

DESENVOLVIMENTO DE COMPÓSITOS DE MATRIZ CIMENTÍCIA UTILIZANDO RESÍDUOS DE PET E PÓ DE PEDRA NA PRODUÇÃO DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

V. S. Pereira¹, C. R. S. Moraes¹, J.L. Aquino¹, P. A. Rodrigues¹,

¹ Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais - CCT - Universidade Federal
de Campina Grande – UFCG, CEP 58109-900, Campina Grande - PB

E-mail: vilanysantana@hotmail.com

crislene@dema.ufcg.edu.br

RESUMO

O uso de garrafas de Politereftalato de Etileno (PET) e de pó de pedra como agregados em concreto contribui para minimizar o impacto ambiental que estes resíduos descartados acarretariam ao meio ambiente e vem se consolidando como uma prática importante para a sustentabilidade no setor da construção civil. O objetivo deste trabalho foi a obtenção de compósitos cimentícios de traço 1:1,2:0,8 (cimento:pó de pedra:brita) substituindo-se parcialmente o pó de pedra por teores de PET de 3, 6, 9, 12 e 15%. Os materiais foram caracterizados através de ensaios físicos-mecânicos (análise granulométrica, resistência a compressão simples), entre outros. A análise granulométrica possibilitou o cálculo do módulo de finura, que foi de 2,59; 1,66, e 3,99 para o pó de pedra, brita e PET, respectivamente. Observou-se a diminuição da resistência com o aumento do teor de PET no compósito.

Palavras-chave: Resíduo de PET, reaproveitamento, caracterização,

INTRODUÇÃO

O volume de resíduos domésticos produzidos em todo o mundo aumentou três vezes mais do que a sua população nos últimos 30 anos. O crescimento do uso de embalagens descartáveis, a cultura do consumo e o desperdício são responsáveis pelo descarte de 30 bilhões de toneladas de resíduos sólidos no planeta todos os anos.

A produção média de resíduos sólidos urbanos no Brasil está na ordem de 0.7kg/hab.dia, cidades como Rio de Janeiro e São Paulo chegam a gerar 1

kg/hab.dia, desta forma, são descartados diariamente 140.000 toneladas, nem sempre em locais adequados. Deste total, 76% acabam em lixões (área de depósito de resíduos urbanos sem tratamento), acarretando a contaminação do solo, dos mananciais, além de aumentar significativamente a ocorrência de zoonoses⁽¹⁾.

Novas alternativas para reutilização de embalagens pós-consumo necessitam ser propostas, de modo a evitar o descarte em aterros sanitários e no meio ambiente, onde, por não serem de rápida decomposição (ocorre em aproximadamente 400 anos), acarretam problemas de ordem operacional nos aterros sanitários, dificultando a compactação da parte orgânica, além da significativa perda econômica e social, uma vez que a indústria da reciclagem gera empregos e usa mão-de-obra de baixa qualificação. O conhecimento das características tecnológicas dos resíduos aumenta a possibilidade de utilização dos produtos confeccionados com estes materiais, além da redução da geração de resíduos mais danosos que os originais, uma vez que todo processamento gera resíduo.

O desenvolvimento de tecnologias que utilizem energias limpas e a gestão integrada dos resíduos domiciliares e industriais visando uma “reengenharia” nos conceitos sócio-empresariais é uma necessidade urgente. A sociedade, principalmente nos países desenvolvidos, prioriza produtos de empresas que possuam atividades socialmente corretas. A indústria da construção civil, como uma das maiores geradoras de resíduos, podendo chegar a 3000 kg/hab.ano, não pode se eximir desta atitude. Uma vez que consome grandes quantidades de recursos naturais, um grande número de estudos para substituição de bens naturais não renováveis está sendo realizado nesse setor, aliando materiais convencionais com resíduos industriais e urbanos. Um dos materiais que vem sendo utilizado nestas pesquisas são as embalagens pós-consumo de PET (polietileno tereftalato), resíduos que estão atingindo percentuais cada vez maiores na composição do lixo urbano, com presença crescente no meio ambiente⁽²⁾. Esse trabalho visa apontar uma nova perspectiva de utilização desse material, propondo a substituição parcial da areia natural, por material granulado oriundo de garrafas de PET, objetivando a produção de concretos para uso na construção civil.

MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais:

Para a realização da presente pesquisa foram utilizados os materiais relacionados abaixo: *Brita granítica (tipo 0)*, *Pó-de-Pedra*, *Cimento*, *resíduo de PET*.

Método

Espectrometria vibracional na região do infravermelho (FTIR) do PET.

O ensaio foi realizado utilizando um espectrômetro Spectrum 400 Perkin Elmer FT-IR/FT-NIR Spectrometer com varredura de 4000 a 650 cm^{-1} .

Termogravimetria e Análise térmica diferencial (TG/DTA)

As curvas TG/DTA foram obtidas em uma termobalança, modelo SHIMADZU DTG-60H, em atmosfera de nitrogênio com cadinho de alumina, fluxo de 50 $\text{mL} \cdot \text{min}^{-1}$ e razão de aquecimento de 10 $^{\circ}\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$, em atmosfera de nitrogênio, numa faixa de temperatura que variou da ambiente até 400 $^{\circ}\text{C}$. A análise foi realizada no Laboratório de Análise Térmica da Unidade Acadêmico de Engenharia de Materiais – UAEMa, do CCT/UFCG.

Análise granulométrica dos agregados

O ensaio foi realizado conforme as recomendações da Norma Técnica Brasileira – NBR-NM 248⁽³⁾.

Obtenção do compósito cimentício

Formulação do traço, Moldagem e cura dos corpos-de-prova

O traço do concreto utilizado apresenta a seguinte composição (Tabela 1):

Tabela 1 – Traços dos concretos que serão utilizados na pesquisa

cimento	pó de pedra	brita	PET	água/cimento
1	1,08	0,92	0,00	0,50
1	1,05	0,92	0,03	0,50
1	1,02	0,92	0,06	0,50
1	0,99	0,92	0,09	0,50
1	0,96	0,92	0,12	0,50
1	0,93	0,92	0,15	0,50

Após a determinação do traço, foi possível realizar a moldagem dos corpos-de-prova, com 3 corpos-de-prova para cada teor de resíduo de PET, em seguida foram submetidos a cura com imersão em água, por 7 dias, conforme Norma NBR 5738 (2003)⁽⁴⁾.

Caracterização mecânica do compósito

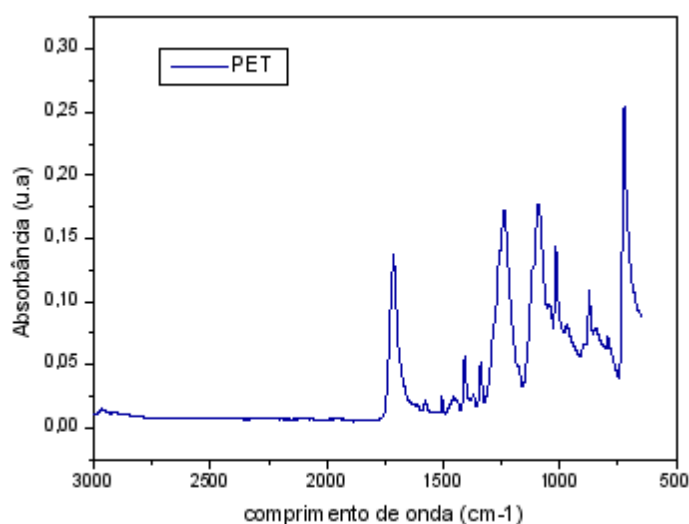
Ensaio de compressão

Realizou-se o ensaio na máquina de ensaios – estática – servo-elétrica, modelo Autograph AG-IS 100 kN da SHIMADZU.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Espectrometria vibracional na região do infravermelho do resíduo de garrafas PET

