

ESTUDO DO COMPORTAMENTO MECÂNICO E TÉRMICO DE BLENDS DE HIPS E ABS PROVENIENTES DE CARÇAÇAS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS¹

Adriana Vitório Ereio²
 Adriana Martinelli Catelli de Souza³

Resumo

Neste trabalho, blendas de ABS (acrilonitrila-butadieno-estireno) e HIPS (poliestireno de alto impacto) provenientes de carcaças de equipamentos eletro eletrônicos (EEE) foram estudadas. Inicialmente coletou-se o resíduo plástico de EEE no CEDIR (Centro de descarte de Resíduos de Informática) na USP. Este material foi separado, lavado, seco, cortado e moído. As blendas ABS/HIPS foram obtidas por extrusão em três composições (75/25, 50/50 e 25/75) e foram caracterizadas quanto às suas propriedades mecânicas (tração, impacto, flexão) e térmicas (DSC). Os resultados experimentais mostraram que a mistura polimérica pode ser elaborada, facilitando a manipulação destes EEE na reciclagem, sem a necessidade de separação. As matrizes do ABS e HIPS são miscíveis, pois as blendas destes dois materiais apresentam apenas uma Tg com valores intermediários às Tg's dos materiais puros. Observou-se que o aumento da concentração do ABS nas blendas resulta num aumento da resistência à tração e à flexão e num pequeno aumento no módulo de elasticidade em flexão. O aumento da concentração de HIPS nas blendas resulta num aumento da ductilidade das blendas, porém apresenta um decréscimo significativo na resistência ao impacto.

Palavras-chave: Reciclagem; Blendas de ABS; Poliestireno de alto impacto.

MECHANICAL AND THERMAL CHARACTERIZATION OF HIPS/ABS BLENDS OBTAINED FROM WASTE ELECTRICAL AND ELECTRONIC EQUIPMENT (WEEE)

Abstract

In this work, blends of ABS (acrylonitrile butadiene styrene) and HIPS (high impact polystyrene) obtained from waste electrical and electronic equipment (WEEE) was studied. Firstly, the plastic residue WEEE was separated, washed, dried, cut and powdered. The blends were obtained by extrusion and were characterized by their mechanical (tensile, impact and flexural resistance) and thermal (DSC) properties. The experimental results showed that ABS/HIPS blend can be produced, facilitating the handling of these EEA recycling without separation. It was observed that the matrices of ABS and HIPS are miscible. The blends of these two materials have only one Tg with intermediate values between Tgs of pure materials. It was also observed that increasing the concentration of the ABS in ABS/HIPS blends results in an increased of tensile strength and flexural strength and a small increase in the modulus of elasticity in flexure. Increasing the concentration of the HIPS in ABS / HIPS blends results in an increased of ductility of the blends and a significantly decreasing in impact resistance.

Key words: recycling, ABS, HIPS, blends.

¹ Contribuição técnica ao 68º Congresso Anual da ABM - Internacional, 30 de julho a 2 de agosto de 2013, Belo Horizonte, MG, Brasil.

² Graduanda do curso de Engenharia de Materiais. Centro Universitário da FEI. Belo Horizonte, MG, Brasil. adriana.ereio@gmail.com

³ Profa. Dra. Departamento de Engenharia de Materiais. Centro Universitário da FEI. Belo Horizonte, MG, Brasil. amcsouza@fei.edu.br

1 INTRODUÇÃO

Atualmente o mercado de equipamentos eletroeletrônicos está aquecido devido à intensa demanda aliada ao desenvolvimento de tecnologia neste setor. Porém, a alta disponibilidade e a compra destes equipamentos pela população tem gerado graves problemas ambientais com o descarte destes produtos. Na maioria dos casos a vida útil dos aparelhos eletrônicos é de 2 anos, devido à rapidez com que a tecnologia é avançada. O descarte dos equipamentos é realizado sem qualquer critério, não existe a separação do material por classificação e ainda eles são encaminhados aos lixões junto a lixos domésticos. Outra problemática é a diversidade de materiais e formas que compõem tais equipamentos dificultando a separação deste material e envio para a reciclagem.^(1,2)

Os governos de países desenvolvidos atuam de forma prioritária nas diversas áreas da indústria de reciclagem, principalmente nas áreas de materiais automotivos, de materiais de embalagem e de equipamentos eletroeletrônicos. Ações como esta possibilitam ampliação dos negócios, minimização do consumo de recursos naturais e proporciona economia ao local.^(1,2)

