

RESÍDUO PLÁSTICO UNIVERSITÁRIO: UM ESTUDO DE CASO PARA O CAMPUS DA UFRGS

F. Vogt, G. P. Delfino, A. V. G. Roratto, F. F. Herter e R. M. C. Santana*

Laboratório de Materiais Poliméricos/Departamento de Engenharia de Materiais (LAPOL/DEMAT) - Universidade Federal de Rio Grande do Sul - UFRGS.

*ruth.santana@ufrgs.br

RESUMO

Neste trabalho objetivou-se determinar a composição do Resíduo Plásticos Universitário (RPU) da UFRGS, e avaliar o seu grau de pureza e degradabilidade do polímero de maior proporção mássica, através de suas propriedades física, térmica, e reológica. A coleta do RPU foi realizada por amostragem semanal. Este material foi lavado, seco, moído, extrudado e granulado na forma de pellets em diferentes condições de processamento. Resultados estatísticos do RPU mostram que o polímero mais consumido pela população universitária é o poliestireno de alto impacto (HIPS) com uma composição de 45 % em peso. Constatou-se que o 10 % das embalagens do RPU não apresentaram código de identificação. Resultados da análise física, térmica e reológica do HIPS pós-consumo antes e após reproprocessamento mostraram ser praticamente estáveis, com pequenas variações do Índice de fluidez de 1 a 3 % consideradas desprezíveis. Por outro lado, resultados da análise térmica detectou a presença de polipropileno (PP).

Palavras-chave: reciclagem, processamento, resíduo plástico, HIPS, PP

INTRODUÇÃO

O crescimento desmesurado do consumo de produtos embalados com diferentes materiais poliméricos, preocupa a sociedade moderna pelas implicações ambientais inerentes ao seu descarte pós-consumo.

A consolidação e o incremento do volume dos materiais plásticos utilizados em embalagens na vida moderna representa um desafio sob o ponto de vista da sua reciclagem racional, exigindo uma abordagem integrada entre os processos de transformação das matérias-primas, fabricação das embalagens e sua funcionalidade na conservação do produto.

Em 1998, no Brasil, aproximadamente 31% da produção de resina foi destinada para a produção de embalagens plásticas, transformando este setor no mercado mais importante para materiais plásticos no Brasil ⁽¹⁾. A produção de embalagens plásticas no Brasil alcançou 1178 mil toneladas em 2005, em comparação com 311 mil toneladas em 1982 ⁽²⁾, como mostrado na tabela 1.

Tabela 1. Embalagens Plásticas em Brasil ⁽²⁾.

Material	1982		2005	
	Mil ton	Valor US\$ milhões	Mil ton	Valor US\$ milhões
PEBD	185	480	252	687
PEAD	24	80	247	1123
PS	15	65	33	164
PVC	43	140	34	129
PP	44	160	248	877
PET	-	-	364	1162
Total	311	930	1178	4142

Observando o crescimento do consumo de embalagens plásticas, resulta na geração de resíduo plástico. Esta geração de maior crescimento de resíduos plásticos urbano, o que acarreta como consequência em agressão ao meio ambiente, tornando-se uma preocupação crescente da sociedade moderna, especialmente pelo volume significativo que representa. Embora represente somente cerca de 4 a 7 % em massa, os plásticos ocupam de 15 a 20 % de volume de lixo, o que contribui para que aumentem os custos de coleta, transporte e disposição final ⁽³⁾.

Da disposição final do resíduo plástico dependerá a viabilidade e sua reciclagem. Reciclar embalagens plásticas pós-consumo proveniente de lixões, terrenos baldios e aterros (alto nível de contaminação), heterogeneidade de

materiais resulta no encarecimento do produto e por outro lado, alto impacto ambiental ^(4, 5, 6).

Portanto, o sucesso na reciclagem de materiais de embalagem descartados pós-consumo ou retornáveis está estreitamente relacionado com fatores culturais da população; da eficiência da coleta seletiva, do desenvolvimento de tecnologias e equipamentos compatíveis para rotas de reciclagem econômicas e tecnicamente viáveis; redução de tributação ou isenção fiscal para a comercialização de produtos reciclados; e, sanções legais para ações ou agentes não integrados com sistemas de reciclagem na cadeia produção-utilização-consumo de embalagens ⁽⁷⁾.