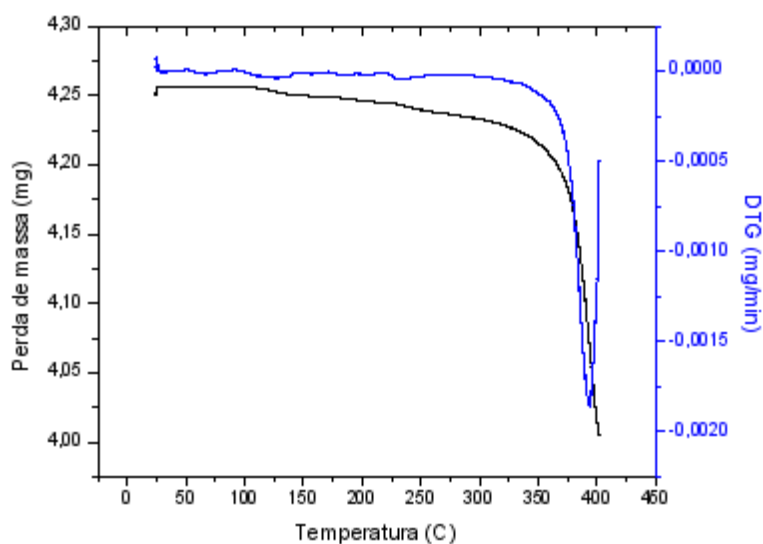
O espectro de infravermelho dos flakes de PET está apresentado na Figura 1

**Figura 1** - Espectro no infravermelho do resíduo de PET

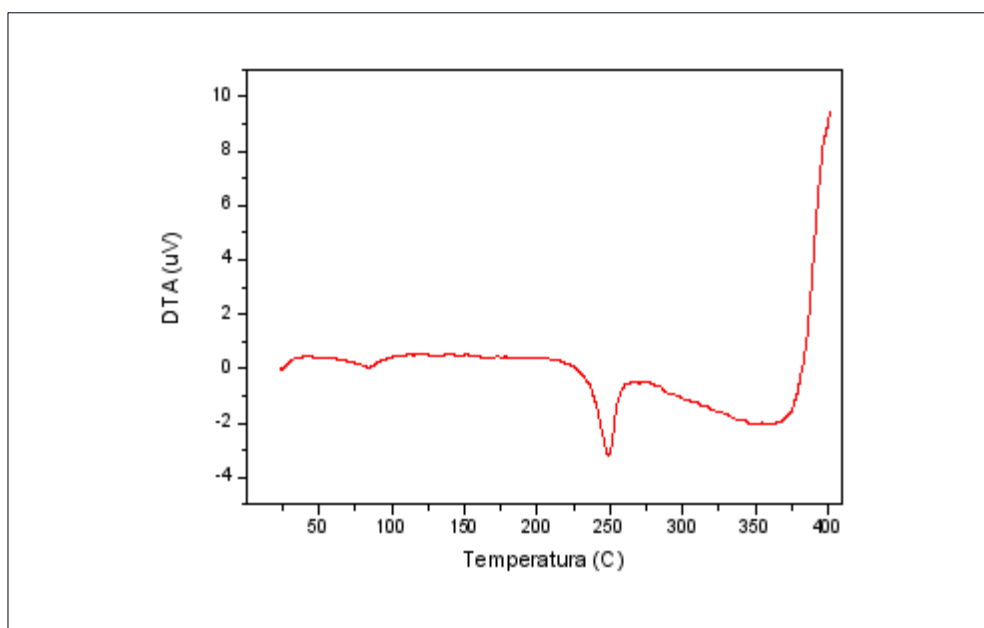
O espectro apresentou em aproximadamente 3000 cm^{-1} uma banda de estiramento do C-H de compostos aromáticos, característico de poliésteres; em 1715 cm^{-1} estiramento da carbonila C=O, indicando a degradação hidrolítica sofrida pelo resíduo⁽⁵⁾; em 1238 cm^{-1} estiramento C(O)-O de grupos éster; em 1095 e em 1021 cm^{-1} indicativa à substituição 1,4 em anel aromático e aproximadamente 723 cm^{-1} deformação referente aos dois carbonos substituídos no anel aromático^(6,7).

