



NOVAS TENDÊNCIAS SUSTENTÁVEIS: OS BIOPOLÍMEROS E OS POLÍMEROS BIODEGRADÁVEIS

Keila Machado de Medeiros¹
Carlos Antônio Pereira de Lima²

INTRODUÇÃO

Os biopolímeros são materiais poliméricos classificados estruturalmente como polissacarídeos, poliésteres ou poliamidas. A matéria-prima para sua manufatura é 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 outra planta oleaginosa (PRADELLA, 2006).

Há grandes impactos ambientais causados pelos processos de extração e refino utilizados para produção dos polímeros provenientes do petróleo, a escassez do petróleo e o aumento do seu preço são alguns fatores que estão diretamente relacionados ao crescente interesse pelos biopolímeros (BRITO *et al.*, 2011).

Os polímeros biodegradáveis são polímeros que podem ser degradados pela ação de microorganismos, como bactérias e fungos. O interesse nesses polímeros tem crescido nos últimos anos, uma vez que os mesmos têm sido considerados uma alternativa aos polímeros convencionais, como por exemplo, na agricultura. A biodegradação é uma solução muito promissora, uma vez que é menos agressiva ao meio ambiente, além de completar o ciclo de carbono e do nitrogênio. E quando o polímero biodegradável é submetido à compostagem, obtém-se um material rico em carbono e que pode retornar ao solo com efeitos benéficos (ROSA e PANTANO FILHO, 2003).

Alternativas têm sido buscadas com o objetivo de substituir os materiais poliméricos convencionais que sejam mais compatíveis com a filosofia de preservação ambiental. Assim, um vasto número de polímeros biodegradáveis tem sido sintetizado recentemente e alguns microorganismos e enzimas capazes de degradá-los têm sido identificados (SMITH, 2005).

O potencial para a produção de polímeros biodegradáveis de baixo custo, utilizando sistemas de produção renovável (milho, mandioca, feijão, soja, entre outros) estimulam grandes empresas a investir cada vez mais nesse mercado competitivo (LENDLEIN e

¹ Doutora em Ciência e Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, keilamedeiros@ufrb.edu.br; Professora da UFRB;

² Professor orientador: Doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal da Paraíba – UFPB - PB, caplima@uepb.edu.br; Professor da UEPB – PB.



SISSON, 2011). Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo descrever as novas tendências sustentáveis que são os biopolímeros e os polímeros biodegradáveis naturais e sintéticos.

METODOLOGIA (OU MATERIAIS E MÉTODOS)

Para a elaboração deste trabalho utilizou-se inicialmente a leitura de livros didáticos referentes ao tema abordado, além de artigos específicos dentro da temática publicada nos últimos anos, buscando um embasamento teórico, conhecendo melhor os biopolímeros e os polímeros biodegradáveis, levando em consideração os naturais e os sintéticos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os biopolímeros são polímeros feitos a partir de fontes renováveis como resíduos de milho, cana de açúcar entre outros resíduos. Os biopolímeros possuem as mesmas propriedades do plástico comum, celulose, amido, quitina, proteínas, são exemplos de biopolímeros. Os biopolímeros de origem natural têm atraído atenção nos últimos anos devido à sua abundância e propriedades versáteis como não toxicidade, biocompatibilidade, biodegradabilidade, flexibilidade e renovabilidade (BILAL e IQBAL, 2019).

Bilal e Iqbal (2019) estudaram os biopolímeros de origem natural, como alginato, quitosana e celulose, os esforços de pesquisa têm se concentrado em biopolímeros naturais como novos materiais de suporte/compósitos para diversas aplicações nos setores biomédico, ambiental, farmacêutico, de alimentos e biocombustíveis/energia. Este trabalho destaca o desenvolvimento recente e o uso de biopolímeros e seus compostos avançados como portadores de suporte para a imobilização de uma variedade de enzimas diferentes para desenvolver biocatalisadores. Os autores concluíram que a exploração de biopolímeros como materiais de suporte para múltiplas aplicações é um campo emergente que oferece potencial inexplorado para buscar inovações.

