

## DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES QUÍMICAS E MINERALÓGICAS DO POLITEREFTALATO DE ETILENO

Rafael Vieira da Silva<sup>1</sup>; Letícia Maria Macêdo de Azevedo<sup>2</sup>; Walter Rubens Ribeiro Feitosa Batista<sup>3</sup>; José Bezerra da Silva<sup>4</sup>; Ana Maria Gonçalves Duarte Mendonça<sup>5</sup>

<sup>1,2,3</sup> Graduando em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil; Universidade Federal de Campina Grande - UFCG; Campina Grande-PB; [engenhariacivilrv@gmail.com](mailto:engenhariacivilrv@gmail.com); [leticia\\_azevedo@hotmail.com](mailto:leticia_azevedo@hotmail.com);

[walter\\_rubens1@hotmail.com](mailto:walter_rubens1@hotmail.com)

<sup>4</sup> Professor, Doutorando, Departamento de Engenharia Civil; Universidade Federal de Campina Grande - UFCG; Campina Grande-PB; [prbezerracg@gmail.com](mailto:prbezerracg@gmail.com)

<sup>5</sup> Professora, Doutora, Departamento de Engenharia Civil; Universidade Federal de Campina Grande - UFCG; Campina Grande-PB; [ana.duartemendonca@gmail.com](mailto:ana.duartemendonca@gmail.com)

**RESUMO:** Atualmente, a utilização de materiais alternativos na construção civil tem crescido especialmente pelo volume de matérias-primas naturais empregadas. A utilização de um novo material requer o conhecimento de suas propriedades e características para que se possa analisar a influência de sua aplicação em produtos que compõem a construção civil. O Politereftalato de etileno é um termoplástico bastante utilizado na fabricação de embalagens, especialmente garrafas para bebidas carbonatadas, no entanto, o descarte gera grande impacto ambiental devido ao volume ocupado nos lixões. Uma alternativa viável para mitigação do impacto ambiental gerado por estes produtos seria a utilização como material alternativo na construção civil. Este trabalho tem como objetivo caracterizar o Politereftalato de etileno visando identificar suas propriedades e características para possíveis utilizações como insumo na construção civil. Foram realizados ensaios de caracterização química e mineralógica com a finalidade de determinar a composição química, as fases mineralógicas presentes, bem como o comportamento frente a elevadas temperaturas. Conforme os resultados obtidos verificou-se que o Politereftalato de etileno apresenta composição química similar a algumas matérias-primas convencionais utilizadas na construção civil, e que a utilização pode oferecer melhorias das propriedades especialmente de misturas asfálticas além de reduzir a extração de matérias-primas naturais, agregando valor ao resíduo e minimizando o impacto ambiental.

**PALAVRAS-CHAVE:** propriedades, material alternativo, engenharia.

## 1. INTRODUÇÃO

A construção civil é uma atividade importantíssima em todo mundo. Está ligada a infraestrutura de um país e tem grande geração de emprego e rendas pela grande soma de recursos aplicados, sendo um dos índices de desenvolvimento de uma nação (Chagas Filho, 2005). O uso de plásticos para aplicações diversas tem evoluído rapidamente no mundo. Desde a descoberta do primeiro plástico sintético, no início do século XX, ele vêm sendo aperfeiçoado e aplicado nos mais diversos usos da atividade humana (SOUSA, 2004; MENDONÇA, 2015).

O Politereftalato de Etileno (PET) é um termoplástico largamente utilizado em todo o mundo para a fabricação de embalagens, notadamente garrafas para bebidas carbonatadas; esse derivado de petróleo, substância não renovável, produzido a partir da resina de polietileno de baixa densidade, pode levar séculos para se decompor de forma natural. Provoca degradação ao meio ambiente como poluição de rios e oceanos, gerando desequilíbrio na cadeia alimentar, além de liberação de toxinas nocivas à saúde dos seres vivos, tendo no seu processo de fabricação uma grande quantidade de poluentes químicos (VIANA, 2010).

Apresenta uma estrutura parcialmente alifática e aromática, semicristalino (Karagiannids *et al.*, 2008). É formado a partir do ácido tereftálico – AT e do etilenoglicol-EG. Os poliésteres são produtos de condensação caracterizados por ligações C(=O)-O-C (grupo éster) distribuídas ao longo da cadeia. Dentre os polímeros desta classe o PET foi o primeiro a ser comercializado. Inicialmente como fibra têxtil e, posteriormente, como filme (RABELLO, 2008).

