

Reciclagem de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos na forma de blendas poliméricas

Recyclin of waste eletric and electronic equipment as polymeric blends

Denise Hirayama¹
Clodoaldo Saron^{2*}

Palavras-chave:

Reciclagem
Resíduos
Equipamentos
Elétricos e Eletrônicos
Blendas Poliméricas

Resumo:

O aumento no consumo de equipamentos elétricos e eletrônicos tem levado à formação, em grande escala, de um novo resíduo pós-consumo, oriundo destes equipamentos. A composição variada de materiais empregados na fabricação dos equipamentos elétricos e eletrônicos, dos quais muitos são tóxicos ou poluentes, representa riscos ao meio ambiente e impulsiona a criação de normas específicas de descarte e o desenvolvimento de pesquisas de reciclagem. Neste trabalho é feita uma revisão sobre tópicos relevantes a respeito da produção de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos, sobre normas vigentes para minimizar impactos ambientais gerados por estes resíduos e métodos de reciclagem de materiais poliméricos que compõem estes equipamentos. Embora a reciclagem mecânica dos polímeros constituintes de equipamentos elétricos e eletrônicos não se configura com um processo simples, estudos demonstram que há viabilidade técnica e econômica para a reciclagem, o que se reflete também em benefícios ambientais.

Abstract:

The increase in consumption of electrical and electronic equipment has led to the formation in large-scale of a new post-consumer waste, originating from such equipment. The varied composition of materials used in the manufacture of electrical and electronic equipment, many of which are toxic or polluting, poses risks to the environment and encourages the creation of specific rules for waste disposal and research and development of recycling. In this work, a review of relevant topics concerning the production of waste electrical and electronic equipment on existing standards to minimize environmental impacts caused by these waste and recycling methods for polymeric materials that comprise these systems. Although the mechanical recycling of polymer constituents of electrical and electronic equipment is not configured with a simple process, studies show that there are technical and economic feasibility for recycling, which is also reflected in environmental benefits.

Key words:

Recycling
Waste
Electric and
electronic equipment
Polymeric blends

*Doutoranda em Engenharia de Materiais da Escola de Engenharia de Lorena – PPGEM-EEL/USP.

*Docente do Mestrado Profissional em Materiais / MEMAT – UniFOA e da Escola de Engenharia de Lorena – EEL/USP

1. Introdução

O impacto ambiental causado por resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE) tem se tornado um problema cada vez mais relevante em virtude da quantidade de equipamentos produzidos e pelo conseqüente descarte destes.

Atualmente os principais fatores que provocam aumento do consumo de equipamentos elétricos e eletrônicos estão relacionados ao custo, à durabilidade e ao comportamento social. Em geral, o baixo preço de venda torna estes equipamentos acessíveis a todas as classes sociais, gerando uma quantidade expressiva de REEE. Houve mudanças também na relação produto-consumidor, a qual insere outras funções ao produto que passa a suprir uma satisfação pessoal, além das funções primárias a que é destinado. O avanço tecnológico verificado nas últimas décadas é outro fator que contribui muito para o descarte dos equipamentos eletrônicos, uma vez que equipamentos modernos se tornam obsoletos em poucos anos de uso com destinação precoce aos lixões. Como exemplo, um computador dura em média 5 anos e um telefone celular apenas 2 anos (FRANCO e LANGE, 2011).

Em 2005 no mundo foram gerados 20-50 milhões de toneladas de REEE e no Brasil em torno de 500.000 toneladas. Estimativas indicam tendência de aumento na quantidade de REEE, baseando-se em parâmetros calculados a partir da quantidade consumida nos últimos anos (ARAÚJO *et al.*, 2012). Os REEEs contêm uma fração considerável de polímeros, cerca de 20% em massa, estando abaixo apenas dos materiais metálicos. Assim, alternativas para a reciclagem de materiais poliméricos dos REEE merecem atenção devido ao risco ambiental causado pelos próprios polímeros e pela presença de aditivos que podem gerar outros tipos de poluentes (BABU; PARANDE; BASHA, 2007; TAURINO; POZZI; ZANASI, 2010)

Neste trabalho foram apresentadas as principais diretrizes de gerenciamento de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos, as dificuldades da reciclagem de seus componentes poliméricos e alternativas de reciclagem de REEEs por meio da produção de blendas poliméricas, descritas em estudos científicos publicados.