A produção global de biopolímeros em 2017 foi de cerca de 2,05 milhões de toneladas e prevê-se que os biopolímeros atinjam 2,44 milhões de toneladas em 2022. Apesar do mercado dinâmico, os biopolímeros representam menos de 1% da produção total de plásticos que foi de cerca de 320 milhões de toneladas em 2017 (NIAOUNAKIS, 2019).

Os biopolímeros possuem algumas limitações técnicas que tornam difícil sua processabilidade, então devido estas limitações técnicas, blendas, compósitos e nanocompósitos, têm sido estudados no intuito de melhorar as seguintes propriedades:



processabilidade, resistência térmica, propriedades mecânicas e propriedades reológicas (BRITO *et al.*, 2011).

Os polímeros biodegradáveis são polímeros que se degradam com menos tempo do que os polímeros sintéticos, eles se degradam pela ação de microorganismos, e possuem propriedades semelhantes entre si. Os polímeros biodegradáveis podem ser derivados de fontes naturais renováveis como, por exemplo, o milho, celulose, batata e cana de açúcar. Algumas vantagens dos polímeros biodegradáveis seriam a produção em escala industrial, pois o Brasil é um grande produtor de milho, batata e cana de açúcar. Estes polímeros possuem boa resistência mecânica e baixa toxicidade, o tempo de degradação é outra vantagem deste tipo de material, pois é mais rápido em comparação com os plásticos tradicionais (FECHINI, 2013).

A degradação de um polímero é um processo ocasionado por vários fatores responsáveis pela perda de algumas de suas propriedades físicas nesses processos em geral ocorre cisão da cadeia polimérica e também a quebra de estrutura no retículo cristalino. Os fatores que podem provocar a degradação de um polímero podem ser decorrentes do processamento e dos efeitos ambientais sobre os mesmos (FECHINI, 2013).

Certas características dos polímeros podem influenciar o processo de degradação. Além da estrutura química dos polímeros, há outros fatores que também influenciam a velocidade de degradação. Na celulose a alta porcentagem de cristalinidade determina uma velocidade de degradação menor se comparada a do amido que apresenta baixa cristalinidade. Polímeros amorfos tendem a degradar mais rapidamente, pelo menor empacotamento das cadeias (FECHINI, 2013).

Os polímeros biodegradáveis mostram um campo em desenvolvimento, com crescente utilização destes tipos de polímeros não só para embalagens, bem como para os mais variados setores, se tornando uma área de grande potencial de estudos para viabilização do seu uso. No entanto, dificuldades devem ser superadas, para uma maior utilização destes polímeros, que no Brasil ainda é muito baixo, além do seu custo, quando comparado aos das resinas convencionais (LANDIM *et al.*, 2016).

Atualmente está sendo dada muita ênfase à preservação e conservação do meio ambiente como forma de garantir um desenvolvimento sustentável. Entre os diversos danos causados ao meio ambiente, um está relacionado com os resíduos plásticos. Embora a indústria de embalagem seja a maior produtora de resíduos poliméricos encontrados dentro dos resíduos



sólidos urbanos, a construção civil vem encontrando espaços para reutilização de materiais poliméricos provenientes de outras indústrias (HIPOLITO; HIPOLITO e LOPES, 2013).

A degradação de plástico sintético é muito lenta e pode levar até 500 anos. A "degradação" destes plásticos gera plásticos menores, que apesar de não ser evidente, se acumulam nos ecossistemas em grandes quantidades (FARIAS *et al.*, 2016).

A biodegradação consiste na decomposição do polímero pela ação de enzimas produzidas por microorganismos, tais como fungos e bactérias. A principal forma de ataque enzimático nos polímeros é através de reações oxidativas, o que causa o rompimento da cadeia principal, e uma redução na massa molar (FECHINI, 2013). O processo de degradação biológica ocorre na presença de oxigênio, nutrientes, umidade, temperatura e ph adequado.

A biodegradação é um processo natural em que microorganismos (como bactéria, fungo) e suas enzimas utilizam os compostos orgânicos como fonte de alimentos, convertendo em composto mais simples que estão redistribuídos por ciclo elementares como o do carbono, nitrogênio e enxofre. Quando entram em contato com os polímeros, os microorganismos secretam enzimas que conseguem transformar as macromoléculas em segmentos menores, permitindo que estes sejam consumidos (FECHINI, 2013). Em geral, derivam deste processo CO₂, CH₄, componentes microbianos e outros produtos, sendo assim, a biodegradação é um processo biótico, necessitando de seres vivos para ocorrer (FECHINI, 2013).

