

A Importância das Propriedades Físicas dos Polímeros na



Sandra Mara M. Franchetti e José Carlos Marconato

Neste artigo propõe-se um método alternativo de ensino de propriedades físicas de polímeros, visando a reciclagem: a diferença de densidades de vários polímeros permite a separação de diferentes materiais plásticos empregados no dia-a-dia.

► polímeros, ensino alternativo, propriedades físicas ◀

Recebido em 1/4/02, aceito em 6/3/03

42

Plásticos são constituídos de grandes moléculas (macromoléculas) chamadas polímeros que, dependendo de sua composição (unidades formadoras ou monômeros), apresentarão propriedades físicas e químicas diferentes (Mano, 1985). A partir de reações envolvendo substâncias químicas menores (monômeros), sob determinadas condições, são produzidos polímeros, cujas estruturas dependem do método de polimerização empregado. As reações de polimerização mais importantes são: adição e condensação. A polimerização por adição produz uma macromolécula com repetidas unidades monoméricas; por exemplo, monômeros de etileno produzem o polímero polietileno e monômeros de cloreto de vinila produzem o poli(cloreto de vinila) - PVC. Outros exemplos: poliestireno, poli(metacrilato de metila), politetrafluoretileno e poliácridonitrila. Na polimerização por condensação, dois monômeros com grupos funcionais diferentes combinam-se e formam um dímero, que por sua vez reage com um dos monômeros, forman-

A reciclagem dos plásticos é viável do ponto de vista econômico e da preservação do meio ambiente. Os plásticos mais utilizados no mundo são o PVC, o polietileno e o PET

do o trímero e assim por diante, fazendo a cadeia polimérica crescer. Exemplos: poliésteres, policarbonato, náilon 66 e poliuretanas (Billmeyer Jr., 1984).

As estruturas químicas e a massa molar do polímero determinam suas propriedades físico-químicas (Mano, 1985). Propriedades como resistência à chama, cristalinidade, estabilidade térmica, resistência à ação química e propriedades mecânicas determinam a utilidade do polímero (sítio *Macrogalleria*).

Os materiais plásticos são cada vez mais utilizados no cotidiano, sendo que, em geral, sua incineração causa danos ao meio ambiente (Huang, 1995; Amass *et al.*, 1998). Os plásticos mais utilizados no mundo são o PVC, o polietileno e o PET (Anon, 1997).

A reciclagem dos plásticos é viável do ponto de vista econômico e da preservação do meio ambiente (Anon, 1997; sítio *San Diego Plastics*). A seguir, são descritos os tipos mais comuns de reciclagem.

Reciclagem primária

Reaproveitamento de peças defei-

tuosas, aparas, rebarbas das linhas de produção da própria fábrica.

Reciclagem secundária ou mecânica

Transformação dos resíduos plásticos descartados, em grânulos que podem ser reutilizados na produção de outros materiais, como: pisos, conduítes, sacos de lixo, solados, mangueiras, componentes de carros, fibras etc.

Reciclagem terciária ou química

Reprocessamento de plásticos descartados, convertendo-os em monômeros e misturas de hidrocarbonetos, que poderão ser reutilizados como produtos químicos em refinarias ou centrais petroquímicas. Este tipo de reciclagem permite também tratar misturas de plásticos, reduzindo custos de pré-tratamento, de coleta e seleção, além de permitir a produção de plásticos novos com a mesma qualidade de um polímero original.

Reciclagem quaternária ou energética

Recuperação de energia através do tratamento térmico aplicado aos resíduos plásticos. Distingue-se da simples incineração, pois utiliza os resíduos plásticos como combustível na geração de energia elétrica. A energia contida em 1 kg de plásticos é equivalente à contida em 1 kg de óleo combustível (Anon, 1997, sítio *Plastivida*). Com a reciclagem de plásticos, pode-se economizar até 88% de energia elétrica, quando comparada com a

A seção "Experimentação no ensino de Química" descreve experimentos cuja implementação e interpretação contribuem para a construção de conceitos científicos por parte dos alunos. Os materiais e reagentes usados são facilmente encontráveis, permitindo a realização dos experimentos em qualquer escola. Neste número a seção apresenta quatro artigos.

produção a partir de derivados de petróleo (sítios *Sucatas e Cempre*).