1.1. Regulamentações

Regulamentações relacionadas aos rejeitos de equipamentos elétricos eletrônicos difundem-se pelo mundo com o propósito de minimizar o problema ambiental causado por este tipo de resíduo.

Na Europa, as principais diretrizes para o gerenciamento de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos são:

- ROHS Directive 2002/95/EC, que proíbe a entrada no mercado europeu de novos produtos que tenham níveis inaceitáveis de chumbo, cádmio, mercúrio, retardantes de chama a base de bromo e outros (ONGONDO; WILLIAMS; CHERRETT, 2011).
- Direcitve 2002/96/EC, que previne a geração de REEE e promove o reuso, reciclagem e outras formas de recuperação e redução de resíduos, exigindo dos produtores e importadores que resgatem os produtos descartados pelo consumidor e garantam a sua eliminação por métodos ambientalmente corretos (FRANCO e LANGE, 2011; ONGONDO; WILLIAMS; CHERRETT, 2011).

Com base nestas normas, os países da comunidade europeia têm implementado as diretrizes e intensificando a difusão de informação quanto aos meios de reciclagem e ao perigo do descarte incorreto.

Outros países em desenvolvimento ou subdesenvolvidos têm iniciado seus projetos de normalização em relação aos REEE. Porém ainda barreiras políticas, financeiras e estruturais dificultam as implementações de medidas adequadas. Quando não existem legislações vigentes, as ações particulares de reciclagem com tecnologia inadequada ou a importação ilegal de REEE se tornam práticas comuns (ONGONDO; WILLIAMS; CHERRETT, 2011).

No Brasil, a lei de resíduos sólidos (12.305/2010) regulamenta o gerenciamento destes resíduos e atribui responsabilidade para os geradores e ao Estado. Dentre os objetivos da política de resíduos sólidos estão a minimização na geração de resíduos, reutilização,

reciclagem e disposição ambientalmente correta, visando a proteção à saúde pública e a qualidade ambiental. Estes objetivos serão alcançados com a estruturação da logística reversa, a qual os fabricantes, importadores, comerciantes e distribuidores ficam responsáveis de recolher os resíduos provenientes de seus equipamentos e promover a disposição destes resíduos (LEI N° 12.305, 2012) (Figura 01).

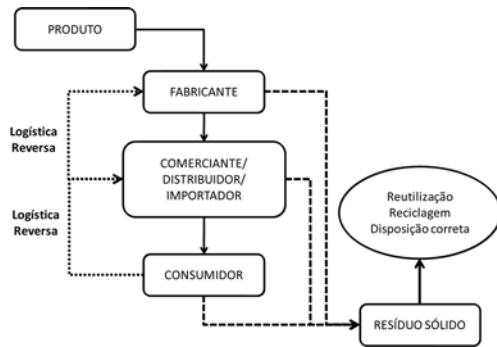


Figura 1. Estrutura da logística dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos.

Deste modo, com a implementação da logística reversa os fabricantes de equipamentos elétricos e eletrônicos teriam que buscar alternativas economicamente viáveis para descartar os resíduos de forma apropriada, apesar da diversidade e a complexidade dos componentes presentes em seus equipamentos.

1.2. Composição Reee

Os equipamentos elétricos e eletrônicos são compostos basicamente de vidro, metais, polímeros, além de substâncias tóxicas que representam um grande risco ao meio ambiente e a saúde da população como chumbo, mercúrio, cádmio que estão presentes em componentes específicos como placa de circuito impresso, baterias, sensores, lâmpadas e outros. Além dos problemas relacionados às substâncias tóxicas, deve-se levar em consideração a fração representativa de alguns materiais, por exem-

plo, os componentes poliméricos em REEEs, os quais representam cerca de 20% em massa (MENAD; BJÖRKMAN; ALLAIN, 1998; TAURINO; POZZI; ZANASI, 2010).

