

Submitted: Feb 16th, 2024
Approved: Mar 22th, 2024

Explorando o potencial de resíduos plásticos no concreto: uma revisão sistemática

Exploring the potential of plastic waste in concrete: a systematic review

Exploración del potencial de los residuos plásticos en el hormigón: una revisión sistemática

Milana Cosme Silva

Bacharelado em Engenharia Civil pelo Centro Universitário de Tecnologia de Curitiba (UNIFATEC)

Instituição: Centro Universitário de Tecnologia de Curitiba (UNIFATEC)

Endereço: Curitiba, Paraná, Brasil

E-mail: milana10736@unifatecpr.com.br

Laura Rafaela da Silva

Bacharelado em Engenharia Civil pelo Centro Universitário de Tecnologia de Curitiba (UNIFATEC)

Instituição: Centro Universitário de Tecnologia de Curitiba (UNIFATEC)

Endereço: Curitiba, Paraná, Brasil

E-mail: laura86962@unifatecpr.com.br

Alessandra Monique Weber Abdalla

Doutora em Engenharia Civil pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Instituição: Centro Universitário de Tecnologia de Curitiba (UNIFATEC)

Endereço: Curitiba, Paraná, Brasil

E-mail: alessandra.abdalla@unifatecpr.com.br

RESUMO

O artigo a seguir é uma revisão de literatura que foi realizada sobre a utilização de resíduos plásticos como substitutos de agregados na produção de concreto. Este estudo é feito para dar motivação ambiental, juntamente com a prática para esta inovação, que visa a redução da extração de matéria-prima natural. A revisão considerou diferentes plásticos, porcentagens de plástico na mistura de concreto e processamento para melhorar a adesão com cimento. A adição de plásticos está ligada à redução da densidade e à melhoria das características térmicas e acústicas do concreto, resultando em uma diminuição na resistência à compressão. A utilização de plásticos reciclados é recomendada para usos não estruturais, requerendo um tratamento otimizado dos resíduos para prolongar sua durabilidade.

Palavras-chave: resíduos plásticos, concreto sustentável, propriedades do concreto, reciclagem de plásticos, inovação na construção civil.

ABSTRACT

This article represents a literature review on the use of plastic waste as substitutes for aggregates in concrete production. This study provides both environmental and practical motivation for this innovation, which aims to reduce the extraction of natural raw materials. The review considered different types of plastics, plastic percentages in the concrete mixture, and processing methods to improve adhesion with cement as reported in various investigations. The addition of plastics is associated with a reduction in density and improvements in the thermal and acoustic characteristics of concrete, resulting in a decrease in compressive strength. The use of recycled plastics is recommended for non-structural applications, requiring optimized treatment of the waste to extend its durability.

Keywords: plastic waste, sustainable concrete, concrete properties, plastic recycling, construction innovation.

RESUMEN

El siguiente artículo es una revisión bibliográfica sobre el uso de residuos plásticos como sustituto de los áridos en la producción de hormigón. Este estudio se realiza para proporcionar una motivación medioambiental junto con la práctica para esta innovación, que pretende reducir la extracción de materias primas naturales. La revisión consideró diferentes plásticos, porcentajes de plástico en la mezcla de hormigón y procesamiento para mejorar la adherencia con el cemento. La adición de plásticos está relacionada con la reducción de la densidad y la mejora de las características térmicas y acústicas del hormigón, lo que se traduce en una disminución de la resistencia a la compresión. Se recomienda el uso de plásticos reciclados para usos no estructurales, lo que requiere un tratamiento optimizado de los residuos para prolongar su durabilidad.

Palabras clave: residuos plásticos, hormigón sostenible, propiedades del hormigón, reciclado de plásticos, innovación en la industria de la construcción.