Dentre as resinas termoplásticas, apenas seis representam cerca de 90% do consumo no Brasil, que são: polietileno de alta e baixa densidade (PEAD e PEBD), polipropileno (PP), poliestireno (PS), poli(cloreto de vinila) (PVC) e poli(tereftalato de etileno) (PET).

A composição do resíduo plástico varia dependendo da localidade e atividades mas específicas de cada uma delas ^(6,8). Como é o caso de resíduos plásticos urbano são maiores do que da população rural.

O presente trabalho tem por objetivo determinar a composição do resíduo plástico universitário (RPU) da UFRGS, e avaliar o seu grau de pureza. Assim como também avaliar o grau de degradação do polímero de maior consumo pela população universitária para seu potencial de reciclagem, através de suas propriedades física, térmica e reológica.

METODOLOGIA

A coleta dos materiais foram realizadas nos pontos de descarte de resíduo do Campus do Vale da Universidade Federal de Rio Grande do Sul por um período de 4 meses. A seleção foi realizada com o auxílio dos códigos de identificação de plásticos (ABNT NBR-13230) ⁽⁹⁾. Os materiais foram separados por tipo de polímero, contados e pesados, para determinar a composição unitária e em massa do RPU. O material de maior proporção mássica e numérica do RPU foi o poliestireno de alto impacto (HIPS), o qual foi selecionado, lavado somente com água ⁽⁸⁾, seco na estufa com circulação de ar, e moído no aglutinador, construído pela RS Manutenção Industrial e Comercio para obter o material na forma de *aglutinado*. Este material foi processado na extrusora monorosca CIOLA MPE-18v em quatro condições de

processamento isto é: dois perfis de temperatura: 190, 210 e 230 °C (A) e de 190, 210 e 250 °C (B) sendo que em cada perfil de temperatura foram usadas duas velocidades da rosca de 30 e 50 rpm para então ser granulado na forma de *pellets*.

Para a avaliação do RPU selecionado foi utilizada análise gravimétrica, estatística e visual (ASTM D648). Na caracterização do HIPS, foi realizado a medida da densidade com o uso de picnômetro (ABNT-P-MB-1160) como propriedade física, A propriedade térmica foi avaliada a través de calorimetria diferencial de varrido (DSC), e a propriedade reológica avaliada foi o Índice de fluidez, com o uso do Plastômetro MICROTTEST 4105, baseado na norma ASTM 1238.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos plásticos coletados polietileno tereftalato (PET), polietileno de alta densidade (PEAD), policloreto de vinila (PVC), polietileno de baixa densidade (PEBD), polipropileno (PP) e o poliestireno (PS/HIPS), nas tabelas 2 e 3 são apresentados os resultados do estudo estatístico da composição unitária e em massa do RPU coletado no período de 4 meses (de Março a Junho de 2006).

O PS/HIPS foi o material que se apresentou maior concentração unitária e em massa no RPU. Representando em média um 60 % em unidades totais do RPU, encontrado em embalagens como: copos, pratos, talheres descartáveis, entre os mais importantes. Em relação a percentagem massa dos plásticos, o HIPS também apresentou maior concentração no RPU, cuja média encontra-se entre 35 e 45 % em peso, menor do que em unidades, isto devido a que o HIPS possui uma densidade menor que do PET (segundo colocado).

Avaliando o histórico da geração mensal do HIPS/PS pós-consumo do RPU no período de 4 meses observa-se que é praticamente constante, porém observa-se que no mês de março apresenta um ligeiro aumento de aproximadamente 12%, isto devido a que nos meses das estações de verão e primavera onde a temperatura ambiente aumenta e por conseguinte há um aumento do consumo alimentos (bebidas, sorvetes, entre os mais importantes).

Por outro lado, observa-se em ambas tabelas que o PVC não apresenta valores, pois a sua proporção é muito pequena que foi considerado desprezível. Outro ponto importante de ser mencionado é relacionado as embalagens poliméricas

comodities sem código de identificação que representa em média de 10 a 12 % da quantidade total de RPU.

Tabela 2. Composição unitária (%) das embalagens plásticas pós-consumo do campus da UFRGS

MES	PET	PEAD	PVC	PEBD	PP	HIPS/PS
MARÇO	2,56	2,56	-	0,87	30,77	63,24
ABRIL	2,46	9,87	-	-	29,24	58,43
MAIO	3,03	4,04	-	-	36,36	56,57
JUNHO	2,63	2,11	-	0,53	37,02	57,71

* Embalagens plásticas sem identificação: 10 – 12 %.

