

PLÁSTICO, EMBALAGENS E A CIRCULARIDADE: DESAFIOS E OPORTUNIDADES

SAMARA DE CARVALHO PEDRO

FUNDAÇÃO EDUCACIONAL INACIANA (FEI) PADRE SABOIA DE MEDEIROS

MARIA TEREZA SARAIVA DE SOUZA

FUNDAÇÃO EDUCACIONAL INACIANA (FEI) PADRE SABOIA DE MEDEIROS

DÉBORA OLIVEIRA DE SOUZA

FUNDAÇÃO EDUCACIONAL INACIANA (FEI) PADRE SABOIA DE MEDEIROS

MIGUEL ANTUNES PIRES

Resumo

Os plásticos tornaram-se onipresentes na sociedade moderna devido às suas propriedades versáteis, baixo custo e durabilidade. No entanto, o acúmulo de resíduos plásticos no meio ambiente tem se tornado uma preocupação crescente (GEYER; JAMBECK; LAW, 2017). Neste contexto, esta pesquisa se propôs analisar os inter-relacionamentos entre o uso de plásticos em embalagens e os princípios da economia circular. Por meio de uma revisão sistemática da literatura, observou-se como a temática foi abordada e como os diferentes aspectos relacionados ao uso de plásticos em embalagens foram explorados.

Palavras Chave

Economia Circular, Embalagens, Resíduos

Agradecimento a órgão de fomento

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

PLÁSTICO, EMBALAGENS E A CIRCULARIDADE: DESAFIOS E OPORTUNIDADES

1 INTRODUÇÃO

Os plásticos tornaram-se onipresentes na sociedade moderna devido às suas propriedades versáteis, baixo custo e durabilidade. No entanto, o acúmulo de resíduos plásticos no meio ambiente tem se tornado uma preocupação crescente (GEYER; JAMBECK; LAW, 2017). Dentre essas preocupações estão os nano e microplásticos, pequenas partículas de plástico que variam em tamanho de 1 micrômetro a 5 milímetros, e tornaram-se um problema ambiental global significativo nos últimos anos devido à sua onipresença e potencial impacto nos ecossistemas (HE; ZHANG; GAO, 2021). Esses microplásticos estão presentes em diversas matrizes ambientais, como oceanos, água doce, solo e ar (UDOVIČKI et al., 2022). Isso é resultado da produção massiva de produtos plásticos, seu descarte inadequado e sistemas ineficientes de gerenciamento de resíduos (HORTON et al., 2017).

A presença de microplásticos no meio ambiente representa uma ameaça ao ecossistema, pois podem causar danos físicos aos organismos e atuar como um vetor de substâncias tóxicas. Uma preocupação particular é a presença de nano e microplásticos em ambientes aquáticos. Nos ecossistemas aquáticos, essas partículas podem ser ingeridas por uma ampla gama de organismos, incluindo plâncton, peixes e mamíferos marinhos. Microplásticos também podem absorver e acumular poluentes orgânicos persistentes e outros produtos químicos tóxicos, que podem aumentar ainda mais sua toxicidade (ANDRADY, 2017).

A problemática associada ao uso generalizado de plásticos e embalagens na sociedade contemporânea tem gerado crescente preocupação sob uma perspectiva científica e ambiental. A produção e o descarte inadequados de produtos plásticos, em particular aqueles utilizados em embalagens, têm contribuído significativamente para a poluição ambiental, resultando em sérios desafios de sustentabilidade e resiliência dos ecossistemas terrestres e aquáticos.

Estudos demonstraram que os microplásticos podem ser ingeridos por uma ampla gama de organismos, desde plâncton a peixes e aves marinhas, causando uma série de efeitos nocivos. Danos físicos, efeitos toxicológicos e interrupção do comportamento alimentar são apenas alguns dos possíveis impactos no meio ambiente. Um estudo investigou a presença de microplásticos em espécies de peixes comerciais do mar adriático, e descobriu que os microplásticos estavam presentes no trato digestivo de todos os peixes examinados. A quantidade de microplásticos ingeridos variou dependendo da espécie e tamanho do peixe. Esta pesquisa sugere que a ingestão de microplásticos pode ter potenciais efeitos negativos na saúde e sobrevivência dos peixes (SHIU et al., 2020).

Além disso, a presença de microplásticos na água pode ter efeitos negativos na qualidade da própria água. Os microplásticos podem alterar a composição das comunidades microbianas e reduzir a abundância de certas espécies, o que pode ter efeitos em cascata em todo o ecossistema (MASON; WELCH; NERATKO, 2018).

A persistência de plásticos no meio ambiente também significa que o problema provavelmente persistirá nos próximos anos. Como os plásticos continuam a se degradar em partículas cada vez menores, eles se tornam mais difíceis de remover e podem eventualmente se tornar impossíveis de remover completamente. Portanto, é crucial investigar as fontes, o transporte e o destino dos microplásticos no meio ambiente para mitigar seu impacto negativo. As fontes de microplásticos incluem a degradação de produtos plásticos maiores, fibras de têxteis sintéticos e a liberação de microesferas de produtos de higiene pessoal (ZUBRIS; RICHARDS, 2005).

Nesse contexto, a economia circular emerge como um paradigma promissor para abordar essa problemática complexa. A economia circular propõe uma abordagem holística que visa minimizar o desperdício, promover a reutilização, a reciclagem e a recuperação de

recursos, com o objetivo de manter os materiais e produtos em uso pelo maior tempo possível. Isso, por sua vez, visa mitigar os impactos negativos associados ao ciclo de vida dos plásticos e das embalagens, ao mesmo tempo em que busca promover a eficiência econômica e a redução da pegada ecológica.

Neste contexto, esta pesquisa se propôs analisar os inter-relacionamentos entre o uso de plásticos em embalagens e os princípios da economia circular. Por meio de uma revisão sistemática da literatura, observou-se como a temática foi abordada e como os diferentes aspectos relacionados ao uso de plásticos em embalagens foram explorados. Assim, a pesquisa busca, oferecer *insights* valiosos para a compreensão e promoção de práticas mais sustentáveis no uso de plásticos e embalagens na sociedade.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Plástico, Embalagem e Economia Circular

Para entender melhor a distribuição de microplásticos em diferentes compartimentos ambientais, diversos estudos foram realizados. Por exemplo, um estudo conduzido por Bergmann et al. (2019) identificou microplásticos em todas as amostras de gelo marinho coletados do Ártico. Outro estudo de Bessa et al. (2018) identificaram microplásticos em sedimentos de um estuário português. Além disso, microplásticos foram detectados em sistemas de água doce, como rios e lagos (HORTON et al., 2017) e no solo (ZUBRIS; RICHARDS, 2005). Esses estudos visam determinar as fontes de microplásticos, suas vias de transporte e seus impactos ecológicos. Estudos recentes encontraram microplásticos em regiões remotas, incluindo o Ártico e a Antártica, indicando sua ampla distribuição no meio ambiente (JAMBECK et al., 2015).

