



PLÁSTICOS BIODEGRADÁVEIS

Ilidia da Ascensão Garrido Martins Juras

Consultora Legislativa da Área XI

Meio Ambiente e Direito Ambiental, Organização Territorial, Desenvolvimento Urbano e Regional

ESTUDO

JULHO/2013



Câmara dos Deputados
Praça dos Três Poderes
Consultoria Legislativa
Anexo III - Térreo
Brasília - DF



SUMÁRIO

Introdução	3
Degradação e Biodegradação	3
Tipos de plásticos quanto à biodegradação	5
O mercado de bioplásticos	9
Incentivos para pesquisa e desenvolvimento.....	10
Conclusões	10
Referências	11

© 2013 Câmara dos Deputados.

Todos os direitos reservados. Este trabalho poderá ser reproduzido ou transmitido na íntegra, desde que citados(as) o(a) autor(a) e a Consultoria Legislativa da Câmara dos Deputados. São vedadas a venda, a reprodução parcial e a tradução, sem autorização prévia por escrito da Câmara dos Deputados.

Este trabalho é de inteira responsabilidade de seu(sua) autor(a), não representando necessariamente a opinião da Câmara dos Deputados.

PLÁSTICOS BIODEGRADÁVEIS

Ilidia da Ascensão Garrido Martins Juras

INTRODUÇÃO

Os polímeros vêm substituindo gradualmente os materiais convencionais em quase todos os setores da economia, não só por seu baixo custo, mas também em consequência do desenvolvimento contínuo de sua funcionalidade. Até meados da década de 1950, o papel e o papelão eram os materiais predominantes para o acondicionamento de produtos sólidos, enquanto latas e vidros eram os preferidos para acondicionar produtos líquidos (SCOTT, 1981, p. 1). O autor acrescenta que, na época, o único plástico usado em embalagens era o celofane, o qual, todavia, devido ao seu alto custo, não podia competir com o papel.

As propriedades físicas e químicas dos plásticos conferem-lhes inúmeras vantagens em relação a outros materiais. Do caráter químico inerte dos plásticos, advem sua vantagem sobre os metais para acondicionar líquidos com propriedades corrosivas. Outras características como custo, baixa temperatura de amolecimento, podendo ser facilmente moldado, excelente impermeabilidade à água, flexibilidade suficiente para permitir deformação sob pressão e boa resistência química à temperatura ambiente, fizeram com que o polietileno de baixa densidade (LDPE) fosse considerado o polímero que preenche, quase idealmente, os requisitos necessários aos recipientes destinados aos detergentes líquidos (SCOTT, 1981, p. 1).

Durante muito tempo, não foi dada a devida atenção aos problemas ambientais do descarte das embalagens de plástico, que tinham o destino usual do lixo doméstico, isto é, os aterros sanitários. Percebeu-se, contudo, que, os plásticos em geral, não apenas permanecem muito tempo no ambiente, como ainda conservam suas propriedades físicas por muitos anos; embalagens de LDPE, por exemplo, submetidas a intempéries durante muitos anos continuam intactas, sem sinais de desagregação. As primeiras embalagens plásticas a mostrarem sinais de deterioração física foram as feitas de polietileno de alta densidade (HDPE), usadas principalmente no acondicionamento de produtos químicos corrosivos (SCOTT, 1981, p. 2).

DEGRADAÇÃO E BIODEGRADAÇÃO

O termo degradação, no que se refere a polímeros, aplica-se a qualquer mecanismo que leve a danos irreversíveis de algum tipo de propriedade. Os

polímeros podem ser degradados por vários tipos de mecanismos: fotodegradação, oxidação, termodegradação, degradação mecânica, hidrólise, biodegradação e por meio da combinação de alguns desses tipos de degradação, como foto-oxidação, oxidação térmica etc. (FECHINE, 2010).

Biodegradação, conforme Fechine (2010), consiste na degradação catalisada por micro-organismos, que leva a uma fragmentação acompanhada de danos em algum tipo de propriedade, conjuntamente com a formação de dióxido de carbono, água e biomassa.

