

**BLOCOS DE CONCRETO PRODUZIDOS COM USO DE POLIETILENO  
TEREFTALATO (PET) E OUTROS PLÁSTICOS RECICLADOS: REVISÃO  
BIBLIOGRÁFICA**

Jurandir Hendler da Luz <sup>1</sup>  
Kaíque Ourives Silva <sup>2</sup>

**RESUMO**

O presente trabalho tem por objetivo realizar uma revisão bibliográfica de artigos publicados sobre produção de blocos de concreto utilizando-se polietileno tereftalato (PET) e outros materiais plásticos reciclados como elemento agregado. Com base em referencial teórico e normas técnicas, apresenta um breve conceito sobre alvenaria estrutural e de vedação, principais normas utilizadas na produção de blocos de concreto e métodos de dosagem. Além disso, exibe um breve relato sobre a sustentabilidade na construção civil e o longo caminho que ainda se tem a percorrer neste quesito, versando sobre o histórico de utilização do polietileno no Brasil e no mundo e sua alta capacidade de reciclagem. Realizou-se leitura exploratória de mais de trinta artigos científicos, sendo, ao final, cinco selecionados para análise dos resultados obtidos, especialmente quanto à resistência à compressão axial. Apesar de os procedimentos e normas utilizados para elaboração dos trabalhos pesquisados serem basicamente os mesmos, os resultados obtidos em cada um deles foram diferentes. Nos ensaios de absorção de água, as misturas com diferentes percentuais de plástico adicionado apresentaram resultados adequados, tanto para blocos de alvenaria como para blocos “paver”, com exceção daquela com 35%. Em todos os casos, a resistência à compressão reduz-se conforme adiciona-se material plástico reciclado à mistura. Dentro dos estudos analisados, os blocos para uso em alvenaria se mostraram adequados, sendo alguns classificados como classe B (com função estrutural) e outros classe C (sem função estrutural). Quanto aos blocos para uso em pavimentação, em nenhuma das pesquisas exploratórias analisadas foi obtido o nível de resistência à compressão exigida na norma brasileira. Pela análise dos artigos, parece ser inviável a produção com material plástico reciclado. Porém, com a exigência de maior sustentabilidade da cadeia da construção civil, o aprofundamento de estudos nessa área poderá tornar este tipo de produto viável técnica e financeiramente.

**Palavras-chave:** Alvenaria. Pavimento. Plástico. Bloco. Concreto.

---

<sup>1</sup> Estudante de Engenharia Civil, Tecnólogo em Processamento de Dados. Experiência em projetos de Educação. Gestão Administrativa de Obras de Engenharia Civil. E-mail: [jurahl@gmail.com](mailto:jurahl@gmail.com)

<sup>2</sup> Professor orientador. Engenheiro Civil. Especialista em Segurança do Trabalho e Gestão Ferroviária. Técnico em Eletromecânica. Sócio-Diretor da OF Construções Ltda. E-mail: [kaique.ourives@gmail.com](mailto:kaique.ourives@gmail.com)

## ABSTRACT

This study aims to perform a literature review of published articles on the production of concrete blocks using polyethylene terephthalate (PET) and other recycled plastic materials as aggregates. Based on theoretical references and technical standards, it presents a brief concept of structural and sealing masonry, the principal provisions used when producing of concrete blocks and dosage methods. In addition, it introduces a short report on sustainability in civil construction and the long way to go in this regard, focusing on the history of polyethylene use in Brazil and in the world and its high recycling capacity. After exploratory reading of more than thirty scientific articles, five of them were selected for analysis of the results obtained, mainly regarding axial compressive strength. Although the procedures and standards used to elaborate the researched papers were the same, the results obtained in each one of them were different. In the water absorption tests, the mixtures with differing percentages of added plastic showed adequate results, both for masonry blocks and paver blocks, except for the one with 35%. In all cases, the compressive strength is reduced as recycled plastic material is added to the mix. Within the studies analyzed, the blocks for use in masonry proved to be adequate, with some classified as class B (with structural function) and others as class C (without structural function). As for the blocks for use in paving, none of the exploratory studies analyzed obtained the level of compressive strength required in the Brazilian standard. Through the analysis of the articles, production with recycled plastic material seems to be unfeasible. However, with the demand for greater sustainability of the civil construction chain, further studies in this area may make this type of product technically and financially feasible.

**Keywords:** Masonry. Pavement. Plastic. Block. Concrete.

## 1 INTRODUÇÃO

Uma das principais necessidades em uma obra de edificação é a vedação do ambiente, seja ele interno ou externo. Para esta finalidade, a depender do projeto, podem ser utilizados materiais diversos, como gesso, vidro, madeira, painéis de concreto e outros. Apesar da evolução dos materiais de construção civil ao longo do tempo, no Brasil, os blocos, sejam cerâmicos ou de concreto, ainda são largamente utilizados para esta finalidade. Os blocos também podem ter função estrutural, inclusive em edificações de maior porte.

Segundo Thomaz et al. (2009), as alvenarias de vedação possuem a função de compartimentar ambientes, internos ou externos, preenchendo vãos entre estruturas, e devem suportar não somente o seu peso próprio e da carga de utilização, assim como ter resistência a cargas laterais estáticas ou dinâmicas, como as do vento, por exemplo. Já em sistemas construtivos que se utilizam da alvenaria como elemento estrutural, esta terá a função de suportar as cargas estáticas e acidentais incidentes na edificação, sendo necessário, portanto, que os blocos suportem muito além de seu peso próprio.

No Brasil, a NBR 15270:2017 especifica os requisitos dimensionais e as propriedades físicas e mecânicas necessárias para os blocos e tijolos cerâmicos para uso em obras de alvenaria. A NBR 6136:2016 estabelece os requisitos para produção e aceitação de blocos vazados de concreto simples, destinados à execução de alvenaria com ou sem função estrutural e a NBR 9781:2013 define as especificações e métodos de ensaio para peças de concreto para pavimentação (“pavers”).

Por outro lado, desde os anos 1970 o PET passou a ser largamente utilizado, inicialmente para embalagens de produtos, em substituição as garrafas de vidro e, posteriormente, na produção de produtos diversos como, por exemplo, mesas e cadeiras. O PET é um tipo de polímero fabricado a partir de derivados do petróleo e outros componentes. O polietileno tereftalato é um material de fácil conformação, de boa cristalinidade, com alta resistência ao impacto e a pressão interna e de alta combustão (CANEVAROLO JR., 2006). Como possui elevada durabilidade, estima-se que a decomposição natural de uma garrafa PET poderá demorar até 500 anos, o que ocasiona um grave problema ambiental, pois sua utilização é, a cada dia, mais intensa. Segundo a ABIPET - Associação Brasileira da Indústria do PET – em 2019 foram recicladas 311 mil toneladas de PET, o equivalente a 55% das embalagens descartadas pela população (CICLOVIVO, 2020).

O presente artigo tem por objetivo realizar uma revisão bibliográfica de artigos publicados sobre produção de blocos de concreto utilizando-se polietileno tereftalato (PET) e outros materiais plásticos reciclados como elemento agregado

Diante o exposto, o presente trabalho visa realizar uma revisão bibliográfica de artigos científicos publicados sobre produção de blocos de concreto para uso em alvenaria, estrutural ou não, e pavimentação, utilizando-se polietileno tereftalato (PET) e outros materiais plásticos reciclados como elemento agregado, comparar os resultados obtidos entre os diferentes autores, quanto a resistência mecânica e outros importantes requisitos, e, por fim, avaliar estes resultados a luz das normas brasileiras.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

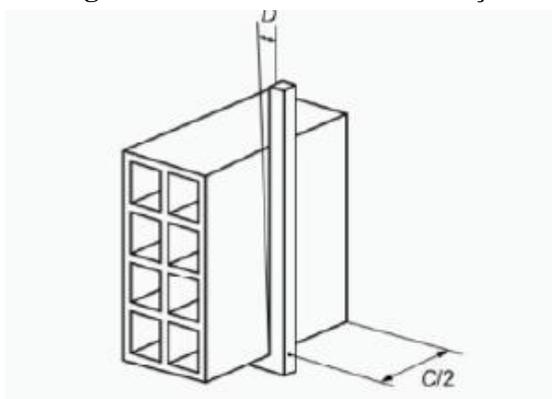
### **2.1 Alvenarias**

Alvenaria é a sobreposição de pedras, tijolos, blocos ou outros elementos, coladas ou não por argamassa ou outro elemento ligante, que forma um elemento vertical. Segundo Azeredo (1998) a alvenaria deve prover resistência e impermeabilidade e podem ser classificadas como estrutural ou de vedação.

Quando utilizada somente como vedação, a principal função é de estabelecer a separação entre ambientes, inclusive o externo. Para tanto, os elementos que constituem este tipo de alvenaria, deverão suportar somente seu peso próprio.

Apesar da evolução de muitos materiais como o dry wall, gesso e outros, os blocos cerâmicos, figura 01, ainda são muito utilizados como elemento de vedação no Brasil. A NBR-15270:2017 na sua parte 1 estabelece os requisitos dimensionais e as propriedades físicas e mecânicas. Já a parte 2 desta mesma norma define os métodos para a execução dos ensaios dos blocos e tijolos cerâmicos.

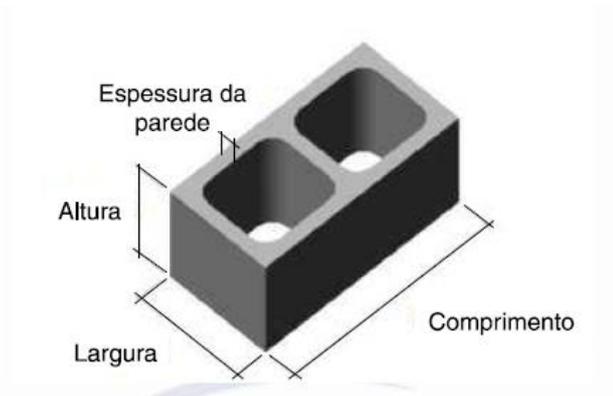
**Figura 1** - Bloco cerâmico de vedação



Fonte: NBR-6136:2016

Azeredo (1998) ainda cita que, para atuar como estrutural, a alvenaria deve ser isolante térmico e acústico, ser resistente e não ser combustível. Quando utilizada como estrutural, as alvenarias devem suportar, além de seu peso próprio, as cargas advindas das lajes e as acidentais, conforme definição em projeto estrutural.