Algumas explicações sobre como e porque o micro e o nano plástico está presente no meio ambiente foram identificadas na literatura, sendo:

Processo industrial: Pellets de plástico, também conhecidos como *nurdles*, são pequenas esferas de plástico usadas como matéria-prima na produção de produtos plásticos. Esses pellets podem escapar facilmente para o meio ambiente durante o transporte ou manuseio e são uma fonte significativa de microplásticos no oceano (COLE et al., 2011).

Produtos de consumo: Muitos produtos de cuidados pessoais e domésticos contêm microplásticos, como esfoliantes e cremes dentais. Esses microplásticos podem entrar no meio ambiente quando os produtos são levados pelo ralo e podem acabar em rios e oceanos (GOUIN et al., 2011).

Degradação de itens de plástico maiores: Itens de plástico maiores, como sacolas e garrafas, podem se decompor com o tempo em pedaços menores, incluindo microplásticos. Esses fragmentos podem então entrar no ambiente através de uma variedade de caminhos, como vento e transporte de água (TZIOURROU; KORDELLA; ARDALI; PAPTAEODOROU; KARAPANAGIOTI, 2021).

Assim, o micro e o nanoplástico está presente no meio ambiente devido a uma variedade de fontes, incluindo processos industriais, produtos de consumo e degradação de itens plásticos maiores. É essencial minimizar o uso de produtos plásticos e garantir o gerenciamento adequado de resíduos para evitar mais contaminação do meio ambiente (FAN; YU; XI; TAN, 2022).

Além de entender a distribuição e o impacto dos microplásticos no meio ambiente, esforços estão sendo feitos para desenvolver práticas e regulamentações eficazes de gerenciamento de resíduos para reduzir os resíduos de plástico e evitar sua liberação no meio ambiente. Além disso, alternativas sustentáveis aos produtos plásticos estão sendo desenvolvidas, como plásticos biodegradáveis e fibras naturais, para resolver esse problema global (THOMPSON et al., 2009).

O problema dos nano e microplásticos no meio ambiente é uma questão complexa e multifacetada. São necessários esforços para reduzir a quantidade de resíduos plásticos que entram no ambiente e para melhorar as práticas de gestão de resíduos. Além disso, são necessárias pesquisas para entender melhor os impactos dos microplásticos no meio ambiente e desenvolver estratégias para mitigar seus efeitos. Em conclusão, a presença de nano e microplásticos no meio ambiente é uma preocupação significativa que requer atenção imediata. Assim, essa pesquisa visa entender a extensão e o impacto dos microplásticos no meio ambiente, a fim de se possa fornecer estratégias de mitigação e promover soluções sustentáveis para evitar mais danos ao ecossistema.

As embalagens são criadas e utilizadas para proteção e facilitação do armazenamento, comercialização e transporte de produtos (LASO et al., 2016; BATISTA et al., 2018; PAUER et al., 2019). Devido a sua versatilidade, as embalagens podem oferecer soluções personalizadas para uma ampla variedade de necessidades em inúmeros produtos, aplicações e setores (PLASTICS EUROPE, 2018).

Em uma boa parte, as embalagens são confeccionadas a partir de materiais plásticos que podem ser manufaturados, a partir de matérias-primas de origem fóssil ou de origem biológica, podendo ser ou não biodegradáveis (PLASTICS EUROPE, 2018). Atualmente, as matérias-primas mais comumente utilizadas são de origem fóssil (PIRINGER; BANER, 2008), como os hidrocarbonetos fósseis que originam os etilenos e propilenos (GEYER et al., 2017).

Os plásticos são materiais leves e versáteis que permanecem por muito tempo na superfície terrestre, desse modo os potenciais impactos ambientais precisam ser mapeados não somente para a garantia da manutenção da qualidade do produto, como também para a melhor gestão de resíduos (LASO et al., 2016). Sua reutilização e reciclagem podem simbolizar economia de água, energia e matéria-prima, no entanto, é necessário garantir que os recipientes de plástico após o uso não sejam encaminhados para aterros sanitários ou descartados de forma inadequada no meio ambiente (ERIKSEN et al., 2019; NIMMEGEERS; BILLEN, 2021).

Além da classificação de acordo com o principal material utilizado, embalagens podem ser divididas em primárias, secundárias ou terciárias. Primárias são aquelas que possuem contato direto com produto, enquanto as secundárias servem para agrupar diversas embalagens primárias. Seguindo a mesma lógica, as embalagens terciárias protegem as embalagens secundárias e seu uso, e, portanto, visam aumentar a vida útil do produto e assegurar a qualidade e a segurança dos produtos embalados.

Vale destacar que houve um aumento considerável na produção, uso e descarte de embalagem, visto que esses recipientes possuem a característica de serem descartadas imediatamente após o consumo do produto, sendo um importante responsável pelo aumento da geração de resíduos sólidos (BOESEN et al., 2019; EMF, 2013).

Nota-se o aumento do uso de matérias-primas renováveis e biodegradáveis para a fabricação de embalagens nos últimos anos, mas sua participação no mercado ainda é consideravelmente pequena (GEUEKE et al., 2018). A utilização de embalagens feitas com materiais renováveis, como bioplásticos à base de plantas ou conteúdo reciclado, visam a redução do desperdício, a conservação de recursos e a minimização da pegada de carbono associada à produção e descarte de materiais de embalagem (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMBALAGEM, 2023).

Embalagens sustentáveis são projetadas para serem de natureza circular, o que significa que são feitas de materiais que podem ser reutilizados, reciclados ou compostados no final de seu ciclo de vida, em vez de serem descartados em aterros sanitários. O objetivo das embalagens sustentáveis é minimizar o impacto da embalagem no meio ambiente, reduzindo o desperdício e conservando os recursos. Pode incluir embalagens feitas de materiais reciclados, materiais biodegradáveis ou compostáveis ou recipientes reutilizáveis. A embalagem sustentável é uma parte fundamental da economia circular, que visa criar um sistema sustentável em que o

desperdício é minimizado e os recursos são usados de forma eficiente (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMBALAGEM, 2023).

Embalagem sustentável é uma embalagem projetada e produzida com materiais e processos que minimizam o impacto ambiental e reduzem o desperdício. Isso inclui a utilização de materiais renováveis, biodegradáveis ou recicláveis, além da redução do uso de energia e emissões de gases de efeito estufa durante o processo de fabricação. Embalagens sustentáveis também são projetadas para serem reutilizáveis ou recicláveis, de forma a reduzir o desperdício de recursos naturais e o acúmulo de resíduos sólidos. A embalagem sustentável busca equilibrar as necessidades de proteção do produto com a proteção do meio ambiente, contribuindo para um futuro mais sustentável e responsável (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMBALAGEM, 2023).

