

## MONITORIAMENTO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DO PHB

### MONITORING OF THE PHB PRODUCTION PROCESS

Paulo Leonardo Lima Ribeiro<sup>1</sup>; Janice Izabel Druzian<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal da Bahia – UFBA – Salvador/BA – Brasil

[pauloribeiro@ufba.br](mailto:pauloribeiro@ufba.br)

<sup>2</sup>Universidade Federal da Bahia – UFBA – Salvador/BA – Brasil

[druzian@ufba.br](mailto:druzian@ufba.br)

#### Resumo

*A prospecção em questão trata do monitoramento do processo de produção do polihidroxibutirato (PHB), usando como fontes de informações as bases de patentes. Para tanto, foram analisados banco de dados do Espacenet (EP). Os dados foram obtidos utilizando-se como palavras-chave “polyhydroxyalkanoate”, “polyhydroxybutyrate” e “polyhydroxyvalerate” e o código internacional C08L67, obtendo-se deste modo um total de 376 documentos, retirando-se os documentos em duplicata por meio do software Microsoft Excel, quantificaram-se 198 patentes. Quanto às análises referentes à evolução anual das patentes, 8,5% foram depositadas em 2000, 17,7% no período de 2007 a 2008 e 8,1% em 2012. Os Estados Unidos (35% de depósitos), o Japão (33%) e a China (16%) são os três países com maior número de documentos patenteados, destacando-se as instituições com seus respectivos inventores, as americanas Gamble & Procter (Harry Melik) e Metabolix® (Isao Noda) e a japonesa Canon® (Yano Tetsuya).*

**Palavras-chave:** polihidroxibutirato, patente, polihidroxialcanoato, tecnologia.

#### Abstract

*The prospective in question approaches the study of technological monitoring of the production process of polyhydroxybutyrate (PHB), using as sources of information databases of patents. To do so, the bases Espacenet (EP). The data were obtained using as keywords "polyhydroxyalkanoate", "polyhydroxybutyrate" and "polyhydroxyvalerate" and the international code C08L67, obtaining in this way a total of 376 documents, removing the documents in duplicate using Microsoft Excel Software, 198 was quantified patents. Regarding the analysis on the evolution of annual patents, 8.5% were filed in 2000, 17.7% in the period from 2007 to 2008 and 8.1% in 2012. The United States (35% deposit), Japan (33%) and China (16%) are the three countries with the highest number of patent documents, especially if the institutions with their inventors, Procter & Gamble, the U.S. (Harry Melik) and Metabolix® (Isao Noda) and Japanese Canon® (Yano Tetsuya).*

**Key-words:** polyhydroxybutyrate, patent, polyhydroxyalkanoate, technology.

## 1. Introdução

O consumo de produtos plásticos ao longo dos anos vem produzindo grande número de resíduos desse material, os quais se acumulam pelos aterros gerando problemas ambientais consideráveis. Os plásticos ou polímeros não biodegradáveis contribuem para esses problemas, pelo fato de possuírem elevada resistência a degradação demorando anos para se decompor (BRITO *et al.*, 2011).

Deste modo, a conscientização de um descarte e destino adequados também é de fundamental importância. Recentemente a produção e utilização de biopolímeros, polímeros biodegradáveis e polímeros verdes surge como mais uma alternativa, a qual, devido a sua viabilidade técnica e econômica, apresenta grande potencial de expansão. Portanto, estes novos materiais devem possuir as propriedades desejáveis dos plásticos convencionais, serem produzidos a partir de substratos renováveis e ainda serem completa e rapidamente biodegradados quando descartados no meio ambiente (BRUNEL, 2008).

Os plásticos biodegradáveis, ou bioplásticos, são polímeros que se degradam completamente ao ataque microbiano em um curto espaço de tempo, sob condições apropriadas do meio ambiente, principalmente pela atividade enzimática dos micro-organismos num período entre doze a dezoito meses (BYROM, 1990). Dentre os biopolímeros, destacam-se os polihidroxicanoatos (PHAs), os poliactatos (PLA), os polímeros de amido (PA) e a goma xantana (GX).