Na atualidade, os blocos de concreto simples são os materiais mais utilizados quando as alvenarias são do tipo estrutural. A NBR 6136:2016 estabelece os requisitos para aceitação e produção destes blocos, definindo os tipos de materiais utilizados na produção, dimensões, espessura mínima de paredes, requisitos para resistência característica à compressão, dentre outros, como mostrado nas figuras 02 e 03.

**Figura 2** - Bloco vazado de concreto simples

Fonte: NBR-6136:2016

**Figura 3** – Requisitos para resistência característica à compressão, absorção e retração

Classificação	Classe	Resistência característica à compressão axial <sup>a</sup> MPa	Absorção %				Retração <sup>d</sup> %
			Agregado normal <sup>b</sup>		Agregado leve <sup>c</sup>		
			Individual	Média	Individual	Média	
Com função estrutural	A	$f_{bk} \geq 8,0$	$\leq 9,0$	$\leq 8,0$	$\leq 16,0$	$\leq 13,0$	$\leq 0,065$
	B	$4,0 \leq f_{bk} < 8,0$	$\leq 10,0$	$\leq 9,0$			
Com ou sem função estrutural	C	$f_{bk} \geq 3,0$	$\leq 11,0$	$\leq 10,0$			

<sup>a</sup> Resistência característica à compressão axial obtida aos 28 dias.  
<sup>b</sup> Blocos fabricados com agregado normal (ver definição na ABNT NBR 9935).  
<sup>c</sup> Blocos fabricados com agregado leve (ver definição na ABNT NBR 9935).  
<sup>d</sup> Ensaio facultativo.

Fonte: NBR 6136:2016

## 2.2 Fabricação de Blocos de Concreto

A produção de blocos de concreto, com finalidade estrutural ou para vedação, segue um processo relativamente padronizado. O mesmo ocorre com a matéria prima utilizada em sua composição. Os equipamentos utilizados podem variar ou serem automatizados quando o fabricante for de maior porte, sendo que o objetivo é obter a maior compacidade possível, para a aplicabilidade do material produzido, com o menor custo, atendendo as normas vigentes. Para obtenção da melhor resistência à compressão, a retirada dos vazios contidos no produto é essencial, sendo fortemente influenciada pelo processo produtivo (FRASSON JR., 2000).

Para a produção dos blocos é utilizado o “concreto seco”, que é assim chamado em oposição ao “concreto plástico”. No “concreto plástico” é aplicada uma dosagem de água maior do que a necessária para que ele seja “trabalhável” e permita a sua aplicação em, por exemplo, lajes. Já o “concreto seco” é levemente umedecido, fazendo com que possua abatimento zero, sendo os vazios retirados através de equipamentos de vibro-compressão, trazendo a compacidade desejada (FRASSON JR., 2000).

A matéria prima normalmente utilizada é composta de cimento, areia, brita e água. Também podem ser aplicados aditivos para, por exemplo, facilitar o desmolde dos blocos.

Frasson Jr. (2000) cita quatro metodologias para dosagem de concreto seco para a fabricação de blocos de cimento, que, de modo geral, fazem ajustes na composição dos agregados miúdos e graúdos, visando obter o menor volume de vazios possível ou o ajuste a uma curva granulométrica pré-definida. A saber:

### 2.2.1 Método de dosagem da Besser Company (adaptado por Medeiros, 1993)

Este método especifica, de forma prática, a relação cimento:agregados para a obtenção de determinada resistência à compressão para blocos de 14,5 x 19,0 x 29,5 cm, conforme mostra a tabela 1. Porém Medeiros (1993) apud Frasson Jr. (2000) ressalta que este método sofre influência de fatores como o tipo de equipamento vibro-prensa, a matéria prima utilizada e o método da cura, entre outros.

**Tabela 1** – Método de dosagem da Besser Company (adaptado por Medeiros, 1993) - Dosagem sugerida em função da resistência à compressão média obtida aos 28 dias

Resistência à compressão Média	4,5 MPa	6,0 MPa	8,0 MPa	9,0 MPa
Traço Seco (cimento:agregados)	1: 9 a 1: 12	1: 8 a 1: 10	1: 7 a 1: 9	1: 6 a 1: 8

Fonte: o Autor – adaptado de Frasson Jr., Oliveira e Prudêncio (2008)

### 2.2.2 Método de dosagem da ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland)

Para a dosagem, através deste método, Ferreira Junior (1995) indica em três passos:

- 1º: Determinação da melhor composição de agregados, de forma que se obtenha a maior compacidade possível. Para tanto, os agregados, que deverão estar secos, são misturados e adensados e posteriormente pesados. A composição que apresentar a maior massa seria a ideal para a produção. Caso o processo seja realizado com mais de dois agregados, primeiro deve-se definir a composição ideal dos mais grossos e depois com o mais fino. Posteriormente poderiam ser realizadas modificações para se obter melhor aspecto das peças.
- 2º: Determinação da quantidade de água, também de forma que se obtenha a maior compacidade, normalmente obtida com a maior quantidade de água possível, desde que mantenham a coesão e aderência a forma.
- 3º: Determinação da quantidade de cimento, que é definida com base na resistência que se deseja para o bloco em produção. Traços cimento: agregado mais ricos (por exemplo 1: 6) produzirão blocos com maior resistência do que traços mais pobres (ex. 1: 10, 1:15

ou mais). Para qualquer consumo de cimento, o agregado total será sempre o fixado no passo 2. A quantidade de água, porém, variará em função do traço definido.

### 2.2.3 Método de dosagem do IPT/Epusp

Este método é uma adaptação de métodos anteriores, porém para produção em equipamentos do tipo vibro-prensa e indica a realização da dosagem em 6 passos:

1º: Ajuste dos agregados: o agregado graúdo deverá possuir dimensão máxima inferior a metade da menor espessura dos vazados da forma. A proporção ideal dos agregados só é ajustada no passo 4 ou por meio de curvas e faixas granulométricas pré-definidas.

2º: Estabelecimento da resistência média: a metodologia prevê algumas fórmulas para definir a resistência em x dias, com base na resistência requerida neste mesmo prazo, com uso de coeficiente tabelado e desvio padrão baseado em produções anteriores.

3º: Estimativa dos teores agregado/cimento: São definidos três traços (“rico”, “médio” e “pobre”) para a resistência que se deseja obter em 28 dias, cujas sugestões iniciais são mostradas na figura 4.

**Figura 4 – Sugestão de faixas de teores agregado/cimento**

fb <sub>d,28</sub> (MPa)	Mb15	mrico	mmédio	mpobre	Relação mínima Aliq/Abruta
5,0	12,6	6,6	8,6	10,6	0,50
7,0	13,4	5,6	7,6	9,6	0,50
9,0	14,0	4,6	6,6	8,6	0,50
11,0	14,5	4,1	6,1	8,1	0,50
13,0	15,1	3,5	5,5	7,5	0,50
15,0	15,6	3,0	5,0	7,0	0,50
17,0*	16,2*	3,0*	5,0*	7,0*	0,56
19,0*	16,8*	3,0*	5,0*	7,0*	0,63
21,0*	17,4*	3,0*	5,0*	7,0*	0,70

fb<sub>d,28</sub> = Resistência de dosagem ou resistência média visada aos 28 dias;

Mb15 = Massa média esperada para cada bloco M15;

m = Teor de argamassa/cimento;

Aliq = Área líquida da seção transversal do bloco (sem contar os vazios);

Abruta = Área bruta da seção transversal do bloco (incluindo os vazios);

\* Indica necessidade provável aumento na relação Aliq/Abruta ou uso de equipamento de elevada capacidade de compactação.

Fonte: Frasson Jr., Oliveira e Prudêncio (2008)

4º: Determinação da proporção de argamassa e da umidade ótima: Fazendo uso do traço médio, a proposta é que sejam produzidos blocos de concreto no equipamento, variando o teor de argamassa seca, até que se encontre o ponto ótimo de umidade, de forma que tenha um bom aspecto visual, trabalhabilidade e elevada massa unitária.

5ª: Confecção das misturas experimentais: nesta etapa, utilizando os teores de agregado/cimento, argamassa seca e umidades definidos nos passos anteriores, a metodologia propõe a produção de blocos experimentais e regulagem dos parâmetros de produção, de forma

a obter-se a maior massa possível. Estes blocos deverão ser submetidos a testes de resistência à compressão.

6º: Traçado e emprego do diagrama de dosagem: com os resultados obtidos nos passos anteriores (agregado/cimento, água/cimento e resistência média à compressão dos blocos ensaiados) pode-se traçar o diagrama de dosagem adequado a resistência desejada.

#### 2.2.4 Método de dosagem proposto pela Columbia

Este método proposto por uma fabricante de vibro-prensas (Columbia), foca nas características dos agregados e como influenciam a produção e as propriedades finais dos blocos, tais como resistência à compressão, textura e porosidade.

A tabela da figura 5 mostra os percentuais de retenção dos agregados em cada peneira para se obter determinada textura do bloco.

**Figura 5** – Sugestão de Composições granulométricas de agregados miúdos a serem utilizados na produção de blocos de concreto

Peneira (mm)	Porcentagem retida acumulada		
	Textura Fina	Textura Média	Textura Grossa
9,5	0	0	0
4,8	21	25	30
2,4	36	40	50
1,2	51	55	67
0,6	66	70	81
0,3	82	85	91
0,15	94	95	98
Módulo de finura	3,50	3,70	4,17

Fonte: Frasson Jr., Oliveira e Prudêncio (2008)

Para que a mistura (agregados + cimento) apresente boa coesão e trabalhabilidade deverá possuir entre 12% e 15% de finos menor que 0,3 mm, podendo variar até 18% a 20% dependendo da areia e do agregado graúdo utilizado.

