

SACOLAS EM POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE (PEAD): UM ESTUDO SOBRE SUA BIODEGRADAÇÃO

Letícia Antonia Provinciatio¹; Ricardo Francischetti Jacob²

Resumo

Tendo em vista os impactos ambientais causados pelo descarte indiscriminado de sacolas plásticas, foram desenvolvidos e realizados ensaios comparativos de biodegradabilidade entre as sacolas constituídas de PEAD (polietileno de alta densidade) disponíveis no mercado, que possuem aditivo pró-oxidante, que lhe confere a nomenclatura oxi-biodegradável e a característica de degradação acelerada, com aquelas que não possuem esse aditivo. O ensaio de biodegradabilidade foi realizado em solo compostado (Teste de Sturm) através de adaptações necessárias às normas ASTM D5338-98 e ISO 14855, a fim de quantificar a produção de dióxido de carbono (CO₂) durante o confinamento das amostras. A produção de CO₂, parâmetro importante para avaliação da degradação de um polímero, foi quantificada através de cálculos estequiométricos, sendo que os resultados obtidos indicaram que a presença desses aditivos oxi-biodegradantes favorece a biodegradação do material.

Palavras-chave: Biodegradabilidade; Plástico; teste de Sturm.

Abstract

Considering the environmental impact caused by indiscriminated disposal of plastic bags, comparative biodegradability tests were developed and conducted using bags consisting of HDPE (high density polyethylene) commercially available, which have pro-oxidant additive, that gives the oxo-biodegradable nomenclature, as well as accelerated degradation properties, comparing to plastic bags without this additive. The biodegradability tests were performed on composted soil (Sturm Test), through required adjustments of the ASTM D5338-98 and ISO 14855 standards, in order to quantify the production of Carbon Dioxide (CO₂), during the containment of the samples. The CO₂ production, an important parameter to evaluate the degradation of a polymer, was quantified by stoichiometric calculations. The results indicated that the presence of such additives promote the biodegradation of the material, but not as expected.

Keywords: Biodegradability; Plastic; Sturm Test.

1 INTRODUÇÃO

Dentre todos os materiais que envolvem o dia-a-dia de toda a humanidade, aquele que tornou-se inseparável de todo ser humano na atualidade é o plástico. É difícil pensar em um mundo sem a presença deste (JACOB, 2006; VANIN, 1994). Ao redor de cada ser humano ele está presente em quase todas as coisas e momentos de sua vida. A evolução da tecnologia permitiu aplicar o plástico de várias formas. Isso porque ele reúne inúmeras propriedades dificilmente encontradas em outros materiais (resistência mecânica e ao calor, flexibilidade, leveza, atraente relação custo/benefício), tornando-o muito versátil para desempenhar muitas funções como embalagens de alimentos, proteção de produtos.

¹ Etec “Trajano Camargo” – CEETEPS. E-mail: leaprovinciatio@gmail.com

² Professor na Etec “Trajano Camargo” (CEETEPS) e no Instituto Superior de Ciências Aplicadas (ISCA Faculdades). E-mail: rfjacob@bol.com.br

O termo plástico foi aderido pela indústria, e significa adequado a moldagem. Uma característica importante é que todos os plásticos utilizados hoje são polímeros, embora nem todo polímero seja um plástico (VANIN, 1994). Os polímeros podem ser naturais ou sintéticos, e são constituídos por macromoléculas, que são formadas pela união de moléculas menores, os monômeros (MANRICH, 1997). Mesmo sendo tão amplamente usado, apenas 4% do petróleo extraído é destinado à produção de plásticos (PLASTIVIDA, 2009).

Nos últimos anos o consumo de plásticos pela sociedade tem crescido consideravelmente e por ser tão prático e descartável essa utilização ocasionou o início de inúmeros problemas. Mesmo sendo 100% reciclável, essa propriedade de longevidade dos plásticos causa sérios impactos ambientais, quando descartados, resultando em poluição ambiental e visual, além de entupimento de vias pluviais e córregos, causando enchentes (RES BRASIL, 2009). Isso ocorre porque as macromoléculas constituintes dos plásticos são de difícil cisão e seu descarte no ambiente acarreta inúmeros problemas, pois são considerados inertes ao ataque de microrganismos levando, em média, 100 anos para sua degradação (GABOARDI, 2010). Um dos maiores vilões são as sacolinhas plásticas, introduzidas no mercado por volta dos anos 1970, quando se tornaram tão populares por serem distribuídas gratuitamente.