Os termoplásticos utilizados em equipamentos elétricos e eletrônicos são representados pelo poliestireno de alto impacto (HIPS), copolímero de acrilonitrila-butadieno-estireno (ABS), blenda de óxido de polifenileno (PPO) com poliestireno (PS), policarbonato (PC) e suas blends com o ABS (KASPER; BERNARDES; VEIT, 2011; SCHLUMMER, M. *et al.*, 2007; TAURINO; POZZI; ZANASI, 2010) A porcentagem de cada tipo de polímero presente em REEEs varia de acordo com o equipamento. Porém no Brasil nos equipamentos domésticos o ABS e HIPS dominam a composição (MONTEIRO *et al.*, 2007).

Estudos mostram que a estes polímeros são adicionados metais pesados como cádmio, cobre, cromo e antimônio, normalmente em quantidades aceitáveis. Contudo, a quantidade de bromo é alta, indicando a presença de retardante de chama, aditivo importante quando se trata de equipamentos elétricos. Os principais retardantes de chama são o tetrabromobisfenol A (TBBPA), éter decabromodifenol (DecaBDE), 1,2-bis-tribromophenoxyethan (TBPE) e polibromatado bisfenol (PBB) (SCHLUMMER, M. *et al.*, 2007; TAURINO; POZZI; ZANASI, 2010).

1.3. Reciclagem de Reee

A reciclagem visa inserir os resíduos no sistema produtivo novamente, de preferência mantendo as propriedades similares ao polímero original. Assim, para realizar a reciclagem de REEE, alguns procedimentos devem ser seguidos para garantir o melhor nível de qualidade dos produtos. Na reciclagem mecânica, o material é reprocessado e conformado seguindo as etapas da Figura 2.



Figura 2. Etapas de reciclagem de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos.

A identificação e separação são as etapas determinantes do processo. Devido à va-

riedade de polímeros utilizados para a confecção de equipamentos elétricos e eletrônicos, a

reciclagem pode se tornar cara ou ineficaz. O reprocessamento de uma mistura de polímeros com características diferentes promove a depreciação das propriedades térmicas e mecânicas. Conseqüentemente, o material resultante não terá o mesmo desempenho quando comparado à resina virgem e não poderá ser utilizado para as mesmas aplicações que tinha antes de ser reciclado.

Para preservar propriedades do material, deve ser feita uma identificação e uma separação eficientes. No Brasil, a etapa de identificação do polímero é dificultada principalmente pela falta de siglas ou números de identificação, apesar da existência a norma ABNT NBR-13230 que tem como propósito facilitar a triagem dos principais tipos de polímeros (PET, PE, PVC, PP, PS) para a reciclagem. Entretanto, cerca de 40% dos equipamentos elétricos eletrônicos não apresentam qualquer simbologia (VOGT *et al.*, 2006). Portanto, são necessárias técnicas como espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR), calorimetria exploratória diferencial (DSC), fluorescência de raio X (XRF) e espectroscopia Raman para a identificação dos componentes poliméricos e quantificação dos aditivos nocivos à saúde (ARNOLD *et al.*, 2010).

A etapa de moagem visa somente à redução de tamanho dos polímeros para facilitar as etapas posteriores. Na mistura e na conformação, forças de cisalhamento e o aquecimento são empregados na fabricação de um novo produto. A presença de contaminantes deve ser considerada, principalmente dos retardantes de chama baseados em bromo que são altamente tóxicos, pois podem formar dioxinas e gases furanos nas etapas que envolvem mudanças de temperatura (KASPER; BERNARDES; VEIT, 2011; SCHLUMMER, M. *et al.*, 2007).