Se abaixo deste percentual:

- Aumenta a porosidade, absorção e a permeabilidade
- Diminui a estabilidade (integridade no transporte até cura)

Se acima deste percentual:

- Reduz a resistência à compressão

Após a definição da proporção de agregados, em função da textura desejada, a metodologia prevê que sejam produzidos blocos no equipamento de vibro-compressão com

mistura cimento:agregados na proporção de 1:6, 1:7, 1:8, 1:9, 1:10 e 1:11 e posteriormente testada a resistência a compressão.

### **2.2.5 Considerações acerca dos métodos**

Como é possível perceber na descrição dos métodos citados por Frasson Jr. (2000) o resultado obtido em cada um deles sofre variação a depender do equipamento de vibro-compressão (inclusive, dois destes métodos foram sugeridos por fabricantes destes equipamentos) e dos agregados utilizados. Todos sugerem a realização de ensaios para se encontrar a dosagem mais adequada ao objetivo do bloco a ser produzido, não havendo uma “receita pronta”. E, obviamente, a relação água/cimento também interfere diretamente na resistência obtida. Em todos os casos, a capacidade do equipamento vibro-prensa em expulsar os vazios do bloco em produção é fundamental para a obtenção de maiores resistências com o menor custo possível.

### **2.3 Sustentabilidade na Construção Civil**

Existem muitas definições para o termo sustentabilidade. Em 1987 a ONU conceituou da seguinte maneira: “Sustentabilidade é suprir as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades”. A partir deste conceito amplo, pode-se entender que, para que um produto seja sustentável, ele deverá ser financeiramente viável (ninguém produz para não ter lucro), atender a demandas da sociedade e do meio ambiente, sendo o mais racional possível em toda a sua cadeia produtiva (ALMEIDA, 2002).

A CBIC (Câmara Brasileira da Indústria da Construção) publicou em 2019 no seu caderno Construção Sustentável - A Mudança em Curso:

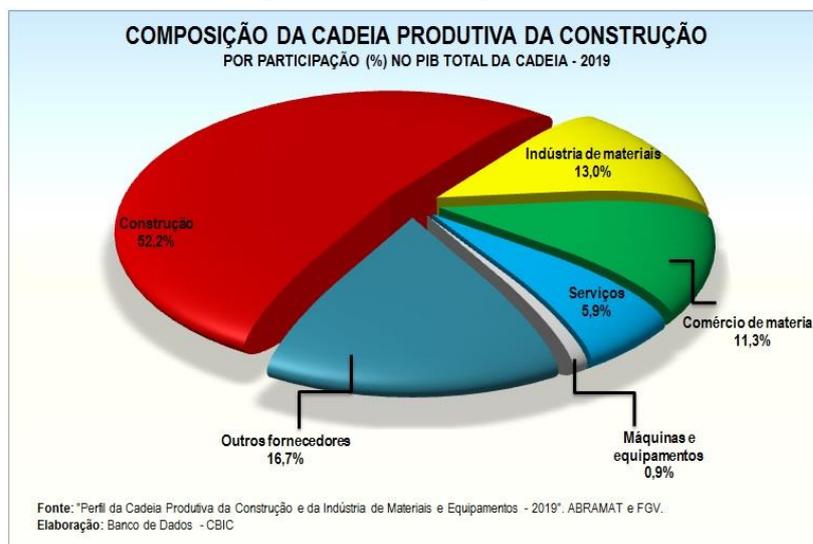
Em um cenário onde se faz imprescindível a eficiência energética, hídrica e de materiais, soluções inovadoras passam a ser vetor fundamental na sobrevivência de empresas e organizações. O futuro requer a preparação do setor da construção para atender às mudanças que se fazem necessárias na maneira de projetar, construir e operar edificações, infraestruturas e espaços urbanos. A mudança, uma vez consolidada, trará grandes benefícios à indústria e à sociedade, com efeitos transformadores ampliados: sobre a sociedade em geral, reduzindo os custos de construção; no meio ambiente, melhorando o uso de materiais escassos e tornando os edifícios mais ecoeficientes ao longo do tempo; e na economia, reduzindo a lacuna de infraestrutura global e dinamizando a economia e o desenvolvimento em geral. (CBIC, 2019)

Conforme dados da CBIC (2021), a indústria da construção civil, que envolve processos da extração de matérias primas à manutenção de empreendimentos, como mostra a figura 6, é uma das que mais ocupa pessoas no Brasil sendo, portanto, fundamental para o desenvolvimento econômico do país. Em 2019 este segmento industrial foi responsável pela ocupação de mais de 7,7 milhões pessoas e 3,9% do PIB Nacional (17,9% da indústria). Cabe

salientar que boa parte das obras de construção civil no Brasil são realizadas de maneira informal e que, portanto, podem não estar incluídos nestes cálculos.

Ao mesmo tempo, a indústria da construção civil, em todo o seu processo produtivo, é uma das mais poluentes, sendo responsável pelo consumo de até 75% da matéria-prima produzida no planeta, e por grande parte do resíduo sólido urbano gerado, chegando a produzir 500 kg de entulho por habitante, equivalente a 3,5 milhões de toneladas por ano (AGOPYAN, 2013 apud Gasques, 2014).

**Figura 6** – Composição da cadeia produtiva da construção



Fonte: CBIC (2021)

Por isso, especialmente após a ECO'92, quando as principais nações do mundo se comprometeram a reduzir seus níveis de poluição, surgiram pesquisas de novos materiais e de projetos que visam minimizar o impacto ambiental desta cadeia produtiva, com esforços desde o desenvolvimento de projetos que buscam utilizar ao máximo recursos naturais renováveis, redução do desperdício na construção, reaproveitamento e reciclagem dos resíduos gerados e desenvolvimento de novos produtos com maior apelo social e ecológico, além da elaboração de novas legislações e normas. Alguns exemplos de melhorias implementadas que se pode citar:

- Ampliação do uso da plataforma BIM (Modelagem de Informação da Construção)
- Melhor planejamento de projetos e de obras;
- Industrialização da construção civil;
- Utilização de sistemas com menor consumo de energia e água (reaproveitamento)

Porém, o setor da construção civil, especialmente no Brasil, tem sido mais lento do que outros para adotar e adaptar-se às novas tecnologias. (CBIC, 2019).

## 2.4 O Polietileno Tereftalato (PET)

O polietileno tereftalato é um polímero, que pode ser conceituado, da seguinte forma:

A palavra polímero origina-se do grego poli (muitos) e mero (unidade de repetição). Assim, um polímero é uma macromolécula composta por muitas (dezenas de milhares) de unidades de repetição denominadas meros, ligadas por ligação covalente. A matéria prima para a produção de um polímero é o monômero, isto é, uma molécula com uma (mono) unidade de repetição. Dependendo do tipo do monômero (estrutura química), do número médio de meros por cadeia e do tipo de ligação covalente, poderemos dividir os polímeros em três grandes classes: Plásticos, Borrachas e Fibras. (CANEVAROLO JR., 2006)

Já os plásticos podem ser conceituados como:

...material polimérico de alta massa molar, sólido como produto acabado, que pode ser subdividido em:

**Termoplásticos** - plásticos com a capacidade de amolecer e fluir quando sujeitos a um aumento de temperatura e pressão. Quando estes são retirados, o polímero solidifica-se em um produto com formas definidas. Novas aplicações de temperatura e pressão produzem o mesmo efeito de amolecimento e fluxo. Esta alteração é uma transformação física, reversível. [...] São fusíveis, solúveis, recicláveis. Exemplos: polietileno (PE), poliestireno (PS), poliamida (Náilon), etc.

**Termofixo** (ou termorrígido ou termoendurecido) - plástico que amolece uma vez com o aquecimento, sofre o processo de cura no qual se tem uma transformação química irreversível, com a formação de ligações cruzadas, tornando-se rígido. Posteriores aquecimentos não mais alteram seu estado físico, ou seja, não amolece mais, tornando-se infusível e insolúvel. Exemplos: baquelite, resina epóxi. (CANEVAROLO JR., 2006)

Os polímeros são classificados quanto a sua estrutura química, método de preparação, comportamento mecânico e desempenho mecânico. (CANEVAROLO JR., 2006).

Concentraremos nossa abordagem nos plásticos, especialmente no polietileno tereftalato (PET) pois são produzidos em abundância e bastante utilizados na reciclagem.

O PET é classificado como um polímero de cadeia heterogênea (carbono + outro átomo, no caso o Oxigênio), da classe dos poliésteres, sendo considerado um termoplástico, muito utilizado na produção de vasilhames (popularmente conhecidos como garrafas PET). Com a substituição das embalagens de vidro pelas de plástico, principalmente a partir dos anos 70, o PET passou a ter amplo uso, sendo atualmente a mais comum no envase de produtos industrializados.

Sua ampla utilização na fabricação de embalagens se dá por suas características, que são muito adequadas para esta finalidade: alta resistência mecânica, alta resistência química, excelente barreira contra gases e odores, boa transparência e brilho, além do baixo custo de produção (FARHAN, 2016).

Portanto, o uso de PET como agregado na produção de blocos de concreto poderá tornar-se um importante aliado da cadeia de construção civil para melhorar a sustentabilidade ambiental do seu processo, pois poderia retirar toneladas destes produtos da natureza.

### **3 METODOLOGIA**

Segundo Gil (2002), “a principal vantagem da pesquisa bibliográfica reside no fato de permitir ao investigador a cobertura de uma gama de fenômenos muito mais ampla do que aquela que poderia pesquisar diretamente”. No desenvolvimento do presente trabalho utilizou-se desta metodologia, a partir da busca de materiais já publicados (livros, dissertações, monografias e artigos científicos) disponíveis em repositórios de Faculdades e Universidades do Brasil, pesquisados, principalmente, através da plataforma Google Acadêmico (<https://scholar.google.com.br/>), visando obter-se conhecimentos, dados e outras informações de importantes trabalhos já realizados (Marconi e Lakatos, 2003).

