

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

LARA THAÍS KRAUSE

**REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA SOBRE SACOLAS PLÁSTICAS E
OXIBIODEGRADÁVEIS E SEUS IMPACTOS AMBIENTAIS**

PONTA GROSSA

2022

LARA THAÍS KRAUSE

**REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA SOBRE SACOLAS PLÁSTICAS E
OXIBIODEGRADÁVEIS E SEUS IMPACTOS AMBIENTAIS**

**Systematic Bibliographic Review about Plastic and Oxibiodegradable Bags and
Their Environmental Impacts**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação
apresentada como requisito para obtenção do título
de Bacharel em Engenharia Química da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).
Orientador(a): Prof. Dra. Juliana Martins Teixeira de
Abreu Pietrobelli.

PONTA GROSSA

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

LARA THAIS KRAUSE

**REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA SOBRE SACOLAS PLÁSTICAS E
OXIBIODEGRADÁVEIS E SEUS IMPACTOS AMBIENTAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título
de Bacharel em Engenharia Química da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 16 de novembro de 2022

Juliana Martins Teixeira de Abreu Pietrobelli
Doutorado em Engenharia Química
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Fabio Neves Puglieri
Doutorado em Engenharia de Produção
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Daniel Poletto Tesser
Doutorado em Engenharia de Produção e Sistemas
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

PONTA GROSSA

2022

Dedico este trabalho à minha família.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família por ter me oferecido todo o auxílio necessário para me manter durante a graduação, e por ter me dado amor, apoio e compreensão nessa jornada.

Também agradeço aos meus amigos, em especial a Vitória Freire e o Gabriel Sebastião, por terem tornado essa jornada um pouco mais fácil e muito mais divertida.

Agradeço à minha orientadora por me ajudar na escrita desse trabalho.

Por último, porém não menos importante, gostaria de agradecer ao meu namorado Bruno por estar presente diariamente na minha vida acadêmica, me auxiliando em todos os momentos de crise na mesma intensidade que comemora minhas vitórias.

“Nós sempre nos definimos pela capacidade de superar o impossível.”

(Cooper, Interestelar)

RESUMO

O meio ambiente tem sido afetado pelas atividades humanas ao longo dos anos em diversos aspectos. Dentre essas, pode-se citar as relacionadas a comportamentos que priorizam o conforto e como consequência geram grande consumo e descarte de itens não duráveis, como por exemplo as sacolas e outras embalagens, as quais muitas vezes são descartadas de forma incorreta. A falta de informação com relação aos reais impactos ambientais da produção ao descarte de sacolas contribui para que consumidores não privilegiem as soluções com menor impacto ambiental. Neste trabalho foi realizado uma análise dos impactos ambientais nas etapas do uso e fim de vida das sacolas plásticas e oxibiodegradáveis, por meio de Revisão Bibliográfica Sistemática, tendo como justificativa para a realização desta pesquisa a preservação do meio ambiente e um maior conhecimento acerca das sacolas plásticas e oxibiodegradáveis. O protocolo de RBS utilizado resultou em um portfólio de 13 estudos alinhados à pergunta de pesquisa 'quais são os impactos ambientais ocasionados por sacolas plásticas e oxibiodegradáveis?'. Por fim, chegou-se à conclusão de que modelos distintos de sacolas utilizadas para diferentes fins podem ocasionar graus diferentes de impactos ambientais. Por conta disso, o mais apropriado seria analisar as circunstâncias em que a sacola é utilizada, para assim decidir qual é o modelo de sacola mais adequado.

Palavras-chave: meio ambiente; sacolas; embalagens; impacto ambiental.

ABSTRACT

The environment has been affected by human activities over the years in several aspects. Among these, one can cite those related to behaviors that prioritize comfort and as a consequence generate large consumption and disposal of non-durable items such as bags and other packaging, which are often discarded incorrectly. The lack of information regarding the real environmental impacts from the production to the disposal of bags contributes to consumers not favoring solutions with lower environmental impact. In this study, an analysis of the environmental impacts in the stages of use and end of life of plastic and oxybiodegradable bags was performed by means of a Systematic Bibliographic Review, having as justification for this research the preservation of the environment and a greater knowledge about plastic and oxybiodegradable bags. The RBS protocol used resulted in a portfolio of 13 studies aligned with the research question 'what are the environmental impacts caused by plastic and oxybiodegradable bags? Finally, the conclusion was reached that different models of bags used for different purposes may cause different degrees of environmental impacts. For this reason, the most appropriate would be to analyze the circumstances which the bag is used, in order to decide which is the most appropriate bag model.

Keywords: environment; bags; packaging; environment impact.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Pilares do Desenvolvimento Sustentável.....	14
Figura 2 – Pegada Ecológica de diferentes países em hectares globais.....	15
Figura 3 – Exemplo de um polímero.....	18
Figura 4 – Sacolas plásticas.....	20
Figura 5 – Exemplo de sacola oxibiodegradável.....	21
Figura 6 – Fases a serem seguidas durante a elaboração de uma RBS.....	25
Figura 7 - Procedimento que demonstra como é realizada a etapa de processamento.....	26
Gráfico 1 – Pilares do Desenvolvimento Sustentável.....	16
Gráfico 2 – Materiais mais utilizados para embalagens em 2014, 2018 e projeções para 2024 no Brasil.....	17
Gráfico 3 – Porcentagem de arquivos por base de dados.....	30
Gráfico 4 – Quantidade de arquivos por ano de publicação.....	31
Gráfico 5 – Quantidade de arquivos por periódico de publicação.....	31
Gráfico 6 – Quantidade de arquivos por país de publicação.....	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Total de artigos obtidos na etapa de Processamento da RBS.....	27
Tabela 2 – Resultados da fase de Processamento com os filtros aplicados.....	28
Tabela 3 - Porcentagem de aproveitamento dos estudos conforme a aplicação de filtros.....	28

LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

RBS	Revisão Bibliográfica Sistemática
PE	Polietileno
PP	Polipropileno
PHA	Polihidroxialcanoatos
PHB	Polihidroxibutirato
PCL	Policaprolactona
PLA	Ácido Polilático
PVA	Poliacetato de Vinila
PBAT	Poli(butileno adipato-co-tereftalato)
PBS	Polibutileno succinato

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	Justificativa.....	11
2	OBJETIVOS	12
2.1	Geral	12
2.2	Específico	12
3	REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	13
3.1	Sustentabilidade.....	13
3.2	Meio Ambiente	14
3.3	Resíduos Sólidos Urbanos	15
3.4	Embalagens	16
3.5	Polímeros Plásticos	18
3.6	Sacolas Plásticas	19
3.7	Sacolas Plásticas Oxibiodegradáveis	21
3.8	Etapas na Produção de Sacolas	22
3.8.1	Sacola Plástica	22
3.8.2	Sacola Oxibiodegradável.....	23
4	METODOLOGIA	24
5	RESULTADOS.....	30
5.1	Análise Bibliométrica	30
5.2	Resultados da Literatura	32
5.3	Discussões	38
6	CONCLUSÃO	40
	REFERÊNCIAS.....	42

1 INTRODUÇÃO

Até a década de 70 a maioria das embalagens eram de vidro, papel, papelão e alumínio, os quais grande parcela possibilita seu reaproveitamento. Em 1933, o polietileno, derivado do petróleo e um dos plásticos mais utilizados atualmente, é criado de forma acidental em uma indústria química na Inglaterra. Após 46 anos, as sacolas plásticas já dominavam 80% do mercado de sacos na Europa, partindo para os Estados Unidos e outros países, incluindo o Brasil, conquistando espaço por conta da sua durabilidade, maleabilidade e leveza (SOUZA; COELHO; 2019). Em contrapartida, sua vasta utilização também trouxe algumas adversidades, como o seu descarte incorreto, levando em conta que, de acordo com Ministério do Meio Ambiente, são distribuídas no Brasil cerca de 1,5 milhão de sacolas por hora, chegando a 13 bilhões de sacos plásticos por ano, as quais quando descartadas, representam quase 10% de todo o lixo do país (FABRO *et al.*; 2007).

Este problema é potencializado quando se considera a durabilidade do plástico, que apesar de existir há aproximadamente um século, ainda não se tem precisão do tempo necessário para realizar sua decomposição, porém sabe-se que é superior a 100 anos (FABRO *et al.*; 2007).

Nos últimos 20 anos, um assunto tornou-se relevante: a sustentabilidade. Hoje em dia, possuir um produto economicamente viável e ambientalmente correto é o objetivo de diversas empresas, ao mesmo tempo que, ter a opção de comprar um produto sustentável, é o desejo de inúmeros consumidores.

Dentro deste cenário, pode-se destacar as sacolas oxibiodegradáveis. Nessas são inseridos aditivos ao plástico, que o transforma em micro plásticos capazes de serem metabolizados por bactérias, se transformando em CO₂ e água, caracterizando um processo completo de oxibiodegradação. Estima-se que 18 meses são o suficiente para que essa transformação ocorra (ECYCLE, 2011). Apesar das sacolas oxibiodegradáveis aparentarem ser uma solução para um grande problema ambiental, a presença de micro plásticos no meio ambiente continua sendo um obstáculo, já que essas partículas ficam espalhadas no meio ambiente (LIMA, 2008).

1.1 Justificativa

A descoberta de novos produtos e a substituição de diversos materiais por polímeros foram ocasionados pela disponibilidade econômica que os materiais poliméricos oferecem, destacando-se os sintéticos. Porém, há algum tempo, a substituição do papel pelo polietileno na produção de sacolas tem estimulado uma ampla discussão ambiental. Apesar da sacola plástica facilitar o transporte e proteger produtos, sua curta vida útil e baixa degradabilidade levantam questionamentos sobre quão destrutiva ela pode ser para o ecossistema (SANTOS, *et. al*; 2012). Segundo dados apresentados pela Associação Brasileira de Supermercados (Abras) em 2018, o Brasil faz uso de 12 bilhões de sacolas plásticas por ano. Desse total, aproximadamente 83,33% são descartadas de forma incorreta (PAZ, 2018).

