



## Verificação da viabilidade da substituição dos resíduos plásticos de garrafa pet triturados na argamassa de assentamento

Cristiano Seger <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões.  
(cristiano\_seger@yahoo.com.br)

### Resumo

O plástico trata-se de uma material presente em nosso meio de uma forma massiva. Entretanto grande parte dos materiais plásticos são utilizados apenas uma vez, como é o exemplo da garrafa pet. Logo, é de grande importância obter produtos que possam reutilizar o plástico. O presente artigo teve como proposta a verificação da viabilidade da substituição dos resíduos plásticos de garrafa pet triturados na argamassa de assentamento. Realizada está substituição aos 3 dias foi possível observar que houve uma queda de resistência à compressão da argamassa com relação à argamassa com adição de plástico triturado, relativa à 42,86%, e aos 7 dias, relativa a 9,57 %. Também foram analisadas as características do produto, como a aderência do plástico à argamassa.

Palavras-chave: Argamassa. Resíduos plásticos. Substituição.

Área Temática: Resíduos Sólidos.

## Replacement Feasibility check of plastic waste pet bottle crushed in the mortar

### Abstract

*The plastic it is a material present in our midst of a massive way however a large part of plastic material are used only once, as is the case of PET bottles. Therefore it is of great importance to obtain products which can reuse the plastic. This article had the purpose to verify the feasibility of replacing the plastic waste pet bottle crushed in the mortar. Held is replaced at 3 days it was observed that there was a compressive strength of the mortar drop with respect to ground mortar with addition of plastic on the 42.86% and 7 days, relative to 9.57%. Also the product characteristics were analyzed, as the plastic grip the mortar.*

Key words: Mortar. Plastic waste. Replacement.

Theme Area: Solid Waste.



## 1 Introdução

O presente artigo visa a busca da determinação de um procedimento a ser seguido para ser possível a realização do ensaio experimental e encontrar seus respectivos resultados, que permitirão a análise detalhada com relação à inovação proposta, visto que produtos e processos diferenciados são frutos da inovação.

Salientando a proposta de aprofundar o conhecimento relacionado a um produto inovador, será realizado o estudo da argamassa com adição de garrafas PET recicladas e trituradas, tendo em vista que é uma área com grande importância, afinal, a missão é “aliar o útil ao agradável”, reciclando o plástico jogado fora, e substituindo-o na argamassa.

Visando os estudos já realizados que comprovam a baixa eficiência da adição do plástico em concreto estrutural, este projeto estará focado na pesquisa sobre adição da garrafa PET triturada na argamassa.

Atualmente, a adição de plástico reciclado e triturado à argamassa é uma área que está apenas “engatinhando” no avanço de suas pesquisas. Porém, como há pouco estudo com relação a este tópico, a presente pesquisa com relação ao mesmo é fundamental para ampliar o conhecimento tornando possível a aplicação desta argamassa em obras.

Com mais esta inovação, a construção sustentável está se tornando cada vez mais eficiente. Comprovando que, aos poucos, a “construção verde” está deixando de ser apenas “marketing” para as grandes empresas e tornando-se um negócio rentável, necessitando de mais estudos, aprimoramentos e investimentos para a implantação dos mesmos.

## 2 Argamassa de assentamento com utilização de resíduos plásticos

Este projeto de pesquisa visa a realização de estudos e ensaios experimentais para verificar a possibilidade de viabilização do uso da argamassa utilizada no assentamento de alvenarias com adição de garrafa plástica reciclada e triturada, utilizando o traço usual de obras.

Possuímos a NBR 13281/2005 (Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos), entretanto, segundo Fiorito (2009), ainda não há normas brasileiras específicas para argamassa utilizadas em alvenarias, propriedade que será analisada na presente pesquisa.

## 3 Metodologia

A dosagem e os procedimentos não foram realizados seguindo nenhuma norma, afinal, é um produto inovador que não possui norma técnica, tendo em vista que os mesmos foram pré-determinados com a única condição que tanto os corpos de prova sem adição como os corpos de prova com adição obtivessem o mesmo tratamento para ser possível a análise da variação da resistência.

Buscando realizar um traço mais fraco, com baixo consumo de cimento, e consequentemente mais econômico, realizou-se o traço 1:6 (cimento:areia). A substituição foi realizada através da massa da argamassa, considerando os pesos específicos da argamassa e do plástico triturado. O fator água/cimento foi encontrado baseado na prática em que o mesmo é determinado através do ponto em que sua trabalhabilidade é possível.

