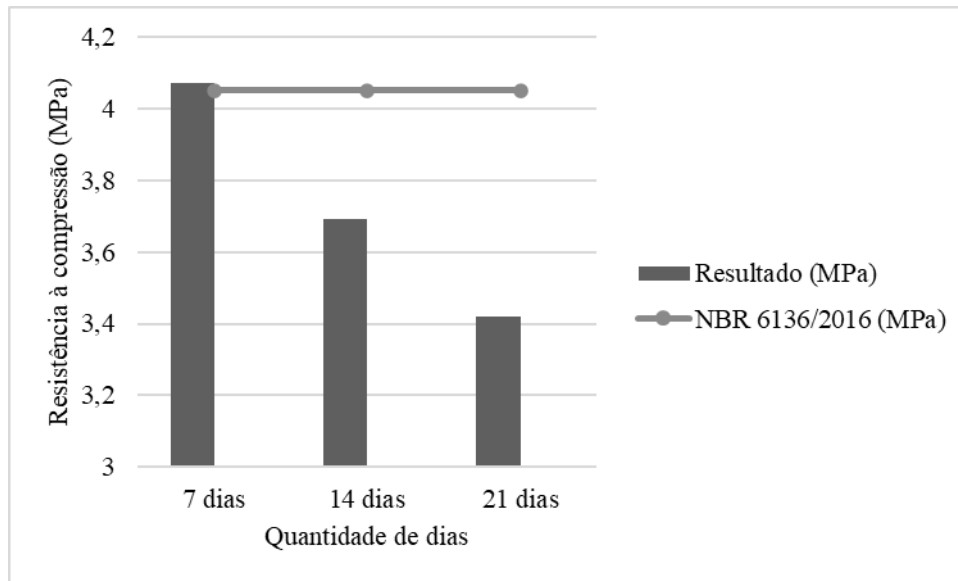
Por meio da Figura 3 e Figura 4, pode-se determinar que a resistência mínima a compressão estabelecida pela norma da NBR 6136/2016 (Blocos vazados de concreto simples para alvenaria) foi atingida. O traço modificado nos seus 21 dias de idade alcançou uma resistência a compressão de 4,07 MPa sendo que a norma estabelece uma resistência de no mínimo 4,05 MPa, nos primeiros 7 dias obteve-se uma resistência de 3,42 MPa e em 14 dias uma resistência de 3,69 MPa.

Figura 3: Ensaio de compressão do corpo de prova.



Fonte: Autores.

Figura 4: Resistência a compressão conforme idade do concreto.



Fonte: Autores.

Esse resultado mostra que é possível utilizar o resíduo de PET para a fabricação de cobogós atendendo a norma da NBR 6136/2016, observa-se que são necessários mais teste e dosagens para identificar melhor relação entre a substituição de agregado graúdo a resistência do concreto. No entanto, mesmo que o resultado do uso de fibras de PET no concreto não aumente a resistência à compressão simples, sua aplicação ainda é útil quando usado em concreto que não requer alta resistência. Depois de realizar os testes de compressão dos corpos de provas foi realizado a fabricação dos cobogós conforme a Figura 5, os cobogós tiveram as seguintes dimensões 39x39x7 cm e uma massa de 3.85 kg.

Figura 5: Cobogó ou elemento vazado.



Fonte: Autores.

4. Conclusão

Buscando por alternativas para a diminuição da geração de RCC, extração de matérias primas da natureza para a fabricação do concreto e a reutilização do PET, se faz necessário a fabricação de um concreto sustentável que atenda a

capacidade da resistência axial estabelecida pelas normas vigentes.

Neste sentido buscando soluções ecológicas, a mistura de concreto e PET é ideal, visando que o reuso do PET na fabricação de concreto, significa retirar dos aterros um material que ocuparia um espaço, diminuindo a vida útil do aterro. Desta forma qualquer reintrodução do resíduo na sociedade gera um benefício para o meio ambiente.

Por meio dos resultados alcançados é possível verificar que a substituição total do agregado graúdo pelo PET, traz uma massa específica do cobogó de 3,85 kg e uma resistência a compressão de 4,07 MPa aos 21 dias de idade, além do reuso de um resíduo (PET). A utilização PET como agregado graúdo para fabricação de concreto é limitada em comparação com o traço padrão, onde existe uma diminuição da resistência a compressão axial com a adição do resíduo.

