



# O uso de plástico reciclável na produção de concreto: uma comparação com o uso do plástico primário e seus benefícios para a sociedade

**Palavras-chave:** resíduo plástico, reciclagem, construção civil, concreto

**Autores/as:**

**Jonathan Willyam Cabral Brandão (FECFAU)**

**Orientadora: Professora Dra. Ana Paula Bortoleto (FECFAU)**

**Coorientador: Professor Dr. Carlos Eduardo Marmorato Gomes (FECFAU)**

## INTRODUÇÃO

O plástico é um componente inorgânico, criado em 1907 pelo químico Leo Baekeland, formado pela polimerização de monômeros, obtidos através da destilação fracionada do petróleo puro nas refinarias. Tal componente tornou-se um recurso diariamente presente na vida de qualquer ser humano, seja no engarrafamento de bebidas ou até em aparelhos tecnológicos, como computadores e carros, porém a alta praticidade desse produto correlaciona-se ao massivo montante de resíduo sólido que ele gera. Concomitante ao aumento da produção do plástico, o descarte inapropriado deste material tem sido um dos principais agravantes no impacto ambiental, uma vez que o tempo de decomposição para ele é de 450 anos, ou seja, todo montante produzido desde sua criação até o momento ainda está presente na natureza. No estudo conduzido por Geyer, Jambeck e Law (2017) estimaram que, considerando 8,9 bilhões de toneladas de plástico produzido (somando plástico primário e secundário) cerca de 66% viraram resíduo sólido e 33% ainda estão em uso.

Nesse âmbito, Salomão (2016) argumenta que a utilização do plástico triturado como substituição para uma parcela do agregado miúdo é algo viável, uma vez que a partir de uma dosagem e traço específico não traz quedas bruscas na resistência. Dessa forma, a utilização do plástico reciclado pode ser uma fonte viável de substituição para tal agregado, proporcionando uma vida útil maior para sua utilização.

## METODOLOGIA

Esta pesquisa baseou-se no método desenvolvido por Salomão (2016) e foi dividida em 00 etapas. . Primeiramente, realizou-se uma pesquisa de campo na região do município de Campinas para a aquisição do resíduo plástico a ser utilizado no experimento. Entretanto, as empresas locais possuem

um comércio exclusivo com o setor industrial e não se adequavam ao escopo da pesquisa. Inclui-se, dessa forma, a cidade de São Paulo e firmou-se uma parceria com a empresa Santa Guadalupe Plásticos com a disponibilização de 07 amostras de diferentes plásticos reciclados que posteriormente, foram submetidos a análise granulométrica para o determinar a curva granulométrica de cada amostra. Com base nestes dados foi possível determinar qual amostra tinha granulometria similar a areia média que seria substituída. Na segunda etapa, com a amostra de plástico reciclado definida, foi realizado o teste de Le Chatelier para a determinação do seu peso específico.

Observando-se a similaridade dos componentes da amostra com a areia média, decidiu-se pela ampliação do escopo do estudo para, além de substituir a areia média no traço do concreto, substituir o mesmo agregado no traço da argamassa comum. Baseando-se na NBR 5738/2015, foram produzidos 8 corpos de prova cilíndricos de concreto e 6 corpos de prova prismáticos de argamassa para serem avaliados, sendo metade destes para 7 e metade para 28 dias. Os percentuais para substituição parcial da areia foram de 0%, 10%, 20% e 30%, totalizando um total de 32 corpos de prova de concreto e 24 corpos de prova de argamassa. O traço do concreto foi estabelecido como 1:1,5:1,5:0,45 conforme Salomão (2016) e seguiu-se o traço de 1:2:0,45 para a argamassa. Com relação aos materiais a serem utilizados em cada objeto de estudo destaca-se a brita 2, areia média e cimento CP II E-32 para ambos, com exceção da brita para a confecção da argamassa (ver **Tabela 1**).