Uma das alternativas para minimizar os impactos ambientais seria a utilização de polímeros biodegradáveis ou parcialmente degradáveis, no entanto, suas propriedades e custo ainda são um entrave para a ampla utilização de tais polímeros (GABOARDI, 2010; JACOB, 2006). Por outro lado, pode-se utilizar aditivos pró-oxidantes, pois são capazes de acelerar o processo de degradação desses polímeros e assim aumentar sua taxa de degradação (GABOARDI, 2010).

As sacolas plásticas são constituídas por PEAD (polietileno de alta densidade). Esse tipo de polímero pertence à família das poliolefinas e é um dos usados atualmente devido a sua versatilidade de aplicações. Por outro lado, é inerte ao ataque de microrganismos, impossibilitando assim sua assimilação e consequente biodegradação em um espaço de tempo mais curto.

Como forma de minimizar os impactos gerados pelo descarte dessas sacolas, iniciou-se a utilização de aditivos pró-oxidantes, que podem ser incorporados durante o processamento normal do polímero, sendo capazes de induzir o processo de oxidação, quebrando a cadeia do PE (polietileno) e facilitando o processo de degradação pelos microrganismos. Assim, quando esse material é processado com aditivos pró-oxidantes, recebe a denominação de oxi-biodegradáveis (GABOARDI, 2010).

A biodegradação é um processo natural, onde substâncias orgânicas presentes no ambiente são convertidas em compostos simples em condições apropriadas de temperatura e oxigenação (GUILHERMINO, 2010). Esse processo

é mediado por microrganismos, que por meio de produtos do seu catabolismo, as enzimas, conseguem promover a biodegradação.

Os testes de biodegradação de plásticos podem ser realizados por diversos métodos (GUILHERMINO, 2010), como a avaliação da biodegradação dos plásticos quando são lançados diretamente nos lixões e aterros sanitários, onde se encontra uma série de microrganismos indefinidos, até testes em meios sintéticos altamente definidos com culturas selecionadas (GABOARDI, 2010).

Diversas metodologias de biodegradação vêm sendo pesquisadas e desenvolvidas para a avaliação de novos materiais (GABOARDI, 2010). Assim, levando-se em consideração os fatores ambientais, faz-se necessário realizar uma avaliação mais criteriosa com relação à utilização de sacolas plásticas que possuem o aditivo oxi-biodegradável (PROVINCIATTO, 2010), uma vez que ainda é preciso se aprofundar, realizando mais pesquisas e desenvolvimentos nesse segmento, para avaliar os impactos que estes aditivos podem causar ao ambiente.

2 AMOSTRAS

As amostras utilizadas foram escolhidas entre sacolas plásticas constituídas em PEAD oxi-biodegradáveis e as comuns, que não possuem esta característica.

3 COMPOSTO ORGÂNICO/HÚMUS

O meio inoculante (solo compostado) utilizado para a biodegradação das amostras foi fornecido pela Bioland Indústria e Comércio de Compostos Orgânicos Ltda, situada em Piracicaba-SP. Algumas das características deste composto são: 52,6% de matéria orgânica, sendo que 30,3% de carbono orgânico, possuindo 30,7 % de umidade (105°C) e pH 6,4.

4 ENSAIO DE BIODEGRADAÇÃO

Com objetivo de avaliar a biodegradação de polímeros oxi-biodegradáveis e os sem aditivos oxi-biodegradantes foi realizada uma adaptação da técnica de biodegradação aeróbica conhecida como “Teste de Sturm”, que se baseia na avaliação quantitativa de CO₂ produzido durante o ensaio (ROSA, et al, 2009).

As normas fornecem diretrizes para os testes de biodegradação, como por exemplo, degradação em solo simulado, degradação enzimática e degradação aeróbia e anaeróbia (ABNT, 2008). Contudo, as amostras a serem inoculadas podem se apresentar de diversas formas como pó, pellets ou filmes. Além disso, a superfície de contato, o tempo de confinamento e também o meio utilizado como inoculante influem nos resultados.

