

# Polímeros Biodegradáveis: Estrutura X Propriedades X Biodegradação

## Autores

---

Sonia Maria Malmonge  
Lauriberto Paulo Belem

## Apoio Financeiro

---

Fap

## 1. Introdução

---

O crescente emprego de materiais poliméricos na confecção de artefatos diversos tem levado a impactos ambientais positivos e negativos. Impactos ambientais positivos decorrem da redução no consumo energético para confecção e transporte de tais dispositivos, visto que uma das propriedades que destacam os materiais poliméricos é a baixa densidade. O baixo consumo energético na fabricação de peças em materiais poliméricos, aliado ao avanço das tecnologias de transformação de termoplásticos e termofixos tem viabilizado o emprego dos polímeros nos diferentes segmentos industriais que vão da construção civil à indústria aeroespacial, passando pela automobilística, eletro eletrônica, biomédica e muitas outras. Em particular destaca-se a indústria de embalagens que hoje consome cerca de 40 % dos termoplásticos no mercado nacional (ABIPLAST, 2003)

Já, um dos impactos ambientais negativos associados ao aumento do consumo de materiais poliméricos decorre da inércia destes materiais quanto à biodegradação, o que resulta em acúmulo de lixo plástico no meio ambiente e assim, esforços visando reduzir tais impactos negativos envolvem desenvolvimentos que visam reduzir a quantidade de material polimérico empregado nos artefatos, viabilizar técnica e economicamente a reciclagem de material polimérico e viabilizar o emprego de polímeros biodegradáveis.

Outro aspecto negativo decorrente do aumento do emprego de materiais poliméricos é o fato dos polímeros sintéticos empregarem matéria prima oriunda do petróleo, o que tem motivado estudos que explorem o uso de fontes alternativas de matéria prima.

Assim, os polímeros biodegradáveis, em particular os polihidroxialcanoatos como o poli(hidróxi butirato) - PHB e o poli(hidroxi butirato-co-valerato), bem como o poli(ácido láctico) – PLA, que são sintetizados por via metabólica, a partir de matérias primas vegetais vem recebendo muita atenção nos últimos anos (Gomes e Bueno Netto, 1997; Pachekoski, 2001; Pachekoski e cols, 2003; Antunes e Felisberti, 2003).

Neste contexto, este trabalho apresenta os resultados preliminares referentes ao projeto de pesquisa que vem sendo conduzido em busca de subsídios para a modificação de polímeros biodegradáveis, através da formação de blendas ou aditivação, de forma a verificar a potencialidade de emprego destes como matéria prima para confecção de embalagens, dispositivos ortopédicos implantáveis e outros, além de estudos envolvendo biopolímeros para embalagens de alimentos.

## 2. Objetivos

---

Estudar a relação entre estrutura, propriedades e biodegradação apresentados por polímeros biodegradáveis, oriundos de matéria prima vegetal.

## 3. Desenvolvimento

---

Este trabalho vem sendo conduzido através de estudos realizados como parte de tese de doutorado ("Modificações de PHB visando melhorar sua estabilidade térmica e otimizar seu desempenho físico mecânico", que envolve o estudo da modificação de PHB pela adição de plastificantes dimetil ftalato (DMF) e acetato de tributil citrato (ATC)), trabalhos de graduação ("Polímeros biodegradáveis para a confecção de embalagens" e "Polímeros biodegradáveis para a confecção dispositivos ortopédicos", que envolvem o estudo da modificação de PLA pela adição de plastificante acetato de tributil citrato, bem como o comportamento do polímero aditivado frente à biodegradação e degradação hidrolítica), projeto de iniciação científica ("Obtenção e caracterização de biofilmes de gelatina" e "Biofilmes de gelatina para revestimento de frutas", que envolve o estudo para adequação de propriedades de biofilmes de gelatina pela aditivação de plastificantes e ácidos graxos. Além disso, vem sendo conduzido um projeto de iniciação científica em colaboração com pesquisadores da área de controle e automação, para o desenvolvimento de um sistema para o preparo de amostras de polímeros por termoformação, e trabalhos em colaboração com pesquisadores da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (UNESP), para o desenvolvimento de compósitos com propriedades piezoelétricas.

Cada um dos trabalhos em andamento visa atender objetivos específicos que contribuem para ampliar os conhecimentos sobre a relação entre estrutura, propriedades e biodegradação de polímeros oriundos de matéria prima vegetal e assim, contribuir para o desenvolvimento de aplicações de tais polímeros na área médica, embalagens e outras.

## 4. Resultados

---

Embora os estudos citados estejam em andamento, alguns resultados obtidos até o momento permitem observar que a adição de plastificantes é uma alternativa que permite modificar as propriedades mecânicas do PHB sem dificultar o seu processo degradativo pela ação de microorganismos. A eficiência quanto à tenacificação do polímero depende das características termodinâmicas do sistema em questão, isto é, das características de interação entre as cadeias do polímero e do aditivo empregado. No caso particular da adição de DMF ao PHB, foi possível observar que para teores de até 10% é possível obter uma pequena redução no módulo elástico do PHB, porém sem alteração na resistência ao impacto do sistema (tabela 1). Por outro lado, o aumento da concentração de DMF no polímero favorece o processo de biodegradação para PHB (figura 1).

