

Bioplásticos: uma análise das estruturas, produções e impactos ambientais controversos

DOI: 10.5281/zenodo.8437069

Vinícius Neibert Bezerra*^a

Throughout the review, some of the main bioplastics currently produced will be explored, in order to understand and analyze their structures and current production methods, with the aim of exposing the real impacts that these bioplastics can cause on the environment and possibly on human health. In addition, the positive and negative aspects of some bioplastics and methods to be able to assess the real impacts of these materials will be discussed in greater depth.

Ao longo da resenha, serão explorados alguns dos principais bioplásticos produzidos atualmente, de forma a compreender e analisar suas estruturas e seus modos de produção atuais, com o intuito de expor os impactos reais que esses bioplásticos podem gerar no meio ambiente e possivelmente na saúde humana. Além disso, serão abordados com maior profundidade, os aspectos positivos e negativos de alguns bioplásticos e métodos para poder avaliar os impactos reais desses materiais.

Universidade de Brasília - UnB. Campus Darcy Ribeiro - Instituto de Química

*E-mail: neibert.vinicius@gmail.com

Recebido em 31 de agosto de 2023,

Aceito em 30 de setembro de 2023,

Publicado em 31 de outubro de 2023.

Introdução

O uso de plásticos se tornou algo cotidiano para as pessoas, uma vez que está presente em uma grande parte dos objetos, equipamentos e ferramentas que utilizamos diariamente. Além disso, esses polímeros estão presentes em garrafas, bolsas, embalagens, descartáveis, sacolas, peças, tubos, brinquedos, entre outras diversas áreas de produtos que utilizam esses compostos. Nesse contexto, apesar da relevância e papel tão essenciais à sociedade moderna, é preciso que exista uma grande atenção quanto ao impacto ambiental que esses compostos podem causar. Portanto, novas alternativas são constantemente analisadas e apresentadas à comunidade, para poder contornar o problema ambiental gerado. Dessa forma, os bioplásticos são vistos por muitos como a alternativa perfeita para lidar com esse problema. Entretanto, é preciso realizar uma análise mais profunda do uso desses compostos, para identificar corretamente o impacto ambiental que apresentam.

A produção de plásticos teve um elevado aumento durante o século XXI, é possível citar, por exemplo, que sua produção em 1950 era de cerca de 2 milhões de toneladas no ano. Comparativamente, a produção anual em 2019 alcançou 460 milhões de toneladas, cerca de 230 vezes do valor do ano de 1950. Acompanhados dos crescentes números de produção desses compostos, vieram os impactos ambientais desses polímeros, gerados desde de seu processo produtivo até seu descarte.¹

O processo produtivo dos plásticos sintéticos, em geral, ocorre primeiramente com a destilação fracionada do petróleo nas refinarias, que produz diversos subprodutos. Cada fração obtida pela destilação possui uma mistura de hidrocarbonetos e outros compostos, que apresenta propriedades físico-químicas particulares. Nesse viés, cada porção é utilizada para processos específicos relacionados às propriedades que aquela fração possui, no caso, uma porção muito importante que é produzida nesse processo é a nafta, que é usada para a produção de alguns plásticos. Para esse efeito, a nafta é utilizada para produzir os monômeros iniciais, que posteriormente formam os polímeros de interesse por diferentes reações de polimerização. Ao longo do processo, há a geração do gás dióxido de carbono (CO₂), que em excesso na atmosfera causa diversos impactos ambientais, como chuva ácida, poluição do ar e, principalmente, o desequilíbrio do efeito estufa. Por fim, grande parte desses polímeros não são degradados facilmente por microrganismos, e possuem um tempo de vida muito extenso, e com a sua presença continuada, afetam negativamente os ecossistemas, principalmente os ecossistemas aquáticos.³

A partir disso, devido aos problemas ambientais causados por esses polímeros sintéticos, a produção de bioplásticos ganhou força, que são plásticos produzidos a partir de materiais biológicos renováveis. Atualmente, é previsto que a capacidade produtiva desses polímeros aumente de 2,2 milhões de toneladas em 2022 para 6,3 milhões de toneladas em 2027. Entretanto, devido ao potencial observado no conceito de bioplásticos, tem-se uma ideia imediatamente positiva desses compostos, o que não é necessariamente verdade. Nesse sentido, é importante citar que há alguns plásticos sintéticos

que são biodegradáveis, como a Policaprolactona (PCL) e o Succinato de Polibutileno (PBS), enquanto alguns bioplásticos não são biodegradáveis. Nessa perspectiva, muitos estudos apresentam pontos positivos ambientais quanto econômicos desses polímeros, porém muitas vezes não expõem os pontos negativos que alguns desses produtos possuem.^{2,3}

Nesse contexto, o artigo de referência “*Environmental impact of bioplastic use: A review*”³ buscou apresentar de maneira completa o impacto ambiental que alguns dos principais bioplásticos produzidos atualmente apresentam, de forma a trazer à tona os impactos positivos e negativos para que possa ser melhor desenvolvido um comparativo com os plásticos à base de petróleo. Desse modo, o artigo tem por objetivo explorar três questões: os diferentes tipos de bioplásticos atuais, os impactos ambientais desses materiais e os possíveis métodos para solucionar o impacto controverso que esses produtos podem manifestar.