Termogravimetria e Análise térmica diferencial

As curvas de TG/DTA para o resíduo de PET encontram-se abaixo:



(a) Termogravimetria (TG/DTG)



(b) Análise térmica diferencial (DTA)

Figura 2 – Curvas: (a) TG/DTG e (b) DTA do resíduo de PET, a razão de aquecimento de 10°C.min⁻¹, em atmosfera de nitrogênio.

Na Tabela 2 apresenta as etapas de decomposição, faixas de temperatura, temperatura de pico e perda de massa para o resíduo estudado.

Tabela 2 - Dados da decomposição térmica do resíduo de PET

Amostra	Etapas de Decomposição	Faixas de Temperatura (°C)	Temperatura de Pico (°C)	Perda de Massa %	Perda de Massa mg
Resíduo de PET	1	43-80	66	0,17	0,04
	2	99-144	124	0,23	0,055
	3	225-380	386	5,86	0,25

Observou-se que houveram perdas de massa de pouca intensidade com início em 43°C e término em 80°C provavelmente, decorrente da água livre presente no resíduo absorvido pela umidade do ambiente. A segunda etapa de decomposição é devido as impurezas presentes no resíduo. A etapa de decomposição mais significativa ocorreu na faixa de temperatura de 225-380°C com perda de massa de 0,25 mg evidenciando a decomposição térmica do PET por cisão de cadeia.

A curva DTA apresentou um pico endotérmico de pequena intensidade, por volta de 78°C indicando a T_g do polímero. Em 250°C tem-se a presença de um segundo pico endotérmico referente a T_m do matéria. Na faixa de temperatura de 225-380°C tem-se a presença de um pico exotérmico devido a decomposição do material, corroborando com os resultados da TG.

Análise granulométrica dos agregados

A caracterização física dos agregados, realizada a partir da análise da distribuição dos tamanhos das partículas, é apresentada na Figura 3.