### 3.1 Materiais constituintes

Os materiais constituintes foram definidos partindo do objetivo de analisar a possibilidade de execução da adição de garrafa PET triturada na prática, portanto, utilizou-se os materiais mais usuais na produção de argamassa. São eles: o cimento CP IV, a areia de rio, além da adição de garrafa PET triturada.



### 3.3.1 Cimento Portland Pozolânico (NBR 5736)

Para obras correntes, sob a forma de argamassa, concreto simples, armado e protendido, elementos pré-moldados e artefatos de cimento. É especialmente indicado em obras expostas à ação de água corrente e ambientes agressivos. O concreto feito com este produto se torna mais impermeável, mais durável, apresentando resistência mecânica à compressão superior à do concreto feito com Cimento Portland Comum, a idades avançadas. Apresenta características particulares que favorecem sua aplicação em casos de grande volume de concreto devido ao baixo calor de hidratação. Foi utilizada a marca de cimento Portland Votoran.

### 3.1.2 Areia de rio

Segundo Silva (1991), agregado é um conjunto de grãos naturais, processados ou manufaturados, que se apresentam numa sequência de diferentes tamanhos, os quais, interligados por um material aglomerante, formam argamassas e concretos. Chama-se agregados miúdos aqueles cujos grãos de maior tamanho atravessam, no mínimo, 85% as malhas da peneira nº 4 (4,8mm).

Dentre os agregados miúdos, enquadra-se a areia de rio, que será utilizada no seguinte experimento.

### 3.1.3 Plástico

Segundo Micherepe apud Bauer (1994), “podemos considerar como plástico os materiais artificiais formados pela combinação do carbono com oxigênio, hidrogênio, nitrogênio e outros elementos orgânicos ou inorgânicos que, embora sólidos no seu estado final, em alguma fase de sua fabricação apresentam-se sob a condição de líquidos, podendo, então, ser moldados nas formas desejadas. Existem vários processos para a obtenção da forma desejada: moldagem por compressão, por transferência, por injeção, por extrusão etc. Todos esses métodos, no entanto, baseiam-se sempre na aplicação de calor e pressão, juntos ou independentemente. Dentre as propriedades do plástico, podemos apresentar como principais vantagens dos plásticos as seguintes: pequeno peso específico; isolantes elétricos; possibilidade de coloração como parte integrante do material; baixo custo; facilidade de adaptação à produção em massa e processos industrializados; imunes à corrosão. E quanto às desvantagens, não podemos generalizá-las para todos tipos de plástico, mas são, em resumo, a fraca resistência aos esforços de tração, ao impacto, dilatação, deformação sob carga, rigidez, resistência ao calor e às intempéries.”

O plástico de garrafa PET triturado manualmente com auxílio de tesoura, conforme pode ser visualizado na figura 1.

Figura 1 – Plástico de garrafa PET triturado



### 3.2 Procedimentos experimentais

Para possibilitar a análise da viabilização da argamassa com adição de garrafas PET recicladas e trituradas foi desenvolvido um procedimento experimental, tendo em vista que o objetivo do projeto é analisar a variação na resistência da argamassa, para que sua execução seja possível.

As garrafas PET a serem utilizadas foram trituradas manualmente com utilização de tesoura, devido à indisponibilidade da obtenção de um triturador atualmente. Tendo em grande parte dimensões quadradas desuniformes com aproximadamente 1 cm x 1 cm, e partindo da ideia que a prioridade não era a uniformidade da figura geométrica, mas sim a efetuação da menor partícula possível para promover a melhor homogeneidade à argamassa, serão utilizados 60 gramas de plástico triturado de garrafa PET.

Os moldes cilíndricos a serem utilizados para a realização dos corpos de prova devem ter as dimensões de 5 cm de diâmetro por 10 cm de altura.

Deve ser utilizado um traço usual da argamassa para alvenarias, mais especificamente o traço 1:6 (cimento CP IV : areia de rio), com a quantidade suficiente para preencher 12 corpos de prova. Destes 12,6 corpos de prova serão com a utilização de argamassa, e outros 6 corpos de prova com substituição da argamassa por 10 g de plástico triturado. A quantidade da argamassa a ser substituída será especificada posteriormente através de cálculos a serem realizados.