A família dos poliésteres microbiológicos, classificada como polihidroxicanoatos (PHAs), tem recebido considerável atenção graças ao uso potencial desses polímeros como termoplásticos ambientalmente sustentáveis (FORMOLO, 2003). Os PHAs constituem uma classe geral de polímeros produzidos e acumulados como reserva de carbono e energia por inúmeros micro-organismos. São poliésteres alifáticos formados por carbono, hidrogênio e oxigênio.

O crescente interesse nos PHAs é justificado por serem polímeros biodegradáveis que possuem propriedades similares aos polímeros petroquímicos, podendo apresentar características de termoplásticos ou elastômeros dependendo das condições de cultivo e do micro-organismo utilizado. Além disso, os PHAs são insolúveis em água, são substâncias enantiomericamente puras (R-estereoisômeros), não tóxicos e biocompatíveis e possuem propriedades piezoelétricas (KESHAVAREZ; ROY, 2010).

O poli (hidroxibutirato) ou PHB é o principal membro da classe dos poliésteres biodegradáveis. Tem uma importância justificada pelo agrupamento de quatro significantes fatores: é de fonte renovável, resistente à água, é um polímero termoplástico possibilitando as mesmas aplicações de polímeros convencionais e são 100% biodegradáveis.

Suas propriedades mecânicas são em geral restritas para determinados usos devido à sua fragilidade, além disso, o PHB possui estreita janela de processamento e instabilidade térmica próxima à temperatura de fusão, em torno de 180°C (BRUNEL, 2008).

Estratégias de produção de PHB para elevar o rendimento de biopolímero e diminuir o custo total dos bioplásticos são necessárias. A utilização de substratos alternativos e de baixo custo pode representar 40% de economia no processo de produção de PHB. Industrialmente, utiliza-se uma fonte de carbono renovável, geralmente um carboidrato derivado de plantios comerciais de larga escala como cana-de-açúcar, milho, batata, trigo e beterraba; ou um óleo vegetal extraído de soja, girassol, palma ou de outra planta oleaginosa (KIM, 2000).

Como o PHB é um produto intracelular, os métodos adotados para a recuperação e purificação do biopolímero do meio fermentativo contribuem significativamente para o desenvolvimento e economia global do processo (NONATO *et al.*, 2001). Também é necessário a busca por uma técnica de extração de PHB, que possa diminuir a quantidade de solventes utilizados, tornar o processo mais simples e menos poluente, tornando assim os custos de recuperação de PHB os menores possíveis (DALCANTON, 2006).

No Brasil, já existe uma unidade de produção de PHB (poliidroxibutirato) operando em escala-piloto, com capacidade de 60 toneladas anuais. A PHB Industrial S.A., em Serrana (SP), está instalada anexa à Usina da Pedra, unidade produtora de açúcar e bioetanol responsável pelo fornecimento do açúcar utilizado como matéria prima para a produção de PHB. A produção em escala industrial estava prevista para começar em 2008, iniciando com 10 mil toneladas por ano, destinadas, a princípio, ao mercado externo (Bioetanol, 2008).

A partir de mudanças políticas, econômicas e tecnológicas ocorridas na segunda metade da década de 80, houve a necessidade de articular e implantar novas tecnologias e ciência para acompanhar o cenário mundial nas adaptações às novas necessidades ambientais (MAYERHOFF, 2006). As prospecções tecnológicas são tentativas sistemáticas para observar, em longo prazo, o futuro da ciência, da tecnologia, da economia e da sociedade, com o objetivo de identificar as tecnologias emergentes que, provavelmente, produzirão os maiores benefícios econômicos e sociais (MAYERHOFF, 2006). Para tanto os estudos prospectivos sobre biopolímeros, mais precisamente sobre o poliidroxibutirato (PHB) podem orientar as tomadas de decisões dos autores públicos e privadas nesse setor.