Em princípio, qualquer composto orgânico é biodegradável, ou seja, o carbono orgânico de qualquer substância, após uma série de etapas no processo de degradação, em graus variados de complexidade e duração, pode ser oxidado, transformando-se em dióxido de carbono (CO_2), por meio de respiração microbiana (INNOCENTI, 2003. p. 33). Na ausência de oxigênio, há a formação de metano (CH_4) e CO_2 . Esse processo de conversão de carbono orgânico a inorgânico é definido como mineralização. Embora frequentemente os termos biodegradação e mineralização sejam usados como sinônimos, na realidade, nem sempre um processo de biodegradação leva à completa mineralização do substrato.

Ainda segundo Fechine (2010), há três elementos indispensáveis para o processo de biodegradação de polímeros no estado sólido: a existência de micro-organismos que conseguem dar início ao processo de despolimerização e mineralizam os monômeros e oligômeros formados por este processo; fatores como temperatura, sais e umidade são indispensáveis ao processo de biodegradação; a estrutura do polímero (tipos de ligação química, nível de ramificação, nível de polimerização, nível de hidrofobicidade, estereoquímica, distribuição de massa molar, cristalinidade e outros aspectos morfológicos dos polímeros).

Os polímeros vinílicos, em seu estado normal, não são embebidos em água. Essa característica, que os torna apropriados para serem usados em embalagens, também os torna inacessíveis pelas bactérias (SCOTT, 1981, p. 6).

A cor dos plásticos também tem efeito sobre a velocidade de sua deterioração: 1% de negro-de-fumo é suficiente para prolongar 25 vezes a vida do filme de LDPE (SCOTT, 1981, p. 2). Assim, o uso de sacos pretos para a coleta de lixo é extremamente infeliz, pois, além de serem praticamente indestrutíveis no meio ambiente, essas embalagens ainda protegem seu conteúdo da degradação pelos raios ultravioleta.

De acordo com Fechine (2010), a biodegradação ocorre em dois estágios, despolimerização do plástico e a mineralização. A despolimerização ocorre por meio da quebra das ligações poliméricas, que tem como consequência a fragmentação do

material. Durante essa fase, há aumento da área de contato entre o polímero e os micro-organismos, e em seguida inicia-se a decomposição das macromoléculas em cadeias menores. Essa etapa ocorre na superfície da amostra em razão do tamanho da cadeia polimérica e sua natureza insolúvel. A segunda etapa, a mineralização, ocorre quando os fragmentos oligoméricos são suficientemente pequenos para serem transportados pelo interior dos organismos onde são transformados em biomassa e, então, mineralizados, com a formação de CO₂, CH₄, nitrogênio, hidrogênio, água e sais minerais.

A afirmação de que tudo é biodegradável colide com a observação de que os plásticos, polímeros sintéticos modernos, parecem persistir no meio ambiente por tempo infinito (INNOCENTI, 2003). A questão está na escala temporal, uma vez que a degradação dos plásticos tradicionais leva um tempo muito grande para a capacidade humana de perceber mudanças substanciais e gera acúmulo crescente, escalonando os efeitos de sua presença no ambiente. Assim, prossegue Innocenti (2003), embora a afirmação de que tudo é biodegradável seja verdadeira, não significa necessariamente que tudo possa ser proveitosamente reciclado por meio de tratamento biológico.

Diante da crescente utilização e descarte de plásticos, a biodegradabilidade, juntamente com a desintegrabilidade, são características necessárias para evitar o acúmulo de plásticos no solo. Do contrário, a compostagem seria meramente o processo de transformação de resíduos sólidos *visíveis* em resíduos *invisíveis*, que seriam então espalhados no solo (INNOCENTI, 2003. p. 34).

TIPOS DE PLÁSTICOS QUANTO À BIODEGRADAÇÃO

Os polímeros sintéticos convencionais, como polietileno (PE), polipropileno (PP), policloreto de vinila (PVC) e politereftalato de etileno (PET), permanecem inalterados, química e fisicamente, por vários anos após seu descarte, uma vez que sua estrutura química impede que haja absorção danosa da radiação UV ou degradação por outros mecanismos, incluindo a ação enzimática de micro-organismos como bactérias, fungos e algas (FECHINE, 2010). Além disso, pode haver a adição de aditivos foto e termoestabilizantes que retardam ainda mais a degradação.