A mistura será realizada em argamassadeira, portanto, serão utilizados 5,3 Kg de areia de rio, e 0,88 Kg de cimento CP IV, correspondentes ao traço 1:6. Inicialmente, deve ser colocada uma certa quantidade de água e cimento na batedeira e misturar, sendo que em seguida deve ser adicionada a areia aos poucos e água quando necessário, até o ponto em que seja possível a sua trabalhabilidade.

A argamassa deve ser a mesma tanto para o traço sem adição quanto para o traço com adição, sendo que, inicialmente, são pesados os moldes vazios, e, em seguida, pesados os moldes com a argamassa sem adição. Então, será diminuído o peso do molde sobre o peso final com a argamassa, encontrando a massa total da argamassa. Deve ser feito o somatório do peso da argamassa sem adição, dividir pelo número de corpos de prova correspondentes, e, então, terás a massa média da argamassa para ser possível a verificação do peso da argamassa a ser substituída, com base nos respectivos pesos específicos da argamassa e dos 10 gramas de plástico.

Para a realização da moldagem dos corpos de prova, deve ser utilizada a mesa vibratória, conforme pode-se ver na figura 4, realizando duas camadas de argamassa nos corpos de prova, sendo que após ser realizada a primeira camada o corpo de prova deve ser



## 5º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 5 a 7 de Abril de 2016

positionado sobre a mesa, para então ligar a mesma durante 10 segundos. Para a segunda camada deve ser executado o mesmo procedimento.

Primeiro, devem ser moldados os corpos de prova testemunho, sem adição de plástico. Em seguida, após ser calculada a quantidade de argamassa a ser substituída por plástico, pesa-se a quantidade aproximada de argamassa com substituição de argamassa correspondente a 6 corpos de prova mais 60 gramas pré determinados de plástico, então mistura-se manualmente até o ponto em que o plástico está bem distribuído e realiza-se a moldagem dos 6 corpos de prova da mesma forma que deve ser realizada com a argamassa sem substituição.

Após a moldagem dos 12 corpos de prova, o restante da argamassa que não for ocupado deve ser descartado.

Durante o processo de cura os corpos de prova devem ser mantidos em câmara úmida. Devem ser rompidos dois corpos de prova sem substituição da argamassa e dois corpos de prova com substituição da argamassa aos 3 dias, aos 7 dias e aos 28 dias. Tendo obtidos os resultados, será realizada uma média para posteriormente ser possível analisar e discutir os mesmos.

### 3.2 Memorial de cálculos

#### 3.2.1 Cálculo do fator água cimento

$$F_{a/c} = \text{água} / \text{cimento}$$

$$\text{Água} = 0,84 \text{ L}$$

$$\text{Cimento} = 0,88 \text{ Kg}$$

$$F_{a/c} = 0,84/0,88$$

$$F_{a/c} = 0,95$$

#### 3.2.2 Peso específico do plástico

Foram pesados 60 gramas de plástico triturado. Em seguida, foi calculado seu volume através de um molde cilíndrico, com o comprimento da circunferência de 22,5 cm. Depositados os 60 gramas de plástico neste cilindro uniformemente, obteve-se uma altura de 2 centímetros. Portanto:

$$\text{Massa total} = 60 \text{ gramas de plástico}$$

$$\text{Massa unitária} = 10 \text{ gramas de plástico}$$

$$C = 22,5 \text{ cm} \quad h = 2 \text{ cm} = 0,02 \text{ m}$$

$$C = 2\pi R \quad R = 3,58 \text{ cm} = 0,0358 \text{ m.}$$

$$\text{Volume cilindro} = \pi R^2 h / 6 \text{ (corpos de prova com 10 g de plástico cada)}$$

$$D = 5 \text{ cm} = 2R \quad R = 0,025 \text{ m} \quad h = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$$

$$\text{Volume cilindro} = 3,14 * (0,025)^2 * 0,1 / 6$$

$$\text{Volume cilindro} = 1,3414 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$\text{Peso específico do plástico em cada cilindro} = 0,01 \text{ Kg} / 1,3414 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$\text{Peso específico do plástico em cada cilindro} = 7,608 \text{ Kg/m}^3$$

#### 3.2.3 Peso específico da argamassa

Obtido o volume do cilindro, basta obter a massa média total da argamassa.



## 5º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 5 a 7 de Abril de 2016

Tabela 1 – Cálculo da massa da argamassa

Mold e	Peso (gramas)	inicial	Peso (gramas)	final	Massa da argamassa (gramas)
A	881,7		1284,5		402,8
B	819,9		1222		402,1
C	880		1277,5		397,5
D	801,2		1204,3		403,1
E	884,8		1286,3		401,5
F	879,7		1279,3		399,6
Massa média total da argamassa =					401,1

Fonte: Elaboração do autor, 2015.

