

O Uso Sustentável de Polímeros

Fernando Afonso da Silva & Denilson Rabelo

Na busca por novos materiais, percebeu-se que existe uma imensa variedade em matérias-primas na natureza e que vários produtos também podem ser sintetizados pelo homem a partir de insumos naturais. Nesse contexto, pesquisas apostam na substituição dos plásticos convencionais por plásticos biodegradáveis que atendam às exigências das indústrias. A ampla utilização de polímeros convencionais em uma grande diversidade de produtos, lembrando que a sua decomposição alonga-se de 100 a 500 anos, aumenta o nível de resíduos que agridem o meio ambiente, enquanto o plástico biodegradável possui degradação mais rápida. Vem crescendo a preocupação com o descarte de materiais no meio ambiente, e os polímeros biodegradáveis vêm ganhando atenção por serem facilmente degradados na natureza e também por serem produzidos a partir de fontes renováveis. Aproveitando que o amido, a gelatina e outras fontes naturais podem sofrer modificações, bem como podem ser usadas como substitutas aos polímeros convencionais, a partir de recursos renováveis de baixo custo. Por essas características, blends formadas por amido e gelatina se destacam como alternativa de material biodegradável, quando comparado a outros polímeros biodegradáveis sintéticos ou naturais, principalmente pelo baixo custo de produção. Para alcançar a sustentabilidade, é fundamental para o futuro da sociedade buscar alternativas de materiais que substituam os plásticos convencionais. Por isso, os polímeros biodegradáveis formados por amido e gelatina são uma opção de material viável e deve crescer no mercado de polímeros.

Palavras-chave: *plásticos biodegradáveis; amido; gelatina; sustentabilidade.*

In the search for new materials, it has been noticed that in nature there is an immense variety in raw materials and that several products can also be synthesized by man from natural inputs. Research is betting on the substitution of conventional plastics for biodegradable plastics that meet the requirements of the industries. The wide use of conventional polymers in a wide variety of products, remembering that their decomposition elongates from 100 to 500 years, increases the level of waste that damages the environment, while biodegradable plastic has faster degradation. Concern about the disposal of materials in the environment is growing, and biodegradable polymers have been gaining attention because they are easily degraded in nature and also produced from renewable sources. Taking advantage of the fact that starch, gelatin and other natural sources can undergo modifications and can be used as a substitute for conventional polymers, from renewable resources at low cost. Due to these characteristics blends formed by starch and gelatine stand out as an alternative of biodegradable material when compared to other synthetic or natural biodegradable polymers, mainly due to the low cost of production. To achieve sustainability, it is fundamental for the future of society to seek alternatives to materials that replace conventional plastics. Therefore biodegradable polymers formed by starch and gelatin are a viable material option and should grow in the polymer market.

Keywords: *biodegradable plastics; starch; gelatin; sustainability.*

Introdução

Há milhares de anos, o homem vem retirando da natureza as substâncias essenciais à sua existência, bem como inúmeros outros produtos que são utilizados para seu conforto e também para a melhoria de sua qualidade de vida. Ao longo desses anos, a natureza tem sido amplamente explorada em nome do bem-estar da raça humana. Nesse contexto de busca por novos materiais, percebeu-se que, na natureza, existe uma imensa variedade em matérias-primas e que vários produtos também podem ser sintetizados pelo homem a partir de insumos naturais.

Entre os mais variados materiais utilizados, os polímeros têm se destacado por suas características químicas e físicas. Devido a suas propriedades como: maior resistência a corrosão, flexibilidade, elasticidade, transparência, baixa densidade, baixa temperatura de processamento, baixa reatividade, entre outras propriedades. Por essas propriedades e por serem baratos e práticos, os materiais poliméricos vêm substituindo outros materiais (couro, vidro, madeira, papéis e metais), com eficácia e vantagem.

Desde o início do século passado, o uso dos polímeros tem se tornado cada vez mais frequente na sociedade. Basta observar ao redor para se perceber a enorme quantidade de objetos produzidos pelo homem e que se utilizam de materiais poliméricos como matéria-prima para suas diferentes elaborações. Das garrafas de bebidas, sacolas de supermercados, tubos de encanamento, recipientes de poliestireno expandido, revestimentos de paredes e de latas de conserva, mamadeiras, tintas para paredes, próteses, escovas de dente, para-choques de veículos, tapetes, cobertores, pneus ou suportes para componentes eletrônicos, os polímeros estão presentes em grande maioria dos utensílios que usamos no cotidiano¹.