Na prospecção por meio do monitoramento de patentes é possível estabelecer um mapa inicial de fontes de informação e conhecimento essenciais a uma maior competitividade de um determinado setor. O monitoramento precisa selecionar cuidadosamente, dentre um grande número de informações, aquelas que têm potencial relevância, assim como, deve funcionar como uma antena na identificação de novas oportunidades e sinais de mudança no ambiente (BORSCHIVER *et al.*, 2008).

Como estímulo a inovação tecnológica, um estudo do monitoramento tecnológico do biopolímero poliidroxibutirato (PHB) usando patentes como fontes de informações foi realizado, englobando documentos depositados desde o ano de 1989 até o momento por cada país depositante.

## 2. Metodologia

A prospecção foi realizada no Banco Europeu de Patentes, o Espacenet® em março de 2013. A princípio mapeou-se a produção de PHB pelo território mundial empregando a associação das palavras *polyhydroxyalkanoate*, *polyhydroxybutyrate* e *polyhydroxyvalerate* com o código C08L67 que se refere às composições de poliésteres (Tabela 1 e Tabela 2). A base de dados escolhida foi a *International Patent Classification* (IPC) que é uma base mundial de acesso livre usualmente escolhida para prospecção.

Tabela 1 - Número de documentos depositados em diferentes bases de dados de patentes e palavras-chave selecionadas.

PALAVRAS-CHAVE			CÓDIGO	EPO
<i>polyhydroxyalkanoate</i>	-	-	-	1321
<i>polyhydroxybutyrate</i>	-	-	-	248
<i>polyhydroxyvalerate</i>	-	-	-	19
<i>polyhydroxyalkanoate</i>	<i>polyhydroxybutyrate</i>	<i>polyhydroxyvalerate</i>	C08L67	376

Fonte: Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (2013).

Ao analisar os resultados observa-se que os documentos de depósitos de PHB estão mais concentrados nos Códigos C12 e C08, que consistem na produção de PHB na área de Bioquímica e Mutações de Engenharia Genética com introdução de genes bacterianos em plantas que codificam para as enzimas catalizarem a produção de polímeros e o segundo relata os compostos orgânicos macromoleculares, sua preparação, fabricação e/ou tratamento de fios artificiais, fibras, cerdas ou fitas.

Foram encontrados 376 registros de documentos relevantes referente ao código C08L67 e as palavras-chave selecionadas que, após a eliminação das duplicidades, patentes depositadas neste escritório converteu-os em 198 documentos que serviram de base para a confecção de um banco de dados, construído para possibilitar análise dos documentos e a determinação das tendências tecnológicas no setor.

A fim de levantar o conjunto de informações sobre as tecnologias patenteadas, cada um dos documentos foi analisado e deles extraídas as informações mais relevantes que descrevem o invento, o que gerou um número de dados capaz de diagnosticar, com boa confiabilidade, os países detentores da tecnologia, a evolução anual por ano e por país de depósitos de documentos, os principais detentores por país e os códigos da classificação internacional e européia.

Tabela 2 - Especificação dos códigos da Classificação Internacional de Patentes.

<b>CÓDIGOS</b>	<b>ESPECIFICAÇÃO</b>
A61L31	Materiais para artigos cirúrgicos
C08K5	Substratos orgânicos
C08L67	<b>Composições de poliésteres obtidos por reações formando uma ligação éster carboxílica na cadeia principal</b>
C12N9	Enzimas; Proenzimas; Composições
C12N15	Mutação ou engenharia genética; DNA ou RNA relativos à engenharia genética e vetores
C12P7	Preparação de compostos orgânicos contendo oxigênio
G03F7	Fotomecânica
G01N33	Investigação ou análise de materiais por métodos específicos
H04L12	Redes de comutação de dados
H01L21	Processos ou aparelhos adaptados para a manufatura ou tratamento de dispositivos de estado sólido, semicondutores ou de partes

Fonte: Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (2013).