Tabela 3. Composição (% em massa) das embalagens plásticas pós-consumo do campus da UFRGS

MES	PET	PEAD	PVC	PEBD	PP	HIPS/PS
MARÇO	25,1	6,24	-	0,6	22,35	45,68
ABRIL	25,1	14,01	-	-	21,7	39,15
MAIO	22,7	19,92	-	-	22,17	35,22
JUNHO	23,8	8,43	-	0,82	22,92	44,04

PROPRIEDADES FÍSICAS

Pela análise visual as embalagens identificadas com o código 6, observou-se uma maior proporção de HIPS característico pela cor branca do copolímero de estireno-butadieno ^(10,11,12), pois o PS (cristal) é transparente. Em relação as impurezas das embalagens, todas elas correspondem a resíduos de café, chá, suco entre outros facilmente retiradas na lavagem somente com água. Por outro lado, foi observado que algumas embalagens com código de identificação 6, apresentavam maior flexibilidade característico das poliolefinas, indicando um possível erro no processo de transformação da peça final, especificamente no molde.

Resultados da densidade dos pellets de HIPS/PS de diferentes condições de processamento mostrados na tabela 4 apresentaram valores característico ao do PS, em média de 1,03 g/cm³, porém observou-se que alguns amostras do material reprocessado apresentaram densidades de 0,99 g/ cm³, indicando mais uma vez a possibilidade da presença de alguma poliolefina misturada como o material.

Tabela 4. Densidade do HIPS pós-consumo reprocessado nas condições A e B.

Velocidade da rosca (rpm)	Densidade (g/cm ³)	
	Perfil de temperatura-A	Perfil de temperatura-B
30	0,99 ± 0,02	1,05 ± 0,03
40	1,0 ± 0,01	0,99 ± 0

PROPRIEDADE TÉRMICA

Com relação a caracterização térmica por calorimetria diferencial de varrido (DSC) do material selecionado, como mostrado na figura 1, identificou-se a T_g do PS a 99°C, porém observou-se a presença de um pico endotérmico em 158°C, correspondente a fusão do PP. Resultado que confirma os resultados de avaliação física do polímero.