O desenvolvimento inicial dos polímeros sintéticos esteve baseado em sua relativa inércia e resistência à degradação, ao contrário dos polímeros naturais como amido, celulose e proteínas². Os primeiros estudos relativos à biodegradação dos polímeros foram realizados visando retardar e prevenir o ataque por fungos, algas, bactérias e outros organismos vivos a esses materiais. Em particular,

os polímeros formados por hidrocarbonetos, derivados de petróleo, são bastante resistentes ao ataque químico e biológico, de tal forma que isso lhes assegura longevidade e mantém suas propriedades por um longo tempo¹.

Sendo a principal característica da grande maioria dos polímeros, a durabilidade, um grande problema surge para a sociedade contemporânea: a enorme quantidade de lixo produzido, principalmente, nos grandes centros urbanos. Esse lixo é constituído em sua maior parte por produtos industrializados, produzidos com polímeros sintéticos que podem levar mais de uma centena de anos para se decompor de forma natural, resultando em uma série de problemas ambientais que podem ser extremamente danosos para o meio ambiente^{1,3}.

O uso dos materiais plásticos vem aumentando muito no mundo todo (mais de 100 milhões de t/ano de plásticos produzidos)⁴, conseqüentemente, é grande a quantidade de resíduos plásticos descartados no meio ambiente, sendo 20% do volume total de resíduos^{5,6}. O consumo de plásticos per capita no mundo é de 19 kg⁷, sendo que nos EUA é de 80 kg, na Europa 60 kg⁸ e na Índia 2 kg⁸. Segundo afirmações da Abiplast (2014), o consumo per capita de plástico no Brasil é de 34 Kg.

Apesar do avanço no processamento e fabricação dos materiais plásticos, eles geram dois grandes problemas: o uso de fonte não-renovável (petróleo) para obtenção de sua matéria-prima e a grande quantidade de resíduos sólidos gerado para descarte que, no Brasil, maior parte, em torno 85%, são descartados no meio ambiente⁹.

Os problemas gerados a partir da poluição ambiental ocasionados pelo lixo plástico têm levado a comunidade científica a refletir sobre possíveis alternativas para o problema. Para amenizar o problema do lixo plástico produzido em sociedade, a utilização de polímeros biodegradáveis é uma das alternativas que tem sido proposta¹.

Vem crescendo a preocupação com o descarte de materiais no meio ambiente, e os polímeros biodegradáveis vêm ganhando atenção por serem facilmente degradados na natureza e também por serem produzidos a partir de fontes renováveis¹⁰.

O uso de amido como material termoplástico é

promissor devido principalmente à disponibilidade natural desse produto, que é extraído de uma fonte inesgotável de matéria-prima (cereais, raízes e tubérculos)¹¹.

Outra fonte de matéria-prima renovável é a gelatina que tem a capacidade de formar filmes flexíveis. Sendo um hidrocoloide extremamente versátil, produzido em grande quantidade e de baixo custo. As características mais marcantes da gelatina são a solubilidade em água e a capacidade de formação de gel termo reversível¹¹.

Por essas características blendas, formadas por amido e gelatina se destacam como alternativa de material biodegradável, quando comparado a outros polímeros biodegradáveis sintéticos ou naturais, principalmente pelo baixo custo de produção.

História dos Polímeros

A primeira manipulação de materiais resinosos se deu na Antiguidade com os romanos e egípcios e eram usados para vedar vasilhames, colar documentos e carimbar cartas. No século XVI, com o descobrimento das Américas, portugueses e espanhóis tiveram o primeiro contato com o produto extraído da seringueira, *Havea Brasiliensis*, este era o produto da secagem e coagulação do látex, e apresentava propriedades como alta elasticidade e flexibilidade que eram desconhecidas na época, este material recebeu o nome de borracha. O químico alemão, Christian Schönbien, em 1846, produziu o primeiro polímero semissintético ao tratar algodão com ácido nítrico, dando origem à nitrocelulose. Alexander Parke, em 1862, aperfeiçoou essa técnica patenteando a nitrocelulose que ainda é comumente chamada de parquetina. Leo Baekeland, em 1902, produzia o primeiro polímero sintético, através da reação entre fenol e formaldeído, em que se produzia uma resina fenólica sólida denominada baquelite¹².