**Tabela 1** – Esquematização dos traços para os corpos de prova de concreto e argamassa.

Ensaio Concreto						
Porcentagem de plástico	fator a/c	traço cimento CP II E-32	traço areia média	traço brita 2	CP's para 7 dias	CP's para 28 dias
0%	0,45	1	1,5	1,5	4	4
10%	0,45	1	1,5	1,5	4	4
20%	0,45	1	1,5	1,5	4	4
30%	0,45	1	1,5	1,5	4	4
Ensaio Argamassa						
Porcentagem de plástico	fator a/c	traço cimento CP II E-32	traço areia média	traço brita	CP's para 7 dias	CP's para 28 dias
0%	0,45	1	2	-	3	3
10%	0,45	1	2	-	3	3
20%	0,45	1	2	-	3	3
30%	0,45	1	2	-	3	3

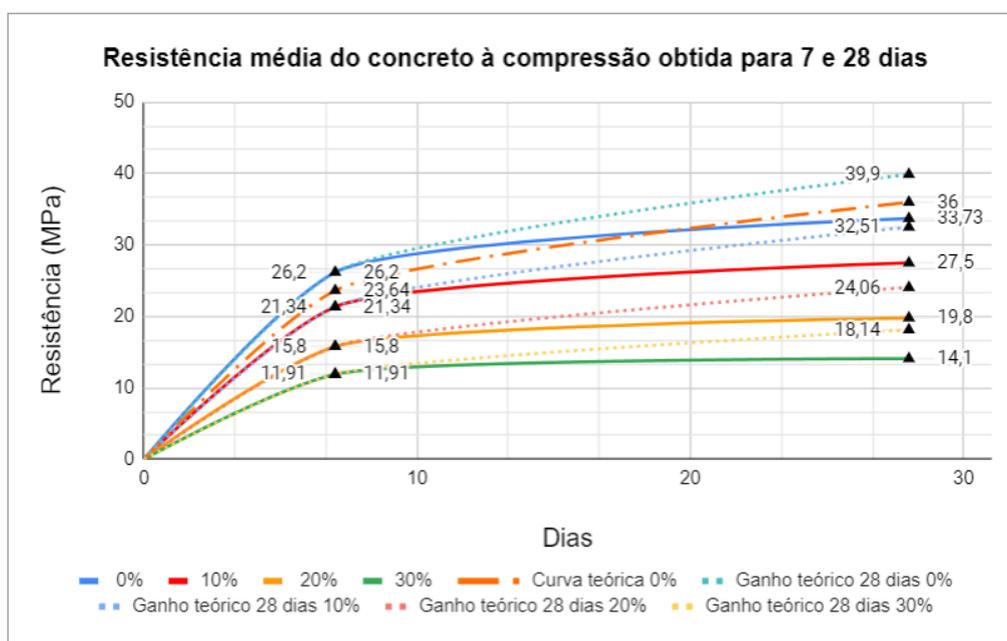
Na terceira etapa, findados os tempos de cura de 7 e 28 dias, os corpos de prova de concreto foram submetidos ao ensaio de compressão de acordo com a NBR 10611/2011. Os corpos de prova da argamassa foram submetidos tanto ao ensaio de flexão, sendo divididos em dois, quanto ao ensaio de compressão em cada um dos corpos resultantes, seguindo a NBR 13279/2005. Com os dados dos ensaios, determinou-se a média de resistência a compressão das amostras para 7 e 28 dias representados em gráficos para a visualização do comportamento das amostras.

A última etapa do estudo refere-se à avaliação dos impactos ambientais mitigados pela substituição da areia média pelo plástico reciclado utilizando a base de dados ECOINVENT® dando preferência para dados coletados no Brasil, e na ausência deste, para caracterizados como “*rest of the*”

*world*” (resto do mundo, em inglês). No caso da areia média, utilizou-se os dados do mercado brasileiro para a sua comercialização, da sua produção tanto pelo processo de dragagem de rios quanto em pedreiras. Para o plástico reciclado, foram incluídas as fases: de produção (reciclagem), comercialização, tratamento do resíduo plástico e disposição final em aterro sanitário.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O plástico reciclado utilizado no experimento foi o PEAD (Polietileno de Alta Densidade) com maior similaridade de curva granulométrica com a areia média e com o peso específico de 0,9437 g/cm<sup>3</sup>. Após a realização dos testes com os corpos de prova de concreto conforme descritos na metodologia, determinou-se as curvas de resistência média à compressão para os quatro níveis de substituição (0%, 10%, 20% e 30%), vide **Figura 1**.



