



III-065 - A UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE PET POLI (TEREFTALATO DE ETILENO) COMO AGREGADO EM ARGAMASSA

Paulo Paiva O. L. Dyer⁽¹⁾

Estudante, no quinto ano de graduação do curso de Engenharia Ambiental da Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita, campus Sorocaba.

Sandro Donnini Mancini

Engenheiro de Materiais pela Universidade Federal de São Carlos – UFSCar. Mestre em Engenharia de Materiais pela UFSCar e Doutor em Ciência e Engenharia de Materiais pela UFSCar. Professor da UNESP-Sorocaba.

Endereço⁽¹⁾: Rua/Av. Norival Russiano Vieira, 27 e Condomínio Morada da Serra - Urbanova – São José dos Campos – SP - CEP: 12244-200 - Brasil - Tel: +55 (12) 3949-2054 - e-mail: paulo_dyer@yahoo.com.

RESUMO

Corpos de prova contendo cimento, PET e água na proporção volumétrica de 1:2:1 foram confeccionados assim como corpos de prova contendo cimento, areia e água na mesma proporção. Após cura, foram submetidos a ensaios de compressão e observou-se que as argamassas de PET agüentam maiores cargas que os tradicionais feitos de cimento e areia na mesma proporção: médias de 1.200 N e 685 N, respectivamente. Os corpos de prova feitos com cimento + PET apresentaram ainda desvios-padrão inferiores e deslocamentos na carga máxima superiores aos apresentados pelos corpos de prova de cimento + areia. Outros estudos devem ser feitos para verificar se essa substituição é realmente viável, porém, se analisados somente os resultados obtidos, tem-se que se trata de uma técnica simples e que acrescenta melhoras no produto final ao substituir a areia, um recurso natural esgotável, por resíduos de PET, contribuindo para a diminuição do número de garrafas a serem destinadas corretamente a aterros sanitários ou erroneamente a lixões e corpos d'água.

PALAVRAS-CHAVE: PET, argamassa, agregado em argamassa, Poli (tereftalato de etileno).

INTRODUÇÃO

Um dos principais males do progresso é a geração de resíduos pelo homem. Tais compostos são os rejeitos da qualidade de vida que a humanidade sempre buscou e por não pertencerem á nenhum ciclo, acabam por trazer desequilíbrios físicos, químicos ou biológicos ao meio ambiente. Dentre todos os tipos de resíduos gerados, os que causam o impacto mais gritante são os de difícil degradação. Este tipo de resíduo impacta a natureza de forma física e acaba trazendo prejuízos, principalmente, à própria sociedade.

Quando se fala em resíduos sólidos de difícil degradação, a primeira imagem que pode vir na cabeça das pessoas é o PET (poli tereftalato de etileno). De fato, este polímero já faz parte da vida das pessoas, pois é amplamente utilizado devido à sua versatilidade e baixo custo de produção. Porém, sua degradação na natureza é muito lenta o que garante sua existência no meio ambiente por várias gerações. No Brasil o PET foi introduzido em 1988, trazendo indiscutíveis vantagens ao consumidor, mas, em contrapartida veio o desafio de uma destinação correta para todo este resíduo. Segundo dados da Associação Brasileira da Indústria do PET, no ano de 2006 um total de 51,3% do polímero consumido foi reciclado no Brasil [1]. As principais aplicações do PET reciclado são: fibras têxteis, tapetes, carpetes, não-tecidos, embalagens, filmes, fitas, cordas, compostos, frascos, etc [2-3]. Porém, o polímero reciclado é proibido o seu mercado original, o de garrafas de bebidas, pois legislação impede o contato direto do plástico reciclado com produtos alimentícios, a não ser que processos comprovadamente eficazes garantam a completa limpeza do material [4].

Apesar do índice de 51,3% fazer com que seja um dos materiais mais reciclados no país e do Brasil um dos países que mais recicla PET no mundo, “sobraram” ainda cerca de 184 mil toneladas do polímero no ano sem reciclar [1]. Considerando todo esse material como frascos de refrigerante de 2 litros, com 50 g cada, foram quase 3,7 bilhões de garrafas anuais sem reciclar. Certamente, essas garrafas foram para os rios, ruas, aterros e lixões espalhados por todo o país.