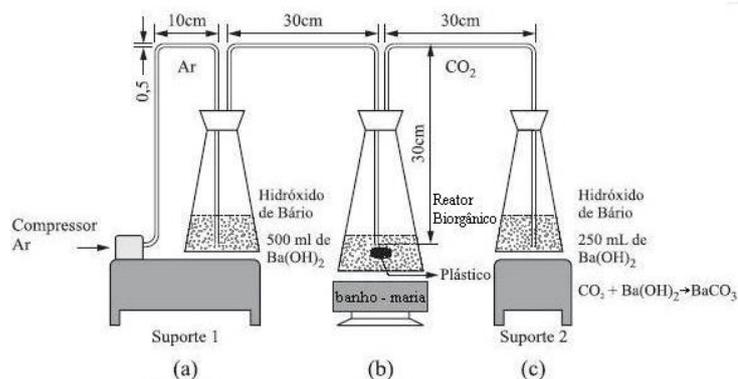


Figura 1 - Sistema de um reator biorgânico (adaptado de MONTEIRO, 2009)

Para o monitoramento da produção de CO_2 na biodegradação aeróbia das amostras em composto orgânico/húmus (Ecosolo), foi montado um sistema similar ao mostrado na Figura 1, denominado reator biorgânico. Foi utilizado um reator para cada amostra analisada e um somente com a amostra de Ecosolo (amostra denominada de controle ou “branco”). Em cada sistema um tipo de amostra foi colocado no recipiente B (reator), em contato com Ecosolo, na seguinte proporção: 200 g do Ecosolo e 2,0 g do polímero.

Para se evitar a entrada de dióxido de carbono (CO_2) (originário do compressor) no reator, foi adicionado ao recipiente A uma solução contendo $0,02 \text{ mol.L}^{-1}$ de hidróxido de bário $[\text{Ba}(\text{OH})_2]$. O hidróxido, uma vez reagido com o CO_2 , garante que o ar introduzido no recipiente B esteja desprovido de CO_2 .

O CO_2 gerado na biodegradação do polímero no recipiente B foi coletado no recipiente C, também contendo solução de $\text{Ba}(\text{OH})_2$, formando carbonato de bário (BaCO_3). Nesse recipiente adicionou-se uma solução aquosa de $\text{Ba}(\text{OH})_2$ (250 mL), com a massa de $\text{Ba}(\text{OH})_2$ variando de 2 a 10g, onde o carbonato de bário produzido variou com a velocidade de biodegradação do polímero. Para os períodos em que a biodegradação foi mais acentuada, houve a necessidade de um aumento da quantidade de hidróxido devido ao aumento da quantidade de CO_2 produzido.

O reator foi mantido a uma temperatura de $58^\circ\text{C} (\pm 2^\circ\text{C})$ por um sistema de aquecimento. A temperatura da mistura foi monitorada em intervalos de 24 h, fazendo-se os ajustes do sistema de aquecimento quando necessário.

Conforme Monteiro (2009), o monitoramento do sistema foi realizado durante 54 dias, a cada 24 horas. Por retrotitulação com ácido clorídrico (HCl) $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ previamente padronizado, foi determinada a quantidade de CO_2 produzida na biodegradação e coletada no recipiente C.

Aplicando os ajustes necessários as Normas ASTM D 5338-98 e ISO 14855 como reposição da umidade do meio e controle da temperatura, foi realizado o ensaio comparativo entre duas amostras de sacolas plásticas: uma de sacolas

plásticas constituídas de PEAD (figura 2), que possuía identificação de oxi-biodegradável (figura 3) e outra sem aditivo químico (figura 4), além de um ensaio branco (contendo apenas solo compostado).



Figura 2 - Identificação da constituição da amostra



Figura 3 - Amostra de sacola oxi-biodegradável (dentro do béquer)



Figura 4 - Amostra de sacola sem aditivo (dentro do béquer)

A biodegradação das sacolas plásticas foi avaliada através da variação de massa ($\Delta M\%$), sendo as amostras pesadas em balança semi-analítica antes (M_o) e após (M_f) o Teste de Sturm, conforme Equação (1).

$$\Delta M\% = \frac{M_o - M_f}{M_o} \times 100\% \quad (1)$$

5 ENSAIO DE BIODEGRADAÇÃO PARA AVALIAÇÃO COMPARATIVA

Após os 54 dias de teste, obteve-se através da Equação (1), 0,35% de perda de massa para a amostra de sacola oxi-biodegradável e de 0% de perda de massa para a amostra de sacola sem aditivo.