### 3. Resultados e Discussão

#### Evolução anual dos depositantes de patentes

Na Figura 1 é apresentado o montante de patentes depositado referente ao código C08L67 e as três palavras-chave citadas na Tabela 1, desde o primeiro registro em 1989 até o ano de 2012, que totaliza 376 documentos.

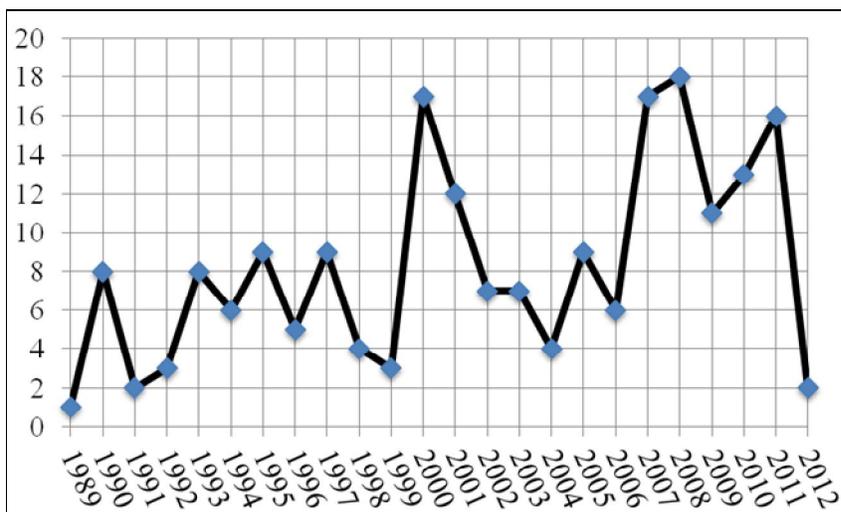


Figura 1 - Evolução anual de patentes.

Pode-se observar com a leitura do gráfico que existe uma ligeira tendência ao crescimento, mesmo que, irregular em alguns momentos, devido aos fatos históricos citados posteriormente, indicando que muitas inovações têm sido feitas, o quê atesta a significância atual do PHB.

No início da década de 1990, a Cooperativa de Produtores de cana-de-açúcar e álcool do Estado de São Paulo (COPERSUCAR), estabeleceu um projeto de cooperação técnica a fim de desenvolver pesquisas para a produção de P(3HB) com o instituto Pesquisas Tecnológicas (IPT) e o Instituto de Ciências Biomédicas (ICB) da Universidade de São Paulo (USP) (CARMINATTI *et al.*, 2006).

O ápice de produção durante a década de 2000 é justificado pela intensa produção da indústria internacional Metabolix® e a brasileira PHB Industrial S.A. No período de 2008 foram depositadas 18 patentes, sendo o maior número observado. É notório ressaltar que muitos documentos depositados em 2011 e 2012 podem não estar disponíveis devido ao período de sigilo.

### Origem de Tecnologia

A análise do banco de dados de depósito de patentes distribuídas por países em que se origina a tecnologia patenteada revela que esta se encontra, principalmente, concentrada nos países desenvolvidos, sendo que o cenário é notoriamente dominado pelos Estados Unidos, de onde provém cerca de 35% do total de documentos depositados. Posteriormente, o Japão e a China com cerca de 33 e 16%. Outros quatro países apresentam uma quantidade significativa de patentes, o Reino Unido com 9% do total, Coréia do Sul com 3%, Alemanha com 2% e Brasil com 2% (Figura 2).