Reutilizar é uma medida que já vem sendo tomada no Brasil para dar ao PET um destino que não seja o lixo. É comum neste país observar a criatividade de artesãos ao dar uma nova finalidade para este material. São atividades muito importantes do ponto de vista cultural e de conscientização ambiental e que só não são mais difundidas, porque não despertam muitos interesses econômicos.

O reaproveitamento de resíduos (que engloba a reciclagem e a reutilização) é uma forma de aproveitar todo o potencial de materiais descartados, tornando-se aos poucos uma alternativa tão importante economicamente quanto é em termos ambientais. O mercado da construção civil, pelo alto consumo de matéria-prima, tem sido visto como uma possibilidade para o encapsulamento definitivo de alguns resíduos, como cinzas de incineradores, termelétricas, PET etc [5]. O objetivo deste trabalho é apresentar resultados sobre a adição de PET proveniente de garrafas moídas na fabricação de argamassas, mostrando que, além do encapsulamento de resíduos, pode haver ganhos estruturais para o produto final, apontando para uma possibilidade de diminuição da extração de recursos naturais utilizados como agregados, como areia e brita.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizados para este trabalho cimento portland marca Votoran e areia com uma constituição granulométrica média de 1,4mm comerciais. PET moído foi adquirido de recicladores com diâmetro de 0,001 a 0,1 milímetros (chamado de pó de PET) e de 0,5 a 1,5 milímetros (chamados flocos). A tabela 1, apresenta as relações de partes, de volumes iguais (cm^3/cm^3), entre os materiais agregado (PET ou areia), cimento e água nos respectivos corpos de provas.

Tabela 1: Composição dos corpos de prova

Corpo de Prova	Cimento	Água	PET	Areia	Total de partes de volumes iguais (sólidos)
Cimento + Areia	uma parte	uma parte	zero partes	duas partes	três partes
Cimento + PET	uma parte	uma parte	duas partes	zero partes	três partes

Com cada uma das formulações, foram confeccionados quatro corpos de prova com auxílio de fôrmas cilíndricas de dimensões de 2,5cm de diâmetro por 5cm de altura (para a moldagem), recipiente para amassamento manual da argamassa, soquete e espátula.

Os corpos de prova foram moldados segundo as dimensões de 2,5cm de diâmetro por 5cm de altura, seguindo a proporção 1:2 recomendada pela NBR 5738. Após moldagem nas formas, os corpos de prova foram deixados em repouso para que ocorresse o tempo de cura, também determinado pela norma, de 5 dias [6]. A preparação do compósito obedeceu às porcentagens de areia, PET, cimento e água ilustrados na Tabela 1, havendo inicialmente uma mistura a seco (cimento + areia ou cimento + PET) e em seguida foi adicionada uma parte de água contendo um impermeabilizante comum da marca Sica (proporção de 10 partes de água para 1 de impermeabilizante em volume) para cada parte de cimento (em volume) nos dois tipos de mistura. Esta argamassa foi misturada até ficar homogênea (tomando-se cuidado para eliminar vazios e bolhas de ar) e posteriormente o material foi depositado e compactado nas formas.

Decorrido o tempo de cura, foram realizados os ensaios de compressão e para tanto foram utilizados duas prensas hidráulicas de diferentes capacidades de carga: MOHR & FEDEHAFF (0 a 20.000Kgf) e 4301 INSTRON (0 a 500Kgf). Entre outros resultados obtidos, destacam-se os de deslocamento (deformação) e carga máxima suportada.

Todos os procedimentos descritos nesta seção foram realizados sob condições ambientes de pressão, temperatura e umidade relativa do ar.