A amostra oxi-biodegradável utilizada neste ensaio não mostrou alterações visíveis de textura ou resistência.

Na Figura 5, está indicada a variação da massa de CO_2 liberada pelo solo compostado (por meio de retrotitulação) em função do tempo. Nesse ensaio é considerado o branco ou amostra controle, pois é utilizado para verificar a evolução de CO_2 nos ensaios que não contém amostra. Nesta figura observa-se que a quantidade de CO_2 liberada decai com a variação do tempo, até atingir uma estabilidade, em virtude do meio estar confinado. O CO_2 liberado por essa amostra é o que se encontrava dissolvido e/ou absorvido no solo compostado e, envolvido na biodegradação pelos microorganismos da matéria orgânica presente nesse meio.

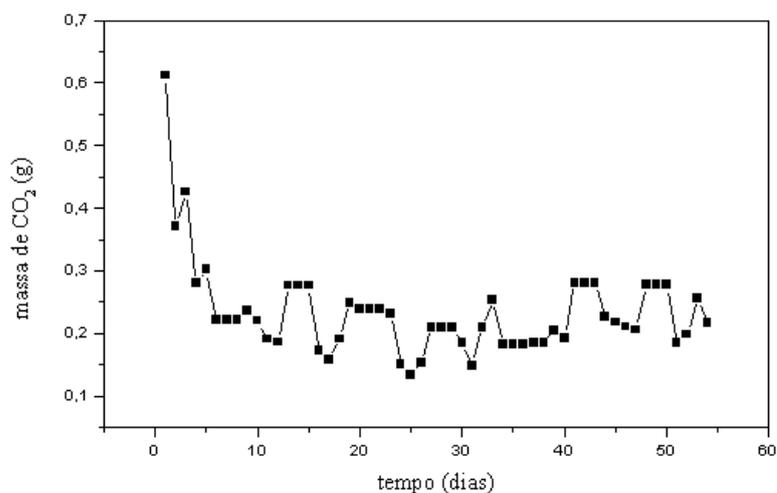


Figura 5 - Gráfico da massa de CO_2 liberado em função do tempo da amostra de composto orgânico/húmus

De acordo com o gráfico na Figura 6, analisando os primeiros dias de ensaio, a amostra sem aditivo apresenta um leve aumento na quantidade de liberação de CO₂ quando comparado àquela com aditivo (oxi-biodegradável), entretanto esta diferença não é significativa, visto que pela presença do aditivo, a variação de massa da oxi-biodegradável deveria ser maior, em função da aceleração de sua velocidade de decomposição, tendo como consequência a maior liberação de CO₂. Isso pode estar associado ao mecanismo de decomposição do processo catalisado pela presença do aditivo na sacola oxi-biodegradável. Com o passar do tempo, fica mais evidente uma maior liberação de CO₂ na amostra oxi-biodegradável (Figura 6), sugerindo, então, sua maior degradação.