Metodologia

Este QuiArtigo foi produzido por meio do uso do *Web of Science* com o acesso fornecido pelo Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Além disso, para adicionar informações relevantes, foram utilizados artigos correlatos e sites de organizações internacionais para obter dados e normas essenciais para a discussão do tema deste QuiArtigo.

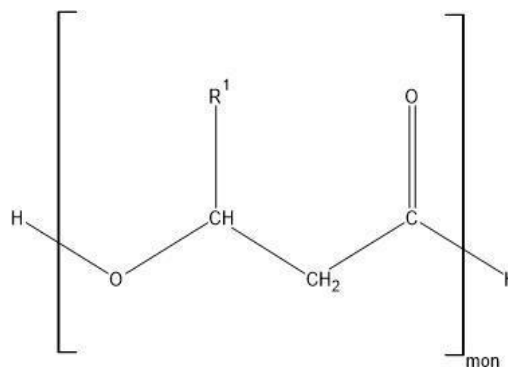
A metodologia aplicada no artigo de Atiweh foi desenvolvida por meio da seleção e do desenvolvimento dos pontos e fatos dos artigos acadêmicos escolhidos pelos autores que abordam os processos, características e impactos dos bioplásticos. Para isso, foi utilizado o *Google Scholar* e foram pesquisadas as seguintes palavras-chave: *plastics, petroleum-based plastics, bioplastics, bio-based plastics, biodegradable plastics, plastic waste disposal, bioplastic waste disposal, plastic recycling, bioplastic recycling, life cycle analysis*.

Resultados e discussão

Um dos grandes problemas da produção dos plásticos feitos a partir de petróleo, ocorre no seu processo de degradação. E com esse sentido, para compreender melhor nessa perspectiva, devem ser analisadas as características gerais que causam uma maior dificuldade para que os microrganismos os degradem, pois dessa maneira, sabe-se quais propriedades um bioplástico deve possuir. Esses fatores, em geral, são: grau elevado de hidrofobia, grau elevado de cristalinidade e elevado peso molecular.

Um desses polímeros mais famosos são os Polihidroxialcanoatos (PHAs), eles possuem uma estrutura geral mostrada na Figura 1. Os PHAs são polímeros biodegradáveis e não-tóxicos que podem ser produzidos por plantas e bactérias.³

Figura 1. Estrutura geral dos PHAs.

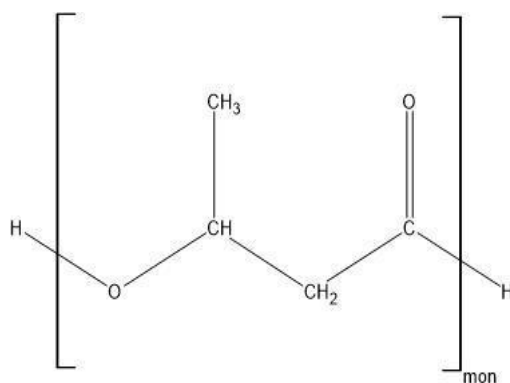


Um de seus impactos positivos ao meio ambiente é a possibilidade da produção de PHA a partir do metano, que é estabelecido como um dos gases de efeito estufa mais danosos. Fontes de metano, como aterros sanitários, lixões, refinarias de combustíveis fósseis, estruturas de compostagem e estações de tratamento de água, se apresentam como opções baratas e acessíveis para captação desse gás.³

Além disso, outra alternativa acessível e sustentável de produção apresentada, é a utilização de: biomassa a partir de resíduos de plantações em geral, energia, grama e biomassa da madeira. Com isso, não seriam usadas biomassas a partir de compostos que serviriam de alimento para a sociedade. A tecnologia de Renmatrix é utilizada no processo para não usar enzimas, solventes ou ácidos na reação, e sim o calor, além dessa tecnologia ser utilizada para separar a biomassa da água. Por esse método, são obtidos plásticos PHA que podem ser degradados, por exemplo, por microrganismos marinhos, mas que liberariam gás metano.⁴

Nessa perspectiva, é necessário citar um tipo de PHA que recebe grande atenção: o PHB (Figura 2). Esse bioplástico apresenta características físico-químicas semelhantes ao bastante utilizado polipropileno (PP). O PHB é usado para a fabricação de embalagens, descartáveis, sacolas e inclusive em aplicações medicinais.³

Figura 2. Estrutura do PHB.