Peso específico da argamassa = massa/volume

Peso específico da argamassa =  $0,401\text{Kg}/1,3414 \times 10^{-3} \text{m}^3$

Peso específico da argamassa =  $298,94 \text{ Kg/m}^3$

### 3.2.4 Cálculo do peso da argamassa à ser substituído

Peso específico de 10 gramas do plástico em cada cilindro =  $7,608 \text{ Kg/m}^3$

Peso específico da argamassa em cada cilindro =  $298,94 \text{ Kg/m}^3$

Sendo assim, considerando os pesos específicos do plástico e da argamassa, e a massa média total da argamassa, é possível descobrirmos a massa da argamassa a ser substituída nos corpos de prova para serem adicionados os 10 gramas de plástico triturado em cada corpo de prova a partir de uma regra de 3.

Peso específico da argamassa -> Massa média total da argamassa

Peso específico do plástico -> Peso da argamassa a ser substituído em cada molde

Peso da argamassa à ser substituído por 10 gramas de plástico em cada molde= 10,20 g.

## 4 Resultados

Os quadros 1 e 2 mostram os resultados de resistência à compressão em argamassa para os traços estudados, e os gráficos 1 e 2, a relação existente entre as resistências a compressão no decorrer do tempo, com argamassas sem plástico e com, respectivamente.

Quadro 1 – Resistências médias à compressão da argamassa

Tempo (Dias)	Sem adição de plástico		Com adição de plástico	
	Amostra 1 (MPa)	Amostra 2 (MPa)	Amostra 3 (MPa)	Amostra 4 (MPa)
3	1,38	1,42	0,83	0,77
Média (MPa)	1,4		0,8	

Fonte: Elaboração do autor, 2015.

Quadro 2 – Resistências médias à compressão da argamassa

Tempo (Dias)	Sem adição de plástico		Com adição de plástico	
	Amostra 1 (MPa)	Amostra 2 (MPa)	Amostra 3 (MPa)	Amostra 4 (MPa)
7	2,23	2,38	2,04	2,12
Média (MPa)	2,30		2,08	

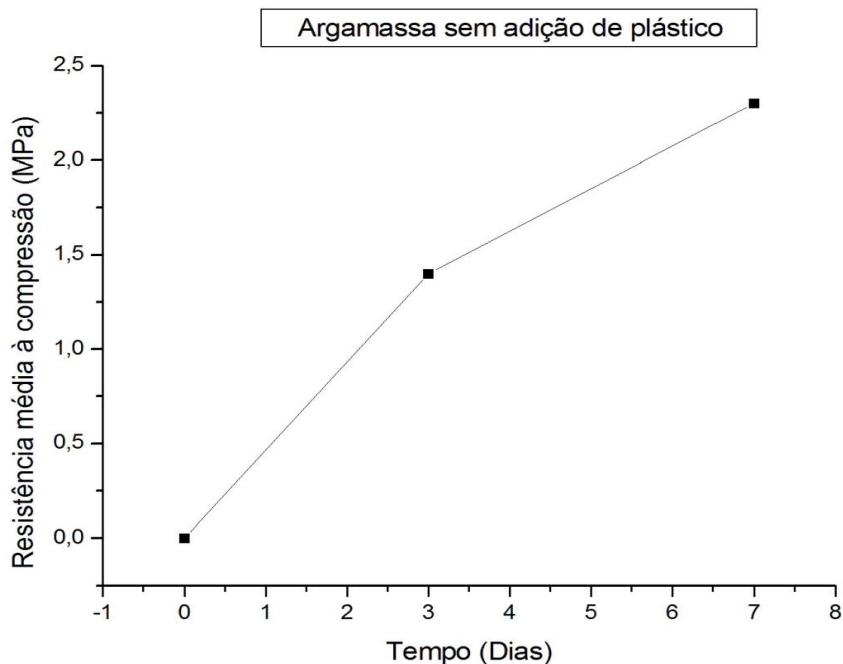
Fonte: Elaboração do autor, 2015.