Processos baseados em reações químicas podem ser alternativos para a reciclagem de REEE. Reações de hidrólise e pirólise promovem a decomposição dos polímeros em produtos nobres. Porém, consistem de várias etapas de reações com temperatura controlada, possuem catalisadores específicos para cada polímero e apresentam geração de gases poluentes (GRAUSE *et al.*, 2010; LONG *et al.*, 2010).

Já os sistemas de reciclagem mecânica podem ser implementados com facilidade em processamento de resinas já existentes. Ao po-

límico podem ser adicionados reforçantes e tenacificantes na etapa de mistura para melhorar as propriedades mecânicas. Outra maneira de melhorar a qualidade dos materiais é por meio da mistura e compatibilização de dois ou mais polímeros que podem apresentar propriedades finais melhores do que dos seus polímeros puros, em um efeito de sinergia.

1.4. Blendas /Compatibilizantes

A mistura física de dois polímeros pode formar blendas miscíveis e imiscíveis. No entanto, a maioria dos pares poliméricos não é miscível. No Brasil, as principais blendas poliméricas fabricadas e comercializadas são ABS/PC, PBT/PC, PPO/HIPS, e outros (SIMIELLI, 1993). Com o uso de modificadores e aditivos, a blenda pode se tornar compatível, ou seja, a mistura com outro polímero pode reduzir o custo, melhorar a processabilidade e promover sua tenacificação (BALART *et al.*, 2005).

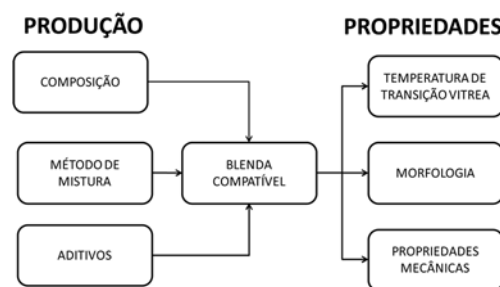


Figura 3. Relação da produção de blendas com as propriedades finais.

As propriedades finais (Figura 3) das blendas são influenciadas diretamente pelos métodos de produção. A temperatura de transição vítrea (T_g) pode ser um indicativo de uma escolha de polímeros com características similares, ou seja, uma blenda com melhor miscibilidade. Uma blenda com dois valores de T_g demonstra que a mistura é parcialmente miscível ou imiscível. A escolha do par polimérico determina esta interação. Estudos mostram a associação deste parâmetro térmico com a miscibilidade da blenda. Normalmente a baixa interação dos pares poliméricos se reflete em blendas de polímeros reciclados (HALE; KESKKUKA; PAUL, 1999; KASPER; BERNARDES; VEIT, 2011).

A microestrutura da blenda exerce influência sobre as propriedades macroscópicas.

Assim, a relação entre as fases da blenda define as principais características do material. Termos como matriz e domínios são empregados frequentemente no estudo morfológico de blendas. A matriz representa o polímero em maior quantidade e que controla as propriedades do material, enquanto que o polímero em menor quantidade forma os domínios, normalmente esféricos.

A determinação das propriedades mecânicas do material depende do tamanho e formato dos domínios. Grandes domínios ou fases co-continuas implicam em péssimas propriedades, enquanto que estruturas com pequenos domínios e uma boa dispersão demonstram bom desempenho de propriedades mecânicas. O formato dos domínios depende das forças de cisalhamento e da velocidade de separação das fases empregadas nos processos de mistura. Existe um equilíbrio entre a partição e a coalescência dos domínios. Quando não existe nenhum agente que bloqueia a aglomeração dos domínios, o tempo de processamento pode definir o tamanho de partículas (HALE; KESKKUKA; PAUL, 1999).