Em relação ao uso do ATC como plastificante, embora os resultados parciais obtidos apontem para uma melhor eficiência deste aditivo quanto à capacidade de tenacificação do PHB, os dados ainda não são conclusivos e o estudo encontra-se em fase de caracterização das amostras obtidas.

Quanto ao estudo envolvendo o desenvolvimento de biofilmes de proteínas, foi possível concluir sobre a possibilidade de obtenção de filmes de colágeno empregando gelatina (figura 2). As propriedades mecânicas e a taxa de permeação ao vapor d'água (TPVA) dos filmes de gelatina podem ser alteradas pela adição de glicerol e/ou poli(álcool vinílico) - PVA. A adição de ácidos graxos tais como ácido palmítico e esteárico aos

filmes de gelatina permitem diminuir os valores de TPVA dos filmes, porém devido à insolubilidade em água dificultam a obtenção de filmes com boa transparência.

O sistema para moldagem de polímeros por compressão e temperatura esta em fase de construção, sendo que o protótipo construído está em fase de testes preliminares e deverá sofrer algumas alterações para melhorar o desempenho na transferência de calor.

Em relação ao desenvolvimento de compósitos piezoelétricos, a mistura de PHB com cerâmica piezoelétrica (PHB-PZT) mostrou-se possível a dispersão da cerâmica na matriz de PHB, sendo que a temperatura de fusão e a cristalinidade do compósito não variou significativamente em relação ao PHB puro. O estudo continua em andamento, com a caracterização das amostras obtidas para verificar o comportamento piezoelétrico do material obtido.

Assim sendo, os resultados parciais obtidos neste projeto já permitiram a ampliação dos conhecimentos do grupo de pesquisas, o que certamente contribuirá para o desenvolvimento de aplicações de tais polímeros nas áreas médica, embalagens e outras.

## 5. Considerações Finais

---

Agradecimentos ao Fundo de Apoio à Pesquisa FAP/UNIMEP pelo apoio financeiro, ao DEMa/UFSCar pela doação de amostras e utilização de recursos de laboratório.

## Referências Bibliográficas

---

ABIPLAST, Perfil da indústria Brasileira de Transformação de material Plástico, publicação da ABIPLAST, 2003.

ANTUNES, M.C.M. & FELISBERTI, M.I. Funcionalização do PHB via catálise ácida. Influência das propriedades físico químicas, CD do 7<sup>o</sup> Congresso Brasileiro de Polímeros, Belo Horizonte, 2003, pág. 1001-1002.

GOMES, J.G.C. & BUENO NETTO, C.L. Produção de plásticos biodegradáveis por bactérias, *Revista Brasileira de Engenharia Química*, v.17, 0. 24-29, 1997.

BELEM, L.P.; MALMONGE, S.M. & AGNELLI, J.A.M, Influence of dimethyl phthalate in mechanical properties and biodegradation of poly(3-hydroxybutyrate) during composting, MACRO 2006 – 41<sup>th</sup> International Symposium on Macromolecules Proceedings, Rio de Janeiro, 2006.

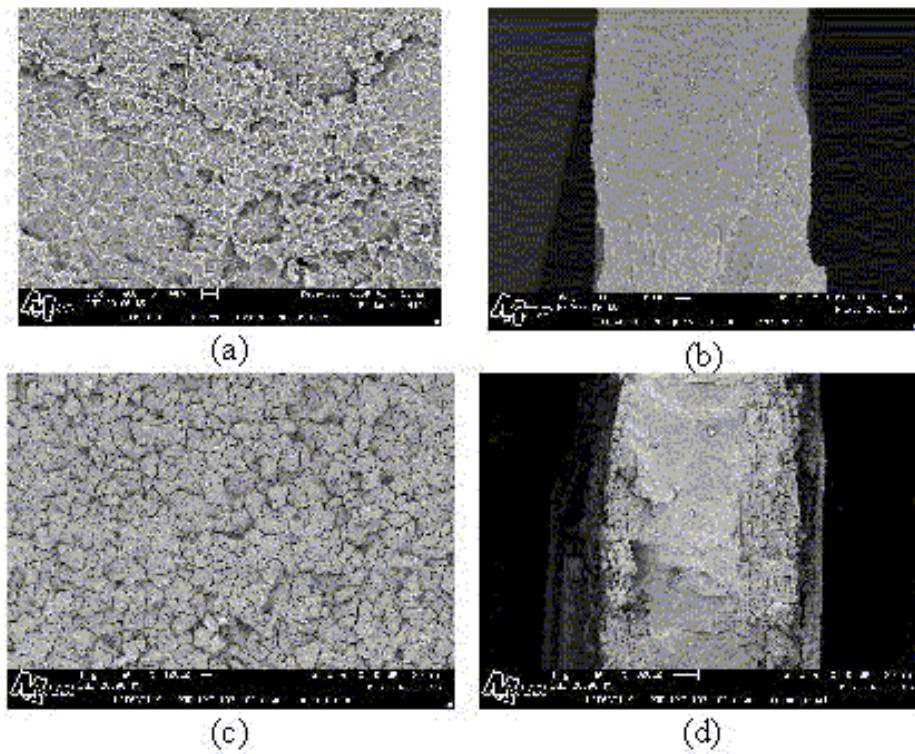
PACHEKOSKI, W.M.; ROSÁRIO F.; ESQUERRA, T.A & AGNELLI, J. A. M., Caracterização da degradação do PHB processado, CD do 7<sup>o</sup> Congresso Brasileiro de Polímeros, Belo Horizonte, 2003, p. 210-211.