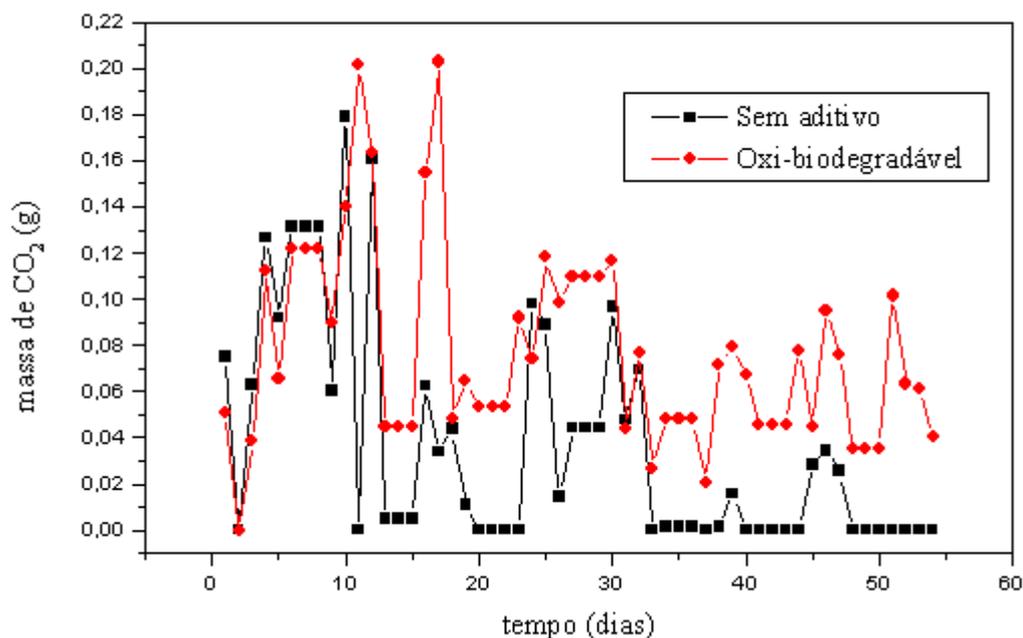


Figura 6 - Gráfico da massa de CO₂ liberada em função do tempo das amostras de sacola oxi-biodegradável e da sacola sem aditivo

6 CONCLUSÕES

A método utilizado, para avaliar a biodegradação de materiais poliméricos através da evolução de CO₂ em curto espaço de tempo (54 dias), adaptada através das Normas ASTM D 5338 e ISO 14855, denominada Teste de Sturm, se mostrou viável, uma vez que através dela foi possível obter os resultados que constataam essa evolução.

A amostra que obteve maior taxa de biodegradação foi a amostra de sacola oxi-biodegradável, mesmo que o resultado não tenha sido como esperado, devido ao fato de que a utilização do aditivo químico pró-oxidante deveria agilizar a quebra das cadeias poliméricas em fragmentos menores para facilitar a

assimilação do material pelos microrganismos presentes no meio em que fosse descartado, gerando assim uma maior liberação de CO₂.

AGRADECIMENTO

A Etec “Trajano Camargo” e à empresa Bioland Indústria e Comércio de Compostos Orgânicos Ltda pelo incentivo à pesquisa.

REFERÊNCIAS

GABOARDI, F. **Avaliação das Propriedades Mecânicas, Térmicas e de Biodegradação de Blendas de PHB e PEBD com e sem aditivos Pró-oxidantes.** Disponível em: <http://www.saofrancisco.edu.br/cursos/propep/mestrado/engenharia/files/flavia_gaboardi.pdf> Acesso em: 06 nov. 2010.

GUILHERMINO, J. M. F. **Normas que qualificam a biodegradabilidade de polímeros.** Disponível em: <<http://plastico.com.br/revista/pm423/tecnica/tecnica03.html>> Acesso em: 14 mar. 2010.

JACOB, R. F. **Estudo das propriedades das blendas de amido termoplástico e látex natural.** 2006. 116 f. Tese (Doutorado em Ciências, Físico – Química) Instituto de Química de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Carlos.

MANRICH, Sati, et al. **Identificação de polímeros: uma ferramenta para a reciclagem.** São Carlos: EDUFSCar, 1997.

MONTEIRO, C. M. A. et al. **Construção do apparatus conhecido como teste de Sturm para determinação da taxa de biodegradação de blendas de poli(3-hidroxibutirato) e poli(p-dioxanona) P(3HB)/PPDO.** Disponível em: <<http://digital.univille.br/digital/seminarios/anais.phtml?acao=imprimir&idSeminario=1&idArea=1&idCadastro=145>> Acesso em: 16 out. 2009.

PLASTIVIDA Instituto Sócio-Ambiental dos Plásticos. **Os Plásticos: Vantagens de uso. Você já imaginou o que seria do mundo sem os plásticos?** Disponível em: <http://www.plastivida.org.br/2009/Plasticos_Vantagens.aspx> Acesso em: 5 set. 2009.

PROVINCIAATTO, L.A. **Avaliação das Propriedades da Biodegradação de Sacolas Plásticas de PEAD em Ambiente Controlado.** Instituto Superior de Ciências Aplicadas (ISCA), 2010. Limeira – SP.

RES Brasil. **Plásticos e o meio-ambiente.** Disponível em: <<http://www.resbrasil.com.br>> Acesso em: 04 set. 2009.

ROSA, D. S. , et al. **Biodegração de PHB, PHB-V e PCL em solo compostado.** Polímeros: Ciência e Tecnologia, vol. 12, nº 4, p. 311-317, 2002.

VANIN, José Atílio. **Alquimistas e químicos: o passado, o presente e o futuro.**
São Paulo: Editora Moderna, 1994.