Nas blendas de HIPS/ABS de material reciclado foi observado que o processo de extrusão e injeção garante domínios de fase dispersa menores e melhor desempenho mecânico. No entanto, o processamento do material em câmara de mistura, associado com compressão conduz à formação de fases co-continuas (ARNOLD et al., 2010). Para a blenda PBT/ABS foi observado que o tamanho de partícula é dependente do tipo de rosca utilizada na extrusão. As blendas produzidas a partir de resinas virgens e com compatibilizantes em extrusora monorosca apresentam tamanho de domínios maiores do que quando o processamento é feito em extrusora de dupla rosca (HALE; KESKKUKA; PAUL, 1999).

Os aditivos, dependendo da quantidade, podem diminuir a compatibilidade das blendas. Retardantes de chama à base de bromo, presentes na maioria dos equipamentos elétricos e eletrônicos, provocam diminuição de resistência mecânica em blendas de ABS/PC, apesar da adição de compatibilizante. Portanto, a reciclagem de blendas com altos teores de retardantes de chama representa um desafio para promover a melhor performance do sistema (CHIANG e TZENG, 1997).

Outro ponto importante no estudo de blendas é a região de interação entre os dois polímeros, pois esta pode determinar a resistência do material. Quando entre os polímeros tem-se uma região de interação muito fina, através dela a propagação de trinca é mais intensa. Por outro lado, se existe uma mudança gradativa de composição de um polímero para o outro, este material tem valores superiores de resistência ao impacto, devido a uma região de transição mais tenaz. Esta região pode ser alterada por compatibilizantes. (Figura 4)

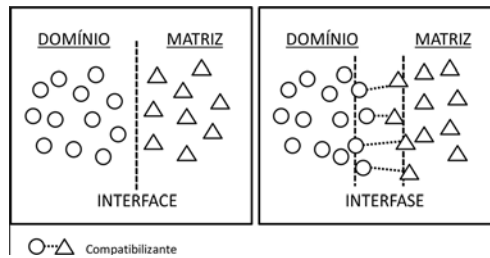


Figura 4. Esquema de morfologia de blendas.

Os compatibilizantes são normalmente copolímeros de blocos ou enxertados ou espécies reativas que são concentradas na interface e agem como emulsificantes (CHIANG e TZENG, 1997). Os copolímeros fortalecem a interfase, reduzem a tensão entre as fases e introduzem um mecanismo de estabilização estérico que retarda a coalescência dos domínios, levando a uma fina e mais estável morfologia de fase (WILDES et al, 1999).

A eficiência dos compatibilizantes depende da escolha apropriada dos copolímeros de blocos ou enxerto que se localiza entre as fases dominantes na blenda. Na Figura 4 pode-se observar que os círculos (polímero A) representam a fase do domínio e os triângulos (polímero B), a fase da matriz. Quando não existem compatibilizantes, a zona de separação entre elas é fina (interface). No entanto, quando o compatibilizante é adequado, uma região de transição é formada (interfase).

As blendas são compatíveis quando apresentam regiões de transição largas que promovem aumento na resistência mecânica do material, enquanto em blendas incompatíveis a resistência é baixa devido à fase de separação ser fina. Porém, para certos pares de polímeros, este sistema não é tão simples. Em blendas de PC/ABS ou PBT/ABS, a matriz é constituída de PC ou PBT e domínios de ABS. Dentro destes domínios de ABS, formam-se outros domínios

de fase dispersa. Deve-se garantir que o copolímero interaja na interfase e que seja solúvel somente nos domínios de estireno-acrilonitrila e que este não interfira no processamento do material (HALE; KESKKUKA; PAUL, 1999; WILDES et al, 1999).

Os estudos da compatibilidade da blendas são direcionados para cada par de polímeros. A Tabela 1 apresenta algumas blendas com os respectivos compatibilizantes analisados.

Tabela 1. Blendas e seus compatibilizantes estudados.