Assim, a embalagem sustentável é definida como embalagem segura (não tóxica para humanos e ecossistemas), cíclica (reutilizável, reciclável ou compostável), eficiente (utiliza o mínimo de materiais e energia) e eficaz (adiciona valor socioeconômico) (SONNEVELD et al., 2005). A circularidade de embalagens se refere à adoção de práticas e estratégias que visam minimizar o impacto ambiental das embalagens utilizadas na entrega de produtos aos consumidores. Essa abordagem busca reduzir a quantidade de resíduos gerados, promover a reutilização, reciclagem e recuperação de embalagens, além de fomentar a transição para materiais mais sustentáveis (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMBALAGEM, 2023).

A circularidade de embalagens envolve uma série de elementos e considerações. Primeiramente, há a necessidade de repensar o *design* das embalagens, buscando soluções que sejam eficientes em termos de recursos, recicláveis e facilmente separáveis. Isso inclui a utilização de materiais de embalagem de baixo impacto ambiental, como plásticos biodegradáveis ou compostáveis, papel reciclado e materiais de embalagem reutilizáveis (KAZANCOGLU et al., 2023). Além disso, a circularidade de embalagens requer a implementação de sistemas eficazes de logística reversa. Isso envolve a coleta, triagem e recuperação das embalagens utilizadas, permitindo que sejam reintegradas em ciclos produtivos ou recicladas adequadamente. Esses sistemas podem incluir parcerias com empresas de reciclagem, estabelecimento de pontos de coleta específicos ou até mesmo programas de retorno de embalagens aos estabelecimentos (ZHOU et al., 2020).

3 MÉTODO

A revisão sistemática de literatura é valiosa para ampliar a magnitude, transparência e destacar a importância da pesquisa científica, assim como, identificar lacunas, realçar inconsistências metodológicas e pontos fracos dos estudos existentes. Ao explorar em profundidade artigos publicados sobre determinado tema, sintetizando e avaliando as evidências disponíveis, quantitativas ou qualitativas, a revisão sistemática de literatura é um método adequado para responder uma determinada questão de pesquisa (MALLETT; HAGEN-ZANKER; SLATER; DUVENDACK, 2012).

Foram utilizados os termos “*plastic*” and “pack*” and “circular economy”, como primeiro filtro. Com os termos mencionados, a busca apresentou 382 resultados, que ao serem filtrados por tipo de documento “article” resultou em 366 artigos no qual foram importados o registro completo e as referências citadas em formato Bibitex para o Start, uma ferramenta robusta que facilita e apoia a condução do processo de revisão sistemática (FABBRI et al., 2016; HERNANDES et al., 2012). Assim, optou-se por considerar exclusivamente artigos científicos publicados em periódicos para o desenvolvimento desta pesquisa, assim artigos apresentados em congressos foram excluídos da base (3). Essa escolha é comum em estudo teóricos, pois esse critério apresenta maior rigor metodológico no que diz respeito ao avanço do conhecimento científico. Sendo assim, para esta pesquisa partiu-se do pressuposto que os artigos científicos passam por revisões críticas de pesquisadores antes de serem publicados em

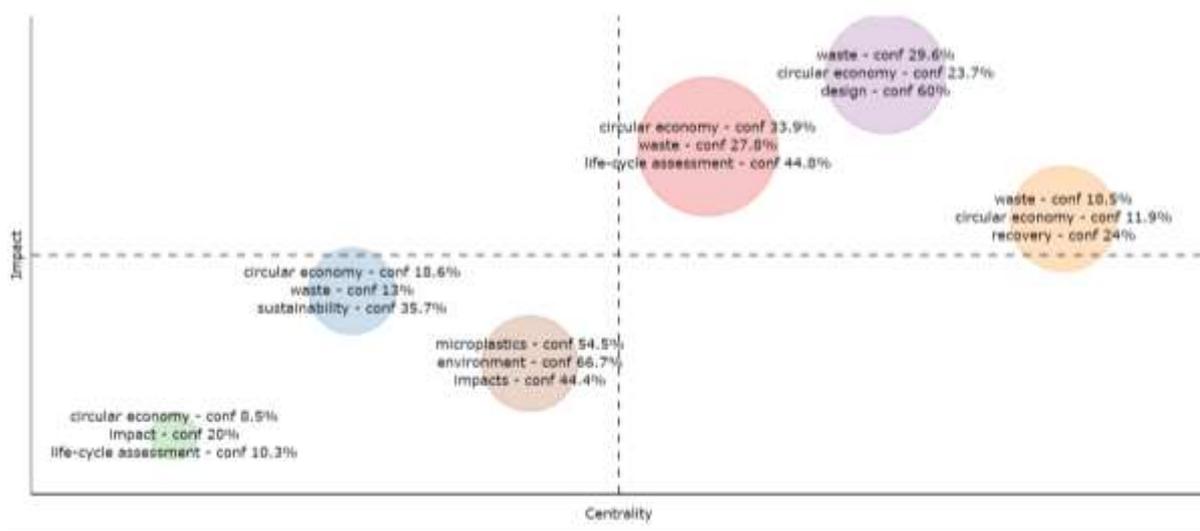
bases científicas como a que foi utilizada nesta pesquisa, a Web of Science. Outro critério estabelecido foi a opção apenas por artigos primários, sendo assim estudo bibliométricos, revisões da literatura, ensaios teóricos e/ou artigo de dados foram excluídos (13). Vale ressaltar que esta pesquisa não fez uma determinação de período de publicação, uma vez que a temática é nova e se busca uma visão abrangente sobre o assunto.

Para garantir o rigor científico, a análise de conteúdo foi realizada com o auxílio do *software* Start, versão 2.3.4.2., uma ferramenta desenvolvida para apoiar o pesquisador em todo o processo de revisão de literatura, planejamento, execução e relatório (FABBRI et al., 2016). O Start permite a definição de todo o projeto de pesquisa incluindo objetivo, questões de pesquisa, estratégias de busca e seleção, critérios de inclusão e exclusão, um formulário de extração de dados, critérios de qualidade e uma estratégia para sintetizar os dados extraídos (FABBRI et al., 2016). Para tal, foi criado um protocolo de análise do conteúdo, como critério de aceitação dos artigos foi definido: (1) texto integral disponível para análise do conteúdo do artigo; e (2) possuir pelo menos dois dos temas estudados pela revisão sistemática de literatura. Assim, para atender estes critérios foi definido a exclusão dos artigos que: (1) texto integral não disponível; (2) não tem relação com os temas da revisão de literatura; (3) apenas um dos temas (plástico, embalagem ou economia circular), (4) não tem relação com sustentabilidade. Para aprofundar o conhecimento dos artigos foi utilizado o *software* R com o pacote Bibliometrix, software utilizado para executar análises abrangentes de mapeamento científico (ARIA; CUCCURULLO, 2017).