Em virtude do aumento da demanda por produtos e materiais ambientalmente sustentáveis, começa a surgir no mercado ampla variedade de produtos ditos “ecológicos”, “verdes” ou denominações similares. Convém esclarecer, portanto, os vários tipos de produtos e suas características básicas.

Deve-se reforçar que alguns fabricantes induzem o consumidor ao erro ao usar a palavra biodegradável a plásticos que, de fato, não o são. Como mencionado anteriormente, a biodegradação depende de ação enzimática e não somente da quebra de

ligações químicas por outros mecanismos, como acontece pela fotodegradação. Como destaca Fechine (2010), algumas empresas anunciam que conseguem transformar polímeros conhecidamente não-biodegradáveis, tais como PP e PE, em produtos biodegradáveis por meio da inserção de algum tipo de aditivo pró-oxidante. Pesquisa realizada por ele e colaboradores mostraram que a adição desse tipo de aditivo no polipropileno apenas acelera o processo fotodegradativo do material, diminuindo massa molar mais rapidamente e inserindo maior quantidade de novos grupos químicos na sua estrutura, concluindo que a inserção de algum tipo de aditivo pró-oxidante pode não alterar a biodegradabilidade de um polímero dito não-biodegradável.

Há um conjunto de materiais denominados bioplásticos, que diferem dos plásticos convencionais por serem produzidos, total ou parcialmente, a partir de biomassa (*biobased*, no original em inglês), biodegradáveis ou ambos (EUROPEAN BIOPLASTICS, s.d.). A biomassa usada para os bioplásticos pode ser originada de milho, cana-de-açúcar ou outros vegetais. Entre os bioplásticos produzidos, total ou parcialmente, a partir de biomassa, não biodegradáveis, podem ser encontrados PE, PP e PET; exemplos de bioplásticos produzidos a partir de biomassa e biodegradáveis são PLA, PHA e PBS; e entre os bioplásticos originados de recursos fósseis mas que são biodegradáveis, está o PBAT (EUROPEAN BIOPLASTICS, s.d.).

Um plástico do primeiro tipo é produzido no Brasil pela Braskem, com a denominação Polietileno Verde I'm green™. É obtido a partir do etanol de cana-de-açúcar. O etanol passa por um processo de desidratação e é transformado em eteno, que então segue para as plantas de polimerização onde é transformado no polietileno. Como é fabricado a partir de matéria-prima renovável, sua produção contribui para a redução de emissão de gases do efeito estufa. É reciclável na mesma cadeia de reciclagem do polietileno tradicional de fonte fóssil, mas não é biodegradável. O polietileno verde I'm green™ possui as mesmas propriedades técnicas, aparência e versatilidade de aplicações do polietileno de fonte fóssil e a substituição do polietileno de fonte fóssil por esse material não exige investimento em novas máquinas nos convertedores plásticos (BRASKEM, s.d.).

Quanto aos polímeros biodegradáveis de ocorrência natural, destacam-se o amido, a celulose, outros polissacarídeos e a lignina.

A celulose não possui características para que seja processada como termoplástico, precisando ser modificada para a obtenção de fibras e filmes (FECHINE, 2010). Exemplos de derivados da celulose modificada são acetatos de celulose, obtidos por acetilação, e carboximetil celulose (CMC).

O amido é geralmente encontrado em raízes do tipo tuberosa (mandioca, batata doce, cará), caules do tipo tubérculo (batatinha), frutos e sementes (milho) e, diferentemente da celulose, pode ser processado termoplásticamente sem a

necessidade de modificação, desde que tenha razoável quantidade de água na formulação (FECHINE, 2010). Sua biodegradabilidade deve-se, principalmente, aos átomos de oxigênio presentes em sua estrutura.