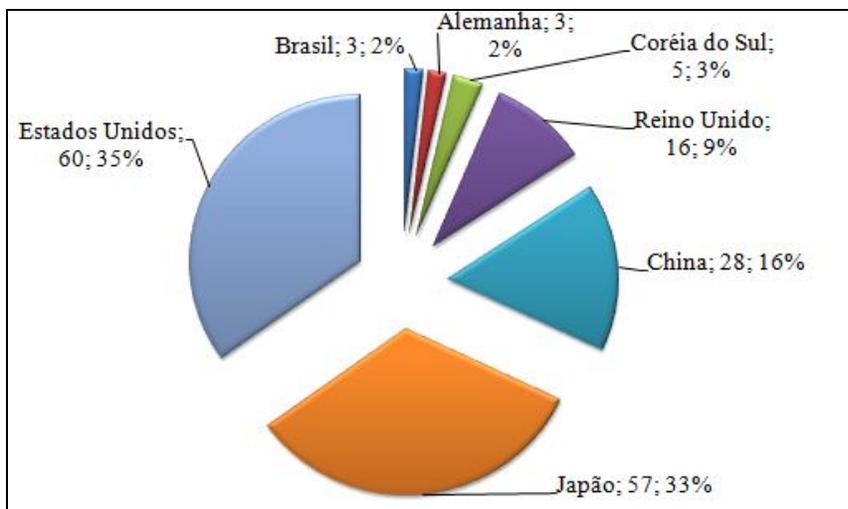


Figura 2 - Distribuição de depósitos por país de origem da tecnologia.

### Distribuição de países por documentos patenteados

Na Figura 3 estão dispostos os países que mais depositaram patentes com o tema estudado. O Japão e os Estados Unidos são os grandes detentores da tecnologia de produção de polihidroxibutirato. É de extrema importância salientar a participação crescente do Brasil ao longo dos anos no cenário de documentos patenteados no que diz respeito aos polímeros biodegradáveis, principalmente ao polihidroxibutirato. Por ser biocompatível, o PHB atenderá tanto a área médica quanto a área de eletrodomésticos.

Fabricantes de computadores também estudam trocar o plástico petroquímico pelo biodegradável dos seus produtos, que viram sucata rapidamente e entulham os lixões. Deste modo, o crescimento evolutivo na produção de patentes de PHB no Brasil é fundamental para o desenvolvimento no mercado do conceito de produto completamente biodegradável.

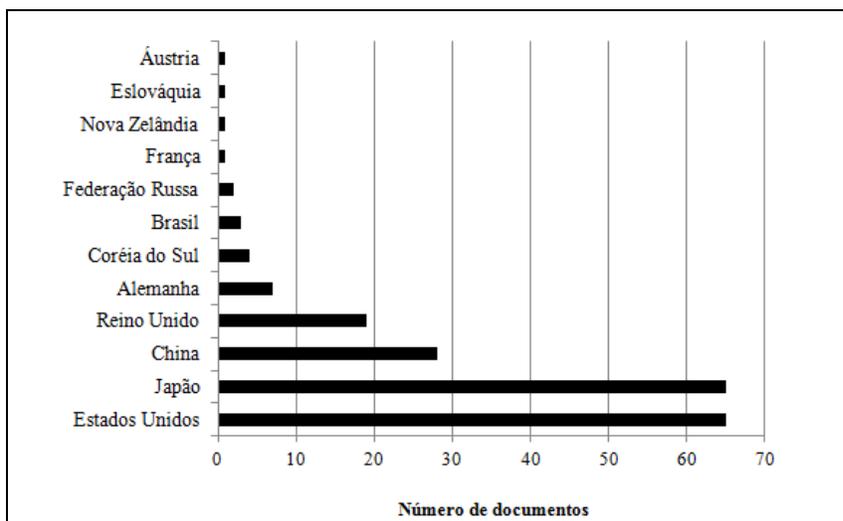


Figura 3 - Distribuição de patentes por país.

### Detentores de tecnologia de produção

Os dez maiores detentores da tecnologia, são 80% de empresas, 20% de universidades e apenas 10% de centros de pesquisa. Apesar de haver um grande número de empresas que possuem patentes depositadas, 188 no total, a grande maioria detém poucas patentes como é possível verificar na Figura 4.