**Figura 1** – Curvas de resistência média observada e teórica do concreto para 7 e 28 dias

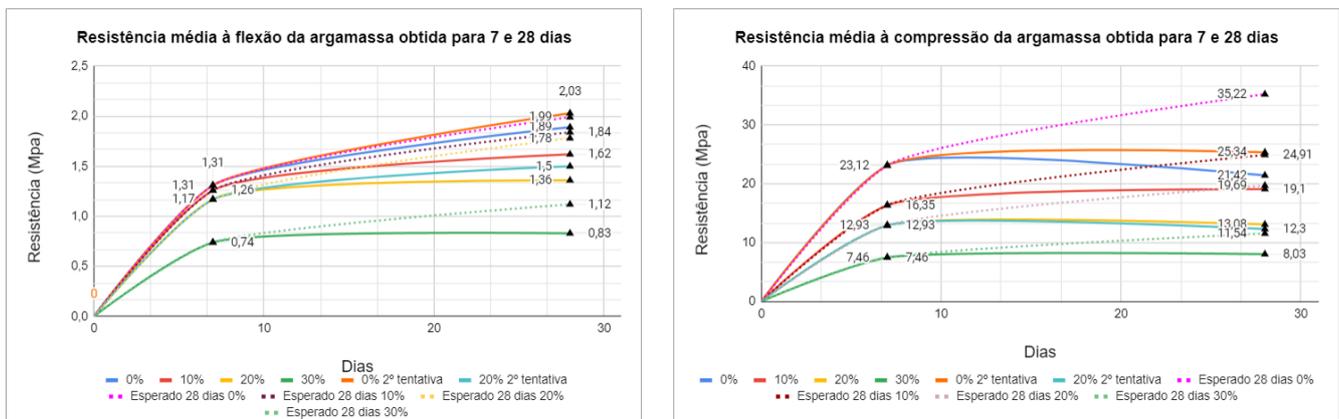
Nota-se que a resistência do concreto diminui significativamente ao aumentar o teor de plástico reciclado e esse fenômeno ocorre tanto aos 7 dias quanto aos 28 dias. Destaca-se também que a diminuição de resistência aos 28 dias contraria a NBR 7211/2009 uma vez que o ganho de resistência não mais é de 34% quando comparado ao grupo de controle sem a adição de plástico reciclado. A queda na resistência varia com relação ao percentual de plástico reciclado utilizado na sua confecção (vide **Tabela 2**).

No caso dos corpos de prova para a argamassa, observou-se uma diminuição da resistência tanto para a resistência à compressão quanto à flexão (vide **Figuras 3a e 3b**). Entretanto, diferentemente ao concreto, os corpos de prova com 0% e 20% de substituição de apresentaram resultados inconsistentes com o padrão esperado para a cura após 28 dias, ou seja, com resistências à compressão inferiores às mensuradas em 7 dias.

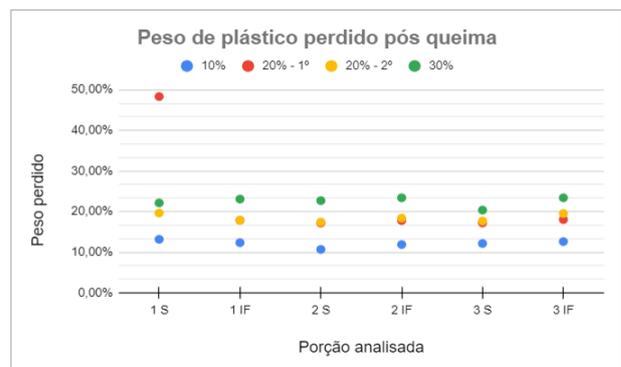
**Tabela 2 – Relações finais de resistência à compressão do concreto**

Relações finais concreto						
Porcentagem de plástico	Resistência obtida para 7 dias (MPa)	porcentagem	relação percentual de resistência total do concreto	Resistência obtida para 28 dias (MPa)	Relação percentual de resistência total do concreto	ganho de resistência
0	26,20	1,00	65,00%	39,90	100,00%	34,00%
0,1	21,34	0,81	52,95%	32,51	80,65%	27,54%
0,2	15,80	0,60	39,19%	24,06	59,68%	20,40%
0,3	11,91	0,45	29,54%	18,14	45,00%	15,30%

Uma segunda moldagem e ensaio foram conduzidos a fim de rejeitar algum possível erro no experimento inicial, no entanto, observou-se o mesmo resultado de diminuição de resistência à compressão e flexão aos 28 dias quando comparado com os resultados de 7 dias.