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O Cluster por Acoplamento (Figura 1) é uma técnica que agrupa documentos com base em suas similaridades em termos de palavras-chave, tópicos ou outras métricas de análise bibliométrica. Ao realizar essa técnica, é possível agrupar documentos relacionados entre si em clusters ou grupos. Isso ajuda a identificar subáreas de pesquisa dentro de seu campo de estudo e a entender como os documentos estão relacionados tematicamente.

Figura 1 - Cluster por Acoplamento



Fonte: Bibliometrix (2023).

A economia circular é um tema recorrente e relacionado a várias áreas de pesquisa, abrangendo desde a gestão de resíduos até a avaliação do ciclo de vida e a sustentabilidade. Sua presença em muitos desses clusters indica sua relevância como abordagem fundamental para abordar desafios ambientais e promover práticas mais sustentáveis na indústria e no meio ambiente.

Cluster 1 - Economia Circular, Desperdício e Avaliação do Ciclo de Vida: Este cluster aborda a interseção entre a economia circular, o gerenciamento de resíduos e a avaliação do ciclo de vida. Indica um enfoque na análise do impacto ambiental de práticas econômicas circulares, especialmente em relação à gestão de resíduos. A economia circular é um paradigma que visa transformar a forma como produzimos e consumimos, com o objetivo de reduzir o desperdício e maximizar a eficiência no uso de recursos. Ela promove a reutilização, reciclagem e recuperação de materiais, visando prolongar a vida útil de produtos e minimizar impactos ambientais. A avaliação do ciclo de vida desempenha um papel fundamental ao avaliar o impacto ambiental de produtos ao longo de seu ciclo completo, desde a extração de matérias-primas até o descarte. Juntos, esses conceitos oferecem uma abordagem holística para abordar a problemática do desperdício, incentivando práticas sustentáveis que são essenciais para a construção de um futuro mais resiliente e responsável do ponto de vista ambiental.

Cluster 2 - Economia Circular, Desperdício e Design: Neste cluster, a economia circular está ligada ao design, sugerindo uma abordagem centrada na concepção de produtos e embalagens mais sustentáveis, com foco na reutilização e reciclagem de materiais. O design desempenha um papel crucial nesse contexto, pois é por meio do design sustentável que os produtos são concebidos de maneira a otimizar o uso de materiais, facilitar a desmontagem e a reciclagem, e minimizar o impacto ambiental. Ao integrar o design com os princípios da economia circular, podemos criar produtos mais duráveis, eficientes em termos de recursos e ambientalmente responsáveis, contribuindo para uma transformação positiva nos padrões de consumo e produção.

Cluster 3: Economia Circular, Resíduo e Recuperação: Este cluster se concentra na recuperação de recursos dentro da economia circular, destacando a importância da reciclagem e da recuperação de materiais a partir de resíduos. A economia circular é um conceito que se contrapõe à cultura do desperdício, promovendo a otimização do uso de recursos e a redução de resíduos. Um componente fundamental da economia circular é a recuperação de materiais a partir de produtos no final de sua vida útil, em vez de descartá-los. Essa recuperação envolve processos como a reciclagem, recondicionamento e remanufatura, permitindo que os materiais e produtos sejam reintegrados na cadeia produtiva. Ao enfatizar a recuperação, a economia circular não apenas reduz o desperdício, mas também contribui para a conservação de recursos naturais, impulsionando uma abordagem mais sustentável para a produção e o consumo.

Cluster 4: Economia Circular, Desperdício e Sustentabilidade: Aqui, a economia circular é associada à sustentabilidade, indicando uma preocupação com a harmonização de práticas econômicas circulares com metas de sustentabilidade ambiental e social. A economia circular é uma abordagem que se alinha fortemente com a busca pela sustentabilidade, uma vez que visa minimizar o desperdício e otimizar o uso de recursos. O desperdício, por outro lado, representa uma ineficiência que vai contra os princípios da sustentabilidade, resultando na depleção de recursos e na poluição do meio ambiente. Ao adotar a economia circular, as organizações e indivíduos podem contribuir para a promoção de práticas mais sustentáveis, em que o desperdício é minimizado, os recursos são preservados e o equilíbrio ambiental é fortalecido, visando um futuro mais resiliente e responsável.

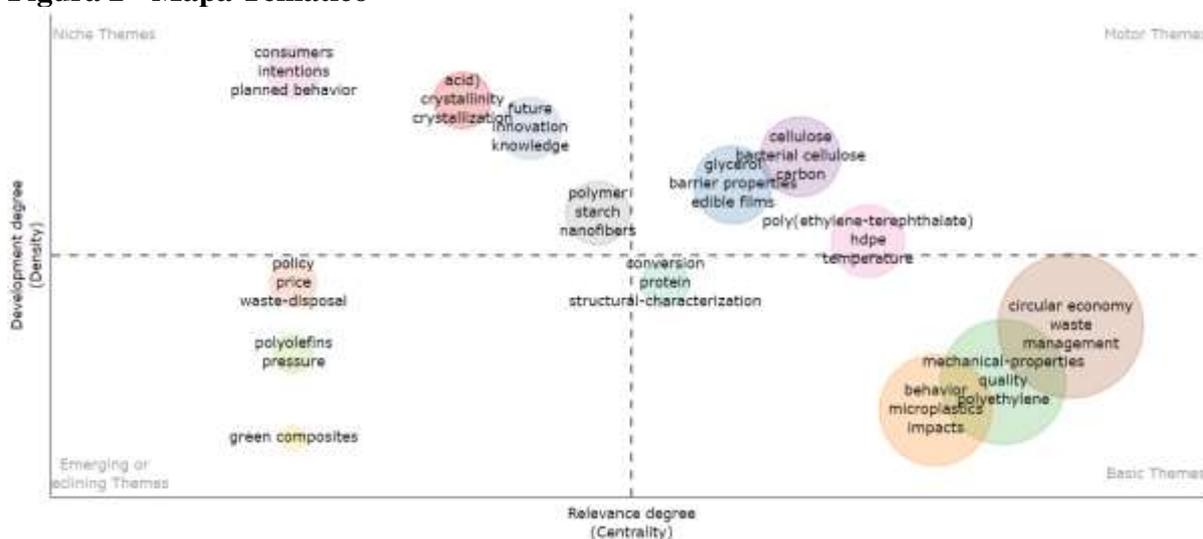
Cluster 5: Economia Circular, Impacto e Avaliação do Ciclo de Vida: Este cluster explora a relação entre a economia circular e o impacto ambiental, com foco na avaliação do ciclo de vida. Isso sugere um interesse em compreender como a economia circular afeta o ciclo de vida de produtos e materiais. A avaliação do ciclo de vida desempenha um papel crucial nesse contexto, pois permite a análise detalhada dos impactos ambientais de produtos ao longo de seu ciclo completo, desde a extração de matérias-primas até o descarte. Ao integrar a economia circular com a avaliação do ciclo de vida, podemos identificar áreas de melhoria e tomar decisões informadas para reduzir o impacto ambiental de produtos e processos. Isso resulta em práticas mais sustentáveis, onde a economia circular e a avaliação do ciclo de vida

se complementam para promover a eficiência no uso de recursos e a mitigação de impactos negativos no meio ambiente.