Por conta dessa ampla utilização, surgem as sacolas oxibiodegradáveis como uma alternativa sustentável e menos agressiva ao meio ambiente. As sacolas oxibiodegradáveis são formadas pela mesma matéria-prima que as sacolas plásticas tradicionais, porém elas recebem um aditivo para que sua degradação ocorra em um tempo consideravelmente menor, se transformando em microplásticos (ZANELLA, *et. al*, 2018).

Considerando que, atualmente, a sacola oxibiodegradável está entre uma das variedades de sacolas mais utilizadas no país, o estudo dos impactos ambientais dos microplásticos formados durante sua degradação é um fator de grande importância. Por conta disso, a justificativa para a realização desta pesquisa se baseia em dois pontos cruciais: a preservação do meio ambiente e um maior conhecimento acerca das sacolas plásticas e oxibiodegradáveis. Além do mais, visto as consequências ambientais que o descarte incorreto das sacolas pode ocasionar, a pesquisa assume um papel fundamental ao corroborar para a evolução da discussão sobre este assunto.

2 OBJETIVOS

Os objetivos do presente trabalho serão expostos a seguir.

2.1 Geral

Este trabalho busca realizar uma análise dos impactos ambientais nas etapas do uso e fim de vida das sacolas plásticas e oxibiodegradáveis.

2.2 Específico

Os objetivos específicos que compõem este trabalho são:

- Identificar os impactos ambientais nas etapas do uso e fim de vida das sacolas plásticas e oxibiodegradáveis;
- Apontar, dentre os estudos encontrados, quais são as alternativas que ocasionam menores impactos ambientais;
- Discutir os impactos ambientais das duas alternativas de sacolas.

3 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

Esse capítulo busca levantar informações acerca das sacolas plásticas e oxibiodegradáveis, além de entregar uma Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS), reunindo dados por meio da seleção e análise de livros, artigos e pesquisas relevantes, através de bancos de dados como Google Acadêmico, Scielo e Periódicos Capes.

O propósito deste trabalho foi de contribuir com um maior conhecimento em relação às sacolas plásticas e oxibiodegradáveis, além de assumir um papel de grande importância ao corroborar para a discussão deste assunto.

Para que isso ocorra, serão apresentados estudos sobre as vantagens e desvantagens das sacolas plásticas e oxibiodegradáveis, seus riscos para o meio ambiente, consumo, seu descarte e projeções futuras. Com essas referências, será possível obter um comparativo entre as duas opções de sacolas pesquisadas neste trabalho, enfatizando as sacolas oxibiodegradáveis e seus impactos ambientais muitas vezes desconhecidos pela população.

3.1 Sustentabilidade

O conceito presente no desenvolvimento sustentável surgiu da incerteza sobre até quando os recursos naturais serão capazes de sustentar o crescente contingente populacional. (SANTOS, *et. al*; 2012).

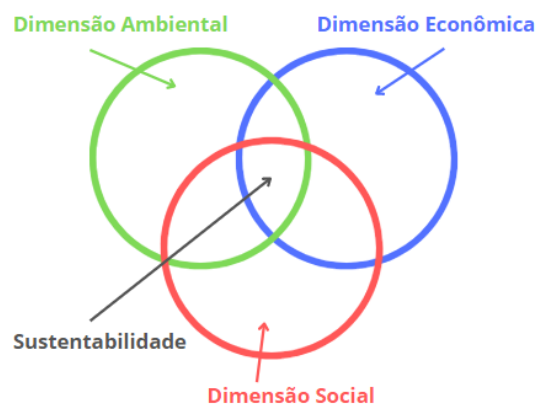
Consequentemente, a consciência ambiental tornou-se uma das principais preocupações dos dias atuais, sendo assunto de inúmeras discussões. “A atual busca pela sustentabilidade é mais do que uma questão de ética, filosofia ou moral: são necessidades e prioridades universais” (COSTA, 2019).

A Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento publicou um relatório intitulado “Nosso Futuro Comum”, o qual traz o conceito de desenvolvimento sustentável. Nele, considera-se o desenvolvimento sustentável aquele que não prejudica a natureza e o meio ambiente para satisfazer às necessidades da geração presente, não comprometendo as necessidades das gerações futuras (LANDIM, *et. al*; 2016).

Levando em consideração que as empresas utilizam cada vez mais estratégias para conquistar consumidores, indústrias de embalagens estão adaptando sua produção conforme a preocupação com o meio ambiente aumenta, buscando gradativamente processos e produtos sustentáveis. As embalagens sustentáveis aparecem como uma ferramenta estratégica de marketing para divulgar o produto, tornando-se um dos fatores que contribui para a decisão de compra (LANDIM, *et. al*, 2016).

Outro conceito para o desenvolvimento sustentável é o “triple bottom line”, originado do autor Elkington (1994). Conforme é mostrado na Figura 1, somente quando a dimensão econômica, social e ambiental, estiver operando de forma harmoniosa, simultânea e integrada, o desenvolvimento sustentável se torna viável (COSTA, 2019).

Figura 1 – Pilares do Desenvolvimento Sustentável.



Fonte: Adaptado de Costa (2019).

Ser sustentável é compreender que a preservação da natureza é tão relevante para a humanidade quanto suas relações sociais e o desenvolvimento econômico (COSTA, 2019).

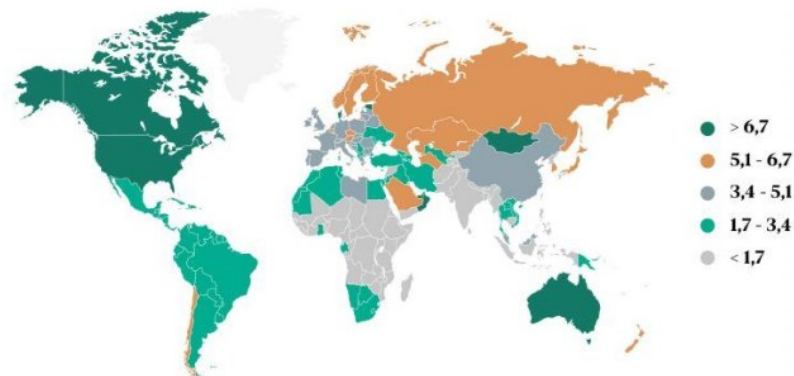
3.2 Meio Ambiente

O nível de consumo atual leva a um limite de exploração acima dos limites. Para representar a relação entre o consumo, exploração e utilização de recursos ambientais, surge um conceito chamado Pegada Ecológica.

A Pegada Ecológica mede a quantidade de recursos naturais renováveis que são utilizados para manter o estilo de vida da população atual e se esse consumo está dentro da capacidade ecológica do planeta. Ou seja, quanto maior a pegada ecológica, maior é o impacto ambiental. (Lamim-Guedes, 2018).

A Figura 2 mostra a média da Pegada Ecológica gerada por pessoa em diferentes países. Para manter-se dentro dos limites de recursos disponíveis no planeta, a pegada ecológica média de cada pessoa deve ser inferior à 1,7 hectares globais, por conta desse valor ser a biocapacidade média da Terra (Florestas.pt, 2011).

Figura 2 - Pegada Ecológica de diferentes países em hectares globais.



Fonte: Plataforma Florestas.pt, 2017.

A diferença entre os valores das pegadas ecológicas dos países indica que diferentes países degradam o planeta em intensidades distintas, incluindo o Brasil.

3.3 Resíduos Sólidos Urbanos

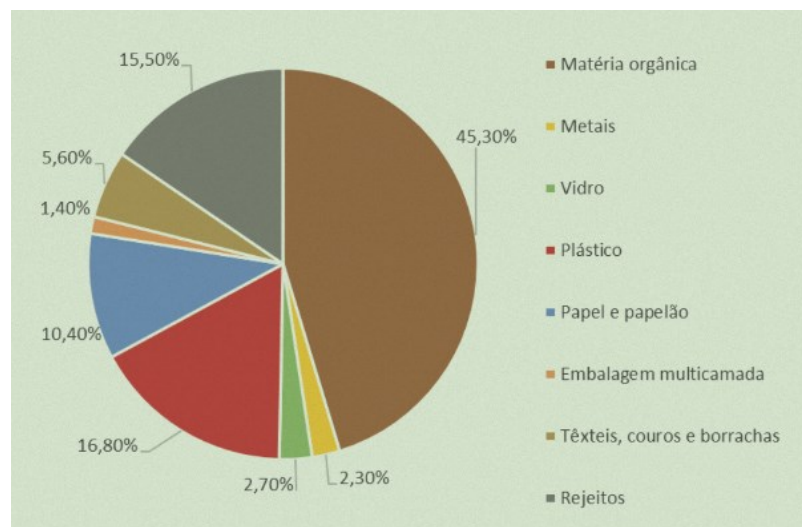
Resíduos Sólidos Urbanos são decorrentes de atividades domésticas em residências urbanas. A Lei nº 14.026/2020 (Novo Marco Legal do Saneamento) em seu artigo 3º-C informa que resíduos advindos de atividades comerciais, industriais e de serviços onde a responsabilidade pelo manuseio não seja do gerador, pode ser considerado um resíduo sólido urbano (SINIR, 2020).

Uma grande geração de resíduos sólidos urbanos é ocasionada pelo crescimento populacional, urbanização e o desenvolvimento econômico. De acordo com o relatório do Banco Mundial, foram produzidos 2 bilhões de toneladas de resíduos sólidos em 2018 e projeta-se que seja gerado 3,4 bilhões de toneladas até 2050, onde apenas 13,5% desses resíduos são reciclados. (KAZA *et al.*, 2018).

Já no Brasil, em 2019 foram produzidos 79 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos, 19,7% a mais do que em 2010. Desses 79 milhões de toneladas, 40,5% foram destinados a locais inadequados, como aterros ou lixões (ABRELPE, 2020).

Dentre os resíduos sólidos urbanos presentes, no Brasil a matéria orgânica e o plástico, compondo grande parte destes resíduos, como mostra o Gráfico 1 a seguir.

Gráfico 1 – Porcentagem dos componentes dos resíduos sólidos urbanos no Brasil em 2020.



Fonte: ABRELPE, 2020.