O PET foi desenvolvido em 1941 por dois químicos britânicos, John Rex Whinfield e James Tennant Dickson; porém, sua fabricação em grande escala teve início apenas no ano de 1950 nos EUA e Europa, quando foi utilizado principalmente para a fabricação de fibras têxteis. Só a partir do ano de 1970 o PET começou a ser utilizado na fabricação de embalagens. Já no Brasil, a resina PET só começou a ser comercializada na década de 1970, quando inicialmente foi utilizada na forma de fibras. Somente a partir de 1993, a resina passou a ser fortemente utilizada na fabricação de embalagens. (ROMÃO *et al.*, 2009).

No final dos anos 1990 a aplicação mundial de PET era distribuída da seguinte forma: 67% para a produção de fibras têxteis, 24% para a produção de embalagens processadas por injeção-sopro, 5% para a produção de filmes biorientados e 4% para polímeros de engenharia, sendo atualmente um dos termoplásticos mais produzidos do mundo (Kim *et al.*, 2010). Já no cenário nacional, 71% da aplicação é destinada à indústria de embalagens, sendo a maior parte para a

produção de embalagens para bebidas carbonatadas. Porém, é importante salientar que o uso do PET nos mercados de óleo comestível e água mineral está se desenvolvendo a altas taxas de crescimento (ROMÃO *et al.*, 2009).

## PROPRIEDADES E APLICAÇÕES

O PET é o melhor e mais resistente plástico para a fabricação de embalagens para refrigerantes, águas, sucos, óleos comestíveis e diversos outros produtos. Possui alta resistência mecânica e química, impermeabilidade a gases e é bem mais leve que as embalagens tradicionais feitas de vidro ou alumínio, devido a estas características, este polímero mostrou ser o recipiente ideal para indústrias de bebida em todo o mundo, reduzindo custos de transporte e produção.

Entre as suas principais propriedades (Tabela 1), destacam-se a baixa densidade, a transparência, o brilho, o seu bom desempenho em diferentes designs, a segurança e a facilidade de moldagem, além de proporcionar uma alta resistência mecânica e química. O PET possui também uma excelente barreira para gases e odores. Devido as excelentes características, tem conquistado um grande espaço no mercado de resinas termoplásticas, crescendo exponencialmente nos últimos anos.

**Tabela 1:** Propriedades do Politereftalato de etileno.

Propriedades do Politereftalato de etileno	Valores
Massa molecular	15.000 – 42.000u
Densidade	1,33 – 1,5 g/cm <sup>3</sup>
Índice de Refração	1,65 – 1,66
Temperatura de Fusão	250° – 270°C
Temperatura de Transição Vítre	70° - 74°C

FONTE: MODRO, 2009.

O PET pode ser usado em enorme número de aplicações, pois é bastante versátil. Com a adição de cargas e aditivos, o uso de métodos para orientação das cadeias (uni e biaxial) e a aplicação de tratamento térmico, esse polímero pode ser produzido com muitas propriedades diferentes, apropriadas às exigências específicas das máquinas de transformação e do produto final (KARAGIANNIDIS, 2008).

As aplicações do PET podem ser classificadas genericamente em termos da viscosidade intrínseca, como mostra a Tabela 2.

**Tabela 2:** Aplicações de PET como função da viscosidade intrínseca.

Aplicações	Viscosidade Intrínseca (dL b <sup>-1</sup> )
Fibras têxteis e filmes	0.57 – 0.65
Garrafas	0.72 – 0.85
Bandejas	0.85 – 0.95
Reforços de pneus e plásticos de engenharia	0.95 – 1.05

**FONTE:** FOTI, 2011.

## 2. MATERIAIS E METODOLOGIA

### 2.1 Materiais

Para realização deste estudo utilizou-se o Politereftalato de etileno do tipo micronizado, adquirido na indústria de DEPET Reciclagem localizada no município de Campina Grande-PB (Figura 1).

**Figura 1:** Politereftalato de Etileno micronizado.



### 2.2 Metodologia

Foram realizados ensaios de caracterização física, química e mineralógica do Politereftalato de etileno, destacando-se a análise termodiferencial e termogravimétrica (DTA e TG) Calorimetria Diferencial Exploratória (DSC), Espectroscopia de infravermelho (FTIR) com a finalidade de determinar o seu estado de cominuição, componentes químicos presente.

### **Análise Termodiferencial e Termogravimétrica**

As análises térmicas diferenciais (DTA) e termogravimétricas (TG) do Politereftalato de etileno foram realizadas a temperatura máxima de 200°C, o padrão utilizado nos ensaios de DTA é o óxido de alumínio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) calcinado operando a 12,5°C/min. A massa utilizada foi em torno de  $4.0 \pm 0.5$  gramas.

### **Calorimetria Diferencial Exploratória (DSC)**

A análise da pureza por DSC é uma técnica bem consolidada, sendo que a metodologia empregada está descrita na Norma ASTM E 928-03 (“Standard test method for purity by differential scanning calorimetry”). O método avalia a pureza do composto por meio de uma análise do pico de fusão obtido, aplicando a lei da depreciação do ponto de fusão de Van't Hoff - que prevê a depreciação do ponto de fusão do composto puro devido à presença de impurezas.