No início da década de 1920, a teoria de macromoléculas ainda não era bem aceita, alguns químicos duvidavam da formação dessas estruturas. Em torno de 1920, Staudinger apresentou trabalho em que considerava, embora sem provas, que a borracha natural e outros produtos de síntese, de estrutura química, até então, desconhecida, eram, na

verdade, materiais consistidoa de moléculas de cadeias longas, e não agregados coloidais de pequenas moléculas, como se pensava naquela época. Somente em 1928, foi definitivamente reconhecido pelos cientistas que os polímeros eram substâncias de elevada massa molecular. Porém em 1953, Hermann Staudinger recebeu o prêmio Nobel por sua teoria¹³.

A inexistência de métodos adequados para a avaliação do tamanho e da estrutura química não permitiam que moléculas de dimensões muito grandes fossem isoladas e definidas cientificamente, com precisão. Por essa razão, em literatura antiga, encontra-se a expressão “high polymer” para chamar a atenção sobre o fato de que o composto considerado tinha, realmente, massa molecular muito elevada¹⁴.

As indústrias tiveram um grande papel na expansão do uso dos polímeros, pois desde a invenção do primeiro polímero sintético, elas vêm ampliando a aplicabilidade desses produtos tornando hoje produtos essenciais para nossa vida. Os polímeros representam a imensa contribuição da Química para o desenvolvimento industrial do século XX¹⁴. Desta maneira, as indústrias automotivas, eletroeletrônicas, de embalagens e várias outras, continuam a substituição de materiais tradicionais por materiais poliméricos desenvolvidos com novas propriedades desejadas¹⁵.

Polímeros

Polímeros são definidos como moléculas com alto peso molecular (macromoléculas), formadas a partir da repetição de unidades químicas denominadas monômeros. Os polímeros podem ser de origem orgânica ou inorgânica, sendo os orgânicos mais estudados e utilizados. Entre suas aplicações estão embalagens, borrachas, próteses, materiais eletrônicos entre outros. A grande versatilidade e baixo custo de produção, fácil aquisição desses materiais poliméricos fez que substituíssem várias outras matérias primas como metal, madeira, vidro entre outros¹².

Os polímeros são macromoléculas caracterizadas por seu tamanho, estrutura química e interações intra e

intermoleculares. Possuem unidades químicas ligadas por covalências, repetidas regularmente ao longo da cadeia, denominadas meros. Todos os polímeros são macromoléculas, porém nem todas as macromoléculas são polímeros¹⁴.

A principal fonte de matéria-prima desse material é o petróleo, sendo que atualmente sua fabricação absorve, cerca de 3% da produção mundial de petróleo¹⁶. Os polímeros sintéticos são produzidos a partir da nafta, um produto obtido na destilação fracionada do petróleo¹⁴.

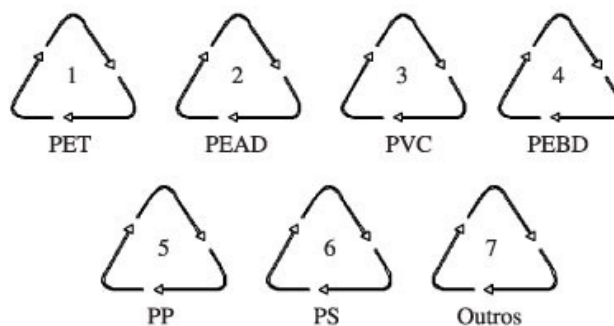
POLÍMEROS CONVENCIONAIS

Os polímeros convencionais, derivados do petróleo, estão em praticamente tudo o que usamos hoje em dia: roupas, calçados, medicamentos, embalagens, meios de transporte, comunicações, armazenamento de informações. Eles podem ser termorrígidos, elastômeros e termoplásticos, porém, são mais utilizados os termoplásticos¹². Dentre os mais diversos tipos de polímeros convencionais existentes, destacam-se o polietileno (PE), polietileno de alta densidade (PEAD) e polietileno de baixa densidade (PEBD), polipropileno (PP), poliestireno (PS), policloreto de vinila (PVC) e o poli(tereftalato de etileno) (PET), conforme Figura 1. O PE apresenta molécula linear ou ramificada, o PP tem ramificações curtas de metila, o PS tem ramificações relativamente curtas de fenila, o PVC apresenta átomos de cloro laterais à cadeia, e o PET apresenta oxigênio na forma de éster na cadeia principal¹⁷.