Com este gráfico, é possível perceber que os plásticos fazem parte de grande parte desses resíduos, totalizando 16,80% dos componentes.

3.4 Embalagens

A história dos povos antigos indica que os produtos eram embalados e transportados através de cestos, caixas, potes, barris, baús, garrafas, balaies,

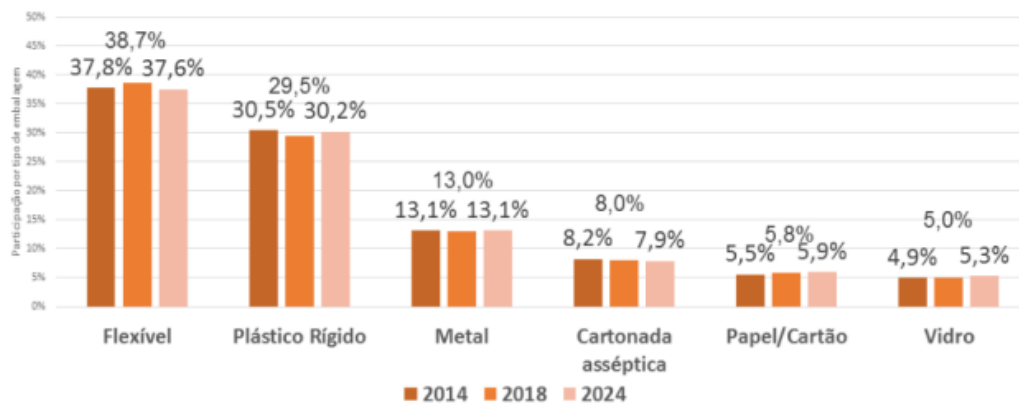
bolsas e sacolas, os quais passaram a se chamar “embalagens”. Os produtos eram pesados e vendidos a granel, onde o sistema de compra era bastante pobre (CAVALCANTI; CHAGAS, 2006).

A transformação na indústria das embalagens ocorreu com a expansão do varejo durante a Segunda Guerra Mundial, quando os supermercados foram introduzidos nas grandes cidades. As embalagens permitiam que os produtos fossem transportados dos locais onde eram colhidos ou fabricados para os centros consumidores (CAVALCANTI; CHAGAS, 2006).

Nos últimos anos, o aumento do consumo de produtos industrializados decorreu no aumento da produção e uso de embalagens descartáveis. Estas possuem funções primárias, onde tem-se o contato direto com o produto; secundárias, que protegem as embalagens primárias; ou terciárias, onde elas são utilizadas para proteção da mercadoria no transporte. Além disso, possuem uma vida útil curta, usualmente descartada após o consumo do produto. Como consequência desse hábito, houve um aumento da “cultura do descartável”, disponibilizando maior comodidade aos consumidores e mais lucro para as empresas (MATOS, 2019).

Levando em consideração os materiais utilizados para fabricação de embalagens no país, pode-se destacar o plástico flexível, plástico rígido, metal, cartonada asséptica, papel e vidro, como mostra o Gráfico 2.

Gráfico 2 – Materiais mais utilizados para embalagens em 2014, 2018 e projeções para 2024 no Brasil.



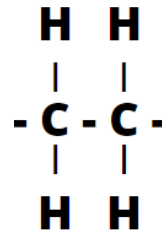
Fonte: ABRE (2019).

Dentre as embalagens apresentadas, pode-se destacar as de plástico flexível e rígido como mais utilizadas.

3.5 Polímeros Plásticos

Polímero é qualquer material que tenha um elevado peso molecular e estruturas denominadas monômeros ligadas por meio de ligações primárias e estáveis (RODRIGUES, 2018).

Figura 3: Exemplo de um polímero.



Fonte: Adaptado de Oliveira & Coutinho, 2006.

Com relação às características tecnológicas, os polímeros são considerados em termoplásticos e termofixos. Os polímeros termoplásticos podem ser fundidos e solidificados diversas vezes, com pouca ou insignificante variação em suas propriedades básicas. Já os termofixos são polímeros que não podem ser dissolvidos ou fundidos sem serem sucedidos à degradação de sua estrutura química (MANRICH, 2005).

Entre os polímeros utilizados para o processo de produção de plástico, estão:

- Polietileno de baixa densidade: obtido através da polimerização do etileno, sendo o polímero de estrutura química mais simples, além de ser reciclável. É um plástico leve, flexível, impermeável e transparente (Mais Polímeros, 2018);
- Polietileno de alta densidade: também é obtido pela polimerização do etileno e reciclável por conta de ser um termoplástico. É resistente a baixas temperaturas, inquebrável, impermeável e leve (Mais Polímeros, 2018);
- Polipropileno: obtido pela polimerização do propileno, possui boa resistência, porém é suscetível a degradação em elevadas temperaturas, exigindo a aplicação de aditivos em seu processamento (RODRIGUES, 2018);

- Poli(Cloreto de Vinila): resultado da polimerização do cloreto de vinila, sendo um termoplástico praticamente inquebrável, normalmente utilizado na forma de composto com uma mistura de aditivos (RODRIGUES, 2018);
- Copolímeros de etileno e álcool vinílico: são formados pela hidrólise do etileno e acetato de vinila, transformando o acetato de vinila em álcool vinílico. Apresenta elevada resistência a penetração de óleos e gorduras, porém é sensível à umidade (RODRIGUES, 2018).

3.6 Sacolas Plásticas

Dentre os materiais mais utilizados para compor embalagens, estão incluídas as sacolas descartáveis de plástico e de papel, sendo sua principal função o transporte de produtos. Uma estimativa realizada em 2016 aponta que no mundo são consumidas 1 bilhão e meio de sacolas plásticas por dia (LIMA, 2016).

As sacolas plásticas foram introduzidas em redes de mercado no final da década de 1980 com o intuito de substituir sacolas de papel por conta do custo elevado de produção e da matéria-prima. Sua produção é feita a partir do polímero de polietileno, derivado do petróleo (MATOS, 2019).

“O petróleo é refinado até a conversão do etileno que é posteriormente polimerizado formando o polietileno (PE), o polímero é cortado em pellets que passam por uma extrusora aquecida, ao final do procedimento, um jato de ar molda o filme plástico com uma abertura interna formando a sacola plástica” (MATOS, 2019, pág. 19).

O polietileno utilizado em sacolas pode ser dividido em duas categorias, variando em suas estruturas: polietileno de alta densidade, que possui cadeias lineares pouco flexíveis, e o polietileno de baixa densidade, que possui longas ramificações mais flexíveis. As sacolas podem ser formadas pela mistura desses dois polímeros ou pela utilização de polímeros individuais (MATOS, 2019).

Entre as vantagens da sacola plástica é possível destacar: sua leveza, pequeno custo, transparência, assepsia, flexibilidade e resistência. Estas sacolas têm como objetivo facilitar o transporte e proteger os produtos, reduzindo o

desperdício, que possui um impacto relevante no aquecimento global marinho (SANTOS, et al, 2012).

Em contrapartida, têm-se os efeitos nocivos causados pela sua vasta utilização. Grande parte das sacolas plásticas, distribuídas gratuitamente em estabelecimentos comerciais, tem sua utilização restrita a uma única vez, onde seu descarte na maioria das vezes acontece no ambiente e em aterros sanitários (BABETTO, 2015). Além disso, em casos em que a sacola é reutilizada, uma parte significativa destina-se a ensacar o lixo doméstico, gerando um grande volume de resíduo sólido (PINTO, 2018). Por fim, devido à sua curta vida útil e baixa degradabilidade de forma natural, pode demorar mais de 100 anos para se degradar no meio ambiente (SANTOS, et al, 2012). Na Figura 4, é possível visualizar a imagem de algumas sacolas plásticas.

Figura 4 – Sacolas plásticas.



Fonte: Beagá Embalagem (2022).

As sacolas plásticas ainda podem interferir na alimentação da vida selvagem, provocar alterações no ecossistema e biodiversidade, entupimento dos sistemas de esgotamento urbano e contribui para o crescimento de larvas de mosquitos transmissores de doenças. Com relação ao ecossistema marinho, o lixo plástico pode ser carregado por milhares de quilômetros pelas correntes oceânicas, afetando a vida de diversos animais marinhos (SANTOS, et al, 2012).

Apesar de ser considerada uma embalagem de uso único, um grande número de sacolas de polietileno é reutilizado após o uso para embalar rejeitos domésticos, e por isso, uma grande quantidade de “sacolas plásticas” são destinadas aos aterros (descarte legal) ou lixões (descarte ilegal) e uma parcela é

descartada diretamente no meio ambiente, seja em florestas, ruas, cachoeiras ou praias (BABETTO, 2015).

3.7 Sacolas Plásticas Oxibiodegradáveis

Essas sacolas plásticas se degradam através de um processo de oxidegradação, no qual é adicionado um aditivo pró-degradante na sacola plástica com o intuito de apressar o processo de degradação, causando a decomposição do plástico em dióxido de carbono, água e uma pequena parcela de biomassa, através da combinação de luz, calor e estresse (ZANELLA, *et. al*, 2018). Esse tipo de plástico possui um período de degradação de 18 meses, necessitando de oxigênio no ambiente para que seja possível ocorrer a degradação (PINTO, 2018).

Na Figura 5, tem-se um exemplo de sacola plástica oxibiodegradável. Comumente este tipo de sacola apresenta o símbolo mostrado na imagem, porém em um tamanho menor.

Figura 5 – Exemplo de sacola oxibiodegradável.



Fonte: Segplast (2022).

Em 2007, o Brasil estabeleceu a embalagem oxibiodegradável como uma alternativa para diminuir os problemas ambientais advindos da utilização de sacolas plásticas convencionais. Entretanto, há certa incoerência em relação à biodegradabilidade dos plásticos aditivados (ZANELLA, *et. al*, 2018).

Segundo apontam Fiore *et al.* (2014), as sacolas oxibiodegradáveis são uma medida considerada ambientalmente incorreta, já que se convertem em pó, poluindo ainda mais o meio em que se encontram. Os aditivos aplicados na fabricação das 19

sacolas oxibiodegradáveis podem ser prejudiciais ao ecossistema, especialmente quando se encontram em corpos de água, florestas, plantações e outros locais.