A reciclagem pode ser empregada desde que se faça uma coleta seletiva do lixo, separando e identificando os diferentes materiais plásticos descartados. Essa separação torna-se possível empregando-se uma das propriedades físicas do plástico: a densidade. A diferença de densidade entre os diferentes polímeros é importante na separação mecânica e reciclagem dos plásticos (sítio *MAST*).

No Brasil, a reciclagem tem crescido 15% ao ano. A produção anual brasileira de plásticos é de cerca de 2,2 milhões de toneladas, das quais 40% destinam-se à indústria de embalagens (Canto, 1999). Os EUA produzem cerca de 50 milhões de toneladas de plásticos por ano, sendo um terço desse material usado na indústria de capas, malas, embalagens, recipientes e bandejas descartáveis (Yabannavar e Bartha, 1994). Estima-se que cada brasileiro descarta 10 kg de lixo plástico por ano, cada norte-americano 70 kg e cada europeu 38 quilogramaskg (Canto, 1999). Um dos problemas do lixo plástico é a grande variedade de tipos de plásticos (sítio *Polilix*). A composição do lixo plástico, nos lixões municipais, varia conforme a região, mas pode-se considerar a distribuição percentual média, conforme mostrada na Figura 1.

Considerando que, atualmente, a massa de plástico descartado, isto é, 6% a 11% do lixo total, não é tão significativa, o volume correspondente é bastante significativo, em relação ao espaço total dos lixões municipais. A Figura 2 apresenta a distribuição percentual, em massa, dos diferentes plásticos descartados nos lixões, tendo por base levantamento feito no município de Araraquara - SP.

Para facilitar a separação em usinas de reciclagem, muitos materiais plásticos trazem uma marcação de identificação (Figura 3) (Anon, 1997).

Essa simbologia é empregada no Brasil e em outros países, com exceção da Alemanha, onde a numeração vai de um a oito, sendo que o número 7 corresponde à resina ABS (acrilonitrila-butadieno-estireno). Essa simbologia permite uma melhor separação

dos materiais plásticos nas usinas de triagem (sítio *Macrogalleria*):

1 - PET – poli(tereftalato de etileno) – garrafas de refrigerantes, água, vinagre, detergentes.

2 - HDPE (PEAD) – polietileno de alta densidade – recipientes de detergentes, amaciantes, branqueadores, capas, condicionadores, xampus, óleos de motor.

3 - PVC – cloreto de poli(vinila) – pipas, cortinas de banheiros, bandejas de refeições, capas, assalhos, forros.

4 - LDPE (PEBD) – polietileno de baixa densidade – filmes, sacolas de supermercado, embalagens de lanches.

5 - PP – polipropileno – recipientes para guardar alimentos (*Tupperware*), carpetes, embalagens de pudins, de iogurtes e de água mineral.

6 - PS – poliestireno – copos de água e de café, protetor de embalagens (isopor), protetor de cartuchos de impressora.

7 - Outros: PC, PU, ABS – policarbonato, poliuretano e acrilonitrila-butadieno-estireno. O PC é utilizado na fabricação de mamadeiras, coberturas de residências, lentes de óculos, escudo protetor contra balas; o PU é empregado em solados, saltos de calçados, batenetes, rodas, pára-choques; e o ABS é usado em maçanetas, carcaças de aparelhos, tubulações de produtos químicos corrosivos (Anon, 1997; sítios *Zanini e Kukababy*).

Os diferentes polímeros (plásticos), para serem reciclados, isto é, processados, devem ser amolecidos a altas temperaturas, separadamente. A separação, portanto, é a primeira etapa do processo de reciclagem e

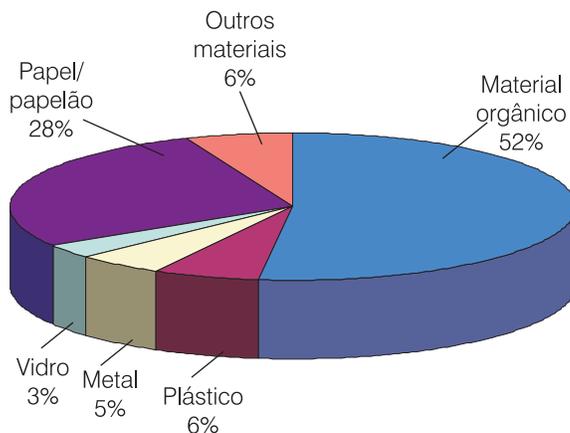


Figura 1: Composição média percentual, em massa, do lixo urbano no Brasil. (Anon, 1997).