Buscou-se por artigos relevantes, que estivessem integralmente disponíveis e que tivessem como tema principal o uso de PET e outros materiais plásticos reciclados como agregado para a produção de blocos de concreto.

Inicialmente realizou-se a leitura exploratória de pelos menos trinta publicações. Destas, quinze foram pré-selecionadas para a leitura seletiva, destacando-se as mais relevantes para o estudo em questão, concentrando-se os esforços naquelas que apresentavam as propriedades físicas e mecânicas de blocos de concreto, com uso de material plástico como agregado, para aplicação como alvenaria de vedação/estrutural ou como pavimentação (“pavers”). Por fim, para compor os resultados e discussões do presente trabalho, realizou-se a leitura crítica de seis publicações, buscando-se compreender com maior profundidade os resultados encontrados nos ensaios, sendo ao final, uma delas descartada devido a falta de clareza de alguns resultados obtidos.

### **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A principal intenção deste trabalho é conhecer iniciativas que utilizem material plástico reciclado moído ou em “*flakes*”, especialmente o PET, como agregado na produção de blocos de concreto e comparar os resultados obtidos.

A seguir uma explanação/comparação sobre os resultados dos artigos científicos estudados.

#### 4.1 Blocos de concreto para uso em pavimentação

Os “pavers” nada mais são que blocos de concreto, normalmente em formato retangular ou irregular, que são utilizados em na pavimentação de ruas e calçadas para trânsito de pedestres ou de veículos. A NBR 9781:2013 somente considera adequados para este fim os blocos com resistência superior a 35 MPa. Sendo para trânsito médio entre 35 e 50 MPa e para trânsito pesado acima de 50 MPa.

**Figura 7** - Flakes de PET Oil utilizados por Kuchta, Mazer e Domingos (2020) na produção de pavers



Fonte: Kuchta, Mazer e Domingos (2020)

Kuchta, Mazer e Domingos (2020) utilizaram em seu experimento flakes de PET Oil - embalagens de óleo de cozinha (figura 7) sem lavagem prévia para a produção de “pavers” e obtiveram, através de ensaios realizados em corpos de prova conforme estabelecido na NBR 9781:2013 (Peças de concreto para pavimentação - Especificação e métodos de ensaio), os resultados de resistência à compressão mostrados na tabela 2.

**Tabela 2** – Resultado dos Ensaios realizados por Kuchta, Mazer e Domingos (2020)

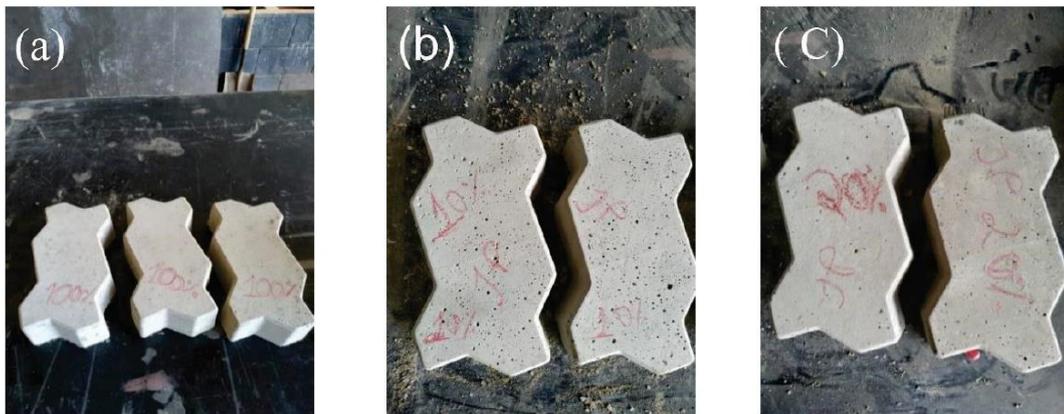
% de Plástico	Resistência à compressão (MPa)		Volume de vazios	Fator água cimento (a/c)	Massas totais (kg)	Taxa de Absorção de Água (%)
	Fck, 21	Fck, 28				
0%	25,34	25,73	0,00	0,5238	2.454,90	3,85
15%	15,56	18,57	7,50	0,5014	2.207,00	3,77
25%	7,74	13,41	12,50	0,4888	2.042,26	5,84
35%	3,74	4,70	17,50	0,4748	1.877,00	8,12

Fonte: o Autor – adaptado de Kuchta, Mazer e Domingos (2020)

Importante salientar que, ao acrescentar o PET, reduziu-se na mesma proporção os quantitativos de “brita 0” e “areia fina”, reduziu-se levemente o volume de água, mantendo-se o de cimento.

Lima, Quintino e Ricardo (2020), produziram blocos intertravados (figura 8) com uso de plástico PE (polietileno) e PP (polipropileno), já trabalhados anteriormente por uma recicladora de plásticos, livre, portanto, de outros tipos de resíduos. Os blocos foram submetidos a ensaios para avaliação dimensional, absorção de água, resistência à compressão e resistência à abrasão, sendo que parte destes resultados estão descritos na tabela 3.

**Figura 8** - Blocos intertravados produzidos por Lima, Quintino e Ricardo (2020), sendo o (a) sem plástico; (b) com 10% e (c) com 20% de plástico como agregado



Fonte: Lima, Quintino e Ricardo (2020)

**Tabela 3** – Resultado dos Ensaios realizados por Lima, Quintino e Ricardo (2020)

% de Plástico	Resistência à compressão (MPa)		Volume de vazios	Fator água cimento (a/c)	Massas totais (kg)	Taxa de Absorção de Água (%)
	Fck, 21	Fck, 28				
0%	35,46	37,78		0,3217	29,1	5,40
10%	19,10	20,69		0,3217	29,1	5,63
20%	16,99	18,78		0,3217	29,1	5,76

Fonte: o Autor – adaptado de Lima, Quintino e Ricardo (2020)

Para realizar este experimento, ao adicionar o plástico reciclado, os pesquisadores variaram a massa utilizada de areia, mantendo constante a massa do cimento, da brita e da água.

Ferrari (2017) realizou pesquisa experimental para análise da influência do resíduo de PVC moído como substituto parcial do agregado miúdo no concreto dosado para peças de pavimento intertravado. Dentre outras variáveis, ela analisou o desempenho das peças quanto a resistência à compressão, absorção de água e índices de vazios.

O PVC utilizado foi oriundo de eletroduto corrugado, descarte de uma obra (figura 9) que foi moído e preparado pela própria autora. Os blocos foram produzidos em vibroprensa automática por comando hidráulico.

Além dos insumos comuns (brita, areia, cimento e água) para a produção deste tipo de produto, a pesquisadora utilizou aditivo químico, visando melhorar o acabamento das peças e a desforma.

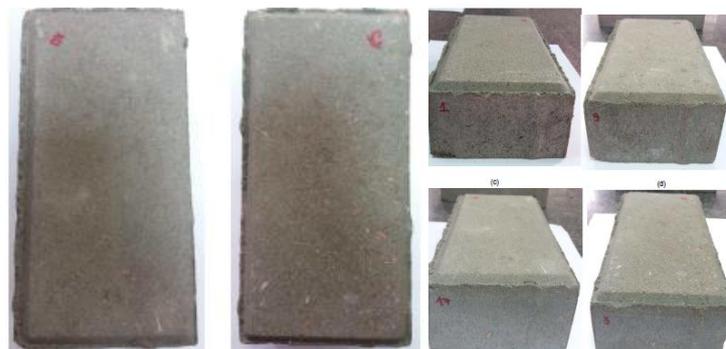
**Figura 9** - Flakes de PVC utilizados por Ferrari (2017) na produção de blocos intertravados



Fonte: Ferrari (2017)

A autora produziu blocos com adição de 5%, 10% e 15% de PVC moído como agregado. Após a produção dos blocos (figura 10), que seguiu rígido controle com base nas normas técnicas específicas, a autora realizou ensaios laboratoriais. Parte destes resultados encontra-se na tabela 4.

**Figura 10** - Blocos com PVC moído produzidos por Ferrari (2017) em sua pesquisa experimental



Fonte: Ferrari (2017)

A autora relata que as baixas e não uniformes resistências podem ter sido causadas por desajuste na vibroprensa durante a moldagem.

**Tabela 4** – Resultado dos Ensaio realizados por Ferrari (2017)

% de Plástico	Resistência à compressão (MPa)*		Volume de vazios*	Fator água cimento (a/c)	Massas totais (kg)**	Taxa de Absorção de Água (%)
	Fck, 7	Fck, 28				
0%	18,68	21,81	21,88	0,35	3,36	4,30
5%	13,10	14,77	24,74	0,35	3,30	4,52
10%	15,27	19,27	22,23	0,35	3,20	3,50

15%	11,11	18,24	25,58	0,35	3,24	4,39
-----	-------	-------	-------	------	------	------

Fonte: o Autor – adaptado de Ferrari (2017)

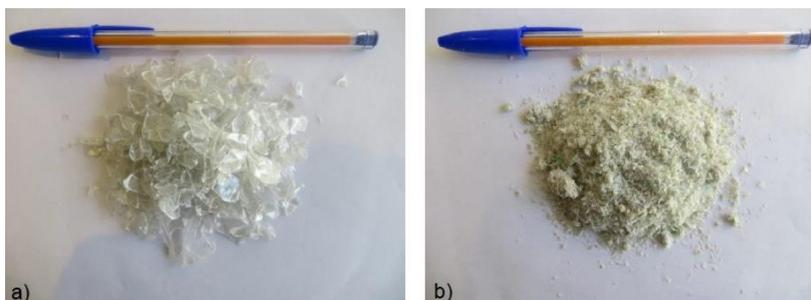
\* Valor médio das peças submetidas ao ensaio

\*\* Calculado a partir das informações contidas no trabalho da autora

#### 4.2 Blocos de concreto para uso em alvenaria de vedação ou estrutural

Berwanger (2021) desenvolveu, experimentalmente, blocos de concreto, como elemento de alvenaria de classe C, sem função estrutural, com a adição de Polietileno tereftalato (PET) e Poliestireno expandido (EPS) reciclados. Neste experimento ele utilizou pó de PET como substituto parcial do agregado miúdo e EPS granular como substituto parcial do agregado graúdo (figura 11), sempre na mesma proporção (ex. 2,5 % e 2,5% = 5% de material plástico). O autor também utilizou aditivo superplastificante, conforme recomendação do fabricante, visando melhorar a compactação e o acabamento. A dosagem do concreto foi realizada através da metodologia Besser Company, já comentada anteriormente. Os blocos foram produzidos em ambiente de fábrica, com uso de vibroprensa (figura 12).