Os plásticos oxibiodegradáveis podem ser reciclados, mas para que isso aconteça é necessário adicionar agentes estabilizantes para neutralizar o aditivo presente na composição. No entanto, para que isso ocorra são imprescindíveis mais investimentos, e mesmo assim, não é garantido que esse processo seja possível, pois o plástico perde as propriedades da sua composição no momento em que os aditivos quebram suas moléculas (PINTO, 2018).

O Biodegradable Products Institute, localizado nos Estados Unidos, tem o intuito de conferir o selo de “biodegradável” aos materiais do país. No entanto, o instituto não certifica os oxibiodegradáveis, chamando-os de “oxodegradable”, por julgarem que sua degradação ocorre apenas pela oxidação, sem que haja de fato a biodegradação. A Associação Brasileira de Normas Técnicas, localizada no Brasil, certificou como oxibiodegradável o plástico aditivado com pró-degradantes. Por conta disso, esse plástico é tratado como oxibiodegradável no país (ZANELLA, et al, 2018).

3.8 Etapas na Produção de Sacolas

A seguir serão comentadas as etapas para a produção de sacolas plásticas e oxibiodegradáveis.

3.8.1 Sacola Plástica

Os sacos plásticos são originados através de dois tipos de polietileno: o de alta densidade e de baixa densidade. (OLIVEIRA, et al; 2008). A grande maioria das sacolas plásticas que são distribuídas de forma gratuita em diversos comércios são compostas de polietileno de baixa espessura e densidade (NASCIMENTO, 2011).

O Polietileno é oriundo de recursos não renováveis, como gás natural e petróleo. Depois da extração do petróleo, ele passa pelo refinamento, etapa na qual é emitido gases de efeito estufa e efluentes altamente danosos ao meio ambiente, colaborando para o aquecimento global (LORENZETT, et al; 2013).

O plástico é gerado por um processo nomeado de Ziegler-Natta da polimerização de vinil. São produzidas sacolas de diferentes tipos e espessuras, transformando a cadeia molecular do polietileno por meio do aquecimento a 200 graus Celsius e, logo após, batendo até se liquefazer. Agentes responsáveis pelo amolecimento são inseridos ao plástico, bem como a cor, e, posteriormente, o plástico é processado nos tubos de extrusão, criando uma forma. Após o resfriamento, é recolhido o tubo contínuo de plástico, em seguida cortado em comprimentos corretos, e logotipos e outros anúncios impressos são inseridos (NASCIMENTO, 2011).

3.8.2 Sacola Oxibiodegradável

A sacola oxibiodegradável é produzida de forma semelhante à sacola plástica, o único diferencial é que esta recebe o aditivo d2w™ em seu processo de fabricação e possui vida útil definida (PEREIRA, 2010). Segundo o Padrão Europeu [EM 13432], a biodegradação deve ocorrer a um nível de 60% em um período de 150 dias e 90% em 180 dias.

Esses aditivos contêm metais de transição, como: cobalto, ferro, manganês ou níquel, os quais agem como catalisadores no mecanismo de degradação do polímero, acelerando o processo de degradação. Esses plásticos são considerados ambientalmente degradáveis, por conta de se degradarem pela ação de agentes naturais como água, oxigênio e radiação ultravioleta (FOLLMANN, 2017).

Embora tenha sua decomposição acelerada, de forma distinta à sacola biodegradável que é consumida por microrganismos, as sacolas oxibiodegradáveis se beneficiam de agentes químicos nocivos para decompôr, dando continuidade à poluição do meio ambiente (SOUZA, D. C.; SOARES, G. L. C.; GANGÁ, W. F. S.; 2018).

4 METODOLOGIA

Neste capítulo apresentam-se os procedimentos metodológicos necessários para o cumprimento dos objetivos específicos deste trabalho.

A Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS) é um procedimento científico para busca e análise de estudos de uma área específica da ciência. É utilizada em pesquisas que necessitam de uma grande quantidade de dados e fontes de informação. Também é fundamentada na execução de métodos com maior rigor científico, alcançando melhores resultados e reduzindo erros (CONFORTO; AMARAL; SILVA, 2011).

É o processo de coletar, conhecer, compreender, analisar, sintetizar e avaliar um conjunto de artigos científicos com o propósito de criar um embasamento teórico-científico (estado da arte) sobre um determinado tópico ou assunto pesquisado (CONFORTO; AMARAL; SILVA, 2011, p. 3).

A partir de uma revisão sistemática bem conduzida, é possível obter resultados com maior rigor de credibilidade, minimizando equívocos e permitindo que esses resultados possam ser replicados posteriormente, reduzindo o trabalho do pesquisador ao compilar e analisar dados.

Assim sendo, para atingir o objetivo de analisar os impactos ambientais de sacolas plásticas e oxibiodegradáveis, a metodologia utilizada foi a Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS) baseada no modelo proposto por Levy e Ellis (2006) e reproduzido por Conforto, Amaral e Silva (2011).

O modelo proposto por Levy e Ellis (2006) e reproduzido por Conforto, Amaral e Silva (2011) é descrito por um processo iterativo, composto por três fases: entrada, processamento e saída, como mostra a Figura 6.

Figura 6 – Fases a serem seguidas durante a elaboração de uma RBS



Fonte: Conforto, Amaral e Silva (2011).

Na primeira fase encontra-se o conteúdo prévio que será processado, além de indicar como a revisão será conduzida, em outras palavras, processos, técnicas e ferramentas que serão pertinentes para a fase de processamento (LEVY; ELLIS, 2006 & AMARAL; SILVA, 2011).

A Revisão Bibliográfica Sistemática foi realizada com o objetivo de conferir maior grau de confiabilidade. Por isso, essa revisão sistemática seguiu com rigor as três fases descritas nessa seção.

4.1 Entrada

Etapa em que se definiu o problema da pesquisa e após isso, elaborou-se os objetivos que se propõe alcançar, devendo estes serem claros e factíveis. Parte-se, então, para a escolha das fontes primárias, que se constituem de artigos, periódicos e bases de dados que serão úteis para definir as strings de busca, termos que se referem à pesquisa. Então, são definidos os critérios de inclusão com o intuito de manter o rigor da Revisão Bibliográfica Sistemática, seguido pelos critérios de qualificação, que mensuram o quão valoroso é o artigo para a pesquisa. Por último, são definidos os métodos e ferramentas para condução da revisão (Conforto; Amaral; Silva; 2011).

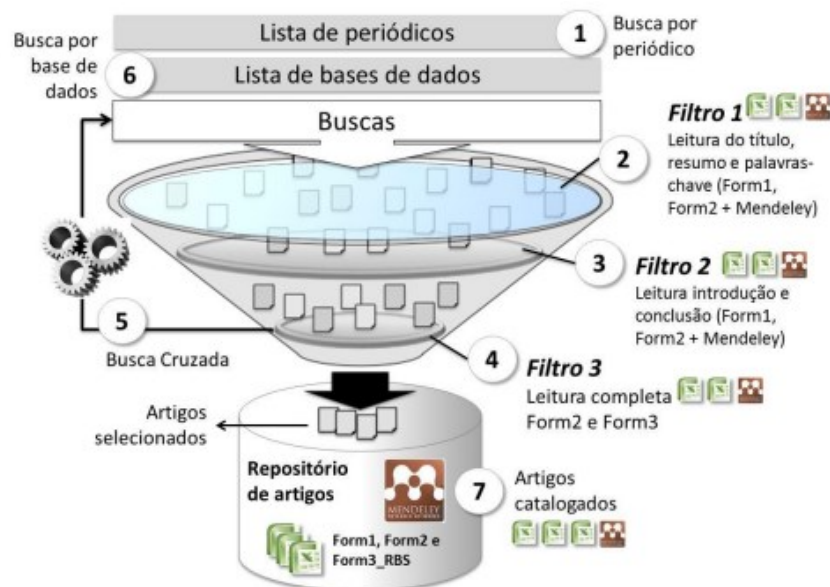
Na primeira fase, foi estabelecida a pergunta que esse trabalho pretende responder: 'quais são as diferenças entre os impactos ambientais ocasionados por sacolas plásticas e por sacolas oxibiodegradáveis?'. Para isso, foram utilizadas duas

bases de dados para a condução da pesquisa: Scopus e Web of Science. Para a etapa das strings de busca, definiu-se como palavras-chave: sacolas plásticas e sacolas oxibiodegradáveis. Os critérios de inclusão adotados foram: possuir os termos “Plastic Pollution”, “Sustainability”, “Degradation”, “Ecosystem”, “Plastic Bags”, “Bioplastic” ou “Microplastic” como palavra-chave na pesquisa. Como critério de qualificação, foi definido que as pesquisas devem ter sido publicadas entre 2018 e 2022. Para isso, foi levado em consideração que este é um tema bastante atual e que vem ganhando um grande destaque nos últimos anos. Além disso, também levou-se em conta que a preocupação por grande parte da população em comprar produtos sustentáveis é relativamente recente.

4.2 Processamento

A segunda etapa para a elaboração da revisão sistemática abrange o procedimento de busca, análise e documentação dos resultados que foram encontrados. É preferível que a busca seja feita por base de dados, facilitando o processo de filtragem dos artigos. A leitura dos artigos deve seguir a representação de funil da Figura 7.

Figura 7 - Procedimento iterativo que demonstra como deve ser realizada a etapa de processamento.



Fonte: Amaral e Silva (2011).

Para dar continuidade ao processamento iterativo por meio dos filtros de leitura e a catalogação dos artigos escolhidos para compor este trabalho, foi utilizado o software Excel.

Após os resultados da Revisão Bibliográfica Sistemática da Etapa 1, para as duas bases de dados foram identificados ao todo 82 artigos publicados entre 2018 e 2022. Porém, também nesta etapa foram identificadas 6 duplicidades entre as bases.

Seguindo a representação do funil proposto por Amaral e Silva (2011), os artigos selecionados no filtro 3 foram sintetizados e compõem o referencial da RBS. Por último, os artigos que chegaram à fase 7 do funil foram documentados e arquivados.

