

SACOLAS PLÁSTICAS BIODEGRADÁVEIS, ALTERNATIVA PARA O MEIO AMBIENTE: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Lucas Perdigão Soares¹, Cristian Kelly Morais de Lima²

Resumo: Este trabalho tem como objetivo realizar uma revisão bibliográfica a respeito das sacolas plásticas convencionais e biodegradáveis. Sabe-se que o uso indiscriminado de sacolas plásticas convencionais resulta em consequências ao meio ambiente, considerando que as mesmas demoram um tempo longo para se degradarem e, além disso, são fabricadas em grandes quantidades. A metodologia utilizada para o desenvolvimento desta pesquisa se deu através de consultas a materiais bibliográficos. Foram pesquisados artigos utilizando as seguintes bases de dados: *Scientific Electronic Library Online* (SCIELO), *Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal* (REDALYC), *Bielefeld Academic Search Engine* (BASE), periódicos CAPES, (PUBmed). Foram incluídos artigos publicados, entre os anos de 2018 e 2023 e livros que contemplem o tema abordado. Foram excluídos artigos duplicados, resumos, monografias e teses. A motivação deste trabalho se dá pela preocupação ambiental com a crescente produção e uso de sacolas plásticas e, ao mesmo tempo, pela busca para o desenvolvimento de sacolas biodegradáveis, considerando que estas apresentam um tempo de degradação menor, causando um menor impacto ambiental. Dessa forma, as pesquisas analisadas evidenciaram avanços no desenvolvimento de bioplásticos a partir de materiais naturais, sendo esta considerada uma área promissora como alternativa ao meio ambiente.

Palavras-chave: sacolas plásticas; biodegradável; bioplásticos; meio ambiente.

1. INTRODUÇÃO

Os plásticos englobam uma gama de características que podem ser consideradas vantajosas e desvantajosas. De um lado, destacam-se por sua resistência, durabilidade e baixa densidade. Por outro lado, é importante salientar que sua persistência ambiental e resistência à degradação representam desvantagens, pois o acúmulo crescente de plásticos sintéticos tem se tornado um problema cada vez mais presente para o meio ambiente, visto a sua durabilidade, aliada a práticas de uso e descarte insustentáveis [1]. A produção em larga escala de plásticos, impulsionada pela busca de materiais acessíveis e duráveis, ofereceu inicialmente uma promessa de conveniência e funcionalidade aprimorada [2]. Essa tendência tem gerado consequências ambientais significativas, visto que a crescente acumulação desses materiais vem deixando um rastro ambiental devastador.

Estimativas recentes apontam que, cerca de 19 a 23 milhões de toneladas métricas (Mt), equivalente a 11% do total gerado globalmente em 2016, foi direcionado para ecossistemas aquáticos diversos, onde inclui não apenas rios e lagos, mas também a disseminação para as vastas extensões dos oceanos. Considerando as tendências atuais, prevê-se que a quantidade de resíduos plásticos que ingressam nos ecossistemas aquáticos em todo o mundo possa atingir 90 Mt/ano até 2030 [3].

O aumento significativo da presença de plásticos nos sistemas aquáticos está desencadeando uma série de consequências prejudiciais. Esses impactos afetam negativamente a saúde dos ecossistemas marinhos, bem como a vida selvagem que depende deles, e têm implicações para a saúde humana. Portanto, é claro que a preocupante tendência de acumulação de plásticos sintéticos não só prejudica a biodiversidade e a resiliência dos ecossistemas, mas também representa um desafio urgente para a sociedade como um todo. É imperativo que busquemos soluções sustentáveis e adotemos abordagens inovadoras para enfrentar esse problema, garantindo assim um futuro ambientalmente saudável e equilibrado.

Entre os plásticos mais presentes no meio ambiente, destacam-se os polímeros termoplásticos, em especial o polietileno de baixa densidade (PEBD), matéria-prima das sacolas plásticas sintéticas [4-6]. Produzidas em uma taxa de até um trilhão de sacolas ao ano esses objetos começaram a aparecer nos pontos mais profundos do oceano, no topo do Monte Everest e até nas calotas polares. Sua ampla distribuição tornou-se um dos maiores desafios ambientais da atualidade, alerta o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) [7].

As sacolas plásticas foram inseridas no Brasil no final da década de 1970, com o intuito de substituir os sacos de papel kraft que eram usados e distribuídos pelo comércio [8]. Essas sacolas convencionais se tornaram

populares devido à sua distribuição gratuita em supermercados e lojas e, ao longo do tempo, tornaram-se parte da rotina do consumidor [9]. No entanto, devido à utilização excessiva, ao descarte incorreto e à sua impermeabilidade, esses materiais podem atuar como reservatórios de água, criando condições favoráveis para a proliferação de mosquitos transmissores de doenças, como dengue, zika, febre amarela e chikungunya [8].

Estimativas da Associação Brasileira de Supermercados (ABRAS) [10] apontam que, em 2019, aproximadamente 1,5 milhões de sacolas plásticas foram consumidas por hora no país.