Sob condições apropriadas de umidade, temperatura, ph, disponibilidade de oxigênio e presença de material nutriente, a biodegradação é um processo relativamente rápido. Um tempo de biodegradação de 2 a 3 anos no máximo é um parâmetro razoável para a completa assimilação e o desaparecimento de um material plástico. Contudo, novas normas técnicas sobre biodegradabilidade foram apresentadas para decomposição e mineralização (FECHINI, 2013).

Tanto os fungos como as bactérias produzem enzimas que hidrolisam os substratos para que sejam utilizados como materiais nutrientes. Os fungos são os microorganismos responsáveis pela biodegradação de polímeros de origem natural, como o amido e a celulose, e sua ação sempre ocorre em ambiente aeróbico. Já as bactérias agem tanto em ambientes aeróbicos como anaeróbicos (FECHINI, 2013).

A biodegradação do polímero é um processo que consiste na modificação física ou química, causada pela ação de microrganismos, sob certas condições de calor, umidade, luz, oxigênio e nutrientes orgânicos e minerais adequados (FRANCHETTI e MARCONATO, 2006). Alguns fatores influenciam na biodegradação do polímero como, por exemplo, a



estrutura química, a morfologia do polímero, a exposição a alguns tipos de radiação e a massa molar (FECHINI, 2013).

Podemos exemplificar como polímeros biodegradáveis naturais a celulose e o amido. A celulose é um polímero natural, renovável, biodegradável e biocompatível (SALAMA, 2019; ALAVI e NOKHODCHI, 2019). A celulose é isolada a partir das paredes das células na forma de microfibras por meio de extração química. O amido é um polímero de glicose, e constitui 2 tipos de polissacarídeos, que são a amilose e a amilopectina, além disso, é encontrado em algumas raízes como, por exemplo, (mandioca, batata-doce), além alguns tipos de caules, a sua biodegradabilidade se deve, aos átomos de oxigênio presentes na cadeia principal e no anel. (HEMAMALINI e DEV, 2017; ZIEGLER-BOROWSKA, 2019).

Podemos exemplificar como polímeros biodegradáveis sintéticos o poli(ϵ -caprolactona) (PCL) e o Poli(ácido láctico) (PLA). O PCL é um polímero bioabsorvível, e tem aplicação na área de reparo de ossos e cartilagens e na engenharia de tecidos, graças às suas características favoráveis. No entanto, as superfícies de PCL são hidrofóbicas, levando a uma falta de resposta celular favorável. O PLA é um tipo de polímero que foi amplamente estudado devido a propriedades excepcionais como biocompatibilidade, biodegradabilidade e alta resistência (NORDIN *et al.*, 2019). Além disso, o PLA é uma das alternativas mais amigáveis ao meio ambiente por ser extraído de fontes naturais (DUBEY *et al.*, 2017).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A obtenção dos biopolímeros e dos polímeros biodegradáveis (natural e sintético) surge como uma opção para ampliar a solução dos problemas decorrentes da poluição ambiental, devido à quantidade significativa gerada de materiais poliméricos que não são biodegradáveis. Portanto, a aplicação dos polímeros biodegradáveis vem como uma tendência para o desenvolvimento socioeconômico e preservação ambiental. Além desses aspectos abordados, o esgotamento do petróleo para a obtenção dos polímeros sintéticos, implica na busca de pesquisas por novas alternativas de materiais sustentáveis. De maneira geral, os biodegradáveis sintéticos têm sido mais largamente empregados em usos biomédicos e em embalagens especiais. Já os biodegradáveis naturais podem ser utilizados tanto em aplicações biomédicas, como também ambientais por serem biodegradados por microrganismos presentes no meio ambiente, em curto espaço de tempo, após o descarte, além de ter boa resistência mecânica e baixa toxicidade se comparados com os polímeros sintéticos.

Palavras-chave: Tendências sustentáveis, Biopolímeros, Polímeros Biodegradáveis.