A Tabela 1 mostra a quantidade de arquivos encontrados em cada base de dados.

Tabela 1 - Total de artigos obtidos na etapa de Processamento da RBS.

Etapa 1 RBS	
Pesquisa Primária	Quantidade de artigos encontrados
Scopus	25
Web of Science	57
Duplicados	6
Total de artigo eliminando as duplicidades	76

Fonte: A autora (2022).

De acordo com os dados fornecidos pela Tabela 1, nota-se que a base de dados que forneceu maior quantidade de resultados brutos foi a Web of Science.

Agora, aplicando os filtros 01, 02 e 03, conforme mostra a Figura 7 na fase de processamento, tem-se na Tabela 2 a quantidade de artigos que serão utilizados para compor as referências desta pesquisa.

Tabela 2 - Resultados da fase de Processamento com os filtros aplicados.

Trabalhos selecionados	Base de Dados		Quantidade total de artigos encontrados
	Scopus	Web of Science	
Resultados sem critérios de qualificação e inclusão	78	229	307
Resultados com critérios de qualificação e inclusão	25	57	82
Filtro 01 - Após leitura do título, palavras-chaves e resumo	9	20	29
Filtro 02 - Após leitura da introdução e conclusão	5	15	20
Filtro 03 - Após leitura completa	3	12	15
	Tratando dados e removendo duplicatas		13

Fonte: A Autora (2022).

A partir do momento que o filtro 01 foi aplicado, o número de artigos eliminados foi de 53, ou seja, mais da metade dos resultados com critérios de qualificação. Também, nota-se que as pesquisas escolhidas para compor as referências deste trabalho advém majoritariamente da base de dados Web of Science. No final do filtro 03, tem-se 15 estudos escolhidos para compor os referenciais dessa Revisão Bibliográfica Sistemática. Porém, como foram encontradas 2 duplicatas, a quantidade de artigos reduziu para 13.

Em termos de aproveitamento do estudo conforme os filtros são aplicados, a Tabela 3 mostra os percentuais de aproveitamento com os critérios de seleção e exclusão e após a utilização dos filtros 02, 03 e 04.

Tabela 3 - Porcentagem de aproveitamento dos estudos conforme a aplicação de filtros.

Trabalhos selecionados	Quantidade total de artigos encontrados	Porcentagem de aproveitamento em relação aos resultados com critérios de qualificação e inclusão (%)
Resultados com critérios de qualificação e inclusão	82	-
Filtro 01 - Após leitura do título, palavras-chaves e resumo	29	35,37
Filtro 02 - Após leitura da introdução e conclusão	20	24,39
Filtro 03 - Após leitura completa e eliminando duplicidade	13	15,85

Fonte: A Autora (2022).

O percentual é obtido através da razão entre a quantidade de trabalhos selecionados em um filtro e a quantidade de trabalhos obtidos sem a aplicação dos três filtros. A partir desses dados, nota-se que o filtro que mais eliminou estudos foi o filtro 01, que eliminou 64,63% das pesquisas. Por último, também é possível observar que apenas 15,85% dos estudos passaram por todos os filtros e irão compor os referenciais desta pesquisa.

4.3 Saída

Na última etapa da revisão sistemática, os artigos que alcançaram o último filtro devem ser adicionados às referências que irão compor o trabalho. Por conseguinte, é desenvolvido um relatório conclusivo com uma compilação dos principais pontos de destaque da bibliografia utilizada.

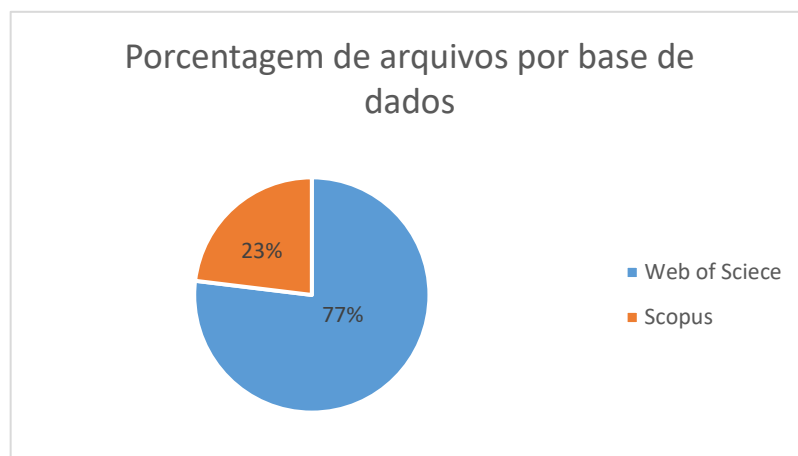
5 RESULTADOS

5.1 Análise Bibliométrica

Após as buscas realizadas nas bases de dados Scopus e Web of Science, utilizando as strings sacolas plásticas e sacolas oxibiodegradáveis, o critério de inclusão e de qualificação, tem-se o total de artigos obtidos antes dos filtros serem aplicados, conforme mostra a Tabela 1. Já a Tabela 2 mostra os resultados da fase de Processamento com os filtros aplicados, resultando em 13 artigos escolhidos para compor os referenciais.

Com relação às bases de dados utilizadas e a quantidade de estudos de cada base que irá compor esse trabalho, tem-se o Gráfico 3.

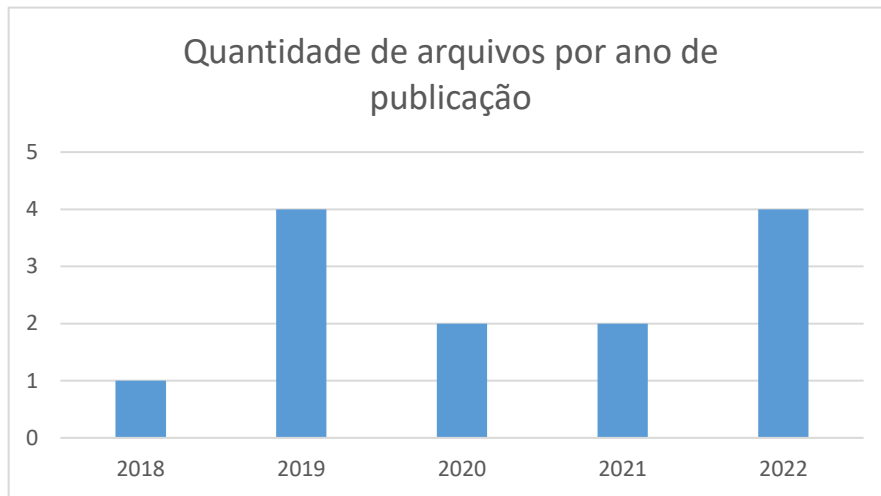
Gráfico 3 - Porcentagem de arquivos por base de dados.



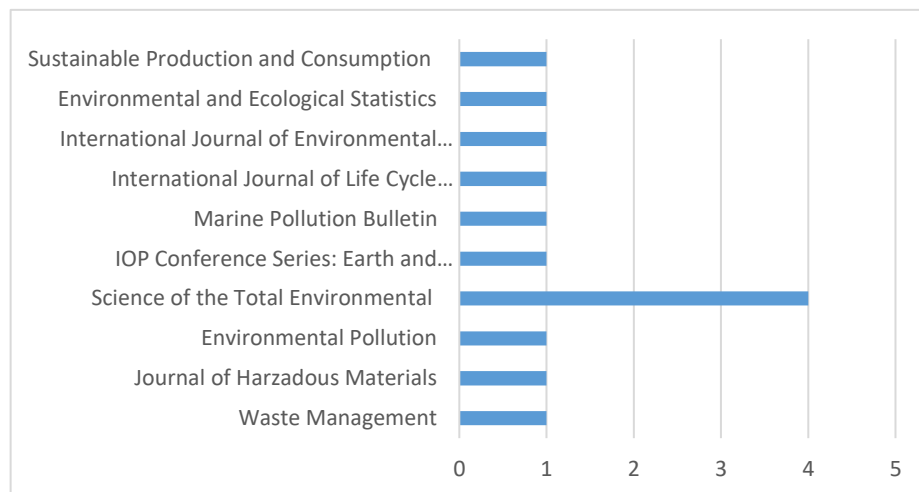
Fonte: A Autora (2022).

É possível perceber que um grande percentual dos arquivos que passaram por todos os filtros veio da base de dados Web of Science, compondo 77% do acervo que será utilizado para esta pesquisa.

Os 13 artigos classificados após a leitura completa e que apresentam potenciais conteúdo para discussão dos impactos ambientais das sacolas plásticas e oxibiodegradáveis foram documentados e apresentam suas relações, como o ano de publicação e periódico de publicação nos Gráficos 4 e 5, respectivamente.

Gráfico 4 - Quantidade de arquivos por ano de publicação.

Fonte: A Autora (2022).

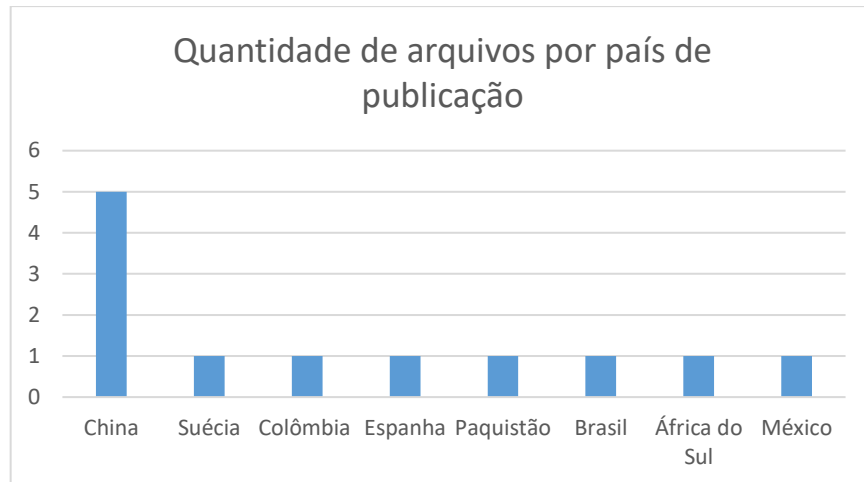
Gráfico 5 - Quantidade de arquivos por periódico de publicação.