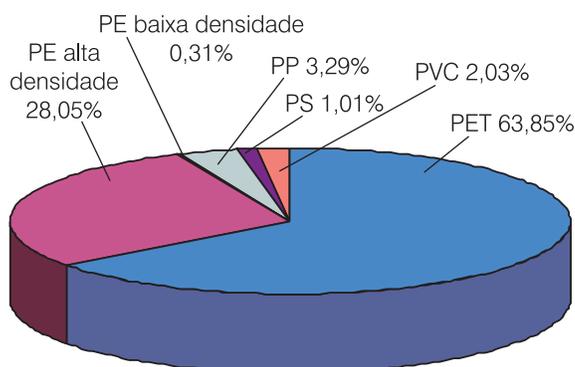


Figura 2: Composição percentual, em massa, de plásticos presentes no sólido urbano do lixo processado pela Usina de Compostagem do município de Araraquara - SP (Mancini, 1996).

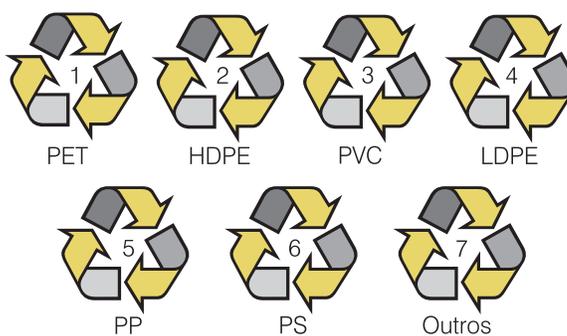


Figura 3: Simbologia empregada pelas empresas produtoras de embalagens plásticas para diferenciar os vários tipos de plásticos utilizados (Anônimo, 1997).

deve utilizar diferentes propriedades físicas dos polímeros, isto é, densidade, condutividade térmica, temperatura de amolecimento etc (sítio *San Diego Plastics*). Os polímeros *termofixos* ou *termorrígidos* (como a baquelite, usada nos cabos de painéis, tomada e interruptores, e a resina alquídica, usada na pinturas de

automóveis, geladeiras e fogões) não podem ser reciclados, pois não podem ser derretidos e remodelados por aquecimento (Canto, 1999).

A densidade é um dos métodos mais simples e prático de separação e identificação dos diferentes polímeros plásticos (sítio MAST). A Tabela 1 apresenta as densidades de alguns dos plásticos mais comumente empregados:

A atividade aqui apresentada está subdividida em duas partes.

Parte A

Objetivos

- Familiarizar o aluno com os diferentes materiais plásticos e códigos de reciclagem;
- Reconhecer e diferenciar aspectos e propriedades dos plásticos mais empregados;
- Comparar diferentes plásticos pelo método da flutuação em soluções de diferentes densidades.

Material e reagentes

• Amostras dos plásticos: PET, PEAD, PEBD, PVC, PP, PS (rígido) e PS (espuma).

• Soluções de etanol/água, em % v/v, de várias densidades:

1. 52% etanol 0,911 g/cm³
2. 38% etanol 0,9408 g/cm³
3. 24% etanol 0,9549 g/cm³

• Soluções de CaCl₂, em água, em % m/v, de várias densidades:

4. 6% CaCl₂ 1,0505 g/cm³
5. 32% CaCl₂ 1,3059 g/cm³
6. 40% CaCl₂ 1,3982 g/cm³

- Béqueres de 50 mL
- Pinças metálicas

Obs: O CaCl₂ é um sal barato (atualmente, R\$ 3,50/kg) e facilmente encontrado em casas de produtos químicos.

Experimental

Realize as seguintes atividades:

1. Manuseie diferentes recipientes plásticos, observando o código de reciclagem no fundo de cada um.
2. Observe e manuseie várias amostras dos diferentes plásticos dispostas em placas de Petri com o código de reciclagem marcado.