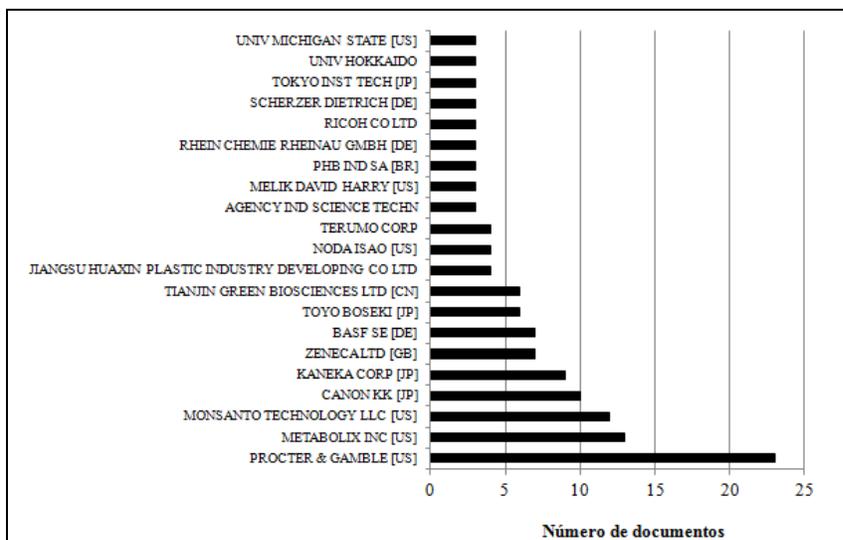


Figura 4 - Distribuição de documentos de patentes de PHB por tipo de instituição.

O cenário é amplamente dominado pela Gamble & Procter, com 23 depósitos e a Incorporation Metabolix, com 13 depósitos, ambas com sede nos Estados Unidos. Neste grupo está também a Monsanto Technology (12), Canon KK (10), Kaneka Corporation (9), Zeneca LTD (7),

Toyo Boseki (6) e Basf SE. (7). Quanto as Universidades, apenas 25 são detentoras dessa tecnologia, dentre as mais expressivas então a Michigan State (EUA) e a Hokkaido (Japão).

### Inventores que mais depositam na base européia

Entre os inventores que mais detém patentes na área de produção e uso de PHB estão os originários dos Estados Unidos com produção de 47 documentos (Figura 5). Entre estes destaca-se Yano Tetsuya, professor de Engenharia Biomédica da Universidade Prefectural Akita, no Japão. Yano tem 11 patentes depositadas, utilizando, por sua vez, a produção de PHB a glicose como substrato fermentescível namaioria dos documentos.

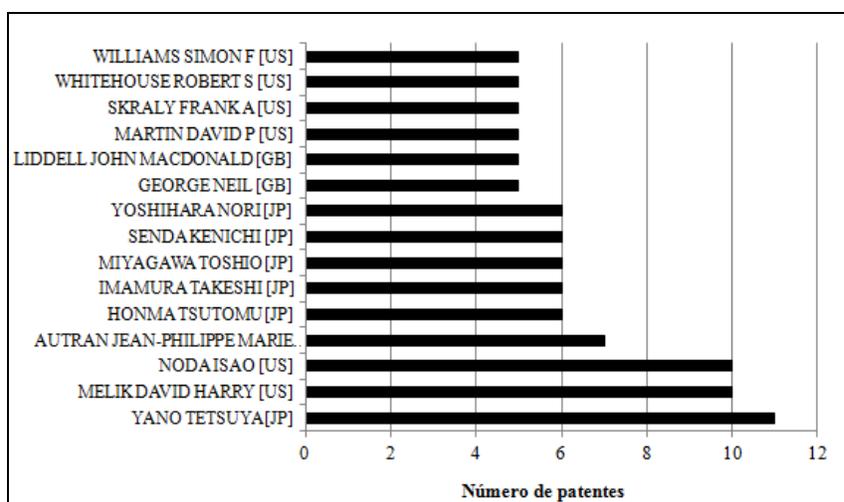


Figura 5 - Distribuição de documentos de patentes por inventores e países de origem.