Conforme notícia recente (JORNAL GGN, 2013), pesquisadores do Departamento de Físico-Química da Universidade de São Paulo (USP) e da Escola de Engenharia de São Carlos desenvolveram uma nova composição de um tipo de plástico biodegradável conhecido como “*Thermoplastic Starch*” (TPS). O material é produzido a partir de matérias-primas naturais, entre elas amido e outros compostos vegetais. Uma característica desfavorável do amido é a sua natureza hidrofílica, que torna qualquer produto feito de compostos de amido pouco resistente à água e mecanicamente frágil. Para contornar o problema e dar consistência plástica ao material, os pesquisadores fizeram a adição de fibras vegetais ou de materiais empregados para a fabricação de papel, melhorando as propriedades mecânicas do TPS. Outro benefício do novo material é seu custo: o quilograma do TPS brasileiro é cerca de um terço mais barato que os materiais feitos de polímeros sintéticos, como polietileno e PVC. Também tem a vantagem de poder ser fabricado nos mesmos equipamentos industriais atuais. Pelas características do produto, as principais aplicações são as de curta duração, como embalagens, recipientes de alimentos e produtos descartáveis. A pesquisa foi financiada pela própria USP e pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp). A tecnologia está em processo de patente junto ao Instituto Nacional da Propriedade Industrial (Inpi) e busca espaço no setor industrial brasileiro.

A seguir, são abordados os polímeros biodegradáveis obtidos de sínteses, destacando-se os derivados de poliésteres e os solúveis em água.

Os poliésteres têm sua biodegradabilidade ligada à presença do grupo éster, que é facilmente hidrolisado, levando à quebra das ligações, e pela ação de enzimas do tipo esterase, encontradas no solo. A síntese do poli(ácido láctico) – PLA foi descrita em 1932 e, desde 1970, copolímeros baseados em ácido láctico e ácido glicólico são utilizados em aplicações biomédicas (FECHINE, 2010). A produção biotecnológica do ácido láctico é feita por fermentação de carboidratos e suas aplicações se igualam às do politereftalato de etileno (PET) na área de contêineres e fibras para a indústria têxtil.

No Brasil, o polímero “PLA Ingeo”, obtido de amido de milho, já está sendo usado comercialmente para a embalagem de margarina (REVISTA PLÁSTICO MODERNO, 2009).

Polímero similar (PLLA) foi obtido a partir da sacarose da cana-de-açúcar, pela Biopol, empresa liderada pelo professor Shinichi Shibata, da Universidade de Ryukyus, no Japão. O Departamento de Engenharia Química da Escola Politécnica da

USP, com apoio da Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico da Engenharia (FDTE), vai implantar planta-piloto no Brasil, para concluir os testes em escala reduzida, cujos resultados possibilitarão a produção em escala comercial (IDEIA SUSTENTÁVEL, 2013). A patente do novo polímero já foi registrada no Brasil e a FDTE está em fase de negociações para obter os recursos necessários para o desenvolvimento do projeto. Conforme um dos idealizadores do projeto, se 20 milhões de toneladas de cana (do total de 600 milhões de toneladas processadas por ano no Brasil) forem destinados para a produção de PLLA, será possível obter uma produção de plástico suficiente para abastecer todo o mercado nacional, sem aumentar a área plantada de cana. O PLLA da cana-de-açúcar pode ser empregado tanto na produção de sacolas plásticas como no setor alimentício e no setor farmacêutico. Informa-se, ainda, que o polímero pode ser obtido a preços competitivos, menos de um dólar o quilo, enquanto o PLA à base de milho já disponível no mercado na faixa de três dólares o quilo.

O grupo dos polihidroxicanoatos (PHAs) tem papel muito importante no setor de desenvolvimento de polímeros biodegradáveis. No Brasil, há dez anos é produzido um composto dessa família, o polihidroxibutirato (PHB), a partir da conversão microbiológica de bactérias do gênero *Alcaligenes*, que transformam a sacarose da cana-de-açúcar em poliésteres com características físicas e mecânicas semelhantes às de resinas sintéticas como o polipropileno (AGÊNCIA FAPESP, 2012). A iniciativa data do início dos anos 1990, por meio de parceria entre o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), o Instituto de Ciências Biomédicas (ICB) da Universidade de São Paulo (USP) e a Cooperativa dos Produtores de Cana, Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo (Copersucar). Em 1994, foi instalada uma planta piloto e, em 2000, foi criada a PHB Industrial, que produz o produto, denominado Biocycle. Com apoio da FAPESP por meio do Programa FAPESP Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas (PIPE) e auxílio de pesquisadores da Universidade Federal de São Carlos (UFScar), a empresa desenvolveu a tecnologia de produção dos *pellets* – pequenas pastilhas cilíndricas feitas com uma mistura de PHB e fibras naturais –, matéria-prima usada pela indústria transformadora para produzir utensílios de plástico (AGÊNCIA FAPESP, 2012).