Blenda	Compatibilizantes
ABS/PC	SAN ^a , MBS ^b , EVA ^c , SMA ^d
PBT/PC	GMA ^e , MGE ^f
ABS/HIPS	SBS ^g

^aSAN - copolímero estireno-acrilonitrila (WILDES et al, 1999); ^bMBS - copolímero metacrilato-butadieno-estireno (CHIANG e TZENG, 1997); ^cEVA – copolímero acetato de vinila-etileno (CHIANG e TZENG, 1997); ^dSMA – estireno-anidrido maléico (CHIANG e TZENG, 1997); ^eGMA - metacrilato de glicidil (HALE; KESKKUKA; PAUL, 1999); ^fMGE - metil-glicidil-etil metacrilato (HALE; KESKKUKA; PAUL, 1999); ^gSBS - copolímero tribloco estireno-butadieno (FOCKE *et al.*, 2009).

Assim, a reciclagem via produção de blendas deve estar associada a estudos das características do par polimérico e suas possíveis alterações químicas ocorridas durante o uso, dos aditivos presentes no resíduo que podem

inviabilizar a compatibilização dos polímeros e dos métodos que proporcionem diminuições no tamanho dos domínios e conseqüentemente melhores propriedades mecânicas.

2. Discussão

A reciclagem é um processo necessário à medida que surgem problemas relacionados ao descarte de resíduos. Portanto, o aumento no consumo de equipamentos elétricos e eletrônicos leva à exigência de normatização e de pesquisas relacionadas aos processos de reaproveitamento. No Brasil, o retardo na criação da lei de resíduos sólidos quando comparado a outros países, promoveu uma mudança tardia de comportamento e conseqüentemente um aumento na quantidade de resíduos passivos. Contudo, a lei visa uma re-educação de consumo e a valorização dos resíduos ao estabelecer como prioridade a diminuição e reaproveitamento de resíduos, e como última alternativa a disposição em aterros e a recuperação energética.

Para garantir o sucesso da normatização de resíduos, alguns pontos devem ser enfatizados. Incentivos financeiros às pesquisas e as ações privadas relacionadas à reciclagem devem ser incluídos nos planos de gerenciamento. A fiscalização e os dados da geração de resíduos devem estar atualizados para impedir importações ilegais de resíduos de outros países. A conscientização da população sobre sistema de logística reversa e dos riscos

presentes nos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos pode ser direcionada também para o ensino escolar.

Porém, para determinados tipos de materiais que compõem os resíduos de equipamentos, medidas específicas devem ser adotadas. No caso dos polímeros, deve ser cobrado dos fabricantes de equipamentos elétricos e eletrônicos, uma identificação eficiente para facilitar a triagem deste material e a diminuição ou troca de substâncias tóxicas em REEE.

Considerando que ocorram falhas na etapa de triagem, alternativas como a produção de blendas devem ser aprimoradas. A blenda produzida por meio de métodos mecânicos de reciclagem seria a alternativa mais viável. A adição de compatibilizantes com o auxílio de reforçantes poderia elevar a qualidade de produto reciclado.

Os conceitos relacionados com blendas virgens podem ser utilizados em polímeros reciclados. Porém, a presença de aditivos, contaminantes e a própria degradação do polímero influencia nos resultados do material final. Assim, para se obter um produto com propriedades mecânicas aceitáveis, é importante a escolha correta do compatibilizante e uma separação mínima dos polímeros de interesse.

3. Conclusão

O desenvolvimento de tecnologia para a reciclagem de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos é essencial para cumprir as normas vigentes e para garantir a diminuição de resíduos descartados no meio ambiente de forma inadequada. Os fabricantes terão que ser capazes de reciclar os produtos ou ter à disposição, empresas terceirizadas com suporte para realizar este procedimento de forma ecológica. A reciclagem mecânica de blendas poliméricas reforçadas demonstra ser a maneira mais viável de alcançar produtos com melhores propriedades. Porém a mistura polimérica e as características dos resíduos pós-consumo devem ser consideradas na escolha dos aditivos.