Cluster 6: Micro Microplásticos, Meio Ambiente e Impactos: Embora este cluster não inclua diretamente a economia circular, está relacionado às preocupações ambientais e aos impactos dos microplásticos no ecossistema. No contexto geral da pesquisa, a economia circular pode influenciar estratégias para reduzir a poluição por microplásticos. Os microplásticos representam uma preocupação crescente devido aos seus impactos ambientais. São fragmentos diminutos de plástico que se acumulam nos ecossistemas terrestres e aquáticos, afetando a vida selvagem e potencialmente a saúde humana. Essas partículas persistentes podem ser ingeridas por organismos marinhos e terrestres, entrando na cadeia alimentar e causando danos ao ecossistema e à biodiversidade. Além disso, os microplásticos têm o potencial de liberar produtos químicos tóxicos quando degradados, agravando ainda mais os impactos ambientais. A gestão e redução dos microplásticos são cruciais para preservar a saúde dos ecossistemas e a qualidade de vida no planeta, destacando a importância de práticas mais sustentáveis e responsáveis em relação aos plásticos.

A ideia por trás de um mapa temático (Figura 2) é identificar e destacar os temas mais relevantes e recorrentes em um determinado campo de pesquisa. Isso ajuda os pesquisadores a entenderem quais são os tópicos mais discutidos na literatura, como esses tópicos estão interconectados e como eles evoluíram ao longo do tempo.

Figura 2 - Mapa Temático



Fonte: Bibliometrix (2023).

4.1 Temas de Nicho

4.1.1 Consumidores, Intenções e Comportamento Planejado

Em um cenário global preocupado com a sustentabilidade, os temas de nicho ganham ainda mais destaque quando se trata de plástico e embalagens. Os consumidores desempenham um papel fundamental nesse contexto. Eles estão cada vez mais conscientes dos impactos ambientais das embalagens plásticas e têm a intenção de fazer escolhas mais sustentáveis.

As intenções dos consumidores nesse cenário incluem a busca por produtos com embalagens ecológicas, a preferência por marcas que adotam práticas sustentáveis e o desejo de reduzir seu próprio desperdício de plástico. No entanto, as intenções por si só não são suficientes para impulsionar a mudança. É aqui que entra o comportamento planejado.

O comportamento planejado dos consumidores envolve ações concretas, como comprar produtos em embalagens reutilizáveis, reciclar adequadamente ou evitar produtos

excessivamente embalados. No entanto, muitos obstáculos podem atrapalhar essas ações, como a falta de alternativas acessíveis, a falta de informações claras sobre reciclagem e o hábito enraizado de usar produtos de uso único.

É crucial entender como os consumidores planejam e executam suas ações relacionadas ao plástico e às embalagens para criar estratégias eficazes de economia circular. Isso inclui educar os consumidores sobre como fazer escolhas mais sustentáveis, tornar produtos eco amigáveis acessíveis e convenientes, e também pressionar as empresas a adotarem embalagens mais sustentáveis.

Em última análise, a interrelação entre consumidores, intenções e comportamento planejado é essencial para a transição para uma economia circular no que diz respeito ao plástico e às embalagens. À medida que os consumidores conscientes buscam alternativas sustentáveis, as empresas que compreendem e respondem a essas dinâmicas emergentes estarão melhor posicionadas para enfrentar os desafios e as oportunidades associadas à gestão responsável de plástico e embalagens.

4.1.2 Ácido, Cristalinidade e Cristalização

A cristalinidade e a cristalização desempenham um papel fundamental na estrutura e no desempenho das embalagens de plástico. Elas são influenciadas por uma série de fatores, incluindo a presença de ácido como um dos elementos que podem impactar essas propriedades.

A cristalinidade refere-se à organização das moléculas de polímero em uma estrutura cristalina dentro do plástico. Quando um plástico é altamente cristalino, ele tende a ser mais rígido e resistente. Por outro lado, plásticos amorfos têm baixa cristalinidade e tendem a ser mais flexíveis. A presença de ácido em um plástico pode afetar sua cristalinidade, alterando a organização das cadeias moleculares.

A cristalização, por sua vez, é o processo pelo qual o plástico passa da fase amorfa para a fase cristalina. O ácido pode atuar como um catalisador nesse processo, acelerando a formação de estruturas cristalinas dentro do plástico. Isso pode ser usado de forma estratégica na fabricação de embalagens plásticas, permitindo ajustar suas propriedades físicas, como resistência e durabilidade.

No contexto da economia circular, a compreensão da cristalinidade e da cristalização é fundamental para o desenvolvimento de embalagens plásticas mais sustentáveis. Isso porque a manipulação dessas propriedades pode permitir a criação de embalagens mais resistentes e duráveis, reduzindo assim a necessidade de descarte e substituição frequentes.

Além disso, a gestão responsável de plásticos ácidos, que podem afetar a cristalinidade e a cristalização, é essencial para evitar impactos ambientais negativos. O uso adequado de ácidos na produção de embalagens plásticas pode minimizar a geração de resíduos e contribuir para a circularidade dos materiais plásticos.

Em resumo, a interrelação entre ácido, cristalinidade e cristalização desempenha um papel significativo na criação de embalagens plásticas mais eficientes e sustentáveis dentro do contexto da economia circular. Compreender como esses elementos se conectam é essencial para desenvolver soluções inovadoras que atendam às demandas dos consumidores e ao mesmo tempo minimizem o impacto ambiental dos plásticos e embalagens.

4.1.3 Futuro, Inovação e Conhecimento

O futuro das embalagens de plástico e sua integração na economia circular depende, em grande parte, da inovação e do conhecimento. Esses temas de nicho estão intrinsecamente ligados e desempenham papéis cruciais na evolução das práticas de embalagem e na promoção da sustentabilidade.

A inovação desempenha um papel central na busca por soluções sustentáveis. À medida que a sociedade busca alternativas mais ecológicas ao plástico tradicional, a inovação

desempenha um papel fundamental na criação de embalagens que sejam ambientalmente amigáveis, eficazes e economicamente viáveis. Essas inovações podem envolver a criação de plásticos biodegradáveis, o desenvolvimento de embalagens reutilizáveis e a adoção de tecnologias avançadas de reciclagem.

Para impulsionar essa inovação, o conhecimento desempenha um papel crucial. É necessário compreender a química e a física dos plásticos, bem como os desafios técnicos e científicos envolvidos na criação de embalagens sustentáveis. O conhecimento também abrange a compreensão das tendências de consumo, regulamentações ambientais e melhores práticas de gestão de resíduos, todos os quais são elementos críticos na tomada de decisões informadas relacionadas às embalagens plásticas.