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção é uma das maiores consumidoras de matérias-primas da atualidade, portanto, uma das principais produtoras de resíduos sólidos e emissões de CO₂. Nesse contexto, órgãos governamentais pressionam pela implementação de novas práticas mais sustentáveis, que aprimorem especificamente a relação de manuseio e eficiência dos materiais. É nesse aspecto que a reciclagem de resíduos plásticos em concreto surge não apenas como uma solução viável para o dilema ambiental, mas como inovação tecnológica de produtos existentes na construção civil (Siddique e Khatib, 2008; Silva e Mesquita, 2022).

A abordagem tem conquistado ampla aceitação, pois a tendência atual é adotar práticas construtivas que minimizem a exploração de recursos naturais virgens. A

extração de areia e agregados graúdos impacta negativamente o meio ambiente, causando degradação de habitats, erosão e perda de biodiversidade (Supit e Priyono, 2022; MacArthur *et al.*, 2016). Nos últimos anos, pesquisadores têm se dedicado à exploração do uso de resíduos plásticos em geral, com destaque para o tereftalato de polietileno, como material alternativo na substituição parcial de agregados graúdos. Essa inovação pode reduzir substancialmente a quantidade de resíduos plásticos e sua pegada de carbono na fabricação de concreto (Tabar *et al.*, 2021; Fuller e Wang, 2019). Além disso, Kangavar *et al.* (2022) demonstraram, por meio de suas pesquisas, que a substituição de agregados finos por grânulos de PET aumenta a resistência à tração do concreto, favorecendo sua aplicação em elementos submetidos à flexão.

Entretanto, estudos anteriores, como os realizados por Dawood *et al.* (2021), indicam que, apesar de o uso de resíduos plásticos aprimorar algumas propriedades do concreto, como ductilidade e resistência à compressão em baixos percentuais, altas taxas de substituição podem comprometer a integridade estrutural, devido à fraca aderência da maioria dos plásticos à matriz cimentícia. Outro aspecto relevante é que Yang *et al.* (2015) demonstram que a aplicabilidade desses novos materiais depende fundamentalmente da ligação química e física entre os resíduos plásticos e o cimento.

Este estudo analisa o uso de resíduos plásticos em concreto, com o objetivo de discutir as estratégias desenvolvidas para melhorar a plasticidade dos materiais e a possibilidade de seu uso na construção civil. O contexto científico e técnico atual é considerado, referindo-se a trabalhos como os de Siddique e Khatib (2008), juntamente com as contribuições de Kangavar *et al.* (2022) e Dawood *et al.* (2021), que abrangem os desenvolvimentos recentes, bem como as dificuldades de engenharia no uso de plásticos em concreto.

1.1 OBJETIVO GERAL

Realizar uma revisão sistemática da literatura sobre a utilização de resíduos plásticos como alternativa de agregados no concreto, visando compreender os impactos de tal incorporação e suas possíveis utilizações.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Examinar as diversas técnicas de incorporações e seus métodos de pré-tratamento dos resíduos plásticos para aprimorar a adesão à matriz cimentícia.
2. Analisar as principais propriedades físicas e mecânicas do concreto alterado com plásticos, como densidade, resistência à compressão e características térmicas e acústicas.
3. Identificar as aplicações mais apropriadas para o concreto com incorporação de plásticos, levando em conta as limitações de resistência e durabilidade.
4. Propor as aplicações mais adequadas com base nos estudos avaliados.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A produção global de plástico é a mais significativa em termos de volume dentro da indústria química mundial. Esse aumento substancial na geração de resíduos plásticos tem gerado sérios problemas ambientais, devido à sua longa persistência no meio ambiente e às dificuldades em sua gestão sustentável. Estudos revelam que a gestão inadequada desses resíduos é a principal causa da poluição em ecossistemas terrestres e aquáticos, afetando simultaneamente a biodiversidade e os recursos de hidrocarbonetos (Thompson *et al.*, 2009). Nesse contexto, soluções alternativas e críticas tornam-se necessárias para enfrentar os principais desafios da gestão e a reutilização de plásticos na infraestrutura é vista como uma área promissora para tal reutilização.

