



# NANOCOMPÓSITOS DE PBReciclado/PBTvirgem: CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES TÉRMICAS DE DEFLEXÃO AO CALOR E FLAMABILIDADE.

F. C. L. Maise; F. Zanata; F. Caires; J. R. Bartoli

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE POLÍMEROS,  
FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA, UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS - UNICAMP  
E-mail: [fermaise@gmail.com](mailto:fermaise@gmail.com); [zanatafernanda@gmail.com](mailto:zanatafernanda@gmail.com); [kfcaires@terra.com.br](mailto:kfcaires@terra.com.br); [bartoli@feq.unicamp.br](mailto:bartoli@feq.unicamp.br)  
Agência Financiadora: CNPq / PIBIC – UNICAMP

Palavras-chave: PBT – Nanocompósito – Argila – Propriedades Térmicas

## INTRODUÇÃO

Neste projeto estudou-se compostos de poli(tereftalato de butileno), PBT, de reciclagem primária em proporções variando de 25 a 75% com PBT virgem, com 5% de argila organicamente modificada. Com o objetivo de melhorar as características térmicas. O processo foi realizado a partir do fundido, em uma extrusora de dupla rosca, originando nanocompósitos a base de PBT.

## METODOLOGIA

### CARACTERIZAÇÃO FÍSICO – QUÍMICA DOS MATERIAIS

- ✓ DSC: análises térmicas entre 30 °C e 300 °C (10 °C/min), equipamento TA Instruments.
- ✓ TGA: termogravimetria entre 30 °C e 600 °C (20 °C/min), equipamento TA Instruments.
- ✓ Índice de Fluidadez: 250 °C e 2,16 kg (ASTM D 1238), Plastômero MI-3 da DSM.

Os resultados destas caracterizações estão sendo apresentados em outro trabalho do grupo.

### ENSAIO DE DEFELEXÃO AO CALOR (HDT)

- > Realizado com 3 corpos de prova na tensão de 1,8 Mpa, norma ASTM D648.

### ENSAIO DE FLAMABILIDADE

- > Realizado segundo a norma UL 94HB (queima horizontal).

### PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS

Tabela 1: Composição das amostras e torque da rosca

Amostra	Torque (%)	Razão entre	
		PBT <sub>virgem</sub> /PBT <sub>reciclado</sub>	(%reciclado/%virgem)
1	40	25R/75V	
2	40	75R/25V	
3	60	50/50	
4	80	25R/75V	
5	80	75R/25V	

### MATERIAIS

- > PBT, Ticona Celanex 2002-2, virgem e reciclado de origem primária (autopeças).
- > Foi adicionado antioxidante Irganox 245 CIBA na proporção de 0,5% em massa.
- > Formulou-se um "master-batch" com 20% em massa de argila Dellite 43B, diluído a 5% para os nanocompósitos de PBT.

### PROCESSAMENTO POR EXTRUSÃO

- > Extrusora de rosca dupla Coperion (L/D = 44 e D = 23 mm)
- > Velocidade de rotação da rosca foi mantida a 250 rpm
- > Torque variável: 40%, 60% e 80%.
- > Perfil de temperatura da extrusora: 220-220-230-240-235-235-230-230-230-220°C

### PROCESSAMENTO POR INJEÇÃO

Antes de moldar os corpos de prova dos nanocompósitos da Tabela 1 foram avaliados também os efeitos das variáveis de injeção nos PBT sem argila, definindo pressão e temperatura adequados através de planejamento fatorial 2<sup>2</sup>+ponto central (Tabelas 2 e 3).

Tabela 2: Condições de injeção para os PBT sem argila

Condição	Temperatura (°C)	Pressão (bar)
1	235	1300
2	235	1500
3	245	1500
4	245	1300
5	240	1400

Tabela 3: Perfil do cilindro da injetora.

Condição	Perfil de Temperatura (°C)
1 e 2	220-230-235-235-250
5	220-230-240-240-250
3 e 4	220-230-245-245-250

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 4: HDT do PBT virgem e reciclado nas condições 2 e 5 da Tabela 2

CP	PBT Virgem		PBT Reciclado	
	Condição 2	Condição 5	Condição 2	Condição 5
1	49,7°C	49,4°C	51,6°C	50,1°C
2	48,3°C	50,4°C	53,3°C	50,0°C
3	49,0°C	49,4°C	52,5°C	52,6°C
Média	49,0 ± 0,7°C	49,7 ± 0,6°C	52,5 ± 0,9°C	50,9 ± 1,5°C

A condição 5 de injeção da Tabela 2 apresentou corpos de prova sem falhas e foi usada para moldar os CP para ensaios de HDT e flambabilidade dos nanocompósitos de PBT reciclado/virgem.

Tabela 5: HDT dos Nanocompósitos das amostras com 75% de PBT Reciclado.

CP	Nanocompósito	
	Amostra 2 (°C)	Amostra 5 (°C)
1	54,1	53,6
2	52,3	53,1
3	52,3	54,6
Média	52,9 ± 1,0	53,8 ± 0,8

Tabela 6: Resultados de Flambabilidade para a amostra 2 do nanocompósito e dimensões originais dos CP (todos atendem a distância de queima máxima de 75 mm).

CP	Amostra 2		
	Tempo de queima (s)	Comprimento (mm)	Espessura (mm)
1	142	126,33	3,13
2	127	126,12	3,13
3	153	126,53	3,16
Média	140 ± 13		

Tabela 7: Resultados de Flambabilidade para a amostra 5 do nanocompósito, e dimensões originais dos CP (todos atendem a distância de queima máxima de 75 mm).

CP	Amostra 5		
	Tempo de queima (s)	Comprimento (mm)	Espessura (mm)
1	146	126,39	3,14
2	139	126,30	3,13
3	165	126,73	3,18
Média	150 ± 13		

## CONCLUSÕES

Os nanocompósitos de PBT com 75% de resina virgem e 25% de reciclado, processados em extrusora de rosca-dupla a dois torques 40% e 80%, foram avaliados quanto às suas propriedades térmicas de temperatura de deflexão ao calor (HDT) e flambabilidade (UL 94HB). Os resultados não apresentaram diferenças significativas quando comparados aos compostos de PBT virgem ou reciclados não aditivados e atendem a UL 94HB, isto é extensão de queima inferior a 75 mm. Todavia, os nanocompósitos de PBT apresentam vantagem no ensaio de flambabilidade por não sofrer gotejamento de material incandescente, evitando alastrar o fogo no ambiente.

## REFERÊNCIAS

- (1) **BOESEL, L.F.** Nanocompósitos de poli(tereftalato de etileno) e argila. Dissertação UFScar (Mestrado em Ciência e Engenharia dos Materiais) 2001.
- (2) **QUISPE, N. B. P.** Estudos de nanocompósitos de poli(tereftalato de butileno) reciclado e argila montmorilonita organicamente modificada, Tese de Doutorado, FEQ/Unicamp, 2007.

## AGRADECIMENTOS

Prof. Dr. M.A. de Paoli e Sra. Lea Janeiro (IQ/Unicamp), Sr. Disney Tomazelli (FEQ/Unicamp), Sr. Marcio Manganelli (Sabic), CNPq (PIBIC) e FAPESP - processo 2004/15084-6.