A reciclagem possibilita a redução da quantidade de lixo de equipamento eletrônico. No entanto, existem várias limitações para a realização do processo, como heterogeneidade de materiais que compõem o equipamento e exigência de propriedades adequadas do material constituinte. Na área de reciclagem de carcaças (poliméricas) de equipamentos eletroeletrônicos, poucos estudos têm sido desenvolvidos nesta área, principalmente em relação à qualidade do material reprocessado e a utilização de material para criação de blendas (mistura física de dois ou mais polímeros). Resultados estatísticos revelam que os polímeros mais utilizados na fabricação de carcaças de equipamentos eletrônicos são o HIPS (poliestireno de alto impacto) e o ABS (acrilonitrila-butadieno-estireno).⁽³⁾ Durante o processo de reciclagem mecânica, o resíduo plástico é obtido a partir de uma sequência de processamentos, que inclui a moagem e a separação do tipo de material polimérico por diferença de densidade. O ABS e o HIPS acabam retidos juntos por possuírem densidades semelhantes.

O presente trabalho tem por objetivo estudar o reprocessamento de carcaças de equipamentos eletrônicos, fabricados com ABS e HIPS, elaborando blendas a partir destes polímeros, com diferentes formulações a fim de analisar as propriedades mecânicas e térmicas desta mistura.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

Os materiais utilizados neste trabalho foram os polímeros ABS e o HIPS, provenientes de carcaças de equipamentos de eletroeletrônicos em desuso (carcaças de computadores, de impressoras, de teclados etc). Estas carcaças foram gentilmente cedidas pelo CEDIR (Centro de descarte de resíduos de informática) pertencente ao centro de computação eletrônica da USP.

2.2 Métodos

Os polímeros ABS e o HIPS, provenientes de carcaças de equipamentos de eletroeletrônicos em desuso, foram identificados com auxílio do código de

identificação de plásticos (ABNT NBR-13230) e análises de Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) (método de transmissão) das diferentes carcaças. Posteriormente, estas carcaças foram separadas por tipo de polímero (ABS ou HIPS), lavadas, secas, cortadas, moídas em um triturador e secos em uma estufa com ar circulante (na temperatura de 80°C por 4 horas).

Em seguida, os polímeros originais e as blendas foram processados em extrusoraco-rotacional de dupla-rosca, modelo ThermocientificHaakeRheomex modelo PTW 16 OS. A temperatura do cilindro variou de 200 a 190°C, a rotação foi de 150 rpm e a alimentação foi de 10%. A Tabela 1 apresenta as composições (% em massa) das blendas obtidas neste trabalho. Os polímeros originais sofreram o mesmo processamento para garantir a mesma história termo-mecânica.

Tabela 1 – Composição das amostras submetidas ao processo de extrusão

Amostra	ABS (% em massa)	HIPS (% em massa)
1	100	0
2	75	25
3	50	50
4	25	75
5	0	100

Os corpos de prova utilizados para caracterização mecânica e térmica foram obtidos obtidos por injeção, utilizando uma injetora modelo Battenfeld HM 60/350, com uma temperatura de molde de 50°C. Foram obtidos sete tipos de amostras, conforme

Tabela , sendo as amostras 1, 3, 5, 6 e 7 obtidas após processo de extrusão e as amostras 2 e 4 materiais que não foram submetidos ao processo de extrusão.

Tabela 2 – Formulações de amostras para injeção de corpos de prova

Amostras	Material	Estado de processamento antes da injeção
1	100% ABS	Processado - extrudado
2	100% ABS	Não processado
3	100% HIPS	Processado - extrudado
4	100% HIPS	Não processado
5	75% ABS+ 25% HIPS	Processado - extrudado
6	50% ABS+ 50% HIPS	Processado - extrudado
7	25% ABS+ 75% HIPS	Processado - extrudado

Ensaio de tração foram realizados em aproximadamente dez corpos de prova de cada formulação, com velocidade do travessão de 50 mm/min, utilizando-se uma máquina universal de ensaios Instron 5567, de acordo com a norma ASTM D-638. Ensaio de resistência ao impacto Charpy foram realizados 5 corpos de prova de cada blenda, utilizando-se corpos de prova com entalhe em V de 2mm de acordo com a norma ASTM 6110⁽⁴⁾ (pendulo de 5,4J). Os ensaios de Flexão foram realizados conforme a norma ASTM D 790,⁽⁵⁾ na Máquina de Universal de Ensaio Instron 5567, utilizou-se 5 corpos de prova para cada composição, célula de carga de 5 kN, velocidade de 1,3 mm/min, distância entre os apoios de 50mm até 5% de deformação.

A caracterização térmica foi realizada através de análises de Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC), no equipamento Q20 da TA Instruments. O ensaio

variou a temperatura de 25°C a 280°C com uma taxa de aquecimento de 10°C por minuto em atmosfera de nitrogênio.

3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Tabelas 3 a 5 apresentam os resultados dos ensaios mecânicos realizados (tração, impacto e flexão), respectivamente, de todas as blendas e materiais originais obtidos neste trabalho.