O uso de resíduos plásticos no concreto, atuando como agregados, surge como uma solução inovadora e um material alternativo para enfrentar os problemas ambientais associados ao descarte inadequado desses resíduos. A literatura revela que a incorporação de plásticos no concreto afeta diversas propriedades do material, como densidade, trabalhabilidade, resistência mecânica e absorção de água. Essa prática não apenas reduz a quantidade de plásticos descartados em aterros sanitários ou no meio ambiente, mas também promove o desenvolvimento de novos materiais sustentáveis, diminuindo a dependência de agregados naturais extraídos (Supit e Priyono, 2022).

O concreto é um material composto, preparado a partir de aglomerantes, água e agregados. Estudos demonstram que a incorporação de resíduos plásticos no concreto

resulta em uma diminuição de sua densidade aparente, tornando-se, assim, um material significativamente mais leve. Isso é especialmente desejável em aplicações onde o peso é um fator crítico, como em construções modulares e pré-fabricadas (Supit e Priyono, 2022). Contudo, geralmente, a interface entre o plástico e a matriz cimentícia é frágil, o que compromete a resistência mecânica do concreto modificado com plásticos (Ponmalar e Revathi, 2022; Dawood *et al.*, 2021). Estudos subsequentes abordaram essa limitação ao investigar pré-tratamentos dos plásticos e técnicas de mistura mais avançadas, a fim de melhorar a adesão e a tenacidade. (Kangavar *et al.*, 2022).

O setor da construção civil é um dos mais ativos na busca por materiais alternativos que sejam sustentáveis, não provenientes de recursos naturais, e que contribuam para a redução da produção de resíduos sólidos. Além disso, essa prática favorece a economia circular dentro do setor, onde os materiais são mantidos em uso por períodos mais longos. A implementação efetiva dessa abordagem exige impulsionadores que atendam aos requisitos legislativos e promovam o desenvolvimento de uma maior conscientização dos consumidores sobre sustentabilidade.

Diversos estudos de caso têm demonstrado a viabilidade da utilização de resíduos plásticos no concreto em diferentes aplicações técnicas, como pavimentos leves, blocos de concreto para edificações não estruturais, entre outros. No concreto modificado, a substituição de até 10% dos agregados finos por plásticos apresentou uma melhora na resistência à tração e na ductilidade, quando comparada à resistência à compressão, sendo considerada aceitável em algumas aplicações. Esses exemplos indicam que o concreto, quando combinado com resíduos plásticos e adotadas as misturas adequadas, pode alcançar critérios de desempenho satisfatórios sob diversas condições ambientais.

Entre os diferentes tipos de polímeros empregados na incorporação de resíduos plásticos no concreto, destacam-se principalmente polietileno tereftalato (PET), polietileno de alta densidade (HDPE) e polipropileno (PP), que são os constituintes mais comuns em resíduos urbanos e industriais. Enquanto o polietileno tereftalato (PET) tem boa comercialização devido à presença de resíduos pós-consumo, compreendendo garrafas plásticas, embalagens e fibras têxteis, polietileno de alta densidade (HDPE) e polipropileno (PP) são extraídos de itens como tampas de garrafas, embalagens rígidas e resíduos de extrusão da indústria de processamento de plástico. Diferenças nas características de cada tipo de material plástico, densidade, resistência à tração e comportamento térmico podem condicionar sua interação com a matriz cimentícia e,

portanto, todas as propriedades que o concreto resultante pode apresentar (Fuller e Wang, 2019; Siddique e Khatib, 2008).