A problemática relacionada ao uso indiscriminado de sacolas plásticas convencionais repercute nos ecossistemas, uma vez que o acúmulo de resíduos plásticos nos oceanos culmina na formação de microplásticos (MPs), os quais exercem impactos diretos e indiretos sobre a fauna e a flora [11]. Tais partículas de MPs são motivo de alarme devido aos graves problemas que podem causar nos sistemas biológicos. Yang et al [12] usaram um sistema de imagem química infravermelha direta a laser e microscopia eletrônica de varredura para investigar se existem microplásticos no coração humano e nos tecidos circundantes, e surpreendentemente os autores detectaram nove tipos de MPs em cinco diferentes tecidos e nove tipos de MPs em amostras de sangue.

Ragusa et al [13] estudaram a presença de MPs em leite materno. Foram selecionadas 34 mulheres, onde as amostras de leite materno foram analisadas por microespectroscopia Raman. A contaminação por MPs foi encontrada em 26 das 34 amostras analisadas e foi observado que os MPs mais abundantes são compostos por polietileno (PE), policloreto de vinila (PVC) e polipropileno (PP), com tamanhos variando de 2 a 12 μm . Os dados obtidos da pesquisa em relação aos MPs foram analisados estatisticamente considerando dados específicos dos pacientes (idade, produtos de higiene, consumo de peixes/mariscos, bebidas e alimentos em embalagens plásticas), mas não encontraram relação significativa, sugerindo que a presença de MPs é onipresente tornando a exposição humana inevitável. Desta forma, é importante aumentar os esforços na investigação científica para aprofundar o conhecimento dos potenciais problemas de saúde causados pela internalização e acumulação de MPs no corpo, e inevitável buscar alternativas ao uso de plásticos petroquímicos.

Nos últimos anos, uma notável resposta a essa problemática tem sido à aplicação de regulamentações por parte de diversos órgãos governamentais, essas medidas têm como objetivo primordial reduzir de maneira substancial o consumo de sacolas plásticas [14]. Essas regulamentações representam um passo importante rumo à mitigação dos impactos ambientais associados ao uso indiscriminado desses materiais. A conscientização crescente sobre as implicações nocivas das sacolas plásticas tem motivado a adoção de abordagens mais sustentáveis em níveis governamentais e comerciais. Entre as medidas adotadas, destaca-se desenvolvimento de sacos biodegradáveis e implementação de políticas de precificação, nas quais os consumidores passaram a arcar com o custo das sacolas plásticas. Todavia, essa mudança tem gerado certa insatisfação entre os consumidores, especialmente pela necessidade de adquirir sacolas para acondicionamento de resíduos, uma vez que a maioria da população utilizava as sacolas plásticas convencionais para essa finalidade [15].

Nesse contexto, o desenvolvimento de sacolas plásticas biodegradáveis emerge como uma alternativa viável e sustentável para mitigar os impactos ambientais ocasionados pelas sacolas plásticas convencionais [16]. A biodegradação do polietileno (PE) é um processo no qual, organismos vivos, como invertebrados, algas, bactérias e fungos, despolimerizam o PE e o utilizam como fonte de alimento. Esse processo oferece vantagens tais como: baixo custo, alta viabilidade operacional e ausência de emissão de gases tóxicos ou compostos prejudiciais ao meio ambiente [17]. O PE sintético pode ser reciclado mecanicamente, mas em função das características geométricas do produto (sacola), a reciclagem do mesmo, após o uso, não é viável. A maioria das sacolas plásticas é destinada aos aterros sanitários e lixões. [18].

Dessa forma, o problema associado ao uso excessivo de sacolas plásticas convencionais demanda atenção, uma vez que sua utilização indiscriminada acarreta severos impactos ambientais. Nesse sentido, a substituição por sacolas plásticas biodegradáveis tem sido apontada como uma alternativa promissora para reduzir tais impactos. Portanto, o presente estudo tem como objetivo realizar uma revisão bibliográfica sobre os filmes e as sacolas plásticas biodegradáveis, visando compreender sua relevância como uma alternativa viável e sustentável às sacolas convencionais na redução dos impactos ambientais ocasionados pelos plásticos sintéticos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Esta revisão tem como objetivo apresentar uma breve fundamentação teórica quanto ao uso de sacolas plásticas convencionais e biodegradáveis, relacionando-as com as questões ambientais. Serão abordados tópicos tais como: filmes e sacolas biodegradáveis, polímeros biodegradáveis/bioplásticos. Será abordado também a respeito de alguns trabalhos encontrados na literatura relacionados a este tema.

2.1. Sacolas biodegradáveis

O crescente acúmulo de plásticos no ambiente é motivo de grande preocupação devido aos seus efeitos negativos no ambiente. Esse problema é evidenciado pelo acúmulo de resíduos plásticos nos oceanos, formando

microplásticos e causando impactos significativos nos ecossistemas e na biodiversidade. Diante desses impactos ambientais causados pelos plásticos não biodegradáveis, tem ocorrido um movimento em direção a abordagens mais sustentáveis e ecologicamente correta [19].