A produção do PHB ocorre pelo uso de alguns microrganismos, como *Methylobacterium rhodesianum*, *Cupriavidus nectar* e *Bacillus megaterium*. Primeiramente em seu processo de produção, há a conversão do metano em metanol por meio da enzima Metano monooxigenase (MMO), em seguida, o metanol é catabolizado pela enzima álcool desidrogenase para formar formaldeído. Em seguida, o formaldeído é transformado em acetil coenzima (Acetil-CoA) a partir do uso de bactérias metanotróficas. Então, ocorre a conversão do Acetil-CoA para o monômero do PHB, o β -hidroxibutiril-CoA. Por fim, o monômero é utilizado com a enzima sintase PHB para a reação de polimerização do PHB.^{3,5}

Outro bioplástico bastante produzido é o ácido polilático (PLA), que é tido como um dos termoplásticos mais biodegradáveis e possui diversas aplicações, como em copos, embalagens, descartáveis, sacolas, e ainda pode ser convertido em fibras, se tornando útil para fabricação de fraldas, roupas descartáveis e produtos de higiene feminina. A produção desse poliéster alifático acontece por uma reação de polimerização do ácido lático obtido da cana-de-açúcar, amido e outras fontes.³

O 1,4 butanodiol (BDO) é outro componente essencial para os bioplásticos, que gera bioplásticos biodegradáveis, como o succinato de polibutileno (PBS). O PBS apresenta propriedades semelhantes aos polímeros polietileno (PE) e poliuretano (PU). Ademais, esse polímero apresenta um melhor custo-benefício quando comparado aos bioplásticos PLA, PHB e PBAT. Nessa perspectiva, há ainda estudos que apresentam a produção de BDO com uso da bactéria *Escherichia coli* para a conversão a partir de glucose, sacarose, xilose, entre outras fontes.³

Por fim, uma outra fonte profundamente importante das matérias-primas utilizadas para a produção dos bioplásticos são as algas. Aliado a sua facilidade de cultivo, há a possibilidade de extração de polissacarídeos das algas, como ágar, alginato e amido.³

Entretanto, é necessário abordar os pontos negativos que alguns desses compostos podem apresentar, como por exemplo: apesar de serem produzidos a partir de materiais biológicos renováveis, alguns desses polímeros não são biodegradáveis ou são pouco degradáveis, o que prejudica a sua fragmentação, exigindo altas temperaturas ou composteiras específicas. Além disso, outros que mesmo considerados biodegradáveis, apenas sofrem o processo de decomposição em aterros sanitários com condições bem específicas, sem citar a produção do gás metano durante a decomposição desses compostos, propiciando os problemas ambientais gerados pelo metano.³

Um outro aspecto que deve ser considerado, é em relação às matérias-primas utilizadas para a produção do bioplástico em questão. Utilizar os substratos de plantas, por exemplo, altera a função sócio-econômica que a matéria-prima em uma terra terá. Nesse contexto, algumas terras que teriam o propósito de produzir alimentos para a sociedade, passariam a servir para a produção de bioplásticos e até mesmo de biocombustíveis. Com isso, o preço dos alimentos pode acabar aumentando, de forma a agravar, por exemplo, a questão da fome no país.³

Ademais, recentemente foi desenvolvido um estudo por Zimmermann que efetuou análises químicas em 43 produtos bioplásticos. Nesse estudo, foi observado a presença de substâncias químicas tóxicas em grande parte dos produtos, em especial nos produtos obtidos a partir de celulose e amido. Alguns desses materiais apresentam o mesmo nível de toxicidade dos plásticos comuns.⁶

Já em um outro estudo apresentado no artigo de Atiwesh, foram comparados sete plásticos comuns e quatro bioplásticos. Nele, observou-se que o processo produtivo de bioplásticos gerou mais poluentes do que dos processos produtivos de plásticos comuns, esse fato ocorre devido ao uso de fertilizantes, pesticidas e agrotóxicos para a obtenção da matéria-prima do processo, além da reação química aplicada na transformação dessa matéria orgânica em plástico. Por fim, outros estudos citados no artigo de Atiwesh apontam que os bioplásticos contribuem com maior relevância para a destruição da camada de ozônio do que os plásticos comuns e

também que o bioplástico híbrido PET é um potencial causador de câncer e tem efeitos tóxicos nos ecossistemas terrestres.³

Nessa perspectiva, é bem nítido que há grandes controvérsias quanto aos impactos dos bioplásticos no meio ambiente, enquanto é possível observar várias desses compostos que realmente se mostram como opções saudáveis ao meio ambiente (como o PLA e outros citados), já outros apresentam o mesmo nível de impacto ambiental que os plásticos a partir do petróleo. Alguns desses compostos possuem etapas na sua produção que podem ser de fato limpos, porém em uma etapa subsequente libera poluentes para a atmosfera.