O aspecto de adesão cimento-plástico é um dos principais fatores limitantes que se aplicam particularmente quando o ambiente tem variações extremas de temperatura e umidade. Isso aumenta a porosidade do cimento plástico no concreto. O primeiro é que a cura e o acabamento da superfície devem ser rigorosamente monitorados para evitar a penetração de água e agentes agressivos. A seleção do tipo de plástico, o método de adição e o procedimento de mistura devem ser controlados de acordo com a aplicação. Esta será uma ideia geral para elementos não confinados, por exemplo, blocos de pavimentação e limitados por requisitos mais exigentes para elementos de construção que exigem bom isolamento térmico e acústico (Supit e Priyono, 2022; Ponmalar e Revathi, 2022).

A utilização de resíduos plásticos no concreto surge, portanto, como uma resposta ao urgente chamado por sustentabilidade, aliando avanços tecnológicos ao setor da construção civil. No entanto, ainda persistem questões, especialmente no que diz respeito à durabilidade a longo prazo do concreto modificado e à sua funcionalidade em diferentes condições ambientais. Pesquisas adicionais devem ser direcionadas à melhoria das características mecânicas e físicas do concreto contendo plásticos, com especial ênfase no aprimoramento da aderência entre a matriz cimentícia e os plásticos, além de avaliações do desempenho ao longo de ciclos de vida completos, sob climas distintos (Dawood *et al.*, 2021; Kangavar *et al.*, 2022).

3 METODOLOGIA

O escopo da revisão foi baseado nos estudos que consideram resíduos plásticos como um material alternativo ao agregado. Artigos que consideraram as propriedades físicas e mecânicas das misturas de concreto, além do impacto ambiental resultante do uso de misturas de concreto, foram considerados. Os critérios usados na seleção dos estudos incluem:

1. Artigos publicados em periódicos científicos mais importantes.
2. Disponível no idioma inglês e português.
3. Pesquisa publicada entre 2010 e 2023.
4. Estudos que relataram dados quantitativos sobre propriedades do concreto.

Os bancos de dados pesquisados foram PubMed, Scopus, Web of Science e Google Acadêmico. A pesquisa foi feita da seguinte maneira, usando uma combinação das palavras-chave subsequentes: ["Plastic waste"; "Sustainable concrete"; "Concrete properties"; "Plastic recycling"; "Construction innovation"].

As seguintes etapas foram realizadas no processo de seleção:

1. Filtro preliminar: Títulos e resumos dos artigos encontrados foram revisados para identificar estudos que claramente não atendiam aos critérios;
2. Extração de dados: O autor, ano de publicação, metodologia, tipos de plásticos usados, proporção na mistura de concreto e principais descobertas estavam entre os elementos extraídos para cada estudo incluído.

A análise foi feita qualitativamente. As informações foram organizadas ao longo dos temas dos tipos específicos de plástico considerados, tratamentos e seus efeitos nas propriedades do concreto.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Cada estudo considerou abordagens diferentes no uso de resíduos plásticos no concreto, com divergências grandes nos tipos de plásticos considerados e suas taxas de substituição e nos métodos de preparação. Os resultados obtidos foram variados. Eles mostram, com base no tipo e quantidade de plástico, como as características do concreto são alteradas e indicam as aplicações mais preferíveis para o material modificado.

Supit e Priyono (2022) estudaram a substituição parcial do agregado graúdo por resíduos de PET triturados, utilizando previamente um processo de limpeza para remover as impurezas do PET, as quais poderiam comprometer a ligação química e física entre o cimento e os resíduos, afetando o comportamento do material. Portanto, os resíduos de PET foram tratados com solução de silano para contribuir com a área de interface entre os resíduos de PET e a matriz de cimentícia. Este processo lida principalmente com uma reação ótima entre o plástico e o cimento, na qual menos resistência mecânica é perdida.