Referências

- ABNT. (2015). Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 5738: Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto*.
- ABNT. (2016). Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 6136: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria*.
- ABNT. (2018). Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 5739: Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos*.
- ABRELPE. (2020). Associação Brasileira de Empresas de Limpeza pública e Resíduos Especiais. *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil-2020: ABRELPE*.
- Araújo, C. V. de A. (2011). *Análise de componentes arquitetônicos para potencialização da ventilação natural com ênfase em captadores de vento*. Dissertação (Mestrado em Conforto no Ambiente Construído; Forma Urbana e Habitação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
- Awaja, F., & Pavel, D. (2005). Recycling of PET. *European polymer journal*, 41(7), 1453-1477.
- Brasil. (2002). Ministério do Meio Ambiente. *Resolução Conama nº 307*, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Diário Oficial da União, Brasília.
- Brasil. (2022). Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Qualidade Ambiental. *Plano Nacional de Resíduos Sólidos - Planares* [recurso eletrônico] / coordenação de André Luiz Felisberto França... [et. al.]. – Brasília, DF: MMA.
- Camacho, D., Sacht, H., Vettorazzi, E., & Bessa, S. A. L. (2020). Influência da geometria dos cobogós nas condições de iluminação natural para de foz do iguaçu. *Encontro nacional de tecnologia no ambiente construído*, 1-8.
- Cândido, L. F., Barreto, J. M. L., & Cabral, A. E. B. (2014). Avaliação de blocos de concreto produzidos com PET reciclado. *Anais: XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Maceió*.
- Correa, P. M., Guimarães, D., & Santana, R. M. C. (2019). Influência da concentração de Pet pós-consumo nas propriedades físicas do concreto leve. *Rev. Eletr. Mater. Proces*, 14(3), 140-145.
- Ferreira E. M. et al. (2007). Estudo de garrafas PET incorporadas aos blocos de concreto – aplicação alternativa na construção. In: *Anais do XI Encontro Latino-Americano de Iniciação Científica e VII Encontro Latino Americano de Pós-Graduação* – Universidade do Vale do Paraíba. p 492-494.
- Freitas, G. S. (2021). Avaliar por meio da literatura os avanços a consciência ambiental referente ao resíduo de poliestireno expandido (EPS). *Revista Geociências-UNG-Ser*, 20(1), 5-11.
- Freitas, G. S., & Bulbovas, P. (2020). Os avanços da conscientização a respeito da coleta dos resíduos sólidos na construção civil. *Revista Geociências-UNG-Ser*, 19(1), 15-21.
- Freitas, G. S., & Dalmas, F. (2021). Análise quantitativa dos resíduos de argamassa na construção civil do Brasil, entre os anos 2009 e 2018. *Revista Principia*, 0. doi:<http://dx.doi.org/10.18265/1517-0306a2021id5484>.
- Gasques, A. C. (2014). Impactos ambientais dos materiais da construção civil: breve revisão teórica. *Revista Tecnológica*, 23(1), 13-24.
- Gomes, T. S., Visconte, L. L., & Pacheco, E. B. (2018). Avaliação de duas alternativas para a destinação do PET pós-consumo no Brasil. In *Anais do VI Congresso Brasileiro sobre Gestão do Ciclo de Vida* (p. 38).
- Lima, S. F., Lima, C. I. V., Coutinho, C. O. D., Azevedo, G. G. C., Barros, T. Y. G., & Tauber, T. C. (2014). Concreto e suas inovações. *Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-ALAGOAS*, 1(1), 31-40.
- Meneses, I. A. (2011). *Avaliação de concreto com adição de fibras de pet submetido a altas temperaturas* (Dissertação Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte).
- Mesquita, A. D. S. G. D. (2012). Análise da geração de resíduos sólidos da construção civil em Teresina, Piauí. *Holos*, 2, 58-65.
- Moura, N., & Venquiaruto, S. D. (2017). Análise da resistência à compressão axial de concretos leves com substituição parcial de PET. *Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão*, 9(2).
- Rodrigues, N. C., de Barros Carvalho, M. M., Balbino, A. V. M., & Vasconcelos, A. L. R. (2018). Fibra de PET na produção de concretos. *Tecnologia em Metalurgia, Materiais e Mineração*, 15(3), 207-211.

Rodríguez, J. A. S., Zamora, J. J. A., & Pérez, S. P. M. (2021). Uso de los agregados PET en la elaboración del concreto: Revisión de la literatura. *Avances: Investigación en Ingeniería*, 18(2).

Romão, W., Spinacé, M. A., & Paoli, M. A. D. (2009). Poli (tereftalato de etileno), PET: uma revisão sobre os processos de síntese, mecanismos de degradação e sua reciclagem. *Polímeros*, 19, 121-132.

Roth, C., & Garcias, C. M. (2009). Construção civil e a degradação ambiental. *Desenvolvimento em questão*, 7(13), 111-128.9.

Santos, F. S., de Araújo Azeredo, P. H., & Veneu, D. M. (2020). Avaliação de concreto sustentável contendo teores de resíduos de agregados reciclados. *Brazilian journal of development*, 6(7), 45457-45471.

Scott, G. (2002). Why degradable polymers? In *Degradable Polymers* (pp. 1-15). Springer, Dordrecht.