**Figura 11** - Flakes de PET (a) e pó de PET (b) utilizados por Berwanger (2021) na produção de blocos



Fonte: Berwanger (2021)

**Figura 12** - Blocos em produção em ambiente fabril



Fonte: Berwanger (2021)

Posteriormente, ele comparou o resultado dos ensaios entre blocos com diferentes proporções dos elementos plásticos agregados. Parte dos resultados obtidos está descrita na Tabela 5.

**Tabela 5** – Resultado dos Ensaios realizados por Berwanger (2021)

% de Plástico	Resistência à compressão (MPa)		Volume de vazios (%)	Fator água cimento (a/c)	Massas totais (kg)*	Taxa de Absorção de Água (%)
	Fck, 7	Fck, 28				
0%	4,34	5,02	16,81	0,78	22,771	7,66
5%	4,17	5,80	15,62	0,78	22,885	7,09
10%	3,95	4,95	16,82	0,78	22,480	7,77
15%	3,65	4,38	17,22	0,78	21,858	8,17

Fonte: o Autor – adaptado de Berwanger (2021)

\*\* Como autor não publicou a massa total, somente a massa específica, para chegarmos a estes valores, não consideramos as áreas vazadas do bloco, sendo estes valores utilizados exclusivamente para efeitos comparativos entre as diferentes dosagens de plástico.

Silva (2016), desenvolveu pesquisa para avaliar o desempenho de blocos de concreto estrutural com substituição parcial do agregado miúdo por politereftalato de etileno (PET) triturado. A dosagem dos materiais foi realizada de acordo com a metodologia estabelecida pela ABCP – Associação brasileira de Cimento Portland, já comentada anteriormente. O autor produziu e avaliou blocos com PET nos teores de 2,5%, 5%, 7,5% e 10% (figura 13), sempre em substituição ao agregado miúdo (areia quartzosa). Parte dos resultados obtidos encontra-se na Tabela 6.

**Figura 13** - Blocos estocados para controle de idade



Fonte: Silva (2016)

Tabela 6 – Resultado dos Ensaios realizados por Silva (2016)

% de Plástico	Resistência à compressão (MPa)*		Volume de vazios (%)**	Fator água cimento (a/c)	Massas totais (kg)	Taxa de Absorção de Água (%)
	Fck, 7	Fck, 28				
0%	5,51	6,85		0,66	9,475	1,91
2,5%	4,88	5,03		0,66	9,350	2,7
5,0%	4,2	4,4		0,66	9,075	3,3
7,5%	3,16	3,46		0,66	8,850	3,4
10%	2,99	3,01		0,66	8,550	3,7

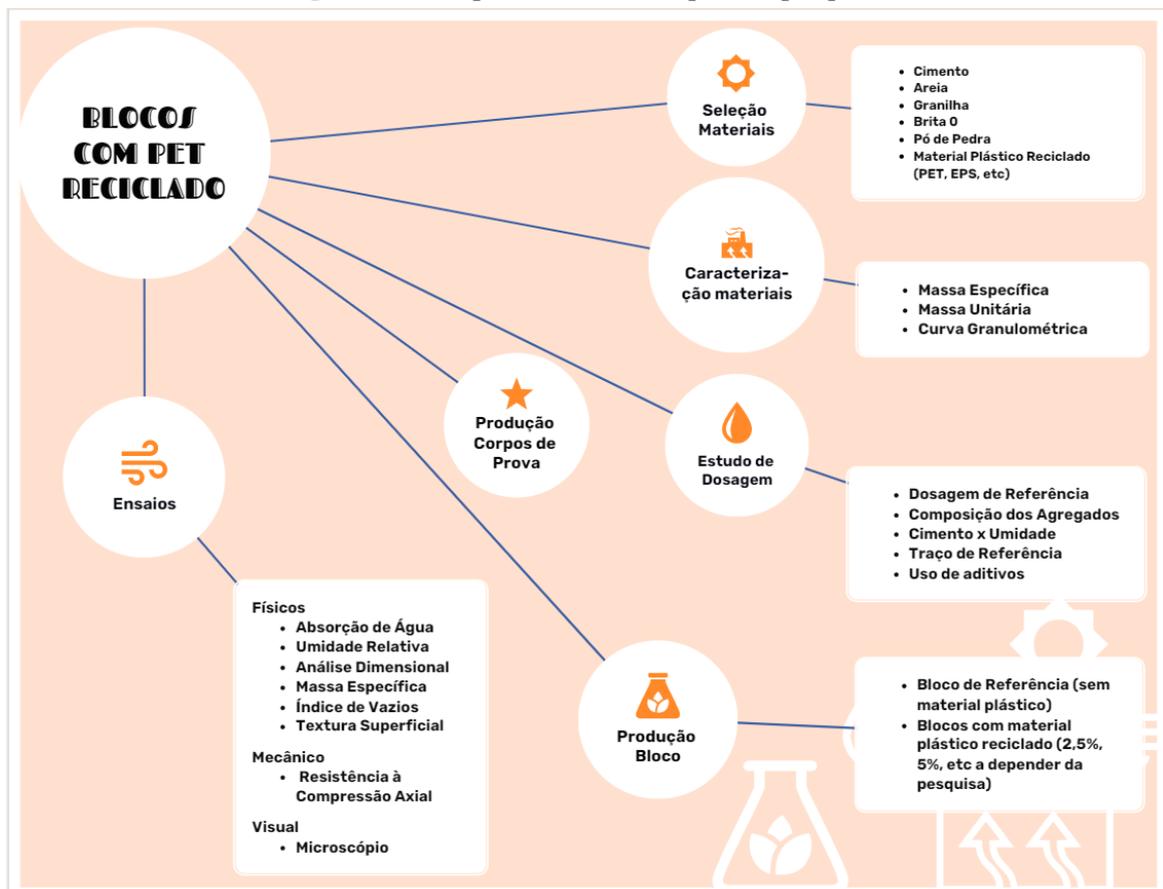
Fonte: o Autor – adaptado de Silva (2016)

\*\* Autor não divulgou em seu trabalho o resultado destes ensaios.

### 4.3 Metodologias empregadas nas pesquisas analisadas

As pesquisas em análise no presente estudo utilizaram-se, de maneira geral, de procedimentos parecidos, com pequenas variações. A figura 14, apresenta um mapa mental com um resumo das etapas características de pesquisas. No entanto, nos artigos que foram analisados, nem todas as etapas estão descritas de forma explícita. Sendo que a análise por microscopia foi realizada em apenas duas delas.

Figura 14 – Mapa mental com etapas das pesquisas



Fonte: o autor

A figura 15, apresenta as NBRs que foram explicitamente citadas nas pesquisas estudadas, onde percebe-se que os pesquisadores se utilizaram de forma adequada do embasamento normativo, tanto para a produção dos blocos – NBR 9781:2013 (“pavers”) e NBR 6136:2016 (blocos vazados de concreto), para a realização dos ensaios e para a caracterização dos materiais.

**Figura 15 – NBRs citadas nas pesquisas**

	Kuchta et al (2020)	Lima et al (2020)	Ferrari (2017)	Benavente (2021)	Siva (2016)	NORMA DE REFERÊNCIA
				NBR 10837		NBR 10837: Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto
		NBR 11578				NBR 11578: Substituída pela NBR 16697: Cimento Portland - Requisitos
				NBR 11579		NBR 11579: Cimento Portland Comum – Determinação do módulo de finura.
		NBR 11768				NBR 11768: Aditivos para concreto de cimento Portland
			NBR 12118			NBR 12118: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria.
		NBR 13554		NBR 13554		NBR 13554: Ensaio de durabilidade por molhagem e secagem.
				NBR 13583		NBR 13583: Cimento Portland – Variação dimensional de barras de argamassas expostas à solução de sulfato de sódio.
				NBR 15270-3		NBR 15270-3: Substituída pela NBR 15270-2: Componentes cerâmicos - Blocos e tijolos para alvenaria - Parte 2: Métodos de ensaios
			NBR 15873			NBR 15873: Coordenação modular para edificações.
		NBR 15953				NBR 15953: Pavimento intertravado com peças de concreto — Execução
				NBR 15961		NBR 15961: Substituída pela NBR 16868-1: Alvenaria estrutural - Parte 1: Projeto
			NBR 16605			NBR 16605: Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação da massa específica
	NBR 16697					NBR 16697: Cimento Portland - Requisitos
		NBR 5732				NBR 5732: Substituída pela NBR 16697: Cimento Portland - Requisitos
		NBR 5733				NBR 5733: Substituída pela NBR 16697: Cimento Portland - Requisitos
		NBR 5735				NBR 5735: Substituída pela NBR 16697: Cimento Portland - Requisitos
		NBR 5736				NBR 5736: Substituída pela NBR 16697: Cimento Portland - Requisitos
			NBR 5739			NBR 5739: Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos
			NBR 6136	NBR 6136		NBR 6136: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Requisitos
				NBR 6467		NBR 6467: Agregados - Determinação do inchamento de agregado miúdo - Método de ensaio
	NBR 7211	NBR 7211	NBR 7211	NBR 7211		NBR 7211: Agregados para concreto - especificação
				NBR 7219		NBR 7219: Substituída pela NBR NM 46: Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 µm, por lavagem
				NBR 7251		NBR 7219: Substituída pela NBR NM 45: Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios.
				NBR 8215		NBR 8215: Substituída pela NBR 15961-1: Alvenaria estrutural — Blocos de concreto - Parte 1: Projeto e NBR 15961-2: Alvenaria estrutural — Blocos de concreto - Parte 2: Execução e controle de obras
			NBR 8953			NBR 8953: Concreto para fins estruturais - Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência.
				NBR 9776		NBR 9776: Agregados - Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman
		NBR 9778	NBR 9778			NBR 9778: Argamassas e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água por imersão, índice de vazios e massa específica.
NBR 9781	NBR 9781	NBR 9781				NBR 9781: Peças de concreto para pavimentação — Especificação e métodos de ensaio.
NBR NM 248		NBR NM 248	NBR NM 248			NBR NM 248: Agregados - Determinação da composição granulométrica.
			NBR NM 26			NBR NM 26: Substituída pela NBR 16915: Agregados - Amostragem
			NBR NM 27			NBR NM 27: Substituída pela NBR 16915: Agregados - Amostragem
			NBR NM 45			NBR NM 45: Substituída pela NBR 16972: Agregados - Determinação da massa unitária e do índice de vazios
		NBR NM 52	NBR NM 52			NBR NM 52: Substituída pela NBR 16916: Agregado miúdo - Determinação da densidade e da absorção de água
		NBR NM 53	NBR NM 53	NBR NM 53		NBR NM 53: Substituída pela NBR 16917: Agregado graúdo - Determinação da densidade e da absorção de água