## 5º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

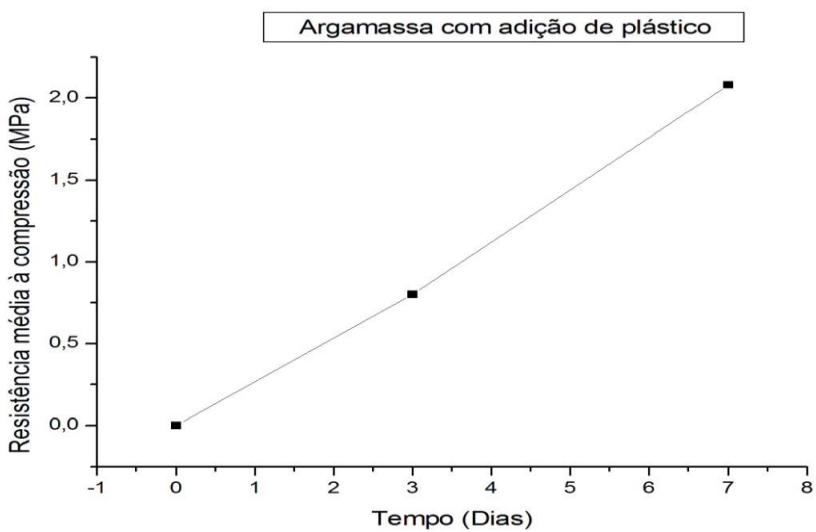
Bento Gonçalves – RS, Brasil, 5 a 7 de Abril de 2016

Gráfico 1 – Resistência à compressão da argamassa em função do tempo



Fonte: Elaboração do autor, 2015.

Gráfico 1 – Resistência à compressão da argamassa em função do tempo



Fonte: Elaboração do autor, 2015.

Não foi possível obter os resultados aos 28 dias devido à indisponibilidade de tempo para o término da cura. Segundo Isaia, G. C. (2010), uma diminuição de quase 90% na resistência à compressão da argamassa leva a uma redução inferior a 20% na resistência final da parede quando se considera o emprego de um único tipo de unidade de alvenaria. Além disso, é importante destacar-se que as argamassas de alta resistência, as quais geralmente



possuem um teor elevado de cimento, além de caras, possuem baixa capacidade de absorver deformação, outro requisito fundamental da junta de assentamento. A capacidade de deformação está associada ao módulo de elasticidade da argamassa. A argamassa de assentamento deve poder se deformar sem apresentar fissuras prejudiciais, ou seja, ela deve, quando sujeita a solicitações diversas, apenas apresentar microfissuras.

## 5 Conclusão

Com os valores obtidos aos 3 dias foi possível observar que houve uma queda de resistência à compressão da argamassa com relação à argamassa com adição de plástico triturado, relativa à 42,86%, e aos 7 dias, relativa a 9,57 %. Portanto, baseado no estudo especificado anteriormente, é viável a possibilidade de ser realizada a argamassa com adição de garrafa PET triturada.

Além de sua viabilidade, também foi possível verificar que a argamassa com adição de plástico triturado somente poderá ser utilizada em argamassa de assentamento que possua revestimento sem adição de plástico, devido ao fato da baixa aderência do plástico à argamassa em superfícies, constatada nos corpos de prova, tendo em vista que o plástico existente na superfície, após passada a mão sobre o mesmo, desfragmentava-se da argamassa, tornando-a imprópria para revestimentos. Mas, como as partículas de plástico são pequenas, não haverá problemas com relação à sua aderência interna na argamassa. Consequentemente, se utilizado em argamassa de assentamento, e a alvenaria for revestida por argamassa sem adição de plástico, não haverá problemas. Convém aprofundar os conhecimentos com relação ao custo da mecanização de um triturador de plástico, mão de obra necessária para a execução do mesmo, e a higienização do plástico utilizado. Entretanto, com a comprovação de que é possível a sua execução, já temos o passo inicial destinado ao prosseguimento do estudo para a inserção desta inovação no mercado.

## 5 Rereféncias

**BAUER, L. A. F. Materiais de construção.** 5<sup>a</sup> ed, 2v, Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1994. p. 686 – 703.

**FIORITO, A. J. S. I. Manual de argamassas e revestimentos : estudos e procedimentos de execução.** 2<sup>a</sup> ed, São Paulo : Pini, 2009. p. 29 – 40.

**ISAIA, G. C. Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais.** 2<sup>a</sup> ed, 2v, São Paulo: IBRACON, 2010. p. 893 – 944.

**NBR 13281/2005** - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos

**NBR 5736/1991** - Cimento Portland Pozolânico

**SILVA, M. R. Materiais de construção.** 2<sup>a</sup> ed, São Paulo: Pini, 1991. P.51-55.