4. Referências Bibliográficas

1. ARAÚJO, M. G. et al. A model for estimation of potential generation of waste electrical and electronic equipment in Brazil. **Waste Management**, v. 32, p. 335-342, 2012.
2. ARNOLD, J. C. et al. The use of FTIR mapping to assess phase distribution in mixed and recycled WEEE plastics. **Polymer Testing**, v. 29, p. 459-470, 2010.
3. BABU, B. R.; PARANDE, A. K.; BASHA, C.A. Electrical and electronic waste: a global environmental problem. **Waste Management & Research**, v. 25, p. 307-318, 2007.
4. BALART, R. et al. Recycling of ABS and PC from electrical and electronic waste. Effect of miscibility and previous degradation on final performance of industrial blends. **European Polymer Journal**, v. 41, p. 2150- 2160, 2005.
5. CHIANG, W. Y.; TZENG, G. L. Effect of the compatibilizers on flame-retardant polycarbonate (PC)/ Acrylonitrile-butadiene styrene (ABS) alloy. **Journal of Application Polymer Science**, v. 65, p. 795-805, 1997.
6. FOCKE, W.W. et al, Mechanical Properties of Ternary Blends of ABS+HIPS+PETG. **Polymer-Plastics Technology and Engineering**, v. 48, p. 814-820, 2009.
7. FRANCO, R. G. F.; LANGE, L.C. Estimativa do fluxo dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos no município de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 16, p.73-82, 2011.
8. GRAUSE, G. et al. High-value products from the catalytic hydrolysis of polycarbonate waste. **Polymer Journal**, v.42, p. 438-442, 2010.
9. HALE, W.; KESKKUKA, H.; PAUL, D. R. Compatibilization of PBT/ABS blends by methyl methacrylate-glycidyl methacrylate-ethyl acrylate terpolymers. **Polymer**, v.40, p. 365-377, 1999.
10. KASPER, A. C.; BERNARDES, A. M.; VEIT, H. M. Characterization and recovery of polymer from mobile phone scrap. **Waste Management & Research**, v. 29(7), p. 714-726, 2011.
11. LEI Nº 12.305, **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Disponível na Internet via WWW. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Arquivo capturado em 09 de março de 2012.
12. LONG, L. et al. Using vacuum pyrolysis and mechanical processing for recycling waste printed circuit boards. **Journal of Hazardous Materials**, v. 177, p. 626-632, 2010.
13. MENAD, N.; BJÖRKMAN, B.; ALLAIN, E.G. Combustion of plastics contained in electric and electronic scrap. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 24, p. 65-85, 1998.

14. MONTEIRO, M. R. et al. Reciclagem de sucatas eletrônicos – Parte I: Caracterização de Componentes poliméricos presentes em equipamentos de informática. In Congresso Brasileiro de Polímeros, 9, 2007. **Anais do 9º Congresso Brasileiro de Polímeros**, Campina Grande: Associação Brasileira de Polímeros, 2007.
15. ONGONDO, F. O.; WILLIAMS, I. D.; CHERRETT, T. J. How are WEEE doing? A global review of the management of electrical and electronic wastes. **Waste Management**, v. 31, p. 714-730, 2011.
16. SCHLUMMER, M. et AL. Charaterisation of polymer fractions from waste electrical and electronic equipment (WEEE) and implications for waste management. **Chemosphere**, v. 67, p. 1866-1876, 2007.
17. SIMIELLI, E. R. Principais blendas polimérica fabricadas no Brasil. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v.1, p.45-49, 1993.
18. TAURINO, R.; POZZI, P.; ZANASI, T. Facile characterization of polymer fractions from waste electrical and electronic equipment (WEEE) for mechanical recycling. **Waste Management**, v. 30, p. 2601-2607, 2010.
19. VOGT, F. et al. Resíduos plásticos universitários: Um estudo de caso para o campos da UFRGS. In Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, 17, 2006. **Resumos do 17º CBECIMat**, Foz do Iguaçu: Metallum, 2006.
20. WILDES, G. S. et al. Synthesis and characterization of an amine-functional SAN for the compatibization of PC/ ABS blends. **Polymer**, v.40, p. 3069-3082, 1999.

Endereço para Correspondência:

Clodoaldo Saron

saron@demar.eel.usp.br