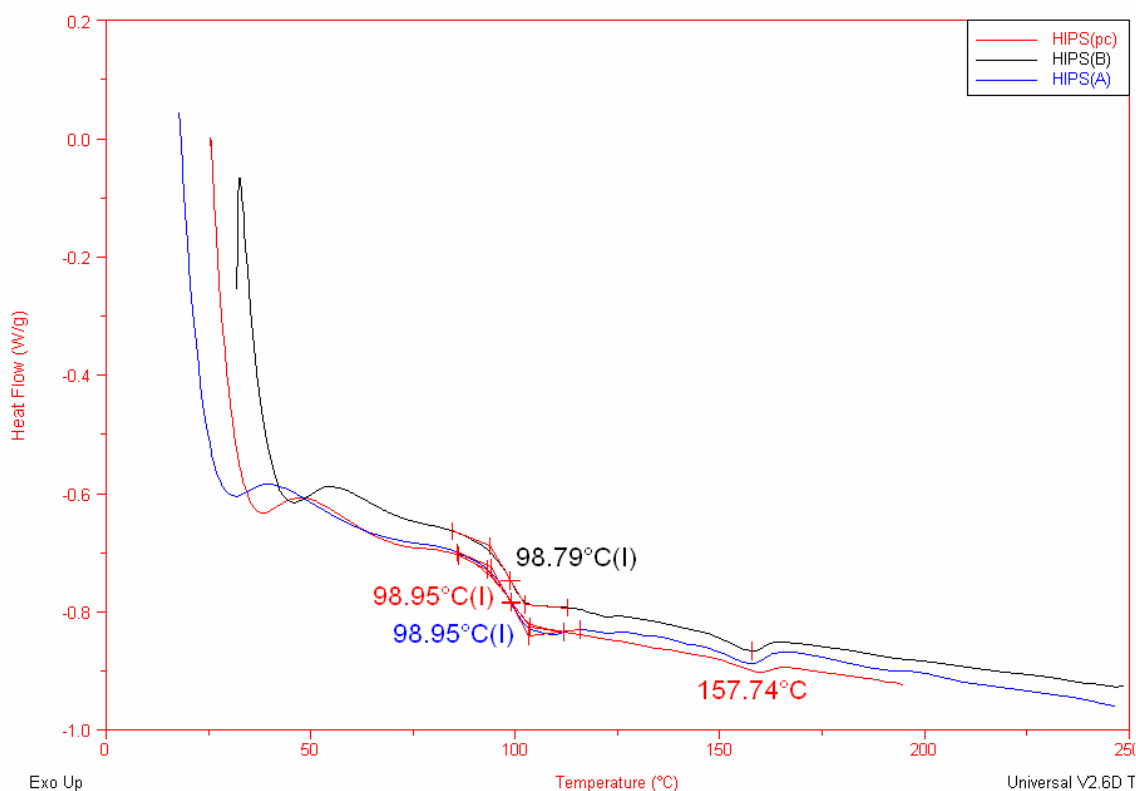


Figura 1. Curva de DSC do HIPS/PS pós-consumo antes (aglutinado) e após reprocessamento A-30rpm e B-30rpm.

PROPRIEDADES REOLÓGICAS

Em relação à caracterização reológica do material, na figura 2 são mostrados os resultados do índice de fluidez (IF) do PS/HIPS pós-consumo após a moagem (aglutinado) e os reproprocessados nas quatro condições de processamento (*pellets*). Observa-se que o IF do PS/HIPS pós-consumo antes do reproprocessamento apresenta valores ligeiramente superiores aos pellets de maior perfil de temperatura, este fato pode ser explicado por estar na forma pó, tem maior área de contato e por tanto ele aquece mais rápido no plastômetro, com exceção da amostra correspondente a condição A com velocidade da rosca de 30 rpm.

Uma ligeira influencia da velocidade da rosca sobre o IF é visualizado na figura 2, pois quando ela é aumentada de 30 para 50 rpm, o IF apresenta uma ligeira diminuição e isto pode ser devido ao menor tempo de residência ao qual o material está submetido ao esforço termo-mecânico. Por outro lado, a diminuição temperatura da matriz de 250 a 230 °C influenciou no aumento do IF, fato que pode ser explicado pelo maior esforço mecânico a que foi submetido o PS/HIPS no atrito gerado pelos pellets com os filetes da rosca e a parede do cilindro.

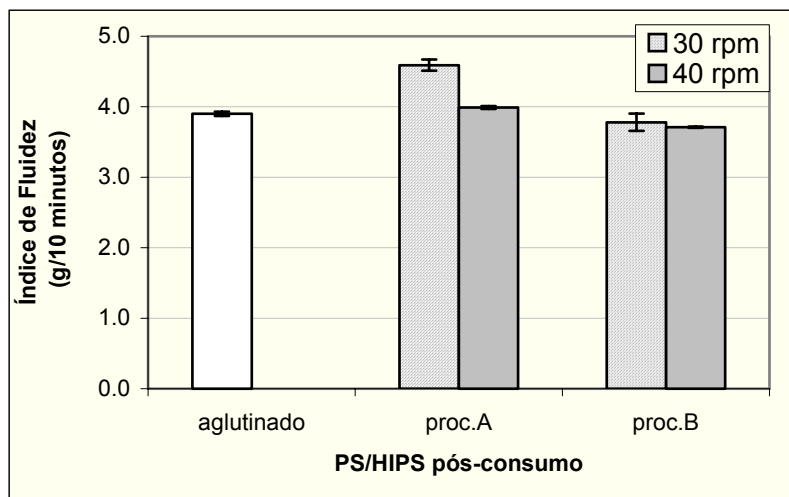


Figura 2. Resultado do índice de fluidez do HIPS/PP pós-consumo

Dos resultados preliminares indicam que o HIPS é praticamente estável isto é não apresenta degradação termomecânica no primeiro reproprocessamento especialmente para perfis de temperatura mais altas e com tempos de residência

menor. No caso dos pellets de PS/HIPS reprocessados na condição A, com velocidade de rosca de 30 rpm, onde o IF ser superior a todos os avaliados, indicando a possibilidade de ter degradado termomecanicamente, também pode ser associado a este fato a presença de um outro polímero (PP) de maior índice de fluidez, confirmando os resultados físicos e térmicos.

CONCLUSÕES

Dos materiais coletados num período de 4 meses foi mostrado que o HIPS/PS foi o material que apresentou maior concentração tanto (~60%) em unidades de embalagens como em massa (~40 %), porém ela pode aumentar na estações de primavera e verão para 45%.