Fonte: A Autora (2022).

Com a ajuda do Gráfico 4, é possível constatar que grande parte dos estudos foram publicados em 2019 e em 2022.

Já com relação ao Gráfico 5, pode-se notar que quase um terço dos arquivos elegidos são do periódico Science of the Total Environmental, totalizando 4 dos 13 estudos.

Além disso, também foi analisado a quantidade de arquivos por país de publicação, como mostra o Gráfico 6.

Gráfico 6 – Quantidade de arquivos por país de publicação.

Fonte: A autora (2022).

Com o gráfico 4 é possível perceber que um grande número de estudos provém da China, representando 38,46% artigos escolhidos.

5.2 Resultados da Literatura

O conteúdo da síntese dos resultados dos 5 artigos escolhidos, etapa de Saída da Revisão Bibliográfica Sistemática, será apresentado a seguir, na forma de revisão de literatura, com ênfase nos pontos que mais interessam esta pesquisa.

Começando pelos estudos da base de dados Scopus escolhidos para compor esta pesquisa, Batóri *et al* (2018), eles se aprofundaram na degradação de bioplásticos em condições anaeróbicas, ao mesmo tempo em que consideraram a utilização do produto da digestão anaeróbica para produção de biogás. Os bioplásticos estudados foram: PHA, mistura de amido, biofilmes de pectina-celulose, PLA, PCL, PBS e álcool polivinílico. Os resultados demonstraram que diferentes microrganismos degradam diferentes biopolímeros. Sendo assim, nem todos os bioplásticos são indicados para digestão anaeróbica. Uma ordem geral de aumento da taxa de biodegradação de bioplásticos em condições anaeróbicas é a seguinte: PHB > PCL > PLA > PVA. Porém, a complexidade dos processos de biodegradação de biopolímeros por digestão não aeróbica continua sendo um desafio, principalmente na utilização dos resíduos em uma usina de biogás.

Com relação ao estudo de Qing *et al* (2022), eles focaram sua pesquisa em investigar os processos de fotoenvelhecimento dos bioplásticos, usando quatro tipos de sacolas comerciais, sendo um de seus objetivos explorar a diferença do processo de fotoenvelhecimento de sacolas plásticas e bioplásticos. Os plásticos escolhidos para a pesquisa foram: polietileno convencional, biopolímero híbrido de PLA e biopolímero PBAT com aditivo. Estes foram expostos à luz solar de Shanghai durante 1 mês. Após a investigação, pôde-se perceber que a deterioração da superfície ocorreu para os 3 tipos de biopolímeros, mas que o plástico convencional teve uma maior dificuldade em se quebrar. Porém, os bioplásticos devem ter uma maior atenção com relação aos impactos dos microplásticos no ambiente, já que se degradam com mais facilidade. Além disso, os resultados expõem que os microplásticos demonstram uma toxicidade que pode afetar o local onde foi descartado.

Já Li *et al* (2022) exploraram os impactos ambientais das sacolas plásticas de mercado e suas alternativas. Para isso, foram analisadas políticas e leis de diversos países sobre o uso e gerenciamento de sacolas de supermercado, realizando uma comparação detalhada entre as sacolas e suas alternativas, ao mesmo tempo que foram coletados dados de apoio. Segundo eles, as sacolas plásticas poluem o ar de 3 maneiras distintas: na extração de matéria-prima, nas etapas da fabricação e no tratamento de fim de vida. Partindo desta afirmação, a proposta do artigo foi oferecer sugestões sobre a escolha de sacolas de supermercados. Foram citadas as sacolas de papel, de juta e as biodegradáveis compostas por materiais de base biológica. Com o estudo, foi possível concluir que as melhores sacolas para substituir as plásticas são as sacolas feitas de materiais de base biológica. Porém, ambas as alternativas ainda demonstram prejuízos para o meio ambiente, uma vez que ainda há a difusão de gases de efeito estufa no ambiente e um grande consumo de energia na sua produção. Por fim, os autores acreditam que a questão mais importante para diminuir a propagação do plástico é avaliar quantas vezes ele pode ser utilizado. Se ele puder ser utilizado mais vezes, a poluição e consumo de energia podem ser mensuravelmente menor.

Partindo para a base de dados Web of Science, Civancik-Uslu *et al* (2019) exploraram a introdução de um indicador de lixo na metodologia de Análise de Ciclo de Vida e os impactos ambientais da utilização das sacolas plásticas, utilizando

como parte do estudo: sacola de uso único de polietileno de alta densidade, sacola reutilizável de polietileno de baixa densidade, sacola reutilizável de polipropileno, sacola de uso único de papel reciclado e sacola biodegradável de uso único Mater-Bi®. Os resultados do estudo mostraram que as sacolas de polietileno de baixa densidade de uso múltiplo apresentam os melhores resultados ambientais em todas as categorias de impacto, caso tenham sido utilizadas no mínimo 10 vezes. Sacos de polietileno de alta densidade descartáveis, com um segundo uso como sacos de lixo, foram os segundos melhores. Por outro lado, os sacos de polipropileno de uso múltiplo e de papel de uso único tiveram os maiores impactos ambientais. Com relação ao indicador de lixo, este é calculado com base nas propriedades de cada sacola. Quanto menor o valor do indicador, menor a probabilidade de aquela sacola parar no lixo. As sacolas de polipropileno são as que apresentaram menor risco de abandono no meio ambiente, enquanto as de polietileno de alta densidade são as que apresentaram um maior valor no indicador.

Já Prata *et al* (2019) citam que o polietileno, polipropileno e poliestireno são os microplásticos mais encontrados nos oceanos. Também escrevem que o comportamento do plástico no meio ambiente é influenciado por suas propriedades, pela adsorção de organismos e produtos químicos à sua superfície, que também contribuem para a toxicidade. Eles oferecem 10 recomendações para promover a sustentabilidade dos plásticos durante sua produção, consumo e descarte, sendo eles: regulamentação sobre sua produção e consumo, reduzir o consumo pela diminuição de embalagens desnecessárias, benefícios na utilização de plásticos reciclados, sistemas de coleta de resíduos que favoreça benefícios, priorizar a reciclagem, responsabilidade sobre os resíduos e impactos causados, uso de energia renovável durante coleta e reciclagem, análise de ciclo de vida para cada produto e processo, utilizar plásticos de base biológica e, por último, melhorar a reciclabilidade do lixo eletrônico. Além do mais, eles dissertam sobre o ciclo de vida dos plásticos, os quais devem ser melhorados através de um sistema de gestão de resíduos e seguindo a hierarquia dos 4R's (reduzir, reutilizar, reciclar e recuperar). Assim, a produção e consumo de microplásticos pode diminuir. Porém, para que isso ocorra, ainda é necessário o apoio de autoridades para mudança de comportamento dos consumidores, criação de leis, conscientização da população, entre outras medidas que tornam a solução quase impraticável.

Shruti e Kutralam-Muniasamy (2019) discutem a degradação dos bioplásticos polihidroxialcanoatos (PHA) e a geração de microplásticos a partir deste em condições de laboratório no meio aquático. Os autores apontaram diversas preocupações com relação aos microplásticos e o meio ambiente, sendo os mais relevantes para esta pesquisa a escassez de documentação sobre o comportamento de degradação dos microplásticos e nanoplásticos, a falta de investigação química e microbiológica dos riscos associados à ingestão indireta de microplásticos por humanos e organismos aquáticos. O estudo ressalta que os bioplásticos ainda possuem muitas características que são desconhecidas pelos pesquisadores.

Zu e Wang (2020) discutem o termo “greenwashing”, que significa a utilização de estratégias de marketing para se apropriar de atitudes sustentáveis, que não acontecem de fato, criando uma falsa aparência de sustentabilidade. Nesse estudo, os autores questionam se os biopolímeros são realmente sustentáveis ou apenas fazem parte do greenwashing. Eles consideram os bioplásticos como compostáveis e não biodegradáveis, pois a compostagem necessita de condições favoráveis, ou seja, ela não ocorre em todos os ambientes, assim como os bioplásticos. Se estes são descartados no solo e água do mar, a biodegradação ocorre de forma muito lenta e seus efeitos adversos ao meio ambiente não são substancialmente diferentes dos plásticos comuns. Quando se transformam em microplásticos, não é garantido que seus detritos degradados sejam completamente absorvidos pelos microrganismos em um curto período, ou seja, o plástico biodegradável projetado pode causar mais danos ao meio ambiente do que o plástico não biodegradável. Também concluíram que a liberação de nanoplásticos biodegradáveis é prejudicial à alguns organismos aquáticos, devido à não biodegradação dos microplásticos de polihidroxibutirato (PHB). Além disso, os microplásticos podem transportar poluentes microbianos e químicos. Portanto, os bioplásticos não são considerados 100% sustentáveis, pois ainda podem prejudicar o meio ambiente, igualmente ou até mais que as sacolas plásticas convencionais. Ainda há muitas pesquisas a serem realizadas antes de considerar os bioplásticos como uma solução às sacolas de polietileno.

Nazareth *et al* (2019), também citaram a utilização de greenwashing, mas para sacolas oxibiodegradáveis de polietileno com aditivos. Estas não são rotuladas como biodegradáveis por diversas empresas, por conta de seu processo de

degradação ocorrer de maneira muito lenta. Portanto, o estudo foi baseado na avaliação do processo de degradação de 4 tipos diferentes de sacolas no ambiente marinho. As sacolas avaliadas são: compostável vinda do Canadá (S3), 100% degradável do Canadá (S6), biodegradável advinda dos Estados Unidos (S5) ou 100% biodegradável do Brasil (S4). A simulação do ambiente marinho foi preparada em um aquário com 15 litros de água do mar, mantidos sob aeração constante, ciclo claro/escuro de 12 horas e a temperatura da água em $30 \pm 2^\circ\text{C}$. Os resultados mostraram que, após 180 dias na simulação, as amostras S4, S5 e S6 não apresentam evidências de degradação química e morfológica, portanto, não podem ser consideradas realmente degradáveis ou biodegradáveis, evidenciando mais um caso de greenwashing.