Apesar de dominar a tecnologia para fabricar diversos produtos com o Biocycle e para tornar seu custo competitivo quando comparado ao do plástico convencional, a empresa ainda não conseguiu elevar sua produção a uma escala industrial. O PHB é um material duro que pode ser usado na fabricação de peças injetadas e termoformadas, como tampas de frascos, canetas, brinquedos e potes de alimentos ou de cosméticos. Também pode ser aplicado na extrusão de chapas e de fibras para uso no setor automobilístico. Serve ainda para a produção de espumas que substituem o isopor. Com o PHB, é possível fabricar, ainda, braçadeiras para plantas ou tubetes para reflorestamento e embalagens para alimentos, cosméticos e outros produtos oleosos que são de difícil

reciclagem. A técnica de misturar PHB com fibras vegetais trouxe outra vantagem: a redução do custo. Enquanto o quilo do polipropileno custa em torno de US\$ 2, o quilo do PHB sai por volta de US\$ 5; se for misturado pó de madeira, por exemplo, o custo cai ainda mais (AGÊNCIA FAPESP, 2012).

Há outros poliésteres biodegradáveis que podem ser sintetizados, como o polibutileno succinato (PBS) e o policaprolactona (PCL). O PBS, na forma de filmes, possui propriedades mecânicas similares às do polietileno de baixa densidade (PEBD). Entre os polímeros obtidos por síntese, encontra-se ainda o álcool polivinílico (PVA), o único polímero solúvel em água, tendo exclusivamente átomos de carbono em sua cadeia principal, e que é considerado biodegradável. Os polímeros biodegradáveis solúveis em água são obtidos do ácido acrílico, anidrido maléico, ácido metacrílico e várias combinações desses monômeros. Porém, apenas seus oligômeros são biodegradáveis (FECHINE, 2010).

Entre os bioplásticos biodegradáveis derivados de matéria-prima petroquímica, estão disponíveis comercialmente os seguintes polímeros, com os correspondentes nomes comerciais e fabricantes: policaprolactona (PCL): CAPA – Solvay (Bélgica), Tone – Union Carbide (EUA) e Celgreen – Daicel (Japão); polibutileno succinato co-adipato (PBSA): Enpol – Ire Chemical Ltd (Korea), Skygreen – SK Chemicals (Korea) e Lunare SE – Nippon Shokubai (Japão); e polibutileno tereftalato co-adipato (PBAT): Ecoflex – BASF (Alemanha), Biomax – Dupont (EUA) e Eastar Bio – Eastman Chemical (EUA) (MALI et al, 2010). Entre suas vantagens, encontra-se o baixo custo.

O MERCADO DE BIOPLÁSTICOS

O desenvolvimento dos polímeros biodegradáveis ainda está em estágio inicial quando comparado com a performance dos polímeros de alta longevidade. Um dos fatores é o custo, ainda alto, dos primeiros, devido, principalmente, ao baixo volume de sua produção (FECHINE, 2010). Contudo, em algumas áreas, como embalagens, agricultura, gastronomia, eletrônicos e setor automotivo, os bioplásticos já desempenham papel relevante (EUROPEAN BIOPLASTICS, s.d.). Nesses segmentos, os bioplásticos são usados para fabricar produtos de curta duração, como coberturas usadas na agricultura ou produtos na área de alimentação, assim como aplicações duráveis, como capas para telefones celulares e componentes do interior de veículos.

A demanda crescente por soluções ambientalmente sustentáveis tem sido acompanhada pelo crescimento na capacidade de produção de bioplásticos, que alcançou aproximadamente 1,2 milhão de toneladas em 2011. Dados de mercado da *European Bioplastics* projetam que essa capacidade de produção atingirá 6 milhões de toneladas em 2016. Vale mencionar que a produção anual de plásticos é de 280 milhões de toneladas.

Ainda de acordo com a *European Bioplastics*, cerca de 85% dos plásticos podem tecnicamente ser substituídos por plásticos oriundos de biomassa.