Como exemplo destes problemas ambientais, têm-se as sacolas plásticas sintéticas que devido ao seu uso excessivo e descarte incorreto, é imprescindível encontrar alternativas que diminuam os impactos ambientais causados por estas. Estudos na literatura têm sugerido o desenvolvimento e uso de sacolas biodegradáveis como uma alternativa viável. A adoção de sacolas biodegradáveis podem reduzir as emissões de CO₂, um dos responsáveis pelo efeito estufa, diminuir a dependência do petróleo e oferecer melhores opções para o descarte de resíduos sólidos. Além disso, o uso de sacolas biodegradáveis contribui para uma sociedade mais sustentável e menos dependente de recursos petroquímicos [20].

Filiciotto e Rothenberg [11] explicam que a decomposição de plásticos biodegradáveis é causada por micro-organismos, como bactérias e enzimas fúngicas, podendo variar de fatores como umidade, temperatura e outras condições ambientais. Em condições ideais, esses plásticos podem se decompor completamente por organismos aeróbicos e anaeróbicos, resultando em CO₂, metano, água e biomassa compostável. É fundamental que a matéria orgânica formada durante a decomposição dos plásticos seja segura para animais e plantas, a fim de que o material seja considerado compostável.

Existem quatro tipos de plásticos facilmente degradáveis: plásticos fotodegradáveis, bioplásticos de base biológica, bioplásticos compostáveis e plásticos biodegradáveis [5]. Em comparação com os plásticos convencionais, alguns bioplásticos, como o ácido polilático e os polihidroxialcanoatos, apresentam uma degradação mais rápida, exigindo apenas alguns anos. No entanto, é importante mencionar que esses bioplásticos tendem a ter custo mais alto [14, 21].

O primeiro conceito de bioplásticos de base biológica refere-se à origem dos materiais utilizados na produção do plástico. Um plástico pode ser classificado como de base biológica se for total ou parcialmente derivado de fontes renováveis de carbono [22]. Os plásticos de base biológica ou também chamados de bioplásticos são materiais derivados de recursos renováveis, podendo ser produzidos a partir de uma variedade de matérias-primas naturais [23]. Produtos lácteos (proteína de soro de leite), polissacarídeos (celulose, amido, pectina, quitina), produtos de fermentação (polihidroxibutirato e polihidroxivalerato), proteínas (glúten, caseína, gelatina), lipídios (animal e óleos vegetais) até mesmo substâncias produzidas por alguns microrganismos (microalgas), todos esses materiais podem ser utilizados para a fabricação de bioplásticos [16, 23-25].

A forma como os termos de base biológica, degradável e biodegradável muitas vezes são mal interpretados. Polímeros de base biológica são derivados de matérias-primas renováveis, independente da sua capacidade de biodegradação. Polímeros degradáveis contêm aditivos que se decompõem quando acionados pela compostagem, por fim plásticos biodegradáveis, que se decompõem em matéria orgânica. [1, 5, 24]. Independentemente da fonte da matéria-prima, os polímeros biodegradáveis passam por processos de degradação que resultam em água, dióxido de carbono e matéria orgânica, através da ação de microrganismos naturais, como bactérias, fungos ou algas. O processo de biodegradação de polímeros envolve três etapas distintas: (a) a fixação de microrganismos na superfície do polímero, (b) a utilização do polímero como fonte de carbono e (c) a degradação propriamente dita do polímero [5].

Considerando os resultados da pesquisa realizada pelos autores Yao, Seong e Jang [17], onde mostraram que a decomposição do polietileno pode ser realizada através de bactérias simbióticas presentes no intestino de alguns invertebrados. Estes autores informam que bactérias desempenham o papel de decompositores, liberando carbono e nutrientes no ambiente. Espécies bacterianas, como *Bacillus*, *Lysinibacillus* e *Marinobacter*, têm demonstrado também alto potencial na degradação do polímero de polietileno.

De acordo com Mishra et al [26] a biodegradação pode ocorrer por meio de algas/microalgas, onde estas apresentam um potencial promissor contribuindo na deterioração do polietileno. Estes autores verificaram através da análise do genoma da cianobactéria filamentosa (*Jacksonvillea sp.*) a existência de genes responsáveis pela degradação do PE, observaram que na presença desta cepa houve redução de peso do material plástico, confirmando assim a eficiente capacidade de biodegradação do polietileno por esse microrganismo.

Dessa forma, é importante fornecer uma visão abrangente dos principais aspectos do desenvolvimento relacionados aos plásticos biodegradáveis, contribuindo para o entendimento da importância desses materiais na busca por soluções mais sustentáveis e ecologicamente corretas.

2.3. Polímeros

Polímeros são macromoléculas formadas pela repetição de pequenas unidades, os meros, unidos por ligação covalente. Um monômero é uma molécula que contém a unidade de repetição para a formação de um polímero. Todo polímero é uma macromolécula (molécula de alta massa molar), mas nem toda macromolécula é um polímero, pois este é formado pela repetição de seu mero. Um polímero pode ser orgânico ou inorgânico,

natural ou sintético. A lã, a borracha de seringueira bem como a celulose são polímeros orgânicos naturais. Outros polímeros naturais, como as proteínas, enzimas, os amidos e a celulose são importantes em processos biológicos e fisiológicos, nas plantas e nos animais [6, 27].