O concreto resultante apresentou, em relação à resistência à compressão, aproximadamente uma redução de 15% em relação ao concreto comum. Supit e Priyono (2022) indicam que a densidade do concreto modificado pode ser reduzida em até 20%, o que significa que ele é mais leve e mais poroso. A investigação da relação resistência/densidade indicou, portanto, uma ligeira redução de 18,75% dessa proporção,

o que reflete uma pequena penalidade na resistência em troca de um ganho mais expressivo em leveza e porosidade. Devido a essa relação, pode-se inferir que o concreto modificado com PET não seria útil onde uma resistência estrutural alta é necessária. No entanto, é apropriado onde o peso reduzido é mais crítico do que suportar cargas — como em painéis de partição interna, fachadas e sistemas de drenagem de águas pluviais. A porosidade melhorada traz benefícios para áreas urbanas na aplicação de pavimentação permeável.

Ponmalar e Revathi (2022) substituíram entre 10% e 20% dos agregados finos por vários tipos de plásticos. Os autores relataram que os resíduos foram moídos e agentes de acoplamento foram aplicados para melhorar a adesão entre o plástico e a matriz cimentícia. Essa técnica de fato resultou em uma diminuição notável na quantidade de agregados naturais que foram extraídos. A resistência à compressão é relatada com redução em até 30%. Sua aplicação com esse concreto modificado é aplicável em elementos decorativos arquitetônicos, paisagismo ou design de mobiliário urbano para projetos onde a busca por resistência mecânica não é alta em comparação com aqueles que visam mais sustentabilidade.

O estudo desenvolvido por Modro *et al.* (2009) analisa o uso de resíduos de poli (tereftalato de etileno) – PET – como substituto parcial dos agregados naturais em concretos de cimento Portland. O PET utilizado foi obtido de indústrias de reciclagem e preparado em dois formatos: areia de PET e flake de PET. Foram realizados ensaios com substituições em quatro proporções volumétricas: 10%, 20%, 30% e 40%, comparados a um traço padrão sem substituição.

Os resultados demonstraram que, para todos os traços e idades testadas (1, 3 e 7 dias), a resistência à compressão diminuiu conforme a fração volumétrica de PET aumentou. O traço padrão apresentou a maior resistência à compressão em 7 dias (15,38 MPa), enquanto o traço com 40% de substituição por areia de PET mostrou a menor resistência (1,94 MPa). Esse comportamento foi atribuído à menor resistência intrínseca dos resíduos de PET em comparação aos agregados minerais e à maior porosidade gerada pela substituição.

Apesar da diminuição na resistência mecânica, os concretos com resíduos de PET apresentaram distribuição uniforme dos resíduos na matriz cimentícia, sem delaminações ou reações químicas indesejadas. A utilização de resíduos de PET foi indicada para aplicações não estruturais na construção civil, como alvenarias internas, capas para lajes

nervuradas e materiais de enchimento, oferecendo uma alternativa sustentável para a destinação desses resíduos.

Kangavar *et al.* (2022) realizaram um estudo sobre a substituição de agregados finos em até 50% por grânulos de PET. Os resultados obtidos indicaram que substituições de até 10% aumentaram a resistência à compressão em 9,07% com melhor ductilidade dos concretos, ou seja, mais resistência à deformabilidade antes da falha (Kangavar *et al.*, 2022). Acima de 30% de substituições, as propriedades de resistência diminuíram drasticamente porque os grânulos foram distribuídos de forma não uniforme, criando mais poros. As observações sugerem que a substituição de agregados por PET pode ser uma ação vantajosa quando tomada em proporções moderadas para elementos em obras de construção onde a absorção de impacto e a deformabilidade são valiosas, exemplos dos quais são pavimentos de tráfego leve e blocos de alvenaria não estruturais.

Em um estudo de Dawood *et al.* (2021), foi feita a substituição parcial de agregados finos por partículas de PET, em que sua porcentagem variou de 5% a 20%. Os resultados de resistência de até 12,5% de substituições indicaram que a resistência à compressão foi melhorada em até 43,64% e, de forma semelhante, a resistência à flexão que aumentou em 30,2% — principalmente atribuída à maior ductilidade das partículas de PET. Além de 15% de substituições, a coesão estrutural reduz drasticamente devido à fraca adesão entre o PET e a matriz cimentícia. O presente estudo, portanto, coloca que o concreto modificado com PET em proporções menores pode ser usado em configurações que necessitem menores resistências, como pavimentos industriais e fundações de estruturas temporárias.