Com relação aos ensaios mecânicos, verifica-se que o aumento da concentração do material ABS nas blendas ABS/HIPS resulta num aumento da resistência à tração e à flexão e num pequeno aumento no módulo de elasticidade em flexão. As blendas obtidas apresentaram valores muito similares de módulo de elasticidade em tração, com valores intermediários entre os valores dos polímeros originais.

O aumento da concentração de HIPS nas blendas ABS/HIPS resulta num aumento da ductilidade das blendas. No entanto, observou-se que mesmo na menor concentração de HIPS adicionada (25%), as blendas apresentaram um decréscimo significativo na resistência ao impacto.

Tabela 3 – Ensaio de resistência à tração

Material	Resistência à tração (MPa)		Deformação na ruptura (%)		Módulo de elasticidade aparente (MPa)	
ABS não processado	41,72	(±0,70)	3,57	(±1,68)	2517	(±58)
ABS processado	42,20	(±0,85)	4,93	(±3,22)	2543	(±31)
ABS 75% HIPS 25%	37,57	(±0,45)	4,99	(±1,84)	2477	(±41)
ABS 50% HIPS 50%	34,84	(±0,44)	13,95	(±5,75)	2505	(±60)
ABS 25% HIPS 75%	32,73	(±0,40)	16,84	(±3,40)	2464	(±32)
HIPS não processado	29,95	(±0,24)	17,13	(±4,00)	2469	(±13)
HIPS processado	29,74	(±0,65)	24,94	(±7,09)	2405	(±79)

Tabela 4 – Ensaio de resistência ao impacto

Material	Resistência ao Impacto (KJ/m ²)
ABS não processado	14,0 (±0,7)
ABS processado	14,2 (±0,9)
ABS 75% HIPS 25%	5,8 (±0,4)
ABS 50% HIPS 50%	4,6 (±0,6)
ABS 25% HIPS 75%	4,3 (±0,1)
HIPS não processado	4,5 (±0,2)
HIPS processado	5,0 (±0,5)

Tabela 5– Ensaio de resistência à flexão

Material	Resistência à Flexão (5% de deformação) (MPa)		Módulo em Flexão (0,3%)	
ABS não processado	66,5	(±1,3)	2332	(±7)
ABS processado	65,8	(±0,0)	2354	(±16)
ABS 75% HIPS 25%	60,8	(±0,8)	2365	(±20)
ABS 50% HIPS 50%	57,8	(±0,2)	2333	(±30)
ABS 25% HIPS 75%	54,7	(±0,3)	2258	(±60)
HIPS não processado	48,8	(±0,6)	2242	(±13)
HIPS processado	49,7	(±0,1)	2256	(±4)

A Figura 1 **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta as curvas DSC de todas as blendas obtidas neste trabalho e dos materiais originais processados na extrusora antes do processo de injeção. A Tabela 6 apresenta os valores das temperaturas de transição vítrea obtidas a partir das curvas de DSC.