Resultados da caracterização física, térmica e reológica comparativo do HIPS/PS pós-consumo aglutinado e os reprocessados, mostraram a presença do polipropileno na mistura de HIPS/PS, embora todas essas embalagens pós-consumo selecionadas mostravam o código número 6 correspondente ao PS/HIPS. Pequenas variações de índice de fluidez dos pellets de HIPS/PS mostraram que o material não apresentou degradação termomecânica considerável no primeiro reprocessamento por extrusão nas quatro condições avaliadas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao apoio financeiro da FAPERGS-PROADE 3 (processo n. 0522987).

REFERÊNCIAS

1. WALLIS, G. - A evolução do mercado brasileiro de embalagem e sua inserção no mercado internacional, in: ANAIS BRASIL PACK TRENDS-SEMINÁRIO EMBALAGEM, DISTRIBUIÇÃO E CONSUMO, Campinas-SP, 2000.
2. http://www.datamark.com.br/Apresentacao/abieffinal/ABIEFFinal_frame.htm#ABIEFFinal_slide0089.htm. Acesso em: 30/08/06.
3. IPT-Instituto de Pesquisas Tecnológicas, **Lixo Municipal-Manual de Gerenciamento Integrado**, Publicação IPT 2163, Edição corrigida, SP, p.172-192, Agosto, 1996.

4. BEGLEY, T. H., HOLLIFIELD, H. C. Food Packaging Made from Recycled Polymers: Funcional Barrier Considerations. ***Plastics, Rubber, and Paper Recycling: a Pragmatic Approach, American Chemical Society***, Washington, 1995.
5. Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) / Laboratório de Embalagem e Acondicionamento (LEA) – ***Revista Embalagem & Cia***, 107, p.34, 1997.
6. MANCINI, S.D.; ZANIN, M. e REMEDIO, M.V. Composição dos Plásticos presentes em resíduos Urbanos, ***Saneamento Ambiental***, n.67, Julho, 2000.
7. FORLIN, F. J. Considerações sobre a Reciclagem de Embalagens Plásticas, ***Polímeros: Ciência e Tecnologia***, v.12, n.1, p.1-10, 2002.
8. BERBEL, F., SANTANA, R.M.C., MANRICH, S., Avaliação da proporção em massa e do processo de limpeza de polipropileno pós-consumo da coleta seletiva da UFSCar, IX CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, Agosto, 2001.
9. Associação Brasileira de Normas Técnicas (NBR)– “NBR 13230 – Reciclabilidade e identificação de materiais plásticos.
10. SANTANA, R. M. C., MANRICH, S. Studies on Morphology and Mechanical Properties of PP/HIPS blends from Post-consumer Plastic Waste. ***Journal of Applied Polymer Science***, v.87, p.747-751, 2003.
11. SANTANA, R. M. C., MANRICH, S., Post Consumer High Impact Polystyrene in Five Reprocessing Steps. ***Progress in Rubber, Plastics and Recycling Technology***, v.18, n.2, 2002.
12. GRASSI, V.G.; M.M.C.FORTE; PIZZOL, M.F.D. Aspectos Morfológicos e Relação Estrutura- Propriedades de Poliestireno de Alto Impacto, ***Polímero: Ciência e Tecnologia***, v.11, n.3, p.158-168, 2001.

UNIVERSITY PLASTIC WASTE OF THE UFRGS CAMPUS: A CASE STUDY

ABSTRACT

The subject of this work is to obtain the composition of the university plastic waste (UPW) of the Federal University of Rio Grande do Sul-UFRGS, and to evaluate the purity and degradation rate of the polymer of higher weight proportion, through its physical, thermal and rheological properties. The UPW was collected via weekly

sampling. The material was washed, dried, milled, extruded and granulated to pellets form in different processing conditions. Statistical analysis have shown that the most consumed polymer by the university population is high impact polystyrene (HIPS) with 45 % in weight. It was also observed that more than 10 % of the packages from the UPW did not have an identification code. Results of physical, thermal and rheological analysis of post-consumer HIPS before and after reprocessing have shown it to be practically stable, and small variation of the flow index (1 to 3 %), was considered insignificant. On the other hand, thermal analysis have detected the presence of polypropylene.

Key-words: recycling, processing, plastic waste, HIPS, PP