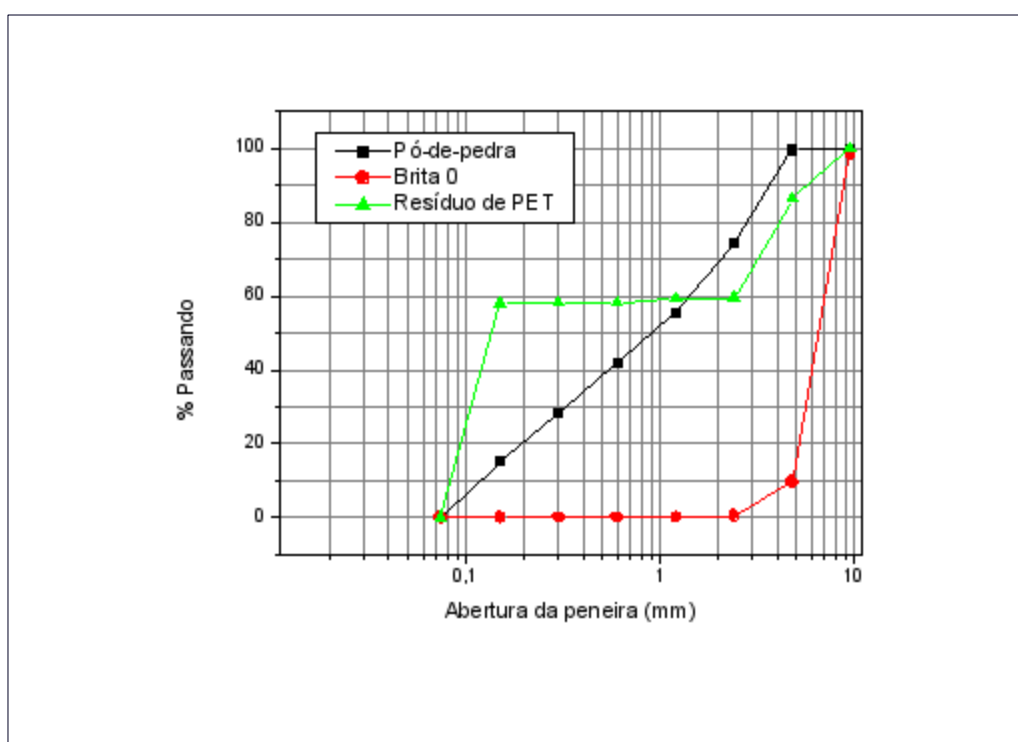


Figura 3 – Análise granulométrica dos agregados

Aproximadamente 60% das partículas presentes no resíduo do PET possuem granulometria entre 0,15 e 2,4 mm. A brita apresentou diâmetro máximo das partículas de 9,5 mm. Em relação ao pó-de-pedra a medida que se aumentou a abertura da peneira houve um acréscimo por volta de 15% da porcentagem de material passante.

Analisando-se o material retido nas peneiras, calcula-se o valor do módulo de finura, tem por finalidade, avaliar o percentual de grãos menores

que 1 mm que influenciam na fluência do concreto produzido⁽²⁾. O módulo de finura (somatório do material retido, em peso, nas peneiras com malha menores que 1 mm, da série normal, dividida por 100) encontrado para os agregados foram de 2,59, 3,99 e 1,66, para o Pó de Pedra, a Brita 0 e o PET, respectivamente.

Ensaio de Compressão

O gráfico abaixo apresenta os valores médios de tensão máxima de compressão dos corpos-de-prova em função do aumento do teor de PET.

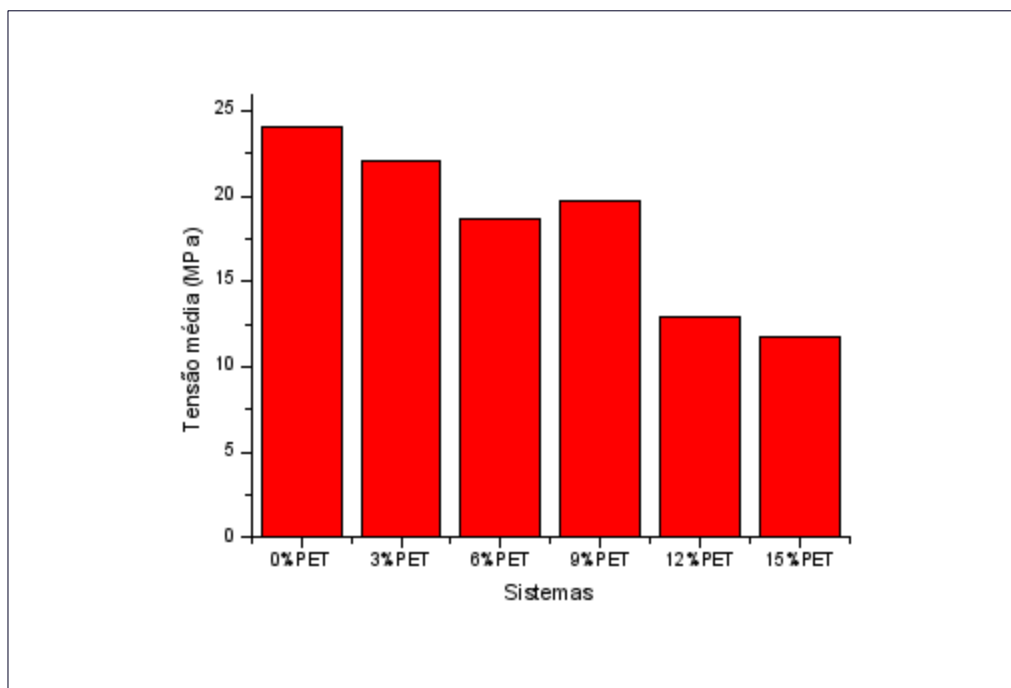


Figura 5 – Resistência a Compressão dos compósitos desenvolvidos

De acordo com os valores obtidos no ensaio percebe-se uma diminuição na resistência a compressão à medida que se aumenta o teor de PET. O valor obtido para o teor de 9% é devido, provavelmente, a melhor disposição dos flakes de PET ao longo dos corpos-de-prova, de maneira a absorver mais energia e consequentemente, necessitando de uma maior força para a propagação da trinca.