Fonte: o autor

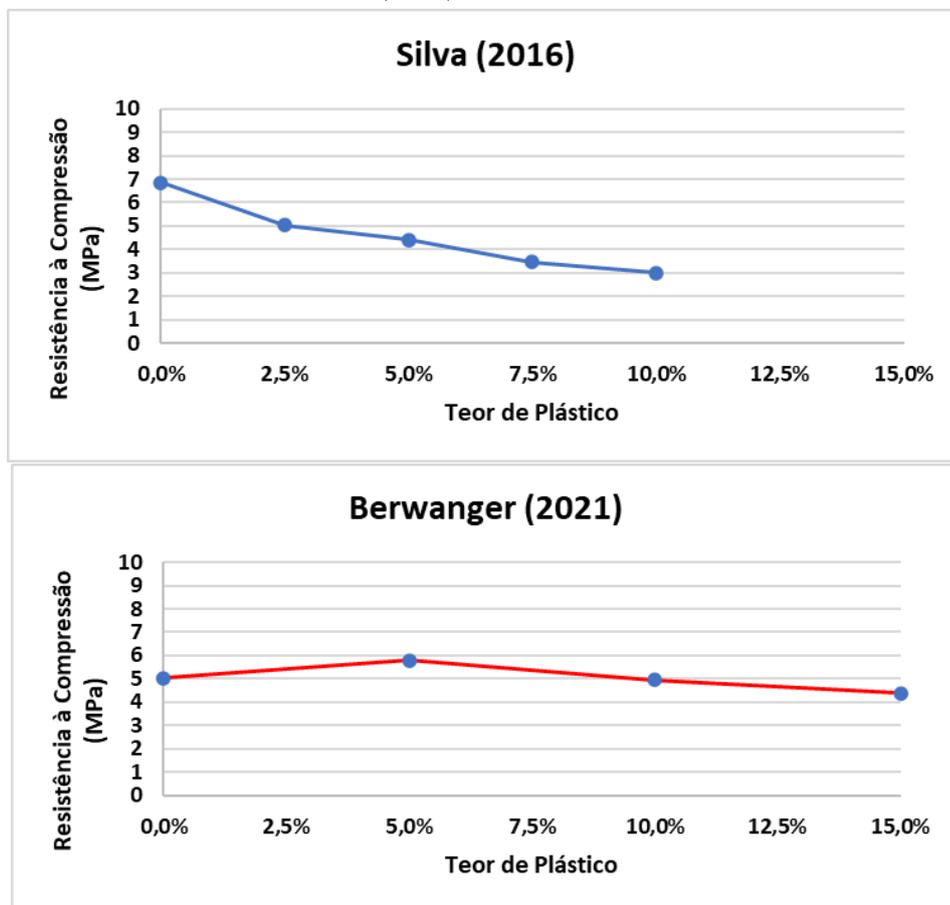
Apesar de uma parte dos trabalhos que foram analisados refere-se a bloco de concreto vazado e outra parte a blocos para pavimentação, existem NBR que são comuns aos procedimentos estabelecidos em ambos os casos.

#### 4.4 Análise dos Resultados - Blocos para alvenaria

Silva (2016) e Berwanger (2021) concentraram seus trabalhos na análise de blocos para alvenaria com adição de material plástico reciclado, como anteriormente já explanado. A seguir uma análise comparativa dos resultados obtidos nestas pesquisas.

##### 4.4.1 Resistência à Compressão

**Figura 16** - Gráficos dos Ensaios à Compressão axial, realizados por Silva (2016) e Berwanger (2021) aos 28 dias



Fonte: o autor adaptado de Silva (2016) e Berwanger (2021)

Ao analisar os gráficos da figura 16, percebe-se um comportamento bastante parecido na resistência à compressão entre os dois autores. Conforme se adiciona mais plástico reciclado a mistura, a resistência diminui. Esse é um comportamento esperado, pois, com a adição do plástico há uma tendência de aumentar os vazios da peça, reduzindo, portanto, a sua resistência.

Isso ocorre pelo fato de o plástico possuir menor capacidade resistiva que os agregados comumente utilizados na produção de blocos de concreto.

A figura 17 mostra a resistência característica a compressão requisitada para as aplicações dos blocos de concreto, definidas na NBR 6136:2016. Já a tabela 7 apresenta os resultados obtidos por Silva (2016) e por Berwanger (2021) em suas pesquisas.

**Figura 17** – Requisitos para resistência característica à compressão para blocos vazados de concreto

Classificação	Classe	Resistência característica à compressão axial <sup>a</sup> MPa	Absorção %				Retração <sup>d</sup> %
			Agregado normal <sup>b</sup>		Agregado leve <sup>c</sup>		
			Individual	Média	Individual	Média	
Com função estrutural	A	$f_{bk} \geq 8,0$	$\leq 9,0$	$\leq 8,0$	$\leq 16,0$	$\leq 13,0$	$\leq 0,065$
	B	$4,0 \leq f_{bk} < 8,0$	$\leq 10,0$	$\leq 9,0$			
Com ou sem função estrutural	C	$f_{bk} \geq 3,0$	$\leq 11,0$	$\leq 10,0$			

<sup>a</sup> Resistência característica à compressão axial obtida aos 28 dias.  
<sup>b</sup> Blocos fabricados com agregado normal (ver definição na ABNT NBR 9935).  
<sup>c</sup> Blocos fabricados com agregado leve (ver definição na ABNT NBR 9935).  
<sup>d</sup> Ensaio facultativo.

**5.3.1** Para aplicação abaixo do nível do solo, devem ser utilizados blocos Classe A.

**5.3.2** Permite-se o uso de blocos com função estrutural classe C, com largura de 90 mm, para edificações de no máximo um pavimento.

Fonte: NBR 6136:2016

**Tabela 7** – Resultado dos Ensaios realizados por Silva (2016) e por Berwanger (2021)

Resistência à compressão (MPa) aos 28 dias - Blocos de Alvenaria			
% de Plástico	Silva (2016)	Berwanger (2021)	Classe (NBR 6136:2016)
0,0%	6,85	5,02	B   B
2,5%	5,03		B
5,0%	4,4	5,8	B   B
7,5%	3,46		C
10,0%	3,01	4,95	C   B
15,0%		4,38	B

Fonte: o Autor – adaptado de Silva (2016) e Berwanger (2021)

Ao analisar-se os resultados, pode-se afirmar que todos os blocos, independente da quantidade de plástico adicionado, poderiam ser considerados para uso. O bloco com 10% de agregado plástico produzido por Silva (2016), ficou no limite inferior.

Outra análise importante é quanto a diferença da resistência a compressão encontrada para os mesmos percentuais de agregado plástico adicionado. Isso pode ter ocorrido por diversos motivos, mas, principalmente, pela formulação utilizada por cada um deles e pelo

processo de produção (ex. tipo de vibroprensa), que pode ocasionar menor compacidade da massa. Como explanado anteriormente, não há uma “receita pronta” para estes produtos.

Silva (2016) utilizou em seus experimentos um traço cimento:agregados de 1:3, enquanto Berwanger (2021) variou de 1:12 (para 0% de plástico) até 1:10 (para 15% de plástico).

#### **4.4.2 Absorção de Água e Volume de Vazios**

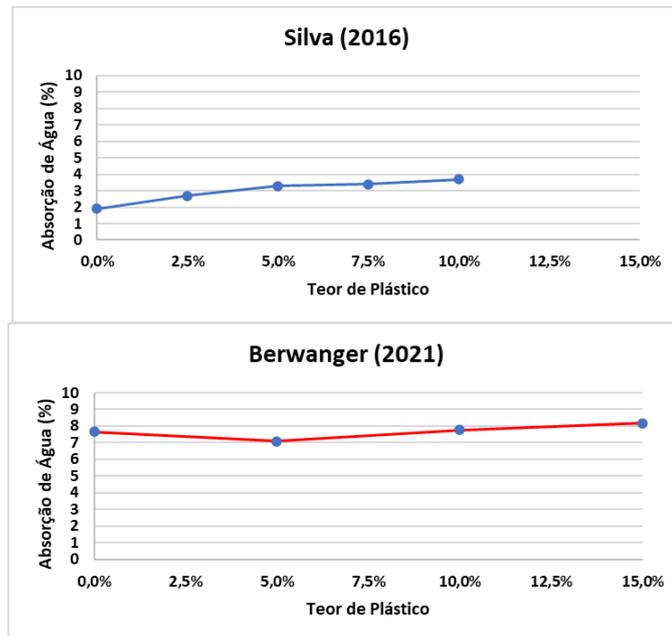
Ao comparar-se a taxa de absorção de água dos ensaios realizados pelos autores (figura 18), percebe-se uma diferença bastante considerável entre um e outro. Enquanto Silva (2016) obteve resultados entre 1,91% e 3,7%, Berwanger (2021) obteve taxas entre 7,66% e 8,17%. Mas, nos dois casos, percebe-se claramente o aumento da absorção conforme aumenta o percentual de material plástico como agregado do concreto. Isso deve-se, principalmente, pelo aumento de volume de vazios, que ocorre devido a menor aderência do material plástico à massa cimentícia, com relação aos demais agregados normalmente utilizados para este produto.