O futuro das embalagens plásticas na economia circular depende da aplicação contínua e adaptável desse conhecimento para impulsionar a inovação. Isso significa que as empresas e os pesquisadores precisam estar constantemente atualizados com os avanços científicos e tecnológicos, bem como com as mudanças nas preferências do consumidor e nas políticas ambientais.

Em resumo, os temas de nicho relacionados ao futuro, inovação e conhecimento estão intrinsecamente ligados ao destino das embalagens de plástico na economia circular. A capacidade de inovar com base no conhecimento sólido é essencial para criar embalagens plásticas mais sustentáveis e eficazes, ao mesmo tempo em que se antecipam e se adaptam às demandas futuras da sociedade e do mercado. Essa interrelação é a chave para a criação de um futuro mais sustentável para as embalagens de plástico na economia circular.

4.1.4 Polímero e Nanofibras

Os polímeros são componentes fundamentais dos plásticos amplamente utilizados em embalagens. São cadeias moleculares longas e versáteis que conferem propriedades únicas aos materiais plásticos, como flexibilidade, resistência e durabilidade. No entanto, a questão crítica em relação aos polímeros está ligada à sua gestão e à busca por alternativas mais sustentáveis.

Nesse cenário, as nanofibras desempenham um papel significativo. As nanofibras são estruturas extremamente finas, muitas vezes compostas de polímeros, que podem ser incorporadas aos materiais plásticos para aprimorar suas características. Isso inclui a melhoria da resistência, da permeabilidade e da capacidade de barreira, tornando as embalagens mais eficientes e adequadas para proteger produtos contra a umidade, o oxigênio e outros fatores externos prejudiciais.

Além disso, as nanofibras também podem ser utilizadas para criar membranas de filtração avançadas, que desempenham um papel importante na reciclagem de plásticos. Essas membranas podem ajudar a separar e purificar materiais plásticos de maneira mais eficiente, contribuindo assim para a economia circular ao permitir que os plásticos sejam reutilizados em novas embalagens ou produtos. Portanto, a interrelação entre polímeros e nanofibras é crucial para avançar em direção a embalagens plásticas mais sustentáveis e eficazes dentro do contexto da economia circular. A incorporação de nanofibras nos polímeros não apenas aprimora as propriedades dos materiais, mas também oferece oportunidades para reduzir o impacto ambiental dos plásticos ao facilitar a reciclagem e a reutilização. Essa abordagem inovadora tem o potencial de transformar a forma como as embalagens são produzidas e gerenciadas, promovendo a sustentabilidade e a responsabilidade ambiental na indústria de plásticos.

4.2 Temas Motores

4.2.1 Celulose, Celulose Bacteriana e Carbono

A celulose é um polímero natural encontrado em plantas e é amplamente conhecida por sua versatilidade e resistência. Tradicionalmente, a celulose tem sido usada na fabricação de

papel e embalagens sustentáveis, mas a inovação e a economia circular estão ampliando suas aplicações.

A celulose bacteriana é uma forma de celulose produzida por bactérias como o *Acetobacter xylinum*. Essas bactérias têm a capacidade de sintetizar nanofibras de celulose altamente puras em condições controladas de laboratório. Isso leva ao surgimento de um material altamente versátil, conhecido como celulose bacteriana ou biofilme bacteriano.

A interrelação com o tema do carbono é fundamental. A celulose, seja de fontes vegetais ou bacterianas, é uma substância rica em carbono. No contexto da economia circular e da busca por alternativas mais sustentáveis aos plásticos convencionais, a celulose bacteriana ganhou destaque como uma opção promissora. Ela é biodegradável, renovável e, portanto, representa uma alternativa ao carbono fóssil usado na produção de plásticos convencionais.

A celulose bacteriana pode ser usada na fabricação de embalagens e filmes biodegradáveis, que são compostáveis e contribuem para a redução do desperdício de plástico. Além disso, esse material também pode ser modificado para incorporar propriedades específicas, como resistência à umidade e barreiras a gases, tornando-o adequado para diferentes aplicações de embalagens. Portanto, a interrelação entre celulose, celulose bacteriana e carbono destaca o potencial da celulose bacteriana como um motor de inovação na busca por soluções sustentáveis para embalagens e plásticos. Ao aproveitar a abundância de carbono na celulose, essa abordagem pode ajudar a reduzir a dependência de fontes de carbono fóssil e impulsionar a transição para uma economia circular, onde os materiais são usados de forma mais eficiente e reciclados de maneira mais eficaz.

4.2.2 Glicerol, Propriedades de Barreira, Filmes Comestíveis

O glicerol, um subproduto comum na produção de biodiesel e sabões, tem desempenhado um papel cada vez mais importante como um componente-chave na criação de filmes comestíveis e na melhoria das propriedades de barreira em embalagens sustentáveis.

Os filmes comestíveis são uma alternativa inovadora às embalagens tradicionais de plástico. Eles são geralmente feitos de ingredientes naturais, como amidos ou proteínas, juntamente com o glicerol como agente plastificante. Esses filmes têm a vantagem de serem biodegradáveis, compostáveis e, o mais importante, comestíveis. Isso significa que eles podem ser consumidos junto com o alimento embalado, reduzindo assim o desperdício de embalagem e contribuindo para a economia circular.

O glicerol desempenha um papel essencial na formação desses filmes comestíveis, conferindo-lhes a flexibilidade necessária para se adaptar às formas dos alimentos e às propriedades de barreira que protegem contra a umidade, oxigênio e outros fatores prejudiciais. Portanto, a interrelação entre glicerol, propriedades de barreira e filmes comestíveis é fundamental para a criação de embalagens inovadoras e sustentáveis.

Além disso, o glicerol também é utilizado na melhoria das propriedades de barreira de outros materiais de embalagem, como o plástico convencional. A incorporação de glicerol pode tornar os plásticos mais herméticos, prolongando a vida útil dos produtos embalados e reduzindo, inclusive, o desperdício alimentar.

Em resumo, a interrelação entre glicerol, propriedades de barreira e filmes comestíveis representa um motor de inovação no desenvolvimento de embalagens mais sustentáveis e eficazes. Essa abordagem não apenas aborda os problemas relacionados ao plástico tradicional, como a poluição e a dificuldade de reciclagem, mas também promove a economia circular, onde os materiais são utilizados de forma mais consciente e os resíduos são minimizados.

4.2.3 Poli (Tereftalato De Etileno), PEAD e Temperatura

O poli (tereftalato de etileno), comumente conhecido como PET, é um dos plásticos mais amplamente utilizados em embalagens devido às suas excelentes propriedades de barreira

e transparência. No entanto, a reciclagem e a gestão responsável do PET são cruciais para promover a economia circular.

O PEAD (polietileno de alta densidade) é outro tipo de plástico comum usado em embalagens, conhecido por sua durabilidade e resistência química. Como o PET, o PEAD também desempenha um papel importante no ciclo de vida das embalagens.