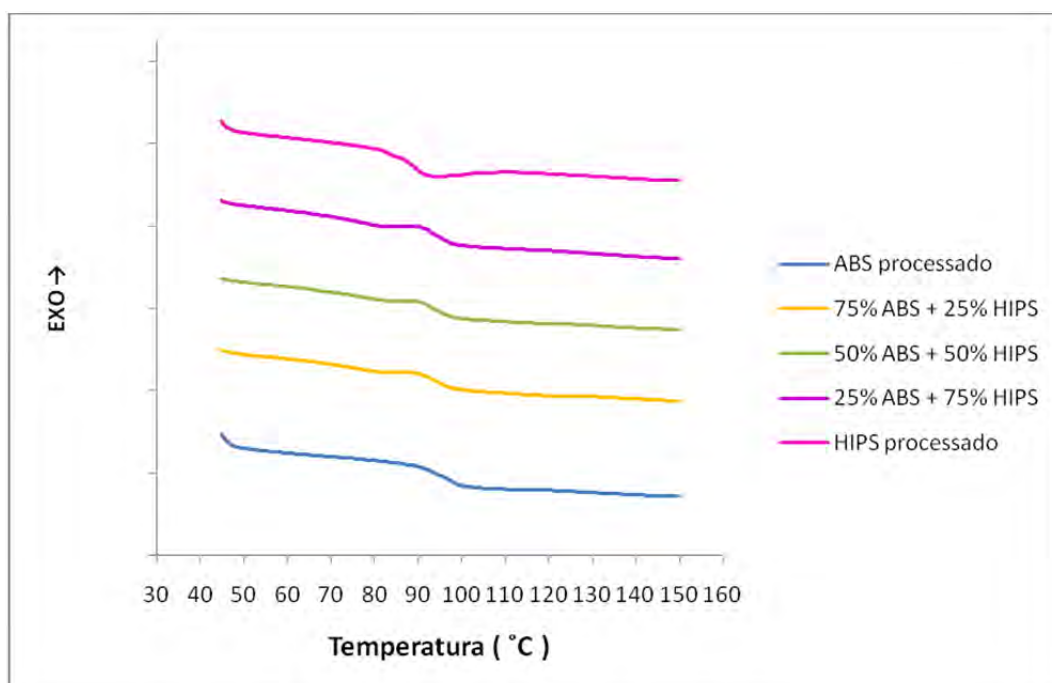


Figura 1 – Curvas DSC de todas as blendas obtidas neste trabalho e dos materiais originais processados na extrusora antes do processo de injeção.

Tabela 6 – Temperatura de transição vítrea (Tg) das blendas e materiais originais obtidos no trabalho

	Tg (°C)
ABS processado	96,2
75% ABS + 25% HIPS	94,0
50% ABS + 50% HIPS	93,9
25% ABS + 75% HIPS	93,7
HIPS processado	89,1

Através das curvas de DSC, é possível observar apenas a temperatura de transição vítrea (Tg) das fases PS do HIPS e de SAN do ABS uma vez que ambas

as fases são polímeros amorfos. A Tg do polibutadieno presente tanto no HIPS como no ABS não foi possível se ser visualizada uma vez que se apresenta em temperaturas menores que a temperatura ambiente. Pode-se observar também que a Tg do ABS original apresentou-se ligeiramente maior que a do HIPS original, em conformidade com a literatura onde as Tg's apresentam-se: ABS = 95 a 110°C e do HIPS = 85 a 99°C.⁽⁶⁾

As blendas de ABS e HIPS obtidas também apresentaram uma única Tg, situada na faixa de 93,7 e 94 °C, ou seja com valores intermediários das Tg's dos polímeros originais. Este resultado sugere que as fases PS do HIPS e de SAN do ABS das blendas são totalmente miscíveis devido à presença de estireno em ambos os polímeros.⁽⁷⁾

4CONCLUSÕES

Os resultados experimentais mostraram que:

As matrizes de ABS e HIPS são miscíveis, pois as blendas formuladas apresentam apenas uma Tg com valores intermediários às Tg's dos materiais puros.

O ABS puro apresentou melhores propriedades mecânicas que o HIPS puro.

As blendas formuladas apresentam aceitáveis propriedades mecânicas, onde a incorporação de ABS na mistura gera melhorias na resistência a tração e a flexão, módulo de elasticidade (rigidez), ductilidade (plasticidade), contudo torna-o mais frágil. A incorporação de HIPS elevou a ductilidade porém reduziu a resistência ao impacto.

A blenda com a composição 75/25 (ABS/HIPS) apresenta os melhores resultados em suas propriedades mecânicas e térmicas.

A partir destes resultados conclui-se que a mistura polimérica ABS/HIPS pode ser elaborada com REEE, por ter facilidade de processamento e apresentar aceitáveis propriedades mecânicas. Além disso, a mistura contribui com o efetivo aumento da vida útil dos materiais, gerou informações técnicas que podem orientar o processo de reciclagem destes equipamentos, reduz o impacto ambiental, reduz de custos e implanta uma visão mais sustentável na sociedade.

Agradecimentos

Ao Centro Universitário da FEI e ao CEDIR da USP, por fornecer o material necessário para o desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- 1 PALLONE, S. **Resíduo eletrônico: redução, reutilização, reciclagem e recuperação.** Reportagem 10/02/2008. Disponível em: <<http://www.comciencia.br/comciencia/index.php?section=8&edicao=32&id=379&tipo=0&print=true>>. Acesso em: 29 de setembro de 2012.
- 2 MACOHIN, A. **A sustentabilidade na informática – Reciclagem e Eliminação dos Produtos Tóxicos das Peças de Computadores.** Centro Universitário Franciscano UNIFAE, São Paulo, 2007
- 3 SCHLUMMER, M; GLUBER, L; MAURER, A; WOLZ, G; EIDIK, R. **Characterisation of polymer fractions from waste electrical and electronic equipment (WEEE) and implications for waste management.** Chemosphere 67 (2007) 1866–1876.
- 4 American Society for Testing Materials (ASTM) D6110 -10 Standart Test Method for Determining the Charpy Impact Resistance of Notched Specimens of Plastics.

- 5 American Society for Testing Materials (ASTM) D790 -10 Standart Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials.
- 6 Software CES EduPack® 2012, versão 11.9.9.
- 7 TARANTILI, P.A; MITSAKAKI, A.N.; PETOUSSI, M.A.
PolymerDegradationandStability. 95, (2010) págs 405 a 410.