### **Espectroscopia de Infravermelhos com transformadas de Fourier (FTIR)**

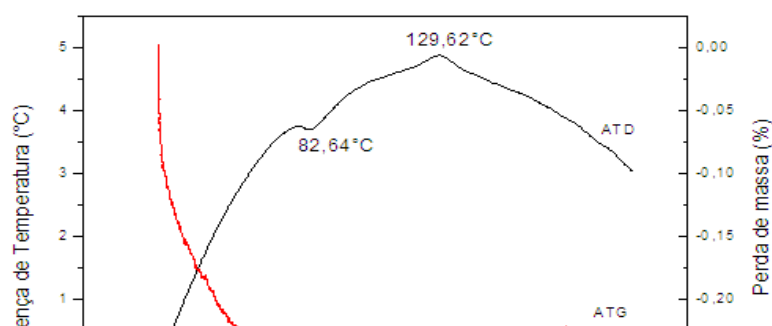
É uma técnica usada para se obter espectros de absorção, emissão, fotocondutividade ou de difracção de Raman de infravermelhos de um sólido, líquido ou gás. Um espectrômetro FTIR recolhe, simultaneamente, dados de uma vasta gama espectral, o que lhe confere vantagem sobre o espectrômetro dispersivo, que mede a intensidade num intervalo muito estreito de comprimentos de onda em cada medição.

## **3. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### *Análise Termodiferencial e termogravimétrica*

A Figura 2 ilustra as curvas de análises termodiferencial e termogravimétrica do Politereftalato de Etileno micronizado.

**Figura 2:** Análise termodiferencial e termogravimétrica do PET micronizado.



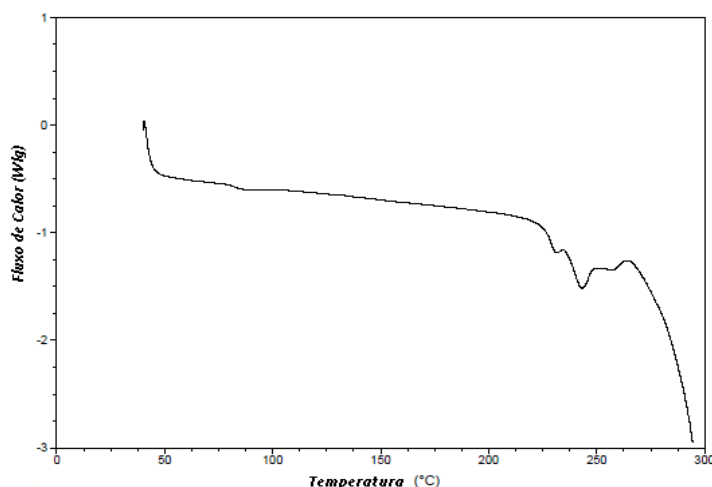
De acordo com os resultados obtidos, verifica-se que a aproximadamente  $82,64^{\circ}\text{C}$  na ocorrência de um pico endotérmico, indicando a mudança de estado físico do material (sólido para líquido) havendo uma pequena perda de massa. A temperatura de  $129,62^{\circ}\text{C}$  observa-se a ocorrência de um pico exotérmico indicando uma nova mudança de estado físico (líquido para vapor).

De acordo com a curva termogravimétrica, pode-se verificar que houve uma perda de massa total de 0,24%.

### Calorimetria Diferencial Exploratória (DSC)

A Figura 3 ilustra as curvas de Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC) para o Politereftalato de etileno micronizado.

**Figura 3:** Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC) para o Politereftalato de etileno micronizado.

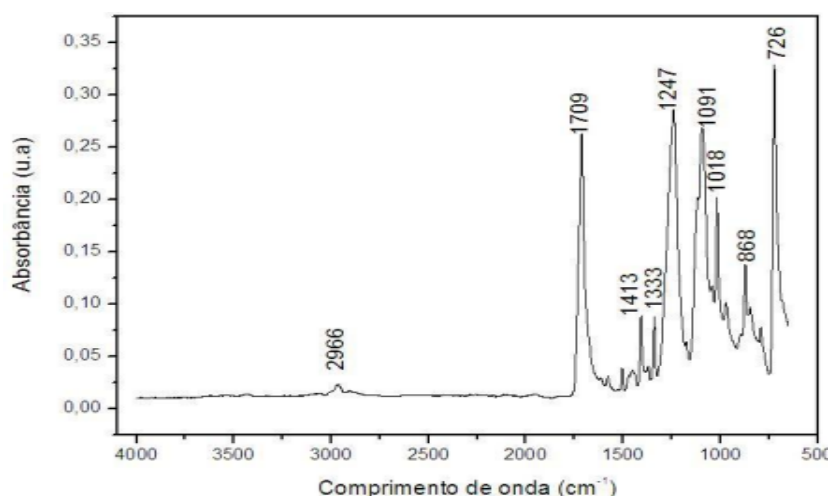


De acordo com a Figura 3, observa-se a ocorrência de picos endotérmicos a partir da temperatura de 200°C, indicando a ocorrência de modificações físicas e químicas na composição do Politereftalato de etileno.