RESULTADOS E DISCUSSÕES

No ensaio de compressão, foram submetidas à forças axiais, por meio da prensa hidráulica os 4 corpos de prova (CPs) de cada mistura (Cimento + Areia e Cimento + PET) para efeito de comparação. A Figura 1 apresenta os resultados, na forma de gráficos carga x deslocamento, dos ensaios realizados de em cada um dos corpos de prova constituídos de cimento e areia (chamados de 1, 2, 3 e 4).

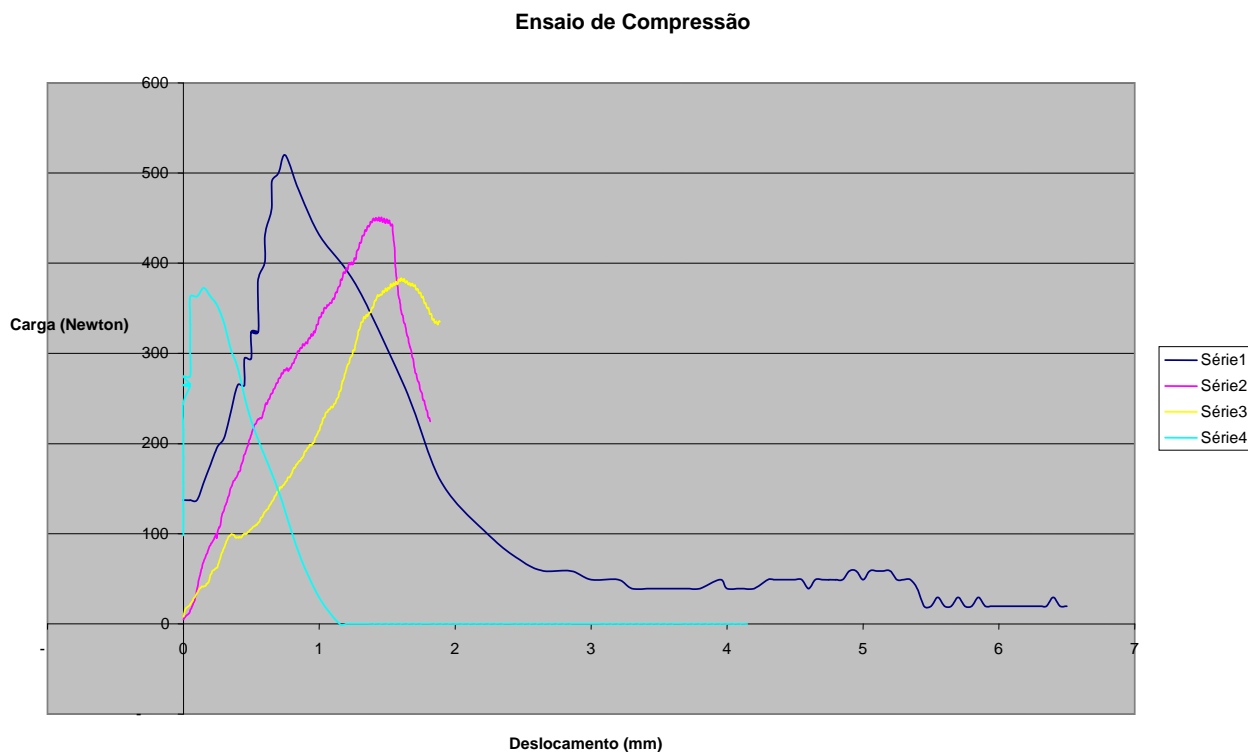


Figura 1: Resultados do ensaio de compressão para os corpos de prova constituídos de cimento e areia.

A Figura 2 apresenta uma fotografia de um corpo de prova constituído de areia e cimento durante ensaio de compressão.



Figura 2: Fotografia durante ensaio mecânico de um corpo de prova constituído de areia e cimento.

A Figura 3 apresenta os resultados, na forma de gráficos carga x deslocamento, dos ensaios realizados de em cada um dos corpos de prova constituídos de cimento e PET (chamados de 1, 2, 3 e 4).