3. Verifique sua rigidez ou flexibilidade (flexione a amostra).

4. Verifique sua superfície (rugosa ou lisa) e cor.

5. Anote essas propriedades em uma tabela.

6. Coloque 50 mL de cada solução de álcool e

cloreto de cálcio de diferentes densidades em béqueres de 150 mL (6 soluções).

7. Disponha as 6 soluções em ordem crescente de densidade (béqueres de 1 a 6).

8. Coloque uma amostra de plástico na solução alcoólica de menor densidade (béquer 1).

9. Verifique se flutua ou afunda e anote.

10. Se afundar, coloque a mesma amostra do plástico na solução de maior densidade (béquer 2).

11. Se necessário, coloque a amostra no béquer 3 e assim por diante.

12. Anote a faixa de densidades correspondentes.

13. Repita o procedimento para cada amostra de plástico e coloque o resultado em uma tabela.

Parte B

Objetivos

Testar as propriedades térmicas dos copos descartáveis (de plástico e de papel).

Material

- 1 copo de PS (sólido)
- 1 copo de PS (espuma)
- 1 copo de papel
- Água quente
- Balança
- Termômetro de 0 °C a 100 °C

Experimental

Realize as seguintes atividades:

1. Manuseie os diferentes copos descartáveis: PS (sólido), PS (espuma) e o copo de papel.
2. Coloque água quente (cerca de 60 °C) até a metade de cada copo diferente.

Tabela 1: Densidade de alguns polímeros (sítio MAST).

Polímeros	Densidade / (g/cm ³)
Poli(tereftalato de etileno) PET	1,29-1,40
Poli(etileno) de alta densidade - PEAD	0,952-0,965
Poli(cloreto de vinila) PVC (rígido)	1,30-1,58
Poli(cloreto de vinila) PVC (flexível)	1,16-1,35
Poli(etileno) de baixa densidade - PEBD	0,917-0,940
Polipropileno (PP)	0,900-0,910
Poliestireno (PS) (sólido)	1,04-1,05
Poliestireno (PS) (espuma)	Menor que 1,00

3. Segure um a um.
4. Anote o que ocorre.
5. Meça a massa de cada um.
6. Anote e compare.
7. Compare o custo de cada um.

Discussão

1. Qual copo escolheria para tomar um chocolate quente?
2. Qual escolheria para tomar água?
3. Qual escolheria se pensasse somente no preço?
4. Qual escolheria se pensasse no descarte final no meio ambiente?
5. Procure pesquisar na comunidade se os copos descartados são reciclados.

Conclusões

Este experimento aborda a utilidade geral dos plásticos, suas propriedades, sua viabilidade econômica, os problemas com seu descarte e sua reutilização (reciclagem). O emprego de uma propriedade física do polímero, no caso, a densidade, para identificar e separar os diferentes materiais plásticos, aproxima o tema polímeros do cotidiano dos alunos, despertando um grande interesse pela ciência e sua aplicação.

Os alunos passam a prestar mais atenção ao uso dos plásticos, em geral, ao seu descarte e à preservação do meio ambiente.

Sandra Mara M. Franchetti (samaramf@rc.unesp.br), licenciada e bacharel em Química pelo Instituto de Química da Unesp, em Araraquara – SP, e doutora em Ciências (Físico Química) pela Unicamp, é docente do Departamento de Bioquímica e Microbiologia do Instituto de Biociências da Unesp (DBM/IB-Unesp), em Rio Claro - SP. **José Carlos Marconato** (marconat@rc.unesp.br), bacharel e mestre em Química e doutor em Ciências (Físico-Química) pela UFSCar, é docente do DBM/IB-Unesp.

Referências bibliográficas

AMASS, W.; AMASS, A.E. e TIGHE, B. A review of biodegradable polymers: uses, current developments in the synthesis and characterization of biodegradable polyesters, blends of biodegradable polymer and recent advances in biodegradation studies. *Polymer International*, v. 47, p. 89-144, 1998.

ANON, M.C. Curso básico intensivo de plásticos (C.B.I.P.). *Jornal de Plásticos*. Niterói, 1997.