A temperatura desempenha um papel crítico na interrelação entre esses materiais. Em processos de reciclagem, a temperatura é um fator determinante para a qualidade do material reciclado. O PET e o PEAD têm pontos de fusão diferentes e devem ser separados e reciclados em temperaturas específicas para evitar a degradação das propriedades do material. Uma temperatura inadequada pode comprometer a qualidade do material reciclado, tornando-o menos adequado para uso em embalagens de alta qualidade.

Além disso, a temperatura também afeta o desempenho das embalagens durante o uso. Em climas quentes, por exemplo, as embalagens de PET podem ser mais suscetíveis a deformações e vazamentos devido à sua sensibilidade à temperatura. Portanto, a interrelação entre poli (tereftalato de etileno), PEAD e temperatura destaca a importância da gestão adequada dos plásticos e da reciclagem, garantindo que esses materiais sejam processados em temperaturas adequadas para manter sua qualidade e eficácia. Isso é essencial para promover a economia circular, onde os materiais plásticos são reciclados e reutilizados de forma eficiente, contribuindo para a redução do desperdício e para a sustentabilidade das embalagens.

4.3 Temas Básicos

4.3.1 Economia Circular, Resíduo e Gestão

A economia circular é um modelo que visa reduzir ao máximo o desperdício e promover a reutilização, reciclagem e recuperação de materiais, em contraposição ao tradicional modelo linear de "usar e descartar". Nesse contexto, os plásticos e as embalagens desempenham um papel fundamental, pois são elementos onipresentes em nossa sociedade moderna.

No entanto, a gestão adequada dos resíduos plásticos e de embalagens é um dos maiores desafios para alcançar a economia circular. A quantidade de plástico descartada inadequadamente, seja em aterros sanitários ou no meio ambiente, é alarmante e tem sérios impactos ambientais. A gestão eficaz desses resíduos é essencial para evitar a poluição, a degradação ambiental e a perda de recursos valiosos.

A economia circular visa transformar a maneira como abordamos o ciclo de vida dos materiais, incluindo plásticos e embalagens. Em vez de serem considerados simples resíduos, esses materiais podem ser vistos como recursos valiosos a serem recuperados e reintegrados na cadeia de produção. Isso envolve a coleta seletiva, a reciclagem de alta qualidade e a reutilização de embalagens sempre que possível.

A gestão desempenha um papel crítico nesse processo. Envolve a implementação de políticas públicas eficazes, sistemas de coleta e reciclagem bem estruturados, a conscientização do público e o envolvimento das indústrias na redução de embalagens desnecessárias e na adoção de materiais mais sustentáveis.

Portanto, a interrelação entre economia circular, resíduo e gestão destaca a necessidade de uma abordagem abrangente e colaborativa para resolver os desafios relacionados aos plásticos e embalagens. A transição para uma economia circular requer um esforço coordenado de governos, indústria, comunidades e consumidores, com foco na redução de resíduos, na reutilização de materiais e na gestão responsável dos recursos. Essa abordagem não apenas preserva o meio ambiente, mas também cria oportunidades econômicas sustentáveis e promove a preservação de recursos preciosos para as gerações futuras.

4.3.2 Propriedades Mecânicas, Qualidade e Polietileno

O polietileno é um dos plásticos mais amplamente utilizados em embalagens devido à sua versatilidade, baixo custo e resistência química. No entanto, a qualidade do polietileno desempenha um papel crucial na determinação das propriedades mecânicas das embalagens feitas a partir deste material.

As propriedades mecânicas do polietileno, como resistência, flexibilidade e tenacidade, são fundamentais para garantir a integridade das embalagens durante seu ciclo de vida, desde a fabricação até o uso pelo consumidor e a reciclagem. A qualidade do polietileno, que inclui a pureza e a uniformidade do material, influencia diretamente essas propriedades mecânicas.

Uma alta qualidade do polietileno resulta em embalagens mais resistentes, duráveis e confiáveis. Isso é particularmente importante em aplicações onde as embalagens precisam proteger os produtos contra danos, como embalagens para alimentos, produtos químicos ou produtos farmacêuticos.

Além disso, a qualidade do polietileno também está diretamente relacionada à eficiência da reciclagem. Um material de baixa qualidade pode ser mais difícil de reciclar, produzindo materiais reciclados com propriedades mecânicas inferiores. Em contraste, um polietileno de alta qualidade permite a reciclagem mais eficiente e a produção de materiais reciclados que atendem aos padrões de qualidade necessários para embalagens. Portanto, a interrelação entre propriedades mecânicas, qualidade e polietileno destaca a importância da qualidade do material na fabricação de embalagens plásticas. A busca pela qualidade do polietileno é fundamental para garantir embalagens que protegem eficazmente os produtos, reduzem o desperdício e promovem a economia circular, onde os materiais plásticos são reciclados e reutilizados de forma eficiente, contribuindo para a sustentabilidade das embalagens e a preservação dos recursos naturais.

4.3.3 Comportamento, Microplásticos e Impactos

O comportamento humano desempenha um papel fundamental no ciclo de vida dos plásticos e em seu subsequente impacto ambiental. Como consumidores, nossas escolhas de compra, uso e descarte de produtos embalados em plástico influenciam diretamente a quantidade de resíduos plásticos que entram no ambiente.

Uma preocupação crescente está relacionada aos microplásticos, pequenas partículas de plástico com menos de 5 mm de tamanho. Esses microplásticos podem ser provenientes da fragmentação de plásticos maiores, mas também de produtos de higiene pessoal, roupas sintéticas e outras fontes. O comportamento humano desempenha um papel importante na disseminação de microplásticos, pois nosso uso de produtos contendo microplásticos e nosso descarte inadequado de resíduos plásticos contribuem para sua presença no meio ambiente.

Os impactos ambientais dos microplásticos são significativos. Eles podem contaminar ecossistemas aquáticos, prejudicar a vida marinha e potencialmente entrar na cadeia alimentar humana. Além disso, os microplásticos também podem atuar como transportadores de poluentes químicos, tornando-se um veículo para substâncias tóxicas no ambiente. Portanto, a interrelação entre comportamento, microplásticos e impactos destaca a responsabilidade compartilhada que temos como consumidores e sociedade em geral para minimizar o impacto ambiental dos plásticos. Adotar práticas de consumo mais conscientes, reduzir o uso de produtos que contenham microplásticos e promover a gestão responsável de resíduos plásticos são passos importantes na direção de uma economia circular mais sustentável. Essa abordagem visa não apenas mitigar os impactos ambientais dos plásticos, mas também preservar a saúde dos ecossistemas e a qualidade de vida das futuras gerações.

4.3.4 Conversão, Proteína e Caracterização Estrutural

A conversão de resíduos de proteína em materiais plásticos é um campo inovador que se encaixa na busca por soluções mais sustentáveis na economia circular. Tradicionalmente, a produção de plástico envolve a extração de recursos fósseis, mas a conversão de proteína oferece uma alternativa mais ecológica.