Como solução para essa problemática, existe o método de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), que é defendido pelos autores do artigo em referência como uma forma de determinar corretamente os impactos do bioplástico no ambiente. Nesse viés, a técnica é descrita como “do berço ao túmulo”, pois aborda o ciclo de vida completo do produto: o papel das matérias-primas utilizadas, o processo produtivo, distribuição, consumo, descarte, reciclagem e reuso (quando possível).³

O método ACV é descrito pela norma ABNT NBR ISO 14040⁷. Nesta norma, a técnica é basicamente dividida em quatro passos: definição dos objetivos e escopo, análise de inventários, avaliação dos impactos e interpretação.

Enquanto muitos bioplásticos já foram produzidos levando em consideração a técnica ACV, é observado que para uma parcela relevante dos bioplásticos existentes, a técnica não foi utilizada, o que dá origem a polímeros que levando em consideração todo o seu ciclo de vida, geram impactos negativos no meio ambiente que podem ser maiores do que os plásticos comuns. Portanto, seria interessante para o desenvolvimento sustentável desse setor industrial, que esse método seja aplicado em todos os processos de produção de bioplásticos e assim como em outros produtos, pois dessa forma, será possível analisar o impacto real desses materiais.

Conclusões

Em síntese, o artigo de Atiwesh apresenta alguns dos bioplásticos de maior relevância atualmente, de modo a descrever suas propriedades e processos de fabricação. Além disso, foi feita uma análise de pontos negativos de alguns exemplos de bioplásticos, e por fim é apresentado o método ACV como solução para a controvérsia da análise complexa do impacto ambiental real desses polímeros nos ecossistemas.

A partir da pesquisa feita, este QuiArtigo buscou apresentar de maneira resumida os principais pontos apresentados pelos autores, assim como adicionar informações relevantes com outros artigos acadêmicos e sites de organizações internacionais acerca dos plásticos, dos bioplásticos e do método de Avaliação do Ciclo de Vida.

Por fim, é preciso exaltar a importância da busca por alternativas ao plástico produzido a partir do petróleo, que já demonstrou ter diversos impactos ambientais negativos, porém essas alternativas devem ser estudadas de maneira metódica, profunda e completa. Dessa forma, seria evitada a produção e uso de bioplásticos que possam ser tóxicos ou que afetam negativamente o meio ambiente.

Contribuições por Autor

A resenha sobre o artigo em referência e a inclusão de algumas observações são de Vinícius Neibert Bezerra.

Conflito de interesse

Não há conflito de interesses.

Agradecimentos

Agradeço ao grupo PET-Química/IQ/UnB, à Secretaria de Educação Superior do Ministério da Educação (SeSU/MEC) e ao Decanato de Ensino de Graduação (DEG/UnB) pelo apoio ao Programa de Educação Tutorial pela bolsa concedida. Ao Instituto de Química (IQ/UnB) e à Universidade de Brasília pelo suporte e espaço fornecidos.

Notas e referências

- 1 H. Ritchie and M. Roser, Plastic Pollution, *Our World in Data*.
- 2 EUBIO_Admin, Market, <https://www.european-bioplastics.org/market/>, (accessed 26 May 2023).
- 3 G. Atiwesh, A. Mikhael, C. C. Parrish, J. Banoub and T. A. T. Le, Environmental impact of bioplastic use: A review, *Heliyon*, 2021, **7**, e07918.
- 4 D. Thangadurai and J. Sangeetha, *Biotechnology and bioinformatics: advances and applications for bioenergy, bioremediation, and biopharmaceutical research*, Apple Academic Press, Toronto; New Jersey, 2015.
- 5 L. Y. Liu, G. J. Xie, D. F. Xing, B. F. Liu, J. Ding and N. Q. Ren, Biological conversion of methane to polyhydroxyalkanoates: Current advances,

- challenges, and perspectives, *Environ. Sci. Ecotechnology*, 2020, **2**, 100029.
- 6 L. Zimmermann, A. Dombrowski, C. Völker and M. Wagner, Are bioplastics and plant-based materials safer than conventional plastics? In vitro toxicity and chemical composition, *Environ. Int.*, 2020, **145**, 106066.
- 7 ABNT Sebrae ISO 14040:2009 Versão Corrigida:2014,
<https://www.abntcatalogo.com.br/sebrae/norma.aspx?Q=SEJPWW0wYXVhcGtkRXdndURHbE1wQ2VRdUptZ2FROCs vamFvZEh5OUEwVT0=>,
(accessed 26 May 2023).