Os avanços recentes nas técnicas de pesquisa científica têm possibilitado a determinação das estruturas moleculares de diversos materiais, incluindo a síntese de uma ampla variedade de polímeros sintéticos. A introdução dos polímeros sintéticos teve um impacto revolucionário, devido à sua fabricação econômica e capacidade de controle das propriedades em um nível que frequentemente supera os polímeros naturais correspondentes. A classificação dos polímeros pode ser realizada de várias formas, sendo uma das mais comuns a classificação com base em seu comportamento térmico, que distingue os polímeros termorrígidos e termoplásticos. Além disso, os polímeros sintéticos também podem ser classificados com base em sua estrutura química, método de preparação, tipo de cadeia polimérica e comportamento mecânico [27].

Os polímeros termoplásticos convencionais dominam a produção global, representando aproximadamente 90% do total. Esses materiais apresentam características como baixo custo, requisitos mecânicos moderados e facilidade de processamento. Estudos apontam que, dentre os plásticos mais encontrados no ambiente, estão os polímeros termoplásticos polipropileno (PP), polietileno (PE) (podendo ser PEBD - polietileno de baixa densidade ou PEAD - polietileno de alta densidade), poliestireno (PS), policloreto de vinila (PVC), politereftalato de etileno (PET), poliamida (PA) [4-6, 27].

Quanto ao polietileno de baixa densidade, considerado matéria-prima para a fabricação de sacolas plástica, sua primeira síntese ocorreu em 1898, pelo químico alemão Hans Von Pechmann e teve origem em um acidente experimental. Posteriormente, outras descobertas marcaram a trajetória desse material. Em 1935, Michael Perrin introduziu um método controlável de síntese de polietileno de alta pressão, enquanto, em 1939, a produção industrial de alta pressão permitiu a geração de polietileno de baixa densidade. Além disso, as décadas subsequentes continuaram a presenciar avanços marcantes. Em 1951, os químicos da Philips Petroleum, Robert Banks e John Hogan, desenvolveram um método de síntese que incorporava o trióxido de cromo como catalisador. Essa diversificação de abordagens para a produção de polietileno ilustra a complexidade e a riqueza de opções que a pesquisa nesse campo proporcionou ao longo do tempo [17].

O polietileno pode ser classificado de acordo com sua densidade e estrutura molecular. As macromoléculas são organizadas de forma linear em cadeias de carbono, nas quais átomos e moléculas estão ligados de ponta a ponta. A formação dessas macromoléculas lineares envolve a abertura de ligações duplas por meio de um mecanismo de radicais livres, caracterizando o processo de polimerização por adição. Exemplos desse tipo de polimerização incluíram o PE possibilitando outras variações, como o polietileno de baixa densidade linear (PELBD), amplamente utilizado na produção de sacos de lixo, sacolas de supermercado e sacos para transporte industrial, o polietileno de média densidade (PEMD) comumente empregado em embalagens, enquanto o polietileno de ultra-alto peso molecular (PEUAPM) é utilizado em aplicações de alto desempenho, como revestimento de máquinas, engrenagens e implantes dentários, entre outros [6, 27]. A Tabela 01. apresenta as características e aplicações de materiais plásticos comuns.

Tabela 01. Características e Aplicações de Materiais Plásticos Comuns.
Adaptado de [6, 27]

Tipo de material	Características	Aplicações
Polipropileno (PP)	Resistente à distorção térmica; excelentes propriedades elétricas e resistência à fadiga; inerte.	Garrafas esterilizáveis, filmes para embalagens, fibras, bagagens.
Politereftalato de etileno (PET)	Resistente à fadiga ao rasgamento, umidade, ácidos, graxas, óleos, solventes e de custo médio.	Embalagens para produtos alimentícios, farmacêuticos, recipientes de bebidas.
Polietileno (PE)	Quimicamente resistente e isolante elétrico; tenaz e com coeficiente de atrito relativamente baixo; baixa resistência e resistência ruim às intempéries.	Garrafas flexíveis, brinquedos, copos, peças de baterias, bandejas de gelo, filmes para embalagem de materiais.
Polietileno de alta densidade (PEAD)	Alta cristalinidade (em torno de 95%), atóxico, fácil pigmentação e processamento, baixo custo, pintura/impressão e colagem difíceis.	Utensílios domésticos, brinquedos, caixas-d'água, tubos, baldes, bacias.
Polietileno de baixa densidade (PEBD).	Semicristalino (em torno de 60%), atóxico, de fácil pigmentação e processamento, baixo custo, pintura/impressão e colagem difíceis.	Filmes, brinquedos, tubos, revestimento de fios elétricos.

2.4. Polímeros biodegradáveis/bioplásticos

No momento, os plásticos biodegradáveis, como o ácidos poliláticos (PLAs), polihidroxialcanoatos (PHA), misturas de amido e outros, representam mais de 51% da capacidade global de produção de bioplásticos, totalizando mais de 1,1 milhão de toneladas. Projetam-se expectativas de que a produção de plásticos biodegradáveis aumente consideravelmente, chegando a mais de 3,5 milhões de toneladas até o ano de 2027, impulsionada pelo notável desenvolvimento de polímeros como PLAs e PHA [28]. Portanto o desenvolvimento de sacolas biodegradáveis a partir de PHAs representa uma importante iniciativa na busca por alternativas sustentáveis aos plásticos convencionais. Com estudos adicionais e aprimoramentos nas propriedades dos filmes, essa tecnologia pode contribuir significativamente para a redução do impacto ambiental causado pelos resíduos plásticos.