Os resultados foram sintetizados no Quadro 1, que compara as diferentes técnicas de incorporação de plásticos no concreto, suas proporções, impactos nas propriedades mecânicas e exemplos de aplicação. O quadro ilustra como a escolha do tipo de plástico, a técnica de incorporação e a proporção utilizada influenciam diretamente as propriedades e as possíveis aplicações práticas do concreto modificado.

Quadro 1: Quadro Comparativa dos Resultados dos Estudos com Exemplos de Utilização.

Estudo	Técnica de Incorporação	Tipo de Plástico	Proporção de Substituição	Impacto na Resistência	Outros Impactos Notáveis	Exemplos de Utilização
Supit e Priyono (2022)	Substituição de agregados graúdos	PET	5%	Redução moderada	Melhoria na porosidade; Redução de peso	Painéis leves de construção, componentes de mobiliário urbano

						onde a leveza é valorizada.
Ponmalar e Revathi (2022)	Substituição de agregados finos	Diversos tipos	10-20%	Redução significativa	Piora na aderência; Limitado a não estrutural	Adequado para aplicações não estruturais como calçadas, paisagismo e elementos decorativos.
Modro et al. (2009)	substituto parcial dos agregados naturais	PET	10-40%	Redução da resistência conforme aumento de PET	Menor resistência dos resíduos de PET em comparação aos agregados minerais e	Aplicações não estruturais na construção civil, como alvenarias internas, capas para lajes nervuradas e

Fonte: próprio, 2024.

No quadro 1 foi resumida as diferentes técnicas de incorporação de resíduos plásticos que afetam as propriedades do concreto e suas aplicações práticas. A análise destes métodos mostra que as proporções e tipos de plásticos precisam ser cuidadosamente adaptados aos requisitos específicos de cada projeto para otimizar o desempenho do concreto.

A relevância das metodologias apresentadas está relacionada ao fato de a adição de plástico não ajudar apenas a reduzir a extração de agregados naturais, mas também melhorar propriedades como leveza, absorção de impactos, isolamento térmico e acústico, importantes na construção sustentável. Por exemplo, a utilização de PET como aditivo melhora o isolamento, eliminando a necessidade de substituição de agregados e é particularmente benéfica para projetos de eficiência energética. Além disso, estas aplicações proporcionam valor agregado aos projetos de infraestruturas urbanas, como a pavimentação permeável, que pode reduzir o impacto ambiental ao promover o escoamento de águas pluviais, especialmente em áreas urbanas densamente povoadas (MacArthur *et al.*, 2016).

No entanto, o uso de plásticos no concreto deve ser feito com cautela para não comprometer a resistência estrutural e a durabilidade a longo prazo. Conforme mostrado no quadro, taxas de substituição mais elevadas resultam em reduções significativas na resistência à compressão e na coesão, limitando o uso de componentes não estruturais ou decorativos. As melhorias na ductilidade e na absorção de impacto enfatizadas em diversas abordagens são particularmente úteis para elementos de proteção, como barreiras acústicas ou pavimentos de tráfego leve, onde a resistência à deformação é

mais importante do que a resistência à compressão (Siddique e Khatib, 2008).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A revisão realizada sobre a incorporação de resíduos plásticos no concreto abordou o potencial do material como alternativa sustentável na construção civil. A análise mostrou que a adição de plásticos, seja como substituto parcial de agregados ou como aditivo, pode proporcionar benefícios como leveza, melhorias térmicas e acústicas e maior durabilidade. No entanto, esta incorporação deve ser feita com cuidado, tendo em conta os métodos de pré-tratamento plástico, para otimizar a adesão à matriz cimentícia e mitigar possíveis efeitos negativos na resistência e durabilidade do concreto