## 4. Conclusões

A partir da análise das patentes depositadas entre os anos de 1989 até o ano de 2012, pode-se concluir que existe uma tendência ao crescimento de depósitos, indicando que muitas inovações têm sido realizadas, atestando a importância atual do PHB. No que diz respeito aos países nos quais se origina a tecnologia patenteada, esta se encontra bastante concentrada nos países mais desenvolvidos, sendo largamente dominado pelos Estados Unidos, Japão e China, com destaque para o avanço do número de depósitos realizados pela China nos últimos anos. A grande maioria das patentes se encontra nas empresas produtoras de PHB. A maioria das patentes está associada à melhoria do processo de obtenção de PHB, visando diminuir os custos de capital e na tecnologia de extração.

## Referências

- BORSCHIVER, S.; ALMEIDA, L. F. M., ROITMAN, T. Monitoramento Tecnológico e Mercadológico de Biopolímeros. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v.18, n.3, p.256-261, 2008.
- BRITO, G.F.; AGRAWAL, P.; ARAÚJO, E.M.; MÉLO, T.J.A. Biopolímeros, polímeros biodegradáveis e polímeros verdes. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v.2, n.6, p.127-139, 2011.
- BRUNEL, D.G. **Influência da Incorporação de Aditivos nas Propriedades do Poli(hidroxibutirato-co-hidroxivalerato - PHBV)**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de São Carlos. Departamento de Engenharia dos Materiais. São Carlos, Brasil, p.181, 2008.
- BYROM, D. Industrial production of copolymers from *Alcaligenes eutrophus*. In: DAWES, E.A.(ed). **Novel biodegradable microbial Polymers**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, p. 113-117, 1990.
- CARMINATTI et al. **Produção de polihidroxialcanoatos (PHAs)**. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC, p. 25, 2006.
- DALCANTON, F. **Produção, extração e caracterização de poli(3-hidroxibutirato) por *Ralstonia eutropha* em diferentes substratos**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina. Departamento de Engenharia Química. Florianópolis – SC, Brasil, p.132, 2006.
- DOI, Y.; SEGAWA, A.; KAWAGUCHI, Y.; KUNIOKA, M. Cyclic nature of poly(3-hydroxyalkanoate) metabolism in *Alcaligenes eutrophus*. **FEMS Microbiology Letters**, v.67, p.165-170, 1990.
- FACCIN, D.J.L. **Avaliação de condições de cultivo para aumento da produção de P(3HB) por *Bacillus megaterium* e modelagem do bioprocesso**. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Departamento de Engenharia Química. Porto Alegre – RS, Brasil, p.131, 2012.
- FORMOLO, M.C. et al. Polihidroxialcanoatos: biopoliésteres produzidos a partir de fontes renováveis. **Revista Saúde e Ambiente**. v.4, n.2, p.14-21, 2003.
- KESHAVARZ, T.; ROY, I. Polyhydroxyalkanoates: bioplasticss with a green agenda. **Current Opinion in Microbiology**, v.13, n.3, p.321-326, 2010.
- KIM, B.S. Production of poly(3-hydroxybutyrate) from inexpensive substrates. **Enzyme Microbiology and Technology**, v.27, p.774-777, 2000.
- MAYERHOFF, Z. D. V. L. Curso de Capacitação em PI para Gestores de Tecnologia – Módulo avançado. Informação Tecnológica- Prospecção Tecnológica – **INPI** – Curitiba, 2006.
- NONATO, R. V., MANTELATTO, P. E., ROSSELL, C. E. V. Integrated production of biodegradable plastic, sugar and ethanol. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v.57, p.1-5, 2001.