Trabalhos realizados apontam para uma redução nos valores obtidos para a resistência à compressão devido à má compactação do material. No entanto, como as fibras atuam como ponte de transferência de tensões pelas

fissuras, sejam elas produzidas por esforços de tração ou cisalhamento como ocorre no ensaio de compressão, o concreto também apresentará um ganho quanto à tenacidade, isto é, haverá um maior consumo energético após a fissuração do material⁽⁸⁾. A resistência à compressão foi ligeiramente reduzida (não menos que 2%) quando flakes de PET foram adicionados em substituição à areia natural⁽⁹⁾. Esta tendência pode ser atribuída à diminuição da força adesiva entre a superfície dos resíduos plásticos e da massa de cimento⁽⁸⁾.

CONCLUSÕES

O presente trabalho permitiu as seguintes conclusões:

- A espectroscopia na região do infravermelho do PET apresentou estiramentos de compostos característicos de poliésteres; bem como a presença de compostos indicativos da degradação sofrida pelo resíduo;
- Por meio da DTA do resíduo de PET foi possível observar as temperaturas Tg, Tm, e Td do polímero;
- De acordo com os resultados da análise granulométrica os materiais utilizados na pesquisa apresentam diâmetros de 4,8 mm para os agregados miúdos e 9,5 mm para o agregado graúdos .
- O ensaio de resistência mostrou que a medida de que cresce o teor de resíduo de PET no concreto a resistência a compressão dos compósitos diminui.

REFERÊNCIAS

- [1] CEMPRES – COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA A RECICLAGEM. Disponível em: <www.cempre.org.br> acessos em Fevereiro de 2011.
- [2] CANELLAS, S. S. **Reciclagem de PET, visando a substituição de agregado miúdo em argamassas**. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Materiais e Metalurgia), 2005. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.
- [3] **NBR NM 248**: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.
- [4] ABNT. **NBR 5738**: Concreto, procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, 2003.

- [5] CURTI, P. S. **Estudos da reação de despolimerização do poli(tereftalato de etileno), pet, pós-consumo em meio alcalino anidro: parâmetros cinéticos e termodinâmicos**. Dissertação(Mestrado em química), 2007. Universidade Federal de São Carlos, São Paulo.
- [6] ZECK, S. E. C. **Utilização de espumas uretânicas no tratamento de Óleo mineral isolante contaminado com PCB**. Dissertação (Mestrado em Química), 2004.Universidade Federal do Paraná, Paraná.
- [7] ODRÓ, N. L. R. **Desenvolvimento e caracterização de concreto de cimento Portland conte resíduo polimérico de PET**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos), 2008. Universidade da Região de Joinville, São Paulo.
- [8] BETIOLI, A. M. **Degradação de fibras de pet em materiais à base de cimento Portland**. Dissertação (Mestrado em Engenharia civil), 2003. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- [9] FRIGIONE, M. E. Recycling of PET bottles as fine aggregate in concrete. Department of Engineering for Innovation, 2003. University of Salento, Italy

DEVELOPMENT OF COMPOSITES CEMENT MATRIX USING PET WASTE AND STONE DUST IN THE PRODUCTION OF CONSTRUCTION MATERIALS

ABSTRACT

The use of bottles of polyethylene terephthalate (PET) and stone dust as aggregates in concrete helps to minimize the environmental impact that would cause these residues discharged to the environment and has been consolidated as an important practice for sustainability in the construction industry . The objective was to obtain trace 1:1,2:0,8 cement composites (cement stone dust, gravel) partially replacing the stone dust levels for PET, 3, 6, 9, 12 and 15%. The materials were characterized by testing physical and mechanical sieve analysis, unconfined compression strength), among others. The particle size analysis allowed the calculation of fineness modulus, which was 2.59, 1.66, and 3.99 for the crushed stone, gravel and PET, respectively. We observed a decrease in resistance with increasing PET content in the composite.

Keywords: PET waste, reuse, characterization,