Ensaio de compressão

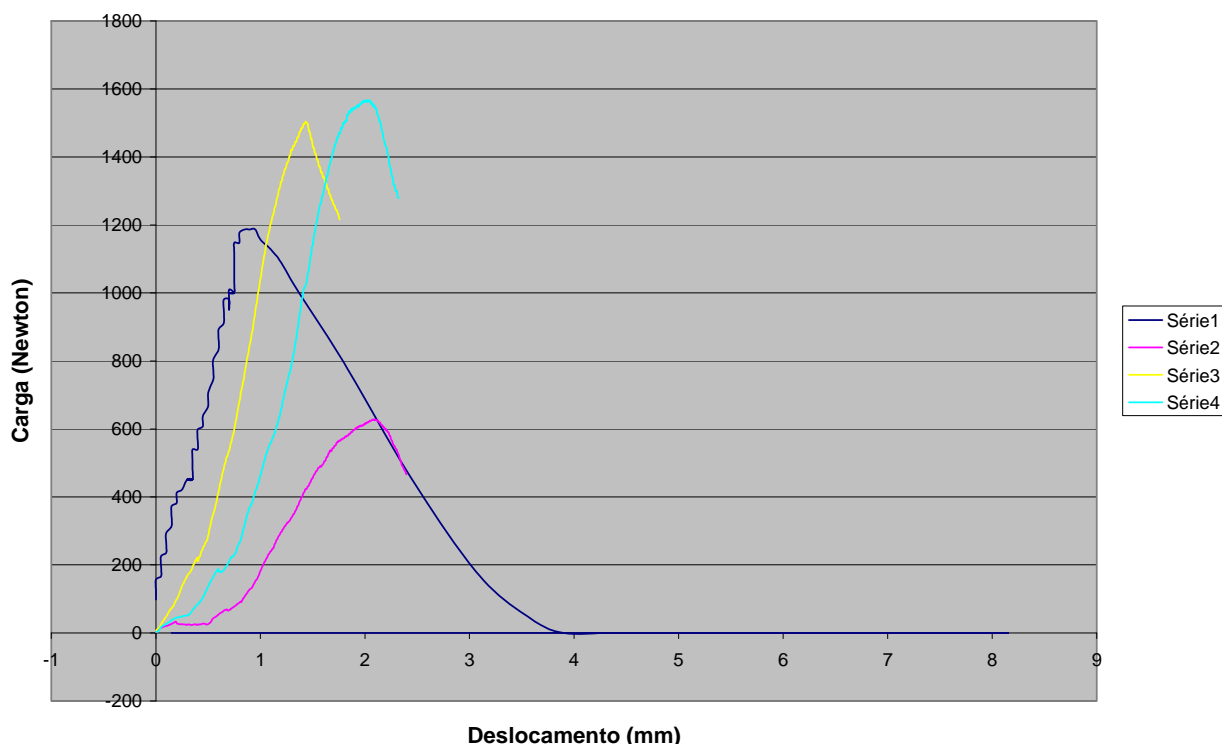


Figura 3: Resultados do ensaio de compressão para os corpos de prova constituídos de cimento e PET.

A Figura 4 apresenta uma fotografia de um corpo de prova constituído de areia e PET após o ensaio de compressão.



Figura 4: Fotografia após o ensaio mecânico de um corpo de prova constituído de areia e PET.

A Tabela 3 apresenta uma comparação entre a carga máxima obtida para os dois grupos de quatro corpos de prova, com as respectivas médias. Assim, é possível verificar que os corpos de prova contendo cimento e PET na composição agüentam maiores cargas que os tradicionais feitos de cimento e areia na mesma proporção. A média atingida pelos corpos de prova feitos com garrafas moídas atingiu mais de 1.200 N, bem superior aos 685 N alcançados pelos CPs de cimento e areia. Além disso, observa-se também que os desvios padrão são menores para o conjunto de amostras com material recuperado, tanto em termos absolutos (433N contra aproximadamente 472), quanto em termos relativos, ao comparar com a média de cada conjunto. Nota-se ainda que as cargas máximas suportadas pelas argamassas de PET foram sempre maiores, chegando ao máximo de aproximadamente 1570 N contra 1390 kgf para a argamassa tradicional. Ao excluir o resultado do primeiro corpo de prova, de 628 N, do cálculo da média da argamassa com PET (por ter fornecido valor bem mais baixo que os outros três corpos de prova), esta torna-se aproximadamente 1392 N com desvio padrão de 250N.