PRINCIPAIS PLÁSTICOS RECICLÁVEIS

No Brasil, a norma técnica dos plásticos (NBR 13.230:2008) foi desenvolvida de acordo com critérios internacionais. A numeração separa os plásticos em seis diferentes tipos de materiais (PET, PEAD, PVC, PEBD, PP, PS), e ainda há uma sétima opção (outros), normalmente, empregada para produtos plásticos fabricados com uma combinação de diversas resinas e materiais, são listados abaixo¹⁸:

1. Transparente e inquebrável é um material extremamente leve. Usado principalmente na fabricação de embalagens de bebidas carbonatadas (refrigerantes), além da Indústria alimentícia



- 1 - PET - Polietileno tereftalato
- 2 - PEAD - Polietileno de alta densidade
- 3 - PVC - Policloreto de vinila
- 4 - PEBD - Polietileno de baixa densidade
- 5 - PP - Polipropileno
- 6 - PS - Poliestireno
- 7 - Outros

Figura 1. Símbolos de identificação dos materiais plásticos segundo a norma ABNT NBR 13230:2008

em geral. Estando presente também nos setores hospitalar, cosméticos, têxteis e outros.

2. O PEAD é um material leve, inquebrável, rígido e com excelente resistência química. Muito usado em embalagens de produtos para uso domiciliar tais como: Detergentes, amaciantes, sacos e sacolas de supermercado, potes e utilidades domésticas. Seu uso em outros setores também é muito grande tais como: embalagens de óleo, bombonas para produtos químicos, tambores de tinta e peças técnicas.
3. O PVC é um material transparente, leve, resistente a temperatura, inquebrável. Normalmente usados em embalagens para água mineral e óleos comestíveis. Além da indústria alimentícia, é muito encontrado nos setores farmacêuticos em bolsas de soro, sangue e material hospitalar. Uma forte presença também no setor de construção civil, principalmente em tubos e esquadrias.

4. O PEBD é um material flexível, leve, transparente e impermeável. Pelas suas qualidades, o PEBD é muito usado em embalagens flexíveis, tais como: sacolas e saquinhos para supermercados, leites e iogurtes, sacaria industrial, sacos de lixo, mudas de plantas e embalagens têxteis.
5. O PP é um material rígido, brilhante com capacidade de conservar o aroma e resistente às mudanças de temperatura. Normalmente é encontrado em peças técnicas, caixarias, em geral, utilidades domésticas, fios e cabos. Potes e embalagens mais resistentes.
6. O PS é um material impermeável, leve, transparente, rígido e brilhante. O PS são usados em potes para iogurtes, sorvetes, doces, pratos, tampas, aparelhos de barbear descartáveis, revestimento interno de geladeiras.
7. Neste grupo, estão classificados os outros tipos de plásticos, por exemplo: policarbonato (PC); poliuretano (PU), poliamida (PA). Normalmente, são encontrados em peças técnicas e de engenharia, solados de calçados, material esportivo, corpos de computadores e aparelhos de telefones¹⁸.

DEGRADAÇÃO DOS POLÍMEROS

A degradação de um polímero ocorre pela mudança da sua estrutura química com o tempo, devido principalmente aos efeitos da luz, em especial, o raio ultravioleta, do calor e da tensão mecânica do processamento ou uso do material, que são acompanhadas de alterações nas propriedades mecânicas ou estéticas¹⁹. O processo de degradação pode ocorrer por pirólise, hidrólise e peroxidação, dependendo dos fatores ambientais. No caso da pirólise, a degradação se dá pelo aquecimento na ausência de oxigênio, e a hidrólise ocorre pela reação de decomposição com a água²⁰.