Uma possível hipótese é a dispersão não uniforme do plástico reciclado após a moldagem do corpo de prova. Isto possivelmente resultou em uma metade do corpo de prova com um percentual de plástico reciclado maior em relação ao percentual total de plástico reciclado adicionado provocando a queda significativa da resistência do corpo de prova ao decorrer dos dias ou invés de aumentar como o padrão esperado. Conduziu-se, assim, um terceiro experimento não planejado na metodologia inicial. Todos os corpos de prova de argamassa foram triturados queimados na mufla a uma temperatura de 500°C, sendo pesados antes e depois do processo de queima, de modo a se determinar o peso e, por conseguinte, o percentual de plástico reciclado contido em cada parte do corpo de prova. Entretanto, apesar de um espécime de 20% ter resultado em um valor acima do esperado, os demais espécimes não confirmaram a hipótese inicial,



dando um percentual de massa perdida próxima ao valor de plástico reciclado adicionado, conforme apresentado na **Figura 4**.

Em relação à mitigação de impacto ambiental, foram contabilizadas as emissões referentes ao Potencial de Aquecimento Global para 20 anos com base no método CML 2 baseline 2000 V2.04. A **Tabela 3** apresenta os valores para a areia média e para o PEAD.

**Tabela 2** – Relações finais de resistência à compressão do concreto

Atividade	Método de análise					
	CML GWP (Kg CO2 - eq)		IPCC (Kg CO2 - eq)		IPCC no LT (Kg CO2 - eq)	
	no LT	LT	GTP (20 anos)	GWP (20 anos)	GTP (20 anos)	GWP (20 anos)
Aterros sanitários - AICV	-	0,12043	0,24959	0,30093	0,24959	0,30093
Incineração (sem transporte) - AICV	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Reciclagem de PEAD granular em mercado genérico - AICV	-	0,87293	1,0585	1,1334	1,0584	1,1334
Produção de PEAD - AICV	2,27780	-	2,81140	3,0239	2,8113	3,0238
Mercado de polietileno (resíduos ou reciclados) - AICV	-	0,28996	0,53142	0,62754	0,53142	0,62754
Total PEAD	2,27780	1,28332	4,65091	5,08577	4,65071	5,08567
Mercado de areia - AICV	-	0,013269	0,013931	0,014192	0,01393	0,014191
Operação de pedra de areia e extração do leito do rio - AICV	-	0,0046665	0,0048945	0,0049853	0,0048944	0,0049850
Operação de pedra de areia e extração do leito do rio - ACV	-	-	-	-	-	-
Total AREIA	0,00000	0,01794	0,01883	0,01918	0,01882	0,01918

**Tabela 3:** Valores obtidos para AICV do PEAD e Areia

## CONCLUSÕES

- O valor ideal para substituição está na faixa de 10%, uma vez que não é apresentada uma queda significativa de resistência e este é um valor significativo para o uso do PEAD, corroborado pelo estudo de Salomão (2016).
- Devido ao peso específico do plástico reciclado de 0,9437 g/cm<sup>3</sup>, a substituição realizada apresentou quedas significativas na trabalhabilidade do material, recomendando-se a investigação da substituição relacionando o volume dos materiais.
- O impacto ambiental gerado pela produção do PEAD e reciclagem é menor quando comparado a sua disposição em aterros sanitários e em incineradoras, porém ainda é de uma ordem 100 vezes maior do que a areia.
- São necessários outros estudos com relação ao aumento da trabalhabilidade do material e quanto a lixiviação deste de modo, de modo a se reforçar a viabilidade de sua aplicação.

## BIBLIOGRAFIA

- GEYER, Roland; JAMBECK, Jenna R.; LAW, Kara Lavender. **Production, use, and fate of all plastics ever made**. Science Advances, v. 3, n. 7, p. e1700782, 2017.
- DE ALMEIDA, SALOMÃO PEREIRA. **USO DE POLITEREFTALATO DE ETILENO (PET) COMO AGREGADO EM PEÇAS DE CONCRETO PARA PAVIMENTO INTERTRAVADO**. Campina Grande, 2016 Tese (ENGENHARIA DE PROCESSOS) - Universidade Federal de Campina Grande.
- ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738/2015 Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova**. Versão Corrigida: 2016.
- ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10611/2011 Corpos de prova — Formas e tipos de ensaios — Padronização**.
- ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13279/2005 Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e teto — Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão**.
- ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211/2009- Agregados para Concreto, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)**.
- ECOQUERY. ECOINVENT.ORG. Disponível em: <https://ecoquery.ecoinvent.org/Account/LogOn?ReturnUrl=%2f>. Acesso em: 19 jul. 2023.