Tabela 3: Cargas máximas suportadas pelos corpos de prova ensaiados, com suas respectivas médias e desvios-padrão.

Cimento + Areia		Cimento + PET	
Corpo de prova	Carga Máxima (Newton)	Corpo de prova	Carga Máxima (Newton)
1	519,7524	1	628,4101
2	451,0078	2	1503,9478
3	383,3419	3	1567,7891
4	1388,6216	4	1105,0133
Média	685,6809	Média	1201,29
Desvio-Padrão	471,9245	Desvio-Padrão	433,35

Outras informações foram obtidas e outras análises foram feitas, principalmente a partir dos gráficos das figuras 1 e 2 (eixo x, relativo ao deslocamento), e os resultados foram semelhantes, realçando a qualidade da argamassa que possui PET moído no lugar de areia. Pelas figuras observa-se que os deslocamentos na carga máxima foram superiores para a argamassa com PET em relação à argamassa tradicional, alcançando valores máximos de 2,2 mm contra 1,8mm respectivamente. Os valores mínimos de deslocamento na carga máxima obtidos foram de 0,9mm para a argamassa com PET e 0,3mm para a argamassa tradicional. Assim, pela avaliação dos gráficos como um todo, tem-se que os corpos de prova feitos com cimento + PET apresentaram um comportamento mecânico superior do que os corpos de prova feitos com cimento e areia.

Obviamente, vários outros ensaios devem ser realizados para a comprovação e refino dos resultados obtidos, anteriormente ao uso piloto inicialmente em uma aplicação não estrutural.

CONCLUSÕES

Corpos de prova contendo cimento e PET na composição agüentam maiores cargas que os tradicionais feitos de cimento e areia na mesma proporção, atingindo médias de 1.200 N e 685 N, respectivamente. Os corpos de prova feitos com cimento + PET apresentaram ainda desvios-padrão inferiores e deslocamentos na carga máxima superiores aos apresentados pelos corpos de prova de cimento + areia.

Em vista dos resultados obtidos durante os ensaios de compressão, a argamassa utilizando o PET como agregado, apresentou uma resistência em média maior ou pontualmente equivalente à argamassa convencional que utiliza a areia como agregado. Outros estudos devem ser feitos para verificar se essa substituição é realmente viável. Se analisado somente com os resultados apresentados, tem-se que se trata de uma técnica simples e que acrescenta melhoras no produto final ao substituir a areia, um recurso natural esgotável, por resíduos de PET, contribuindo para a diminuição do número de garrafas a serem destinadas corretamente a aterros sanitários ou erroneamente a lixões e corpos d'água. Ou seja, os resultados mostram que a substituição da areia pelo PET na construção civil não só é possível como pode melhorar a resistência da argamassa, o que eventualmente pode despertar interesses econômico com claros benefícios ambientais e também sociais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABIPET- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE EMBALAGENS PET. Disponível em: <www.abipet.org.br> Acesso em: abr. 2009.
2. PIVA, A. M. e WIEBECK, H. Reciclagem do Plástico. Art Líber. São Paulo, Brasil, 2004.
3. CEMPRE – COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA A RECICLAGEM. Disponível em: <www.cempre.org.br> acessos em 2008.
4. ANVISA – AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Disponível em: <www.anvisa.gov.br> Acesso em jul/2008.
5. CANELLAS, SUSAN SALES. Reciclagem de PET, visando a substituição de agregado miúdo em argamassa. Rio de Janeiro, 2005. Dissertação de Mestrado. Departamento de Ciência dos Materiais e Metalurgia - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.
6. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos ou prismáticos de concreto. NBR 5738. Rio de Janeiro, 1994.