#### **4.4.3 Fator água/cimento**

Os blocos vazados para alvenaria são produzidos com o “concreto seco” que, segundo Frasson Jr. (2000) deve ter abatimento zero, sendo os vazios retirados através de equipamentos de vibro-compressão, trazendo a compacidade desejada. O excesso de água no concreto é o maior ocasionador da redução da sua resistência mecânica, pois, ao evaporar, deixa vazios no concreto. A resistência mecânica do concreto é inversamente proporcional ao fator água/cimento.

Silva (2016) utilizou em seu experimento 0,66 como fator  $a/c$  e Berwanger (2021) 0,78. Teoricamente, a resistência à compressão obtida pelo primeiro deveria ser maior que a do segundo. Mas isso não ocorreu para todas as misturas que se utilizou de material plástico como agregado, como pode-se ver na tabela 7.

**Figura 18** – Taxa de absorção de água. Ensaio realizado por Silva (2016) e Berwanger (2021) aos 28 dias



Fonte: o autor o autor adaptado de Silva (2016) e Berwanger (2021)

#### 4.5 Análise dos Resultados - Blocos para pavimentação

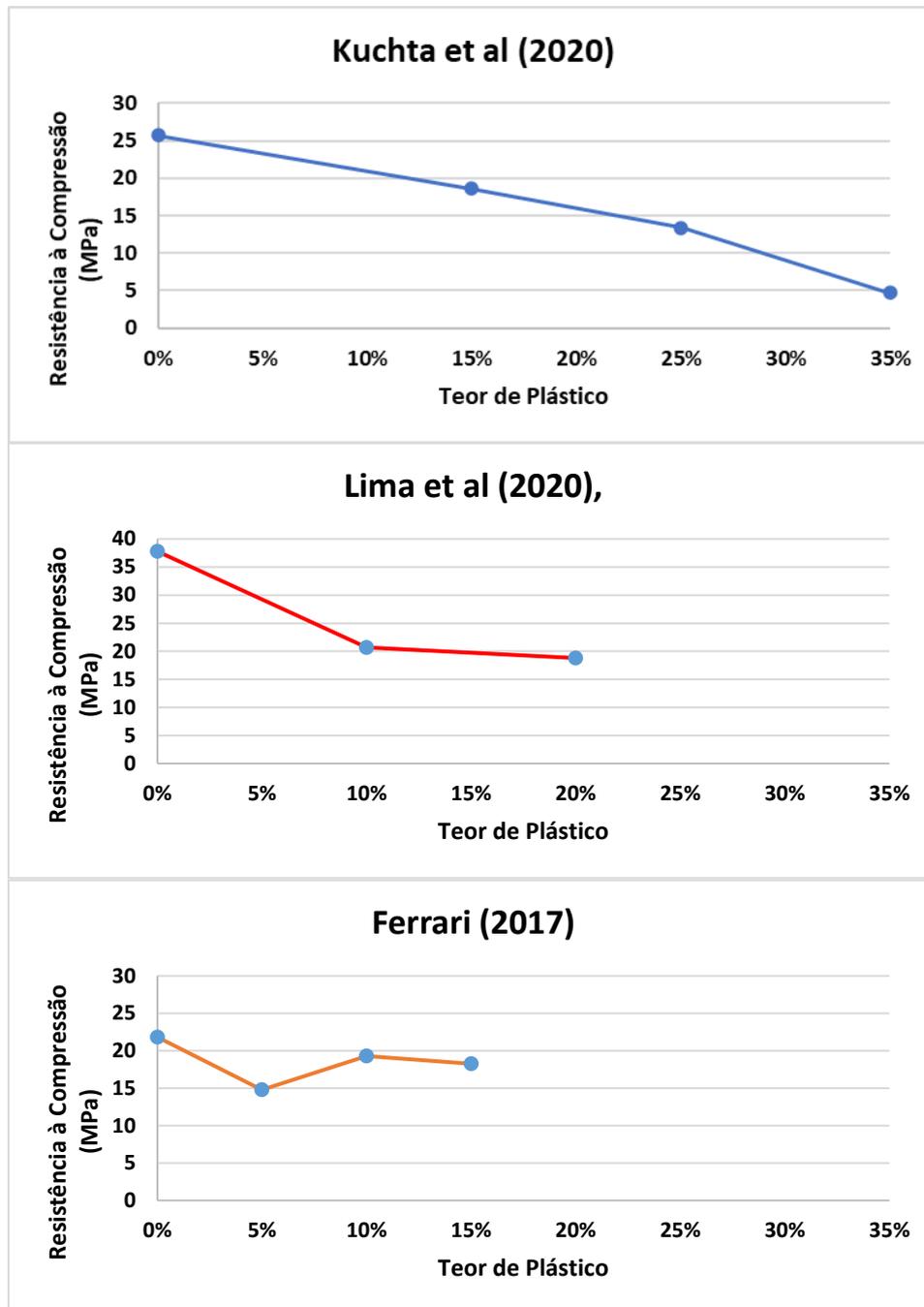
Dentre as pesquisas analisadas, Kuchta, Mazer e Domingos (2020); Lima, Quintino e Ricardo (2020) e Ferrari (2017), concentraram seus esforços na produção e análise de blocos para pavimentação (“pavers”) com adição de material plástico reciclado. A seguir uma análise comparativa dos resultados obtidos nestas pesquisas.

##### 4.5.1 Resistência à Compressão

Ao analisar os gráficos apresentados na Figura 19, percebe-se claramente que, assim como nos blocos vazados para alvenaria, a resistência reduz conforme o plástico reciclado é adicionado a mistura, com exceção à mistura com 5% de Ferrari (2017), que apresentou uma resistência menor que a com 10%. A própria autora afirma que pode ter sido ocasionado por desajuste na vibroprensa durante o processo de moldagem.

Kuchta, Mazer e Domingos (2020) utilizaram em seus experimentos um traço cimento:agregados de 1:10; Lima, Quintino e Ricardo (2020) utilizaram 1:5 e Ferrari (2017) 1:4.

**Figura 19** – Gráficos dos Ensaios à Compressão axial, realizados por Kuchta, Mazer e Domingos (2020); Lima, Quintino e Ricardo (2020) e Ferrari (2017), aos 28 dias



Fonte: o autor

A NBR 9781:2013 determina a especificação e os métodos de ensaio para peças de concreto para pavimentação. A tabela mostrada na figura 20 apresenta as resistências que este tipo de piso deve possuir.

**Figura 20** – Resistência característica a compressão para “pavers”

Solicitação	Resistência característica à compressão ( $f_{pk}$ ) aos 28 dias MPa
Tráfego de pedestres, veículos leves e veículos comerciais de linha	$\geq 35$
Tráfego de veículos especiais e solicitações capazes de produzir efeitos de abrasão acentuados	$\geq 50$

Os lotes de peças de concreto entregues ao cliente com idade inferior a 28 dias devem apresentar no mínimo 80% do  $f_{pk}$  especificado na Tabela 2, no momento de sua instalação, sendo que aos 28 dias ou mais de idade de cura, o  $f_{pk}$  deve ser igual ou superior ao especificado na Tabela 2.

Fonte: NBR 9781:2013

Portanto, em nenhuma das pesquisas experimentais analisadas os blocos para pavimento, com adição de plástico reciclado, atingiram o nível de resistência mínimo exigido pela NBR que é de 35 MPa. Algumas das causas que podem ser consideradas:

- Processo de Produção inadequado;
- A Relação água/cimento;
- Vazios em excesso criados com a adição do plástico reciclado;
- A baixa resistência à compressão do PET, quando comparadas com a do concreto.

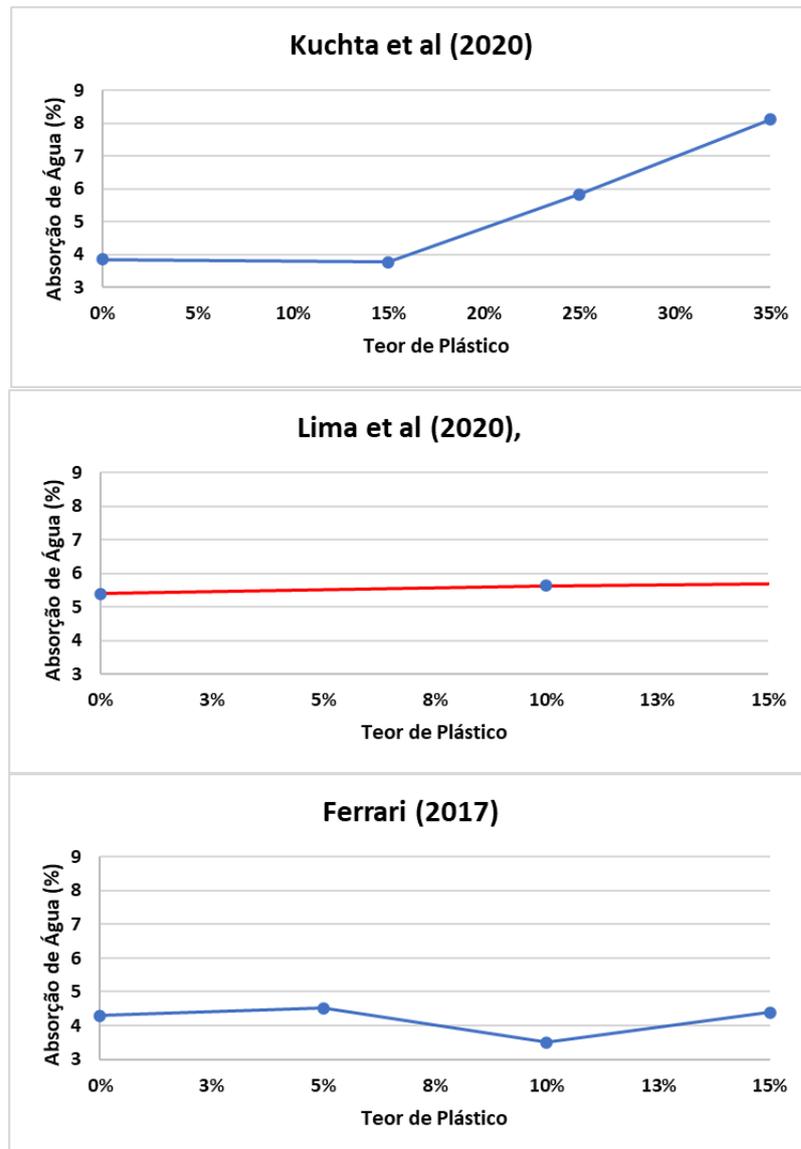
Em alguns outros países, são aceitos pisos com resistências menores para o mesmo tipo de trânsito, como, por exemplo, Austrália e África do Sul, cujas normas exigem 35 MPa para tráfego leve e 35 MPa para os demais. Para trânsito exclusivo de pedestre e/ou bicicletas, 15 MPa já seriam suficientes (BITTENCOURT, 2012 apud Ferrari, 2017).