As reações de peroxidação ocorrem por meio de radicais livres e têm importância destacada entre os processos de degradação. Estes radicais livres são muito reativos e podem ser formados através da ruptura de uma ligação covalente, permanecendo um elétron desemparelhado em cada fragmento formado. As reações de formação dos radicais livres classificam-se em: Reações de iniciação (quando o radical se forma); Reações de propagação (quando reage com outras

espécies, gerando novos radicais); e Reações de terminação (quando dois radicais livres se recombinam, terminando a sequência de reações). As inúmeras possibilidades de reação entre as espécies químicas presentes, podendo resultar em ruptura de cadeias, formação de insaturações, ramificações e formação de reações cruzadas (reticulação)²⁰.

POLÍMEROS BIODEGRADÁVEIS

Polímeros biodegradáveis são polímeros que, por ação de micro-organismos, como fungos e bactérias, são reduzidos a compostos de baixa massa molecular em determinadas condições de pH, umidade, temperatura e oxigênio disponível, oxigênio de nutrientes orgânicos e minerais adequados^{10,21}. Polímeros biodegradáveis também são aqueles que se degradam como resultado da ação de enzimas. Polissacarídeos, proteínas, ácidos nucleicos, borracha natural e lignina são alguns exemplos de polímeros biodegradáveis²².

A biodegradação de materiais poliméricos se dá pela colonização da superfície do material por micro-organismos. O processo de biodegradação de materiais poliméricos ocorre basicamente por dois mecanismos distintos, dependendo da natureza do polímero e do meio: hidrólise biológica e oxidação biológica²¹.

Para que ocorra a degradação microbiológica, é necessário que nesse processo sejam produzidas as enzimas necessárias para romper as ligações da cadeia polimérica, necessárias para manter o desenvolvimento da colônia do micro-organismo. O tempo de degradação do produto está ligado à multiplicação da colônia e com sua estrutura química. Para acelerar esse processo em alguns polímeros sintéticos, são adicionados catalisadores, aditivos ou mesmo a mistura, com formação de blendas com outros polímeros biodegradáveis para acelerar seu processo de biodegradação²³.

O maior grupo de compostos de alta massa molar que apresentam biodegradabilidade são os poliésteres. Estes são polímeros que contêm grupos funcionais ésteres em suas estruturas, e estes são facilmente atacados por fungos através de hidrólise^{24,25}.

Os poliésteres podem oferecer uma grande

variedade de propriedades, desde plásticos muito rígidos e altamente cristalinos a polímeros dúcteis. Dos poliésteres biodegradáveis o mais conhecido é o poli- β -(hidroxibutirato) (PHB). Sua produção em grande escala acontece por um processo de fermentação bacteriana, sendo ainda um processo de alto custo²⁵. O poli-(ϵ -caprolactona) (PCL) também tem sido bastante estudado como substrato para biodegradação e como também matriz em sistemas de liberação controlada de fármacos. O PCL é geralmente preparado pela abertura do anel de polimerização do ϵ -caprolactona. Outra opção são os copolímeros PHB-V, um copolímero do hidroxibutirato com segmentos aleatórios de hidroxivalerato. Os processos de produção do PHB e do PHB-V são bacterianos e a concentração de valerato no copolímero pode causar uma variação tempo de degradação, de algumas semanas a vários anos²⁴.

Nestes micro-organismos, os polímeros têm função de reserva de energia e se acumulam de forma intracelular. A biodegradação destes grânulos na bactéria é feita pela enzima PHB despolimerase, no entanto esta mesma enzima não é eficiente na degradação dos polímeros extracelular que são degradados por bactérias e fungos. Essa diferença de mecanismo está associada à característica dos polímeros extracelulares que podem ser altamente cristalinos enquanto os grânulos que servem de reserva na bactéria mantêm sempre o estado nativo ou amorfo^{26,27}.

Outros fatores que interferem na degradação de polímeros sintéticos ou biodegradáveis são os processos de oxidação promovidos por raios ultravioleta (UV) ou raios-X²⁸.