REFERÊNCIAS

- ALAVI, M.; NOKHODCHI, A. An Overview on Antimicrobial and Wound Healing Properties of ZnO Nanobiofilms, Hydrogels, and Bionanocomposites Based on Cellulose, Chitosan, and Alginate Polymers. **Carbohydrate Polymers**, v. 227, p. 2-6, 2019.
- BILAL, M.; IQBAL, H. M. N. Naturally-Derived Biopolymers: Potential Platforms for Enzyme Immobilization. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 130, p. 462-482, 2019.
- BRITO, G. F.; AGRAWAL, P.; ARAÚJO, E. M.; MÉLO, T. J. A. Biopolímeros, Polímeros Biodegradáveis e Polímeros Verdes. **REMAP**, v. 6., n. 2, p. 127-139, 2011.
- DUBEY, S. P.; THAKUR, V. K.; KRISHNASWAMY, S.; ABHYANKAR, H. A.; MARCHANTE, V.; BRIGHTON, J. L. Progress in Environmental-Friendly Polymer Nanocomposite Material from PLA: Synthesis, Processing and Applications. **Vacuum**, v. 146, p. 655-663, 2017.
- NORDIN, N. M.; BUYS, Y. F.; ANUAR, H.; ANI, M. H.; PANG, M. M. Development of Conductive Polymer Composites from PLA/TPU Blends Filled with Graphene Nanoplatelets. **Materials Today: Proceedings**, v. 17, p. 500-507, 2018.
- FARIAS, S. S.; SIQUEIRA, S. M. C.; CRISTINO, J. H. S.; ROCHA, J. M. Biopolímeros: Uma Alternativa para Promoção do Desenvolvimento Sustentável. **Revista Geonorte**, Edição Especial 5, v. 7, n. 26, p. 61-77, 2016.
- FECHINI, G. J. M. **Polímeros Biodegradáveis: Tipos, Mecanismos, Normas e Mercado Mundial**. Editora Mackenzie, São Paulo, 2013.
- FRANCHETTI, S. M. M.; MARCONATO, J. C. Polímeros Biodegradáveis – Uma Solução Parcial para Diminuir a Quantidade dos Resíduos Plásticos. **Química Nova**, v. 29, n. 4, p. 811-816, 2006.
- HEMAMALINI, T.; DEV, V. R. G. Comprehensive review on electrospinning of starch polymer for biomedical applications. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 106, p. 712-718, 2017.
- HIPOLITO, I. S.; HIPOLITO, R. S.; LOPES, G. A. **Polímeros na Construção Civil**. In: Anais do X Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia – SEGeT, Resende - RJ, 2013.
- LANDIM, A. P. M.; BERNARDO, C. O.; MARTINS, I. B. A.; FRANCISCO, M. R.; SANTOS, M. B.; MELO, N. R. d. Sustentabilidade quanto às Embalagens de Alimentos no Brasil. **Polímeros**, v. 26, p. 82-92, 2016.
- LENDLEIN, A.; SISSON, A. **Handbook of Biodegradable Polymers: Synthesis, Characterization and Applications**. Wiley-VCH, Germany, 2011.
- NIAOUNAKIS, M. Recycling of Biopolymers – The Patent Perspective. **European Polymer Journal**, v. 114, p. 464-475, 2019.
- PRADELLA, J. G. C. **Biopolímeros e Intermediários Químicos. Relatório Técnico nº 84 396-205**. Centro de Tecnologia de Processos e Produtos Laboratório de Biotecnologia Industrial- LBI/CTPP, São Paulo, 2006.
- ROSA, D.S.; PANTANO FILHO, R. **Biodegradação: Um Ensaio com Polímeros**. Editora Moara, São Paulo, 2003.
- SALAMA, A. Cellulose/Calcium Phosphate Hybrids: New Materials for Biomedical and Environmental Applications. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 127, p. 606-617, 2019.
- SMITH, R. **Biodegradable Polymers for Industrial Applications**. Press LLC, USA, 2005.
- ZIEGLER-BOROWSKA, M. Magnetic nanoparticles coated with aminated starch for HSA immobilization- simple and fast polymer surface functionalization. **International Journal of Biological Macromolecules**, Poland, ano 2019, v. 136, p. 106-114, 2 abr. 2019.