### Espectroscopia de Infravermelhos com transformadas de Fourier (FTIR)

A Figura 4 ilustra a espectroscopia de infravermelho do Politereftalato de etileno.

**Figura 4:** Espectroscopia de infravermelho do Politereftalato de etileno.



O espectro de infravermelho do Politereftalato de etileno (Figura 4) indica a existência de várias estruturas funcionais típicas existentes na cadeia do Politereftalato de etileno, destacando-se as seguintes bandas características: em aproximadamente 3000cm<sup>-1</sup>, identificada pela vibração de deformação axial do grupo (=C–H), presentes em compostos aromáticos (benzeno); em 1709cm<sup>-1</sup> estiramento C=O de ácido carboxílico, indicativo da banda; em 1247cm<sup>-1</sup> estiramento C(O)–O de grupos éster; em 1091 e em 1018cm<sup>-1</sup> indicativo de estiramento da ligação C–O e aproximadamente 726cm<sup>-1</sup>, deformação angular dos carbonos dis-substituídos no anel aromático.

#### 4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos verifica-se para a análise termodiferencial e termogravimétrica a presença de picos endotérmicos e exotérmicos que indicam mudanças de fase do material e consequente perda de massa, no entanto, obteve perda de massa total de 0,24%. Para a Calorimetria Diferencial Exploratória (DSC) observou-se que ocorreram possíveis mudanças químicas e físicas a partir dos 200°C. Assim, evidencia-se que o Politereftalato de etileno é um material que pode ser utilizado como insumo na construção civil, especialmente para aplicação em pavimentos flexíveis, tornando-o mais resistente e durável, além de agregar valor ao resíduo e diminuir o impacto ao meio ambiente.

#### 5. REFERÊNCIAS

ASTM E 928-03. “Standard Test Method for Purity by Differential Scanning Calorimetry”, West Conshohocken, USA, 2003.

FOTI, D. Preliminary analysis of concrete reinforced with waste bottles PET fibers. **Construction and Building Materials**, v. 25, n. 4, p. 1906–1915, 2011.

KARAGIANNIDIS, P. G., STERGIU, A. C., KARAYANNIDIS, G. P., 2008, “Study of Crystallinity and Thermomechanical Analysis of Annealed Poly(ethylene terephthalate) Ffilms”, **European Polymer Journal**, v. 44, pp. 1475–1486.

KIM, S.B.; YI, N.H.; KIM, H.Y.; KIM, J.J.; SONG, Y.C. Material and structural performance evaluation of recycled PET fiber reinforced concrete. **Cement & Concrete Composites**, v. 32, p. 232–240, 2010.

MENDONÇA, A.M.G.D; ALMEIDA, S.; COUTINHO LIRA, Y.; RODRIGUES, J. K.G.; BEZERRA DA SILVA J. Study of concrete dosage with use of pet partially replacing fine aggregate, 16° NOCMAT - Construction for Sustainability - Green Materials & Technologies, 2015.



MODRO, N.L.R.; MODRO, N.R.; MODRO, N.R. ; OLIVEIRA, A.P.N. Avaliação de concreto de cimento Portland contendo resíduos de PET, *Matéria*, vol.14, n1, Rio de Janeiro , 2009.

RABELLO, M.S.; WELLEN, R.M.R., 2008, “Estudo da Cristalização a Frio do Poli (tereftalato de etileno) (PET) para Produção de Embalagens”, *Revista Eletrônica de Materiais e Processos*, v.3, n. 2, pp. 1-9.

ROMÃO, W.; SPINACÉ, M.A.S., DE PAOLI, M.A., 2009, “Poli(Tereftalato de Etileno), PET: Uma Revisão Sobre os Processos de Síntese, Mecanismos de Degradação e sua Reciclagem”, **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 19, n. 2, pp. 121-132.

SOUSA, M. N. DEGRADAÇÃO E RECUPERAÇÃO AMBIENTAL E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. MAURÍCIO NOVAES SOUZA. Tese (Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal), Universidade Federal de Viçosa, 371p. VIÇOSA MINAS GERAIS, 2004.

VIANA, D. B. AVALIAÇÃO DE RISCOS AMBIENTAIS EM ÁREAS CONTAMINADAS: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Engenharia em Planejamento Energético), COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, fls. 152, Rio de Janeiro, 2010.