As técnicas avaliadas trouxeram clareza que os tipos de resíduos plásticos, as proporções utilizadas e os pré-tratamentos utilizados foram fatores que determinaram o sucesso do concreto modificado. As principais propriedades físicas e mecânicas, como densidade reduzida, resistência à compressão e propriedades de isolamento térmico e acústico, foram influenciadas de forma diferente, dependendo do tipo e quantidade de plástico utilizado. Por exemplo, a adição controlada de PET tem-se revelado eficaz na melhoria da eficiência energética e do conforto ambiental dos edifícios, sendo particularmente recomendada para aplicações em componentes não estruturais como painéis interiores e barreiras acústicas.

Apesar das vantagens identificadas, ainda existem limitações relacionadas à resistência à compressão e à coesão dos concretos modificados com plástico, especialmente em proporções equivalentes mais elevadas. Portanto, as aplicações mais adequadas foram identificadas em componentes que não necessitam de alta capacidade de suporte de carga, como pavimentação de baixo tráfego, blocos de alvenaria não estruturais e mobiliário urbano. A investigação mostra que as aplicações mais adequadas também incluem elementos de infraestrutura urbana, por exemplo superfícies permeáveis, que contribuem para a gestão do escoamento de águas pluviais.

REFERÊNCIAS

DAWOOD, A. O.; AL-KHAZRAJI, H.; FALIH, R. S. Physical and mechanical properties of concrete containing PET wastes as a partial replacement for fine aggregates. *Case Studies in Construction Materials*, v. 13, 2020, e00482. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214509520301546>. Acesso em: 16 out. 2024.

KANGAVAR, M.; *et al.* Investigation on the properties of concrete with recycled polyethylene terephthalate (PET) granules as fine aggregate replacement. *Case Studies in Construction Materials*, v. 16, 2022, Artigo e00934. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214509522000663>. Acesso em: 16 out. 2024.

MACARTHUR, E.; *et al.* *Circular economy: a wealth of flows*. 2. ed. Isle of Wight: Ellen MacArthur Foundation, 2016.

PONMALAR, S.; REVATHI, P. Waste recycled plastic granules substitute for aggregate in concrete–Review. *Materials Today: Proceedings*, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214785322025561>. Acesso em: 16 Out. 2024.

SILVA, E. F. da; MESQUITA, M. V. . Use of Ethylene Polyterephthalate (PET) as aggregate in concrete block. *Research, Society and Development*, [S. l.], v. 11, n. 12, p. e117111234198, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i12.34198. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/34198>. Acesso em: 30 oct. 2024.

SUPIT, Steve W. M.; PRIYONO. Utilization of recycled PET plastic waste as replacement of coarse aggregate in pervious concrete. *Materials Today: Proceedings*, v. 66, p. 2990–2995, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.06.573>. Acesso em: 16 out. 2024.

MODRO, N. L. R.; MODRO, N. R.; OLIVEIRA, A. P. N. Avaliação de concreto de cimento Portland contendo resíduos de PET. *Revista Matéria*, v. 14, n. 1, p. 725-736, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rmat/a/G4zMTMQ7Rfh3qSYkKFSZbxc/?lang=pt>. Acesso em: 16 dez. 2024.

THOMPSON, R. C.; MOORE, C. J.; VOM SAAL, F. S.; SWAN, S. H. Plastics, the environment and human health: current consensus and future trends. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 364, n. 1526, p. 2153-2166, 2009.

YANG, Shutong; YUE, Xiaoqiang; LIU, Xiaosong; TONG, Yao. Properties of self-compacting lightweight concrete containing recycled plastic particles. *Construction and Building Materials*, v. 84, p. 444–453, 1 jun. 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061815002858>. Acesso em: 18 dez. 2024.