Shen *et al* (2020) estudaram se os bioplásticos são realmente uma opção viável para acabar com a poluição plástica do mundo. Um dos modelos de sacola utilizado para compor o trabalho foi a sacola plástica com aditivos, conhecidas no Brasil como oxibiodegradáveis, mas denominada pelos autores de oxo-biodegradável. Foram realizados diversos questionamentos para fins de pesquisa, entre eles: o que são biopolímeros, se estes podem resolver o problema da acumulação ambiental de plásticos, quais as funções ambientais, oportunidades e riscos da utilização dos bioplásticos. Eles chegaram à conclusão de que os biopolímeros, incluindo as sacolas oxo-biodegradáveis, podem efetivamente contribuir para o desenvolvimento da proteção ambiental, porém diversos questionamentos deste tipo de sacola ainda não possuem resposta, pois seus estudos ainda são muito recentes. Este pode ser um fator que impeditivo no momento de escolher a melhor opção para o meio ambiente.

Ali, Sara e Rehman (2021) escrevem que por conta da proibição da utilização de plásticos não biodegradáveis, o Paquistão se tornou 128º país a conter o uso do plástico. Por isso, o estudo analisou alternativas para o uso da sacola plástica, priorizando os bioplásticos, sacolas de papel e as sacolas tradicionais. A pesquisa mostrou que o bioplástico é a opção mais favorável, por conta dela ser biodegradável, possuir as propriedades desejadas, baixa toxicidade humana e baixa emissão de gases do efeito estufa durante a sua produção.

Gómez e Escobar (2021) também realizaram uma avaliação do ciclo de vida de sacolas plásticas, e a partir disso, estabeleceram uma comparação entre materiais e alternativas de tratamentos de fim de vida. Dentre as sacolas pesquisadas, estão as sacolas de polietileno de alta e baixa densidade apresentadas por Civancik-Uslu *et al* (2019). O estudo de Civancik-Uslu *et al* (2019) foi usado como referência para compor o estudo do ciclo de vida de sacolas utilizadas no Brasil. Por isso, suas conclusões foram bem semelhantes. Gómez e Escobar (2021) concluíram que a sacola de polietileno de alta densidade não deve ser totalmente substituída, pois se reutilizada diversas vezes ela pode ser uma opção ecologicamente mais correta se for comparar com outras sacolas de uso único. Em relação aos tratamentos em fim de vida, a alternativa com menor impacto ambiental foi a reciclagem desses produtos, seguida da recuperação energética e, por último, a deposição em aterro.

Os autores Stafford, Russo e Nahman (2022) realizaram uma comparação do ciclo de vida de 16 sacolas plásticas e outras alternativas disponíveis na África. Além disso, desenvolveram um indicador para contabilizar a poluição plástica no meio ambiente. Eles concluíram que as sacolas plásticas reutilizáveis precisam ser usadas apenas entre 3 e 10 vezes para oferecer menores impactos ambientais do que qualquer uma das sacolas de uso único, o que é um número relativamente baixo para atingir o ponto de equilíbrio. Essa descoberta é consistente com muitos outros estudos de Análise de Ciclo de Vida que constataram que plásticos reutilizáveis oferecem menores impactos ambientais em comparação com alternativas de uso único feitas de bioplástico, papel ou outros materiais. A sacola de referência, à base de petróleo sendo 100% reciclada, apresentou um impacto ambiental 52% menor do que uma sacola com 0% de conteúdo reciclado. Porém, em sacolas recicláveis, os impactos ambientais negativos desta sacola estão na sua produção, já que utilizam grande quantidade de energia e água para sua reciclagem. Já no caso das sacolas plásticas tradicionais, o impacto negativo está na extração de matéria-prima, sendo uma solução a utilização de materiais alternativos para sua produção. Por fim, as sacolas originadas de polietileno de alta densidade foram as que tiveram um maior impacto ambiental, mas ainda, se estas sacolas forem reutilizáveis, seus impactos diminuem substancialmente.

Por último, Tong *et al* (2022) investigaram a formação de micro e nano plásticos durante o processo de degradação na água do mar de plásticos convencionais e biodegradáveis, os efeitos de fatores de envelhecimento destes e sua toxicidade. As sacolas examinadas foram: os sacos biodegradáveis de PLA, amido e PBAT e os sacos convencionais de polietileno. Os resultados mostraram que ambas as sacolas foram mais propensas a se degradarem em microplásticos por foto oxidação, ou seja, isso indica que suas espessuras são diretamente proporcionais à taxa de degradação, já que os sacos apresentam uma menor espessura do que as embalagens plásticas. Ainda assim, o estudo destaca que a maioria dos problemas associados aos plásticos convencionais também são encontrados em plásticos biodegradáveis.

5.3 Discussões

Neste tópico, serão abordadas as discussões referentes aos 13 artigos encontrados na literatura.

Após a leitura de todos os estudos, foi possível fazer algumas considerações sobre o uso de sacolas de diferentes categorias, suas vantagens e desvantagens.

Dentre essas considerações, uma das mais pertinentes, sendo abordada em 3 artigos, é que os impactos ambientais de cada tipo de sacola são alterados de acordo com o número de vezes que a sacola é utilizada. Se a sacola plástica for utilizada entre 3 e 10 vezes, seus impactos podem ser menores do que qualquer outra sacola de uso único. Além disso, também se comenta sobre a utilização de sacolas plásticas recicladas, sendo esta uma melhor alternativa do que grande parte das sacolas que não possuem conteúdo reciclado. Apesar disso, as sacolas plásticas ainda apresentam algumas vantagens significativas, como a emissão de gases de efeito estufa, a utilização de matéria-prima não renovável e seu tratamento de fim de vida muitas vezes inadequado.

Seguindo este raciocínio, outro assunto abordado em 2 dos 13 artigos é o termo “greenwashing”, ou seja, estratégias de marketing para utilização de iniciativas sustentáveis que não ocorrem de fato. Este termo é utilizado para descrever as sacolas oxibiodegradáveis e os bioplásticos, onde os resultados demonstram que

esta estratégia é utilizada em ambos os casos, já que nenhuma das duas opções apresentam resultados satisfatórios no que se diz respeito aos impactos ambientais.

Contrariando os resultados anteriores, alguns estudos concluem que as sacolas oxibiodegradáveis ainda podem ser mais favoráveis do que sacolas plásticas, pois elas se degradam em um período consideravelmente menor. Porém, os impactos ambientais dos microplásticos ainda são alarmantes, pois além de seus impactos ambientais serem semelhantes aos impactos das sacolas plásticas, a retirada destes do meio ambiente é extremamente difícil, por conta de suas dimensões.

Ainda foram citados outros exemplos de sacolas que podem ser mais benéficas ao meio ambiente, como as sacolas de papel e juta, as quais agridem uma parcela relativamente menor do meio onde se encontram, justamente por serem feitas com produtos de origem vegetal. Entretanto, algumas propriedades, como a capacidade de carregar peso sem se romper, não são satisfatórias, já que são consideradas frágeis se comparadas a outros modelos.

Em suma, é aceitável constatar que diferentes tipos de sacola podem resultar em diferentes impactos ao meio ambiente, dependendo de como será utilizada. Se a sacola for reutilizada diversas vezes, a sacola plástica reciclada pode ser a mais adequada para uso. Caso seu uso seja único e para atividades que não exijam uma carga grande, sacolas provenientes de fontes renováveis podem ser as ideais. Já as sacolas oxibiodegradáveis aparecem como uma opção mais correta se considerar o seu tempo de degradação, porém isto pode estar atrelado à falta de estudo e conhecimento acerca do assunto.

6 CONCLUSÃO

Essa pesquisa teve como intuito criar uma base literária capaz de fundamentar os impactos ambientais ocasionados pelas sacolas plásticas e oxibiodegradáveis, tornando possível identificar e sintetizar os danos ocasionados por elas.

O principal desafio encontrado durante a realização desse trabalho foi, justamente, a falta de estudos dos prejuízos ambientais decorrentes dos microplásticos que são formados pelas sacolas oxibiodegradáveis, pois na maioria dos arquivos foi encontrado apenas os impactos das sacolas plásticas e sua substituição por sacolas feitas de materiais advindos da natureza, que não é o caso das sacolas oxibiodegradáveis. Esse problema também pode estar associado ao fato da palavra “oxibiodegradável” ser utilizada em poucos países, entre eles o Brasil. Como comentado anteriormente, diversos países não consideram o prefixo “oxi” quando são mencionadas as sacolas plásticas com aditivo pró degradante.

Ainda, pôde-se notar que entre os estudos escolhidos para compor esta pesquisa, a grande maioria cita que os bioplásticos possuem inúmeras desvantagens igualmente presentes nos plásticos tradicionais, entre eles: a utilização exacerbada de recursos da natureza para sua produção, a transformação de bioplásticos em microplásticos que geram diversos problemas ambientais e também seu descarte incorreto em oceanos ou lixões. Além disso, algumas variedades de sacolas biodegradáveis não possuem suas características conhecidas por pesquisadores e pela população, justamente pela falta de investigação destas. Isso pode estar diretamente relacionado ao termo “greenwashing”, apresentado nesse estudo, em que diversas empresas vendem um produto considerado sustentável, porém sem informações o suficiente para de fato afirmar isso.

Em muitos momentos, as sacolas oxibiodegradáveis são apresentadas como a melhor alternativa para o meio ambiente, mas a transformação delas em microplásticos mostram que pequenas partículas de plástico podem ser mais perigosas do que os sacos plásticos tradicionais. Aliado a isso, alguns estudos expuseram que o número de vezes que a sacola é reutilizada antes do seu descarte é um fator contribuinte para um menor impacto ambiental, sendo assim, as sacolas

oxibiodegradáveis também deixam a desejar nessa questão, já que seu ciclo de vida é demasiadamente menor do que sacolas plásticas tradicionais.