Os filmes biodegradáveis produzidos a partir de amido vem ganhando uma atenção especial pois estes têm um processo de produção mais simples que outros polímeros biodegradáveis encontrados na literatura como PHB-Poli(hidroxibutirato); PHBV-poli(hidroxibutirato-cohidroxivalerato) e PLA- poli(ácido láctico). Sua matéria-prima é abundante, de fácil obtenção e renovável. Outro grande interesse nesses filmes é o seu potencial para ser substituto das atuais embalagens sintéticas, uma vez que essas, representam um terço da destinação de toda resina produzida no Brasil¹⁰.

A demanda por polímeros biodegradáveis tem crescido

muito nos últimos anos, em nível mundial. Apesar disso, o alto custo de produção dos plásticos biodegradáveis em comparação aos plásticos derivados de petróleo, é um problema comercial a ser resolvido. Fazendo um comparativo, o polietileno apresenta um custo de produção médio da ordem de 0,9 a 1 US\$/kg, enquanto que os polímeros biodegradáveis apresentam um custo médio de produção na faixa de 5 a 8 US\$/kg^{5,6}. Porém, espera-se que o preço dos polímeros biodegradáveis e polímeros verdes reduzam de 20 a 25% nos próximos cinco anos, enquanto que, o preço dos polímeros convencionais aumente, seguindo o aumento da demanda mundial e consequente aumento do preço do petróleo²⁹.

A preocupação com o meio ambiente é rota sem retorno, mesmo porque dela depende a humanidade, e estimando que o petróleo é um bem finito, surge um novo campo com perspectivas incalculáveis de produção. E neste cenário, o Brasil tem posição privilegiada como produtor de polímeros naturais ou biodegradáveis.

TESTES DE BIODEGRADAÇÃO

Diferentes testes são utilizados para determinação da potencialidade de biodegradação de um polímero. Um dos principais meios de estudo de biodegradação é a exposição do polímero a ser testado a um determinado tipo de solo fazendo o acompanhamento da biodegradabilidade pela determinação da produção de CO_2 (Figura 2),³⁰.

Este tipo de ensaio é tido como sendo o mais confiável

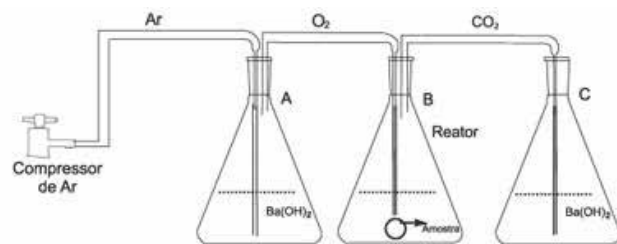


Figura 2 – Equipamentos utilizados no Teste de Sturm. a) entrada do ar do compressor; b) formação do dióxido de carbono; c) formação do produto final.

para a avaliação da biodegradabilidade de um polímero em meio microbiano ativo. O teste de Sturm baseia-se na avaliação da capacidade de biodegradação de bactérias e fungos, através da quantificação de CO₂ (Respirometria) produzido durante o ensaio³⁰.

A produção de CO₂, durante a biodegradação do polímero, é considerada um parâmetro importante do processo. Assim, quanto maior a quantidade de CO₂ gerado no processo, maior a potencialidade de biodegradação do polímero¹.

O monitoramento da produção de CO₂ é realizado pela determinação barométrica do BaCO₃, um precipitado branco insolúvel em água, formado pela reação do CO₂ contido no ar, com Ba(OH)₂ presente em uma solução após a passagem. O sistema deve ser vedado, com finalidade de não sofrer interferência do dióxido de carbono provindo de fora do sistema³¹.

A biodegradação consiste na degradação dos materiais poliméricos através da ação de organismos vivos. Segundo estabelecido pela American Standard for Testing and Methods (ASTM-D-883), polímeros biodegradáveis são polímeros degradáveis, nos quais a degradação resulta primariamente da ação de micro-organismos, tais como bactérias, fungos e algas de ocorrência natural. Em geral, derivam desse processo CO₂, CH₄, componentes celulares microbianos e outros produtos.