O estudo conduzido por Javaid et al [21] teve como objetivo o desenvolvimento sustentável do PHA que tem um potencial promissor para substituir os plásticos sintéticos. Estes autores utilizaram amostras de solos industriais de tinta, papel e plástico, o que possibilitou o isolamento de bactérias produtoras de polihidroxialcanoatos (PHAs) positivas. A partir do solo da indústria de tintas, foram isoladas bactérias nativas e exclusivas produtoras de PHA, onde destaca-se a *Stenotrophomonas maltophilia* HA-16. Algumas fontes de carbono não convencionais, como lascas de madeira não degradadas, recortes de papelão, garrafas plásticas trituradas, copos de poliestireno desperdiçados e sacolas plásticas usados, foram usadas para aumentar a produção de PHA. Estas fontes de carbono foram utilizadas sem quaisquer pré-tratamentos. Durante o processo de fermentação, parâmetros como tempo de incubação, pH, temperatura e fontes de carbono, foram analisados. As sacolas plásticas foram apontadas como as melhores fontes de carbono, produzindo um teor de PHA de $(68,24 \pm 0,27\%)$, resultado importante quando se compara ao rendimento de PHA proveniente da glicose padrão $(78,08 \pm 0,19\%)$ como fonte de carbono. Desta forma, as sacolas plásticas podem ser um potencial substituto da glicose, visto que a utilização de glicose produzida industrialmente aumenta consideravelmente os custos. Contudo, dada a escassez de pesquisas sobre essa cepa única, são necessários estudos mais abrangentes para possibilitar o uso industrial benéfico dessa bactéria, visando tornar um ciclo, onde a sacola plástica possa ser reciclada como fonte de alimento da bactéria e produzindo PHA, destinado a fabricação de sacolas biodegradáveis. O filme obtido não apresentou durabilidade satisfatória, sendo bastante quebradiço e frágil. Os autores orientam que a copolimerização pode ser uma solução adequada ao problema.

Tsang et al [16] fez uma revisão sobre utilização de resíduos alimentares para produção de PHA, com ênfase em avaliar a viabilidade técnica e econômica de resíduos alimentares. Cavaliere et al [30] relatou sobre a necessidade de fornecer um perfil de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) em plásticos biodegradáveis de base biológica, a partir da produção de PHA por resíduos alimentares e lodo de esgoto, justificado por falta de informações disponíveis na literatura, visto que HPAs estão associados a problemas de saúde, como o câncer. Estes autores concluíram que a utilização destes resíduos orgânicos parece ser segura para o ambiente e para a saúde humana. Essa análise é crucial para viabilizar economicamente o processo, visando à comercialização do PHA feito com resíduos. Shah & Kumar [31] isolaram bactérias capazes de produzir PHAs e otimizaram as condições de cultivo para aumentar sua produção. Seus estudos destacou o *Bacillus tropicus* SSAK1, uma cepa bacteriana capaz de produzir PHA utilizando para isso, diferentes resíduos agroindustriais, resíduos domésticos de cozinha, melaço de cana-de-açúcar, resíduos de farinha (fábrica de pães) e polpa de frutas mistas. Os resultados mostraram que o maior acúmulo de PHA ocorreu com o uso de resíduos domésticos de cozinha como fonte de carbono.

O estudo conduzido por Silva & Neto [29] teve como objetivo o desenvolvimento de polímeros biodegradáveis a partir da polpa extraída do pseudocaule da fibra de bananeira. Para obtenção do bioplástico, foram utilizadas diferentes proporções de amido de milho, polpa de fibra de bananeira (10, 20 e 25 g), suco de limão, glicerina e água destilada. Para avaliar a resistência à deformação dos filmes de bioplástico, estes foram submetidos em estufa nas temperaturas de (30, 40, 60 e 80°C) por 30 minutos. Foi constatado que os filmes suportaram uma temperatura máxima de 80°C, a partir da qual começaram a queimar. Para o teste de biodegradação utilizou-se 400 g de solo coletados numa camada de 0-20 cm de profundidade. Os resultados da pesquisa indicaram que a fibra de bananeira conferiu maior resistência ao bioplástico, demonstrando que quanto maior a quantidade de fibra de bananeira na composição, maior a resistência à temperatura e menor a degradação do bioplástico. Quanto à proporção de amido, observou-se que a maior quantidade de amido contribui para acelerar o processo de biodegradação. A produção de polímeros biodegradáveis a partir de resíduos orgânicos, como a polpa de fibra de bananeira, surge como uma alternativa promissora para reduzir os danos ambientais decorrentes do uso excessivo de materiais plásticos.