PACHEKOSKI, W.M Desenvolvimento de blendas poliméricas do polímero biodegradável PHB com PP,

## Anexos

**Tabela 1** – Valores de tensão sob tração ( $\sigma$ ) x alongamento ( $\epsilon$ ), módulo elástico sob tração (E) e Resistência à Impacto ( $U_0$ ) de amostras de PHB puro, PHB + 5% DMF e PHB +10% DMF, antes e após 90 ou 180 dias em contato com solo compostado.

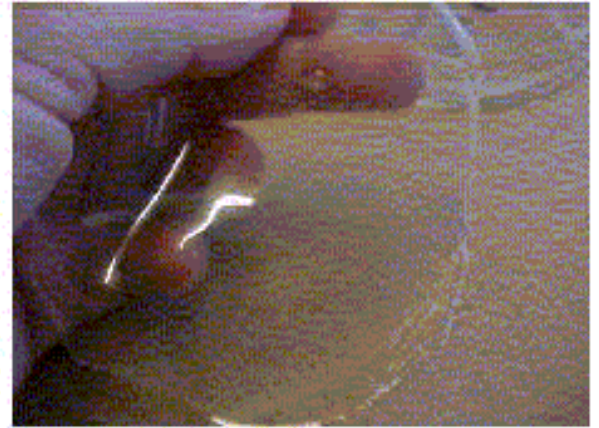
<b>PHB+10% DMF</b>	<b>antes</b>	<b>após 90 dias</b>	<b>após 180 dias</b>
$U_0$ - (J/m)	25,71 ± 0,004	24,12 ± 0,001	22,01 ± 0,007
E - (GPa)	1,657 ± 0,05	0,61 ±	0,33 ± 0,05
$\sigma$ - (MPa)	21,42 ± 0,13	0,03 ±	0,03 ± 0
$\epsilon$ - (%)	2,85 ± 0,08	0,85 ±	0,85 ± 0,03
<b>PHB+5%DMF</b>	<b>antes</b>	<b>após 90 dias</b>	<b>após 180 dias</b>
$U_0$ - (J/m)	25,39 ± 0,004	26,66 ± 0,003	20,31 ± 0,014
E - (GPa)	2,44 ± 0,38	1,96 ± 0,15	-
$\sigma$ - (MPa)	24,73 ± 0,44	19,14 ± 1,06	-
$\epsilon$ - (%)	1,70 ± 0,02	1,64 ± 0,17	-
<b>PHB puro</b>	<b>antes</b>	<b>após 90 dias</b>	<b>após 180 dias</b>
$U_0$ - (J/m)	25,90 ± 0,013	27,51 ± 0,009	20,31 ± 0,017
E - (GPa)	4,14 ± 0,08	3,37 ± 0,11	3,11 ± 0,30
$\sigma$ - (MPa)	37,18 ± 0,46	33,89 ± 1,02	26,92 ± 2,21
$\epsilon$ - (%)	1,55 ± 0,06	1,55 ± 0,09	1,63 ± 0,10



**Figura 1.** Morfologia superficial e bulk para amostras de (a) PHB superficial, (b) PHB bulk, (c) PHB+10%DMF superficial e (d) PHB+10%DMF bulk, após 180 dias em contato com solo compostado.



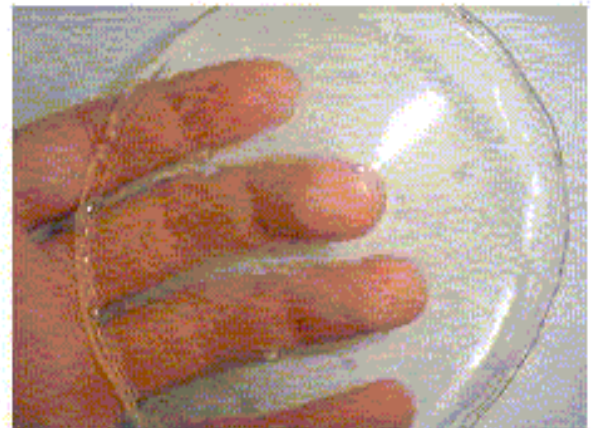
Gelatina com glicerol



Gelatina com glicerol e ácido palmítico



Gelatina com glicerol e ácido esteárico



Gelatina com glicerol e PVA

**Figura 2** – Filmes de gelatina pura e gelatina com diferentes aditivos.