Portanto, não é possível afirmar que as sacolas plásticas com aditivos pró-degradantes impactam de forma menos agressiva o meio ambiente. Após a síntese dos artigos selecionados para a RBS, conclui-se que o mais apropriado seria analisar as circunstâncias em que a sacola é utilizada, para assim decidir qual é o modelo de sacola mais adequado.

Por fim, como oportunidade futura, seria de grande interesse social continuar com o estudo acerca dos dois modelos de sacolas, além de englobar outros tipos de sacola também, porém abrangendo um intervalo maior de tempo e assim, oferecendo resultados mais precisos. Além disso, outra oportunidade futura seria especificar em quais os momentos cada modelo de sacola é mais adequada de ser utilizada, fornecendo resultados direcionados.

REFERÊNCIAS

ABRE – Associação Brasileira de Embalagens. **Estudo abre macroeconômico e de tendências** - Apresentação março de 2019: retrospecto de 2018 e perspectivas para os próximos anos. 2019.

Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE). **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2020**. São Paulo: ABRELPE, 2020.

ALI, Y., SARA, S. & REHMAN, O.U. **How to tackle plastic bags and bottles pollution crisis in Pakistan? A cost–benefit analysis approach**. Environ Ecol Stat 28, 697–727, 2021.

BABETTO, A. S. **Influência de Aditivos Pró-Degradantes nas Degradações Abiótica e Biótica do Polietileno de Alta Densidade**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de São Carlos, 2015.

BÁTORI, V.; *et al.* **Anaerobic degradation of bioplastics: A review**. Waste Management, 80, pp. 406 – 413. 2018.

BARCELLOS, M. **Lei das sacolas plásticas entra em vigor e consumidores aprovam nova medida**. Notícia. Assembleia Legislativa do Estado do Pará, 2021.

CANO, W. **Brasil - construção e desconstrução do desenvolvimento**. Artigo. Universidade Estadual de Campinas, 2017.

CAVALCANTI, P.; CHAGAS, C. **História da embalagem no Brasil**. Grifos Projetos Históricos e Editoriais. São Paulo, 2006.

CHANG, Q.; *et al.* **Rapid photo aging of commercial conventional and biodegradable plastic bags**. Science of the Total Environment, 822, art. no. 153235. 2022.

CIVANCIK-USLU, D.; PUIG, R.; HAUSCHILD, M.; FULLANA-I-PALMER, P. **Life cycle assessment of carrier bags and development of a littering indicator**. Science of The Total Environment, Volume 685, Pages 621-630, ISSN 0048-9697. 2019.

CONFORTO, E. C.; AMARAL, D. C.; SILVA, S. L. DA. **Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos.** 8° Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto - CNGDP 2011, n. 1998, p. 1–12, 2011.

COSTA, L. N. R. **Sustentabilidade segundo o triple bottom line: um estudo de caso em uma empresa do setor de energia elétrica.** Monografia. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2019.

Da origem à proibição: a história das sacolas plásticas. 2022. Nações Unidas Brasil.

FABRO, A.T.; LINDEMANN, C.; VIEIRA, S. C. **Utilização de sacolas plásticas em supermercados.** Ciências do Ambiente On-Line, v.3, n.1, 15-23p, 2007.

FOLLMANN, A. J.; *et al.* **Degradação De Sacolas Plásticas Convencionais e Oxibiodegradáveis.** Ciência e Natura, [s.l.], v. 39, n. 1, p.187-192, 2016. Universidade Federal de Santa Maria.

GÓMEZ, I. D. L.; ESCOBAR A. S. **The dilemma of plastic bags and their substitutes: A review on LCA studies.** Sustainable Production and Consumption, Volume 30, 2022, pg. 107-116, ISSN 2352-5509.

KAZA, S.; YAO, L.; BHADA-TATA, P.; VAN WOERDEN, F. **What a waste 2.0: a global snapshot os solid waste management to 2050.** Washington, D.C.: World Bank, 2018.

LAMIM-GUEDES, V. **Pegada Ecológica: Consumo de Recursos Naturais e Meio Ambiente.** Artigo. Revista EA. 2018.

LANDIM, A. P. M. *et. al.* **Sustentabilidade quanto às embalagens de alimentos no Brasil.** Artigo. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 2016.

LI, B.; LIU, J.; YU, B.; ZHENG X. **The Environmental Impact of Plastic Grocery Bags and Their Alternatives.** IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1011 (1), art. no. 012050. 2021.

LIMA, P. **Sacolas plásticas é uma das maiores vilãs do meio ambiente.** Notícia. Agência Senado, 2016.

LIMA, P. S. **Polímeros aditivados com catalisadores pró-degradantes - uma alternativa ou um problema?** 2008. 43 p. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008.

LORENZETT, J., RIZZATI, C., LORENZETT, D., & GODOY, L. (2013). **Sacolas plásticas: uma questão de mudança de hábitos.** *Monografias Ambientais*, 11(11), Monografias ambientais, 2013-04-07, Vol.11 (11).

MANRICH, S. **Processamento de Termoplásticos: rosca única, extrusão e matrizes, injeção e molde,** 1. ed. - São Paulo: Artiliber Editora, 2005.

MATOS, V. N. **Impactos ambientais da produção e descarte de sacolas de diferentes materiais.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de São Paulo. São José dos Campos – 2019.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **O tamanho do problema.** 2010.

NASCIMENTO, L. B. **O Impacto das Sacolas Plásticas no Meio Ambiente.** Monografia. Universidade Candido Mendes. Niterói, 2011.

NAZARETH, M.; MARQUES, M. R. C.; LEITE, M. C. A.; CASTRO, I. B. **Commercial plastics claiming biodegradable status: Is this also accurate for marine environments?** *Journal of Hazardous Materials*, Volume 366, 2019, Pages 714-722, ISSN 0304-3894.

OLIVEIRA, L. L. *et. al* **Impactos ambientais causados pelas sacolas plásticas: o caso Campina Grande – PB.** Estudo de Caso. *Revista de Biologia e Farmácia*. 2012.

OLIVEIRA, C. M. F.; COUTINHO, F. M. B. **Reações de Polimerização em Cadeia - Mecanismo e Cinética;** Interciência: Rio de Janeiro, 2006.

O que é a Pegada Ecológica? Bioeconomia. Florestas.pt. 2021.

PAZ, N. G. **Vantagens dos Rótulos e Embalagens Oxibiodegradáveis.** Empresa Dehon Plast. Santa Catarina, 2018.

PEREIRA, D. **Sacolas Plásticas x Meio Ambiente.** Artigo. 2010.

PINTO, V. C. **Estudo sobre os custos e análise ambiental das sacolas plásticas biodegradáveis no comércio varejista.** Trabalho de Conclusão de Curso. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, 2018.

PRATA, J.C.; *et al.* **Solutions and Integrated Strategies for the Control and Mitigation of Plastic and Microplastic Pollution.** *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2019**, *16*, 2411.

RODRIGUES, T. T. **Polímeros nas indústrias de embalagens.** Monografia. Universidade Federal da Uberlândia, 2018.

Sacola oxibiodegradável de PEAD: solução ou problema? eCycle, 2011.

SANTOS, A. S. F., *et al.* **Sacolas plásticas: destinações sustentáveis e alternativas de substituição.** Artigo. Universidade Federal do Rio Grande do Norte e Universidade Federal de São Carlos, 2012.

SANTOS, H. M. M. **Disposição final dos resíduos sólidos em Maringá-PR: Impactos e soluções.** Artigo. 2010.

SHEN, M.; *et al.* **Are biodegradable plastics a promising solution to solve the global plastic pollution?** *Environmental Pollution*, Volume 263, Part A, 2020, 114469, ISSN 0269-7491.

SHRUTI, V. C.; KUTRALAM-MUNIASAMY, G. **Bioplastics: Missing link in the era of Microplastics.** *Science of The Total Environment*, Volume 697, 2019, 134139, ISSN 0048-9697,

SILVA, C. O.; SANTOS, G. M.; SILVA, L. N. **A degradação ambiental causada pelo descarte inadequado das embalagens plásticas: estudo de caso.** Estudo de Caso. Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2013.

Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR). **Resíduos Sólidos Urbanos**. Brasil. SINIR, 2020.

SIVAN, A. **New perspectives in plastic biodegradation**. *Curr Opin Biotechnol*. 2011 Jun;22(3):422-6. doi: 10.1016/j.copbio.2011.01.013. Epub 2011 Feb 26.

SOUZA, D. C.; SOARES, G. L. C.; GANGÁ, W. F. S. **Análise e Avaliação Comparativa da Degradação das Sacolas Tradicionais e Oxibiodegradáveis**. Trabalho de Conclusão de Curso. Instituto Ensinar Brasil. Teófilo Otoni, 2018.

SOUZA, W. M., COELHO L. R. **Degradação de sacolas plásticas convencionais e oxi-biodegradáveis submetidas aos processos de hidrólise ácida e básica**. *Brazilian Journal of Biosystems Engineering* v. 13(3):271-281, 2019.

STAFFORD, W., RUSSO, V. & NAHMAN, A. **A comparative cradle-to-grave life cycle assessment of single-use plastic shopping bags and various alternatives available in South Africa**. *Int J Life Cycle Assess* 27, 1213–1227 (2022).

Tipos de Plástico – Saiba qual é o mais adequado para o seu produto. Site Mais Polímeros, 2018.

TONG, H.; *et al.* **Micro- and nanoplastics released from biodegradable and conventional plastics during degradation: Formation, aging factors, and toxicity**. *Science of The Total Environment*, Volume 833, 2022, 155275, ISSN 0048-9697.

ZANELLA, F.; *et. al.* **Sacolas oxibiodegradáveis: degradação em decorrência da condição de descarte**. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade* (2018): 5(9): 133-140. ISSN 2359-1412.

ZIEGLER, M. F. **Por Que a Sacola de Plástico é Prejudicial ao Meio Ambiente: Entenda o Problema das Sacolas Plásticas e Quais as Alternativas Ambientalmente Corretas Para Transportar Suas Compras**. iG. São Paulo, 2010.

ZHU, J.; WANG, C. **Biodegradable plastics: Green hope or greenwashing?** *Marine Pollution Bulletin*, Volume 161, Part B, 111774, ISSN 0025-326X. 2020.