Morais et al [32] produziram bioplástico a partir de amidos orgânicos e fibras da casca de banana-prata (*Musa acuminata*). A obtenção dos bioplásticos baseou-se pela metodologia casting, com uma solução de amido de milho, glicerina e vinagre de maçã. Estes materiais foram homogeneinizados e em seguida foi adicionada a fibra da casca da banana. O bioplástico obtido apresenta coloração marrom-acinzentada, além de grande

maleabilidade e aparente resistência, sem apresentar rachaduras ou proliferação de fungos em locais arejados. Observa-se que estas pesquisas envoltas de resíduos da banana são importantes avanços no desenvolvimento de polímeros biodegradáveis a partir de fontes naturais e renováveis, como a fibra do pseudocaule da bananeira e a casca de banana-prata, sendo estes possíveis substitutos de materiais que tem como base o petróleo.

Brandão et al [33] estudou a influência de pró-oxidantes na fotooxidação em sacolas, com polietileno (PE) como material principal. Foram utilizados: o polietileno de baixa densidade (PEBD) e polietileno de alta densidade (PEAD) e, também, adicionadas duas substâncias pró-oxidantes: benzoin e um aditivo baseado em sais orgânicos de metais de transição ($d2w^{TM}$), com o objetivo de acelerar o processo de fotooxidação do PE. Foram realizados ensaios de viscosimetria de solução para os filmes de PEBD/PEAD, antes e após envelhecimento acelerado por exposição destes filmes à luz ultravioleta (UV). Realizou-se também o ensaio de Espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier (FTIR) e análise de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) para avaliar as propriedades dos filmes de PE. Os resultados obtidos mostraram que o benzoin atuou de forma mais intensa como agente pró-oxidante, sendo o benzoin uma substância orgânica promissora na indução da fotooxidação do polietileno. No entanto, a presença de pró-oxidantes, resulta na redução na massa molar do polímero, provocando alteração de várias propriedades, como transparência, barreira a gases e propriedades de tração e impacto. Portanto, o uso desses aditivos precisa ser devidamente avaliado.

Santos et al [34] utilizaram o resíduo de soja como carga em polietileno de baixa densidade (PEBD). O resíduo de soja foi avaliado nas seguintes composições: 0%, 5%, 10%, 15% e 20 %, em relação à massa total de PEBD. O mesmo foi caracterizado quimicamente para determinar o teor de extrativos, lignina, cinzas e hemicelulose. Foram formados pellets por extrusão, onde-se obteve os corpos de provas, os quais foram submetidos a ensaios físico-mecânicos: determinação da densidade aparente, umidade na base seca, absorção total de água e ensaios de flexão e tração. Os resultados indicaram que a substituição parcial do PEBD pelo resíduo de soja gerou um aumento no alongamento do polímero, tornando possivelmente o polímero mais flexível ou elástico. Também observou-se que o acréscimo do teor de resíduo de soja resultou no aumento na umidade e absorção de água, devido à natureza higroscópica dos materiais lignocelulósicos. Porém, estes autores observaram que a falta de agentes compatibilizantes pode ter afetado a adesão entre o PEBD e o resíduo de soja, resultando em uma redução das propriedades de módulo de elasticidade (MOE) e módulo de ruptura (MOR) na flexão, bem como do módulo de Young na tração. Apesar disso, a resistência à tração não foi afetada pelo acréscimo de soja nas diferentes concentrações estabelecidas.

É importante se atentar que, polímeros degradáveis que contêm aditivos ou polímeros que se decompõem quando submetidos à compostagem, ou pela exposição à radiação UV, muitas vezes produzem microplásticos não degradáveis [1, 5, 24]. Os resíduos plásticos contêm substâncias perigosas e podem adsorver poluentes quando no ambiente. Isso afeta ecossistemas e organismos, alterando a funcionalidade dos ecossistemas, causando problemas quando ingeridos e acumulados por diversos tipos de animais [23].

2.1. Metodologia

A metodologia utilizada para o desenvolvimento deste trabalho ocorreu através de uma revisão bibliográfica. Os artigos foram pesquisados nas seguintes bases de dados *Scientific Electronic Library Online* (SCIELO), *Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal* (REDALYC), *Bielefeld Academic Search Engine* (BASE), periódicos CAPES, (PubMed).

Foram utilizados os descritores “Sacolas plásticas”, “Sacolas ecológicas”, “Biodegradáveis”, “Impacto ambiental” e em inglês “Plastic bags”, “Ecological bags”, “Biodegradable”, “Environmental impact”, combinadas entre si. Foram incluídos artigos publicados, entre os anos de 2018 e 2023 e livros que contemplem o tema abordado. Foram excluídos artigos duplicados, resumos, monografias e teses.

3. CONCLUSÕES

A presente revisão bibliográfica abordou a problemática do uso excessivo de sacolas plásticas convencionais e os impactos ambientais associados a essa prática. Substituir as sacolas plásticas convencionais por sacolas biodegradáveis, obtidas a partir de fontes naturais e renováveis, é uma estratégia promissora para reduzir o impacto ambiental causado pelo uso dos plásticos sintéticos.

As pesquisas analisadas evidenciaram avanços promissores no desenvolvimento de bioplásticos a partir de materiais naturais. Observou-se também que algumas bactérias atuam como agente degradante de filmes plásticos, ao mesmo tempo, em que também atuam na síntese para a formação de bioplásticos. Contudo, é importante abordar questões relacionadas à completa degradação destes materiais e a possível formação de microplásticos durante esse processo, pois alguns plásticos fotodegradáveis têm ainda em sua composição o polietileno.