Sustentabilidade

Observa-se que nas características, os biopolímeros, os polímeros biodegradáveis e os polímeros verdes, encaixam-se perfeitamente no conceito de sustentabilidade, que de acordo com a comissão mundial do meio ambiente e desenvolvimento (World Commission on Environment and Development - WCED): “Um desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a habilidade das gerações futuras de atenderem às suas necessidades”^{32,33}.

A sustentabilidade está diretamente relacionada à necessidade de administrar com visão de futuro os recursos que abrangem-se em dimensões econômica, social e ambiental¹⁶.

Considerações Finais

A utilização da política de sustentabilidade é uma ação prática que visa estabelecer uma relação mais harmônica entre consumidor de materiais plásticos e o meio ambiente. Adotando estas práticas, é possível diminuir o consumo de plásticos (reduzir gastos, economizar), além de favorecer o desenvolvimento sustentável (desenvolvimento econômico com respeito e proteção ao meio ambiente). Portanto, conclui-se que nosso país precisa ter uma Política Nacional de Resíduos Sólidos com incentivo fiscal, com a desoneração tributária, bem como tornar obrigatório o uso de matérias-primas e insumos derivados de matérias recicláveis, de forma que se viabilize um maior índice de reciclagem. Ademais o Brasil dispõe de uma posição mundial privilegiada, por dispor de matérias-primas renovável a baixo custo (fontes de carbono e energia). Uma grande alternativa para diminuir o acúmulo de material plástico no meio ambiente é a substituição do plástico convencional derivado de petróleo por plástico que se degrada em um curto período de tempo, evitando o impacto do resíduo plástico ao meio ambiente. Para o gerenciamento do lixo plástico produzido em sociedade, a biodegradação é a alternativa mais promissora. Por esses motivos, é fundamental para o futuro da sociedade buscar alternativas de materiais que substituam os plásticos convencionais. Por isso, os polímeros biodegradáveis formados por amido e gelatina são uma opção de material viável e devem crescer no mercado de polímeros.

Referências

1. Rosa, D. S.; Chui, Q. S. H.; Pantano Filho, R.; Agnelli, J. A. M. Avaliação da Biodegradação de Poli-b-(Hidroxibutirato), Poli-b-(Hidroxibutirato-co-valerato) e Poli-e-(caprolactona) em Solo Compostado. *Revista Polímeros* v.12 n.4, São Carlos, **2002**.
2. Huang, S. J.; *J. Mat. Sci. - Pure Appl. Chem.* **1995**, A 32, 493.
3. Coutinho, B.C; Miranda, G.B; Sampaio, G.R; De Souza, L.B.S; Santana, W.J; Coutinho, H.D.M; A importância e as vantagens do polihidroxibutirato (plástico biodegradável). *Revista Holos*, Ano 20, 2004.4. Reddy, C. S. K.; Ghai, R; Rashimi; Kalia, V. C.; *Bioresour. Technol.* **2003**, 87, 137.
4. Huang, S. J.; Edelman, P. G.; *Degradable Polymers: Principles and Applications*, Scott, G.; Gilead, D., eds.; Chapman & Hall: London,