INCENTIVOS PARA PESQUISA E DESENVOLVIMENTO

A pesquisa e o desenvolvimento de plásticos biodegradáveis conta com o apoio do Fundo Setorial de Biotecnologia (CT-Biotecnologia), com o objetivo de promover a formação e capacitação de recursos humanos; fortalecer a infraestrutura nacional de pesquisas e serviços de suporte; expandir a base de conhecimento da área; estimular a formação de empresas de base biotecnológica e a transferência de tecnologias para empresas consolidadas; e realizar estudos de prospecção e monitoramento do avanço do conhecimento no setor. Os executores desse fundo são a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Conforme a Lei nº 10.332, de 19 de dezembro de 2001, e o Decreto nº 4.154, de 7 de março de 2002, que a regulamenta, são destinados ao financiamento de atividades de pesquisa científica e desenvolvimento tecnológico do setor de Biotecnologia 7,5% da Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico criada pela Lei nº 10.168, de 29 de dezembro de 2000, chamada Cide Tecnologia.

CONCLUSÕES

Diferentemente dos plásticos convencionais, os polímeros biodegradáveis quando em contato com o solo ou um composto (processo de compostagem) são mineralizados por meio da ação de micro-organismos.

Há um grupo de polímeros chamados de bioplásticos, caracterizados por: serem obtidos de biomassa, serem biodegradáveis, ou ambos.

Embora o mercado de plásticos biodegradáveis e mesmo bioplásticos seja incipiente, a demanda tende a aumentar, o que teria como consequência o aumento de sua produção. O custo ainda alto em comparação com os plásticos tradicionais, derivados do petróleo e não biodegradáveis, está associado mais à baixa produção que ao valor da matéria-prima.

A pesquisa e o desenvolvimento de plásticos biodegradáveis conta com o apoio do Fundo Setorial de Biotecnologia (CT-Biotecnologia).



REFERÊNCIAS

AGÊNCIA FAPESP. **Plástico biodegradável de açúcar está pronto para escala industrial.** Por Karina Toledo, em 07/08/2012. Disponível em: <http://agencia.fapesp.br/15994>. Acesso em 29 mai. 2013.

BRASKEM. **Im a green.** Propriedades. Disponível em: http://www.braskem.com.br/site.aspx/Propriedades_PeVerde. Acesso em: 2 jul. 2013.

IDEIA SUSTENTÁVEL. **Pesquisas da Poli-USP podem viabilizar o plástico biodegradável.** Notícia de 26 de abril de 2013. Disponível em: <http://www.ideiasustentavel.com.br/2013/04/pesquisas-da-poli-usp-podem-viabilizar-o-plastico-biodegradavel/> Acesso em 29 mai. 2013.

EUROPEAN BIOPLASTICS. **Bioplastics.** Disponível em: <http://en.european-bioplastics.org/bioplastics/> Acesso em: 4 jul. 2013.

FECHINE, G. J. M. A Era dos Polímeros Biodegradáveis. Texto reproduzido da Revista Plástico Moderno, Edição nº 423 - Janeiro de 2010. Disponível em: <http://www.plastico.com.br/revista/pm423/tecnica/tecnica02.html>. Acesso em: 22 jun. 2013.

JORNAL GGN. **Cientistas brasileiros criam nova versão de plástico biodegradável 100% natural.** Por Mário Bentes. 6 de maio de 2013. Disponível em: <http://www.jornalggm.com.br/blog/cientistas-brasileiros-criam-nova-versao-de-plastico-biodegradavel-100-natural> Acesso em 29 mai. 2013.

MALI, S.; GROSSMANN, M. V. E.; YAMASHITA, F. Filmes de amido: produção, propriedades e potencial de utilização. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 1, p. 137-156, 2010. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/4898>. Acesso em 5 jul. 2013.

REVISTA PLÁSTICO MODERNO. **Ácido polilático compõe novo pote biodegradável.** Texto reproduzido da Revista Plástico Moderno, nº 418, Agosto de 2009. Disponível em: <http://www.plastico.com.br/revista/pm418/noticias/noticias02.html>. Acesso em: 3 jul. 2013.

SCOTT, G. Polímeros e Poluição. In: BENN, F. R.; McAULIFFE, C. A. (coord.) **Química e Poluição.** Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos; São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, 1981.