Dessa forma, de acordo com a revisão bibliográfica realizada, observa-se que há uma tendência para a produção de filmes plásticos biodegradáveis, representando assim uma alternativa viável e sustentável para amenizar os impactos ambientais provocados pelo uso dos plásticos convencionais, em especial as sacolas plásticas. No entanto, é fundamental reconhecer que a produção de plásticos/sacolas biodegradáveis não constitui a solução definitiva para o problema dos resíduos plásticos. É necessário políticas de conscientização sobre o consumo responsável, com a finalidade de reduzir o uso de plásticos descartáveis e estimular as práticas de reciclagem, sendo estas medidas cruciais para combater a poluição plástica e preservar o meio ambiente.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] PRATA, J. C. et al., Solutions and Integrated Strategies for the Control and Mitigation of Plastic and Microplastic Pollution. v. 16, n. 13, p. 2411–2411, 7 jul. 2019. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31284627/>>. Acesso em: 29 mai. 2023.
- [2] JUNG, H. et al., Review of polymer technologies for improving the recycling and upcycling efficiency of plastic waste. v. 320, p. 138089–138089, 2023. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36754297/>>. Acesso em: 30 mai. 2023.
- [3] BORRELLE, S. B. et al., Predicted growth in plastic waste exceeds efforts to mitigate plastic pollution. Science. v. 369, n. 6510, p. 1515–1518, 2020. Disponível em: <<https://www.science.org/doi/10.1126/science.aba3656>>. Acesso em: 7 jun. 2023.
- [4] MONTAGNER, C. C. et al., Microplásticos: ocorrência ambiental e desafios analíticos. Quim. Nova, v. 44, No. 10, 1328-1352, 2021. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/qn/a/VJ58TBjHVqDZsvWLckcFbTQ#>>. Acesso em: 1 jun. 2023.
- [5] ZEENAT. et al., Plastics degradation by microbes: A sustainable approach. v. 33, n. 6, p. 101538–101538, 2021. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1018364721001993>>. Acesso em: 11 jun. 2023.
- [6] LIMA, M. A. M. Introdução aos Materiais e Processos para Designers. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2006. ISBN: 85-7393-420-4.
- [7] PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE (PNUMA). Dá origem à proibição: A história das sacolas plásticas. 20 Dezembro 2021. Disponível em: <<https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/reportagem/da-origem-proibicao-historia-das-sacolas-plasticas>>. Acesso em: 30 mai. 2023.
- [8] LIMA, A. E. S; MOURA, R. C. G; SIMÕES, E. E. R. As problemáticas do lixo plástico: As ecobags como alternativa sustentável e valorização da caatinga. Educação Ambiental em Ação, v. XIX, n. 71, 2020. Disponível em: <<https://www.revistaeea.org/artigo.php?idartigo=3920>>. Acesso em: 7 jun. 2023.
- [9] FREITA, L. M. dos S.; FROTA, H. F. A utilização de sacolas ecológicas nos estabelecimentos comerciais do município de sobral-CE. Cadernos de Ensino, Ciências & Tecnologia, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 7–20, 2023. Disponível em: <<https://revistas.uece.br/index.php/CECiT/article/view/952>>. Acesso em: 31 mai. 2023.
- [10] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SUPERMERCADOS (ABRAS). Os ensaios em sacolas plásticas. 21 novembro 2019. Disponível em: <<https://www.abras.com.br/clipping/sustentabilidade/69662/os-ensaios-em-sacolas-plasticas>>. Acesso em: 30 mai. 2023.
- [11] FILICIOTTO, L.; ROTHENBERG, G. Biodegradable Plastics: Standards, Policies, and Impacts. v. 14, n. 1, p. 56–72, 7 jan. 2021. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33112051/>>. Acesso em: 30 mai. 2023.
- [12] YANG, Y. et al., Detection of Various Microplastics in Patients Undergoing Cardiac Surgery. Environ. Sci. Technol. v. 57, p. 10911–10918. 2023. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37440474/>>. Acesso em: 29 ago. 2023.
- [13] RAGUSA, A. et al. Raman Microspectroscopy Detection and Characterisation of Microplastics in Human Breastmilk. Polymers, v. 14, n. 13, p. 2700–2700, 30 jun. 2022. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35808745/>>. Acesso em: 28 ago. 2023.
- [14] THAKUR, S. et al., Sustainability of bioplastics: Opportunities and challenges. atual Opin. Verde Sust. Chem. 2018, v. 13, p. 68–75. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2452223618300233>> Acesso em: 7 jun. 2023.
- [15] NASCIMENTO, D. V. C; TEODÓSIO, A. S. S. Mudança de Postura? A Conduta Cidadã no Uso de Sacola Plástica no Varejo. Administração Pública e Gestão Social, v. 11, n. 3, 2019. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/journal/3515/351559268007/>>. Acesso em: 31 mai. 2023.
- [16] TSANG, Y. F. et al., Production of bioplastic through food waste valorization. v. 127, p. 625–644, 2019. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30991219/>>. Acesso em: 2 jun. 2023.
- [17] YAO, Z; SEONG, H. J; JANG, Y. S. Environmental toxicity and decomposition of polyethylene. v. 242, p. 113933–113933, 2022. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35930840/>>. Acesso em: 6 jun. 2023.
- [18] SOUZA, W. M.; COELHO, L. R. Degradation of conventional and oxybiodegradable plastic bags submitted to acid and basic hidrolisis processes. Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas, Tup, v. 13,