BILLMEYER JR., F.W. *Textbook of polymer science*. 3ª ed. Nova Iorque: John Wiley & Sons, 1984. p. 11.

CANTO, E.L. *Plástico: bem supérfluo ou mal necessário?* São Paulo: Editora Moderna, 1999.

HUANG, S.J. Polymer waste management - biodegradation, incineration and recycling. *J.M.S. - Pure Appl. Chem.*, v. 32, p. 593-597, 1995.

MANCINI, S. D. *Dissertação de Mes-*

trado, Universidade Federal de São Carlos, Brasil, 1996.

MANO, E.B. *Introdução aos polímeros*. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1985.

MARCONATO, J.C. e FRANCHETTI, S.M.M. Decomposição térmica do PVC e detecção do HCl utilizando um indicador ácido-base natural. *Química Nova na Escola*, n. 14, 40-42, 2001.

YABANNAVAR, A.V. e BARTHA, R. Methods for assessment of biodegradability of plastics films in soil. *Applied Environmental Microbiology*, v. 60, p. 3608-3614, 1994.

WAN, E.; GALEMBECK, E; e GALEMBECK, F. Polímeros sintéticos. *Química Nova na Escola*, Cadernos Temáticos, n. 2, 5-8, 2001.

Na Internet

Abiplast: <http://www.abiplast.org>

Cempre: <http://www.cempre.org.br>

Kukababy: <http://www.kukababy.com.br/mamad.htm>

Macrogalleria: <http://www.psrc.usm.edu/macrog>

MAST- Material, Science and Technology-University of Illinois EUA: <http://matse1.mse.uiuc.edu/~tw/polymers/h.html>

Plastivida: <http://www.plastivida.org.br>

Polilix: <http://www.plilix.com.br>

San Diego Plastics: <http://www.sdplastics.com>

Sucatas: <http://sucatas.com>

Zanini: <http://zaninihospitalar.com.br/Mamadeiras.htm>

Para saber mais

SANTA MARIA, L.C. de; LEITE, M.C.A.M.; AGUIAR, M.R.M.P. de; OLIVEIRA, R.O. de; ARCANJO, M.E. e CARVALHO, E.L. de. Coleta seletiva e separação de plásticos. *Química Nova na Escola*, n. 17, p. 32-35, 2003.

Abstract: *The Importance of the Physical Properties of Polymers in Recycling* - In this paper, with the goal of recycling, an alternative method for teaching the physical properties of polymers is proposed: the difference between the densities of various polymers allows the separation of different plastic materials daily used.

Keywords: polymers, alternative teaching, physical properties

Evento



Departamento de Química - DEQ

Universidade Federal de Viçosa - UFV



3º Encontro Mineiro de Ensino de Química

Realizado na Universidade Federal de Viçosa, nos dias 16, 17 e 18 de outubro de 2003, o 3º EMEQ contou com a participação de aproximadamente 530 congressistas inscritos e com a apresentação de 91 trabalhos exclusivamente na área de Ensino de Química. Graças ao expressivo apoio da Sociedade Brasileira de Química - por meio de sua Divisão de Ensino de Química, em conjunção com a Vitae e o CNPq, da SBQ - Regional Viçosa, da Associação Brasileira de Química - Regional MG, do Conselho Regional de Química - MG, da Fapemig e da Universidade Federal de Viçosa, foi possível promover um evento da mais alta qualidade, com a presença de diversas pessoas da mais reconhecida qualificação na área de Educação em Química, do Estado de Minas Gerais e de outros estados.

Ao longo do evento, os congressistas puderam participar de doze mini-cursos com os mais diversos temas ligados ao Ensino de Química, exposição de painéis, duas sessões coordenadas, três conferências e uma mesa redonda. Dando seqüência aos dois primeiros EMEQs, ocorridos em Patos de Minas (FEPAM) em 1999 e 2001, o evento pode, sem dúvida, ser classificado como um sucesso, tendo assegurado, desta maneira, a continuação desta feliz iniciativa do prof. Valdir Peres, já tendo ficado estabelecido que os próximos acontecerão em Três Corações (UNICOR) e em São João Del Rei (UFSJ), em 2005 e 2007, respectivamente.

(Per Christian Braathen - UFV)