- 1995.
5. Leão, A. L.; TAN, L. H.; *Biomass and Bioenergy* **1998**, 14, 83.
 6. Shrivram, D.; *International Symposium on Biodegradation Polymers*, Hyderabad, Índia, **2001**.
 7. Kalia, V. C.; Raizada, N.; Sonakya, V.; *Bioplastics J. Sci. Ind. Res.* **2000**, 59, 433.
 8. Amass, W.; Amass, A.; Tighe, B.; *Polym. Int.* 1998, 47, 89.
 9. Falcone, Daniele Mb; Agnelli, José Augusto M.; de Faria, Leandro, Leandro IL. Panorama setorial e perspectivas na área de polímeros biodegradáveis. *Polímeros Ciência e Tecnologia*, v. 17, n. 1, p. 5, **2007**.
 10. Sebio, Leonard; Chang, Yoon Kil. Desenvolvimento de plástico biodegradável a base de amido de milho e gelatina pelo de processo de extrusão: Avaliação das propriedades mecânicas, térmicas e de barreira. Tese de Doutorado, UNICAMP, 2003.12. CANEVAROLO, Jr. S. V.; *Técnicas de Caracterização de Polímeros*. Artliber: São Paulo, **2006**.
 11. Seymour, Raimound B; Carraher, Charles E. Jr. *Química de los polímeros*. Barcelona; Reverté SA, **2002**.
 12. Mano, E.B. e Mendes, L.C. *Introdução a Polímeros*, São Paulo: Editora Edgar Blücher, **1999**.
 13. Hage JR, *Polímeros vol.8 no.2 São Carlos Apr./June* **1998**.
 14. Pajares, F. Plástico ambientalmente correto, 2012. Disponível em: <[http://www.rvambiental.com.br/site/index.php?option=com_content &view=article&id=398:plasticoambientalmente-correto&catid=4:int eratividade&Itemid=4](http://www.rvambiental.com.br/site/index.php?option=com_content&view=article&id=398:plasticoambientalmente-correto&catid=4:int eratividade&Itemid=4)> . Acesso em: 23 de maio de **2017**.
 15. Wnek, G. E.; Bowlin, G. L., eds. *Encyclopedia of Biomaterials and biomedical engineering*. New York: Marcel Dekker, **2004**. p.384-391.
 16. Manrich, Silvio. *Processamento de Termoplásticos: Rosca Única, Extrusão e Matrizes, Injeção e Moldes*. São Paulo. Editora Artliber, **2005**.
 17. Scott, G. *Polymers and the Environment*. Birmingham, UK. RSC Paperbacks (The Royal Society of Chemistry), **1999**.
 18. Gachter, H.; Muller, F. *Plastics additives handbook*, 2nd. ed. Munich: Hanser Publishers. **1988**. 790p.
 19. Franchetti; Sandra M. M.; Marconato, José C. *Polímeros Biodegradáveis – Uma solução parcial para diminuir a quantidade dos resíduos plásticos*. *Quim. Nova*, Vol. 29, No. 4, p. 811-816, **2006**.
 20. Karlsson S. *Biodegradable polymers and environmental interaction*. August **1998**.
 21. De Paoli Marco.-A. *Degradação e Estabilização de polímeros*. 2ª versão on-line – **2008**.
 22. Lee, S. Y.; Choi, J.; *Polym. Degrad. Stab.* **1998**, 59, 387.
 23. Rosa, D. S.; Lotto, N. T.; Guedes, C. G. F.; *Polym. Test.* **2004**, 23, 3.
 24. Gomes, J. G. C.; Bueno Netto, C. L. *Produção de Plásticos Biodegradáveis por Bactérias*, *Rev. Bras. Eng. Quim.* 17, p. 24-29, **1997**.
 25. Baldwin, E. A.; Carriedo, M. O. (Ed.). *Edible coatings and films to improve food quality*. Lancaster (USA): Technomic Publishing Co., p.1-25, **1994**.
 26. Chandra, R.; Rustgi, R.; *Polym. Degrad. Stab.* **1997**, 56, 185.
 27. Lancellotti, A. *Bioplastics in Brazil: Beyond the Green Speech*. Frost & Sullivan. **2010**.
 28. Coelho, N.S. et al. A Biodegradabilidade da Blenda de Poli (β-Hidroxi-butirato-co-valerato) Amido Anfótero na Presença de Microorganismos. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, São Paulo, v.18, n.3, p. 270-276, **2008**.
 29. Vinas, G. M.; Almeida, Y. M. B.; Lima, M. A. G. A. ; Santos, L. A. *Estudo das propriedades e biodegradação de blendas de poliéster/ amido submetidas ao ataque microbiano*. *Revista Química Nova*, vol. 30 no 7, São Paulo, **2007**.
 30. Omer, A. M. *Energy, environment and sustainable development*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. V.12, n.9, **2008**.
 31. Vargas, C. M. *Sustainable development education: Averting or mitigating cultural collision*. *International Journal of Educational Development*. V.20, n.5, **2000**.

Fernando Afonso da Silva^{1*}
& Denilson Rabelo²

¹ Faculdade de Tecnologia Senai Roberto Mange Rua Engenheiro Roberto Mange, nº 239 Bairro Jundiá - CEP 75113-630 - Anápolis-GO

² Universidade Federal de Goiás, CEP 74690-900, Goiânia, GO, Brasil.

*E-mail: fernando.quimico@gmail.com