-
- n. 3, p. 271–281, 2019. Disponível em: <<https://seer.tupa.unesp.br/index.php/BIOENG/article/view/802>>. Acesso em: 1 jun. 2023.
- [19] OLIVEIRA, R. V. et al., Biocompósito biodegradável hidrofóbico a base de amido de banana verde associado à celulose bacteriana. v. 27, n. 1, 2022. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rmat/a/sYTg8zN7mzNbCbZ99BXn9cL/?lang=pt>>. Acesso em: 1 jun. 2023.
- [20] NASCIMENTO, K. R. de F.; SANTOS, M. R. R. dos; SILVA, J. A. da. Sacolas Biodegradáveis: Sustentabilidade e ascensão da produção. *Diversitas Journal*, [S. l.], v. 7, n. 1, p. 0171–0189, 2022. Disponível em: <https://diversitasjournal.com.br/diversitas_journal/article/view/1929>. Acesso em: 1 jun. 2023.
- [21] JAVAID, H. et al., Biosynthesis of Polyhydroxyalkanoates (PHAs) by the Valorization of Biomass and Synthetic Waste. v. 25, n. 23, p. 5539–5539, 2020. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33255864/>>. Acesso em: 11 jun. 2023.
- [22] CAZAUDEHORE, G. et al., Can anaerobic digestion be a suitable end-of-life scenario for biodegradable plastics? A critical review of the current situation, hurdles, and challenges. *Biotechnology Advances*, p. 107916, 2022. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35122986/>>. Acesso em: 9 jun. 2023.
- [23] CAIXETA, D. S.; MORAIS, E. B. Panorama mundial de produção de plástico e estratégias de degradação. *enciclopédia biosfera*, v. 19, n. 39, 2022. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2022a/panorama.pdf>>. Acesso em: 5 jun. 2023.
- [24] MARAVEAS, C. Production of Sustainable and Biodegradable Polymers from Agricultural Waste. v. 12, n. 5, p. 1127–1127, 2020. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2073-4360/12/5/1127>>. Acesso em: 11 jun. 2023.
- [25] ESPOSTI, M. D. et al., The role of biotechnology in the transition from plastics to bioplastics: an opportunity to reconnect global growth with sustainability. v. 11, n. 4, p. 967–983, 2021. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33595898/>>. Acesso em: 11 jun. 2023.
- [26] MISHRA, A. et al., Unravelling the attributes of novel cyanobacteria *Jacksonvillea* sp. ISTCYN1 by draft genome sequencing. v. 337, p. 125473–125473, 2021. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852421008130>>. Acesso em: 9 jun. 2023.
- [27] WILLIAM D. CALLISTER, Jr. *Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução*. 9ª ed. Rio de Janeiro : LTC, 2016. ISBN: 978-1-118-32457-8.
- [28] EUROPEANBIOPLASTICS. Bioplastics market data. Disponível em: <<https://www.european-bioplastics.org/market/>>. Acesso em 21 jul. 2023.
- [29] SILVA, J. G.; NETO, P. F. Polpa de fibra de bananeira para produção de polímeros de bioplástico. *Educação Ambiental em Ação*, v. XVIII, n. 68, 2019. Disponível em: <<https://www.revistaeea.org/artigo.php?idartigo=3678>>. Acesso em: 20 jul. 2023.
- [30] CAVALIERE, C. et al., Identification and Quantification of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Polyhydroxyalkanoates Produced from Mixed Microbial Cultures and Municipal Organic Wastes at Pilot Scale. v. 26, n. 3, p. 539–539, 2021. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33494198/>>. Acesso em: 22 jul. 2023.
- [31] SHAH, S.; KUMAR, A. Production and characterization of polyhydroxyalkanoates from industrial waste using soil bacterial isolates. v. 52, n. 2, p. 715–726, 2021. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33590449/>>. Acesso em: 12 jun. 2023.
- [32] MORAIS, L. O. et al., Produção de bioplástico a partir da casca de banana-prata (*musa acuminata*): desenvolvimento de exemplar interdisciplinar. 2020. Disponível em: <<https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/72947>>. Acesso em: 18 jul. 2023.
- [33] BRANDÃO, J. A. O. et al., Influence of the nature of pro-oxidants on the photooxidation of polyethylene blown films. v. 8, n. 8, p. e10217–e10217, 2022. Disponível em: <<https://www.cell.com/action/showPdf?pii=S2405-8440%2822%2901505-5>>. Acesso em: 15 jul. 2023.
- [34] SANTOS, T. P. et al., Potencial de utilização do resíduo de soja como carga em polietileno de baixa densidade (PEBD). v. 26, n. 4, 2021. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rmat/a/cMWp683kmTDqYKGc76NSZJg/>> Acesso em: 22 jun. 2023.