#### 4.5.2 Absorção de Água e Volume de Vazios

A NBR 9781:2013 exige que os níveis médios de absorção de água sejam de no máximo 6%, não admitindo nenhum valor acima de 7% nos ensaios que devem realizados conforme o anexo B da norma.

Se fosse considerado somente este aspecto, com exceção do bloco com 35% de PET de Kuchta, Mazer e Domingos (2020), todos os demais estariam dentro da média exigida e não tiveram nenhuma peça acima de 7%.

**Figura 21** – Taxa de absorção de água, realizados por Kuchta, Mazer e Domingos (2020); Lima, Quintino e Ricardo (2020) e Ferrari (2017) aos 28 dias



Fonte: o autor adaptado de Kuchta, Mazer e Domingos (2020); Lima, Quintino e Ricardo (2020) e Ferrari (2017)

O Volume de vazios publicados nos estudos de Kuchta, Mazer e Domingos (2020) e Ferrari (2017), como era de se esperar, também aumentam conforme o material plástico é acrescentado a massa. No entanto, salienta-se que a NBR 9781:2013 não faz referência a este aspecto.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De maneira geral, os artigos analisados utilizaram-se de diferentes tipos de polímeros reciclados nas formulações: flake de pet oil (sem limpeza); polietileno (PE) e polipropileno (PP); flake de eletroduto corrugado (PVC); polietileno tereftalato (PET) e Poliestireno

expandido (EPS); politereftalato de etileno (PET) triturado. Somente essa variável já poderia explicar as diferenças entre os resultados.

No entanto, na análise dos artigos científicos selecionados para este estudo, pode-se perceber algumas características comuns entre as pesquisas e os resultados obtidos, mesmo entre os que se dedicaram ao bloco vazado e os que focaram nos blocos para pavimentação:

- A dificuldade para obter a dosagem (traço) adequada para a produção, devido a relação direta entre a resistência e o equipamento utilizado na fabricação;
- A dificuldade para se obter as resistências normalizadas quando é adicionado plástico reciclado como agregado na produção de blocos de concreto, seja para alvenaria ou para pavimentação;
- Em todos os casos, percebe-se claramente a redução da resistência à compressão axial, conforme o plástico é adicionado à mistura. Isso deve-se, principalmente, pelo fato de o plástico possuir menor capacidade resistiva e menor aderência a pasta cimentícia que os outros agregados comumente utilizados, o que ocasiona maiores vazios e, por consequência, menor resistência.

Ao se pesquisar na internet, encontra-se muitos produtos produzidos com plástico reciclado. No entanto, encontra-se poucos que utilizam concreto + plástico reciclado, sendo que, quando isso ocorre, geralmente são produtos experimentais. Além dos fatores anteriormente destacados, o custo ainda é um entrave, pois produzir um produto somente de concreto tem menor custo do que quando se adiciona o plástico. Segundo Menezes (2021), em maio de 2021 o plástico reciclado, ainda sem ter sido processado (flake ou moído) custava na região de Belo Horizonte entre R\$ 1,30 e R\$ 2,60, enquanto, nessa mesma época, a areia média custava em torno de R\$ 4,00 o saco de 20 Kg.

Quanto aos blocos para pavimentação, a NBR 9781 prevê apenas a possibilidade de uso para esta finalidade com resistência à compressão acima de 35 MPa. A possibilidade de uso de peças com menor resistência para tráfego de pedestre e ciclovias, talvez pudesse ser um propulsor para o uso de elementos reciclados nestes produtos.

Pelos artigos analisados e pelo custo dos insumos, parece ser inviável a produção de blocos com o uso de material plástico reciclado.

No entanto, como a cada dia o apelo para uma construção mais sustentável se faz mais presente, o aprofundamento de estudos nessa área certamente trará a possibilidade de produção de blocos com a adição de material plástico reciclado em escala industrial, com preços competitivos e atendimento aos requisitos da norma brasileira.

## REFERÊNCIAS

- Almeida, Fernando. **O Bom Negócio da Sustentabilidade**. São Paulo: Editora Saraiva, 2002.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15270-1: Componentes cerâmicos - Blocos e tijolos para alvenaria - Parte 1: Requisitos**. 2017.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15270-2: Componentes cerâmicos - Blocos e tijolos para alvenaria - Parte 2: Métodos de ensaios**. 2017.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6136: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria — Requisitos**. 2016.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9781: Peças de concreto para pavimentação — Especificação e métodos de ensaio**. 2013.
- Azeredo, Hélio Alves de. **O edifício até sua cobertura**. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.
- Berwanger, Cleofas; **Avaliação da utilização de polietileno tereftalato (PET) e poliestireno expandido (EPS) reciclados na produção de blocos de concreto**. UNILA – Universidade Federal da Integração Latino-Americana. Foz do Iguaçu, 2021
- Canevarolo Jr., Sebastião V. **Ciência dos Polímeros: um texto básico para tecnólogos e engenheiros**. São Paulo: Artliber Editora, 2006.
- CBIC. **Boletim Estatístico – Dezembro/2021, Ano XVII, nº 12**. Disponível em [http://www.cbicdados.com.br/media/anexos/Boletim\\_Ano17n12\\_dez\\_21.pdf](http://www.cbicdados.com.br/media/anexos/Boletim_Ano17n12_dez_21.pdf). Último acesso em 24/04/2022.
- CBIC. **Construção Sustentável: A Mudança em Curso**. Caderno Setorial CBIC-CNI Sustentabilidade, 2019.
- Ciclovivo. **Brasil recicla 311 mil toneladas de garrafas PET em 2019**. Disponível em: <https://ciclovivo.com.br/inovacao/negocios/brasil-recicla-311-mil-toneladas-de-garrafas-pet-em-2019/#:~:text=De%20acordo%20com%20o%2011%C2%BA,acima%20do%20registrado%20em%202018>. Último acesso em 24/04/2022.
- Farhan, Alexandre. **PET Polietileno Tereftalato: Síntese e Aplicações – Transformação de Plástico (Resina PET)**. Revista Plástico Moderno, 2016. Disponível em <https://www.plastico.com.br/pet-sintese-e-aplicacoes-transformacao/>
- Ferrari, Ana Karoliny. **Influência do resíduo de PVC moído como substituto parcial do agregado miúdo no concreto dosado para peças de pavimento intertravado**. Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC. Joinville, 2017.
- Ferreira Junior, Sylvio. **Produção de Blocos de Concreto para Alvenaria; Prática Recomendada – 3. ed.** São Paulo: ABCP, 1995.
- Frasson Jr. A; Oliveira, A. L.; Prudêncio Jr., L. R. **Metodologia de Dosagem para Blocos de Concreto Empregados em Alvenaria Estrutural**. – Caderno Técnico Alvenaria Estrutural – CT10. Revista Prisma, São Paulo, 2008.

Frasson Jr., Artêmio. **Proposta de metodologia de dosagem e controle do processo produtivo de blocos de concreto para alvenaria estrutural. Dissertação de Mestrado.** UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2000.

Gasques, A. C. F.; Okawa, C. M. P.; De Angelis Neto, G.; Miotto, J. L.; Castro, T. R. **Impactos Ambientais dos Materiais da Construção Civil: Breve Revisão Teórica.** Revista Tecnológica. Maringá, 2014

Gil, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa - 4. ed.** - São Paulo: Atlas, 2002

Kuchta, W. C. S.; Mazer, W.; Domingos, M. D. I. **Propriedades físico-mecânicas de blocos de concreto para pavimentação e com incorporação de resíduo PET oil.** Revista Eletrônica de Materiais e Processos, v. 15, n. 2 (2020) 88-95. Campina Grande, 2020.

Lima, J. J.; Quintino, P. H. M., Ricardo, D. **Avaliação de bloco intertravado de concreto utilizando plástico como agregado miúdo.** Revista Multidisciplinar. Faculdade do Nordeste de Minas, 2020.

Marconi, Marina de Andrade; Lakatos, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica - 5. ed.** São Paulo: Atlas, 2003.

Menezes, Bruno. **Pesquisa revela que preço pago em materiais recicláveis pode variar 400% na RMBH.** O Tempo. Belo Horizonte, 2021. Acessível em <https://www.otempo.com.br/economia/pesquisa-revela-que-preco-pago-em-materiais-reciclaveis-pode-variatar-400-na-rmbh-1.2492588>

Silva, José Bezerra da; **Avaliação do desempenho de blocos de concreto estrutural dosados com politereftalato de etileno (PET) micronizado.** Universidade Federal de Campina Grande - UFCG. Campina Grande, 2016

Thomaz, E.; Mitidieri Filho, C.V.; Cleto, F.R.; Cardoso, R.F. **Código de Prática nº 01: alvenaria de vedação em blocos cerâmicos** - São Paulo: IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2009.