A proteína, seja de fontes vegetais, animais ou microbianas, pode ser transformada em bioplásticos por meio de processos bioquímicos e de fermentação. Esses bioplásticos têm a vantagem de serem renováveis, biodegradáveis e, em muitos casos, compostáveis.

A caracterização estrutural desempenha um papel crucial nesse contexto. Envolve a análise da composição e da estrutura dos bioplásticos resultantes da conversão de proteína. Isso permite garantir que os materiais atendam aos padrões de qualidade necessários para serem usados em embalagens, com propriedades mecânicas, de barreira e de degradação adequadas.

A interrelação entre conversão, proteína e caracterização estrutural destaca a importância de explorar alternativas mais sustentáveis aos plásticos convencionais na economia circular. A conversão de proteína oferece uma oportunidade de reduzir a dependência de recursos não renováveis e mitigar os impactos ambientais associados à produção de plástico tradicional. A caracterização estrutural garante que os bioplásticos resultantes sejam eficazes e atendam às necessidades da indústria de embalagens, ao mesmo tempo em que contribuem para um futuro mais sustentável e circular.

4.4 Temas Emergentes ou em Declínio

4.4.1 Políticas, Preço e Aterro Sanitário

As políticas desempenham um papel fundamental na promoção da economia circular e na gestão responsável de plásticos e embalagens. Governos e autoridades regulatórias podem implementar regulamentações que incentivem a redução do uso de plásticos descartáveis, promovam a reciclagem e estabeleçam metas de sustentabilidade para a indústria. Políticas como proibições de sacolas plásticas descartáveis, incentivos fiscais para produtos recicláveis e metas de reciclagem são exemplos de medidas que podem impulsionar uma abordagem mais sustentável.

O preço dos plásticos e das embalagens desempenha um papel importante no comportamento dos consumidores e na tomada de decisões das empresas. Quando os preços dos materiais reciclados são competitivos em relação aos materiais virgens, as empresas têm maior incentivo para utilizar plásticos reciclados em suas embalagens. Da mesma forma, os consumidores podem ser mais propensos a escolher produtos com embalagens sustentáveis se essas opções forem acessíveis em termos de preço. Portanto, os preços dos plásticos e das embalagens podem influenciar significativamente a transição para uma economia circular.

A gestão de resíduos, incluindo o destino final dos plásticos e embalagens, é um dos aspectos mais críticos da economia circular. O descarte inadequado em aterros sanitários é uma prática insustentável que contribui para a poluição ambiental e a perda de recursos valiosos. Políticas que promovem a redução da disposição em aterros sanitários e a implementação de métodos de reciclagem e compostagem são essenciais para minimizar o desperdício e maximizar a eficiência na economia circular. Portanto, a interrelação entre políticas, preço e aterro sanitário destaca a importância de uma abordagem abrangente e coordenada para a gestão de plásticos e embalagens na busca por uma economia mais sustentável. Políticas eficazes podem influenciar os preços e direcionar as práticas de descarte, incentivando a adoção de alternativas mais sustentáveis e a redução do desperdício de plásticos e embalagens, contribuindo assim para um ambiente mais limpo e a preservação de recursos naturais.

4.4.2 Poliolefinas e Pressão

As poliolefinas são um grupo de plásticos amplamente utilizados na fabricação de embalagens, incluindo polietileno de baixa densidade (PEBD), polietileno de alta densidade (PEAD) e polipropileno (PP). Esses materiais são conhecidos por sua versatilidade, resistência e capacidade de serem moldados em diversas formas, tornando-os ideais para embalagens de produtos diversos.

A pressão, por sua vez, está relacionada com as demandas da sociedade, regulamentações ambientais e o mercado em geral. A pressão exercida pela sociedade para reduzir o uso de plásticos descartáveis, minimizar a poluição ambiental e promover a sustentabilidade tem influenciado significativamente as práticas da indústria de embalagens.

A interrelação entre poliolefinas e pressão se manifesta na busca por alternativas mais sustentáveis às embalagens tradicionais de plástico. À medida que a pressão pública e regulatória aumenta para reduzir o uso de plásticos de uso único e promover a reciclagem, a indústria procura desenvolver soluções que mantenham as propriedades desejadas das poliolefinas, mas com menor impacto ambiental. Isso inclui a pesquisa e o desenvolvimento de novos materiais, como plásticos biodegradáveis e bioplásticos baseados em fontes renováveis, que podem substituir parcial ou totalmente as poliolefinas em algumas aplicações de embalagens. Essas alternativas buscam atender às demandas da sociedade por embalagens mais sustentáveis, mantendo a qualidade e a funcionalidade necessárias.

Portanto, a interrelação entre poliolefinas e pressão destaca a necessidade de inovação na indústria de embalagens para atender às crescentes demandas por sustentabilidade. À medida que a pressão da sociedade e as regulamentações ambientais continuam a moldar o cenário das embalagens, a busca por soluções mais ecológicas que mantenham as características desejadas das poliolefinas desempenha um papel fundamental na transição para uma economia circular e na redução do impacto ambiental das embalagens plásticas.

4.4.3 Compósitos Verdes

Os compósitos verdes são materiais que desempenham um papel crucial na busca por soluções mais sustentáveis em plástico, embalagem e economia circular. Eles são chamados de "verdes" devido à sua abordagem ecológica e ao uso de materiais renováveis ou reciclados em sua composição. Esses compósitos frequentemente combinam plásticos reciclados ou bioplásticos com reforços naturais, como fibras de madeira, fibras de sisal ou outras matérias-primas orgânicas. A interação entre esses elementos cria materiais híbridos que mantêm a resistência e a durabilidade desejadas para embalagens, ao mesmo tempo em que reduzem a dependência de recursos não renováveis e minimizam o impacto ambiental.

A interrelação entre compósitos verdes e plástico é evidente na substituição de parte do plástico virgem na fabricação de embalagens por compósitos que incorporam materiais sustentáveis. Isso contribui para a redução da pegada de carbono e a preservação de recursos naturais.

No contexto de embalagens, os compósitos verdes desempenham um papel importante na promoção da economia circular. Eles podem ser projetados para serem facilmente reciclados ou compostados, contribuindo para a redução de resíduos plásticos e a criação de embalagens mais sustentáveis. Portanto, a interrelação entre compósitos verdes e plástico destaca a importância da inovação ecológica na busca por alternativas mais sustentáveis na indústria de embalagens. Esses materiais híbridos oferecem uma oportunidade de equilibrar as necessidades de desempenho das embalagens com a redução do impacto ambiental, promovendo a economia circular e a preservação de recursos naturais para as gerações futuras.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da crescente preocupação com a poluição ambiental causada pelo uso generalizado de plásticos e embalagens na sociedade contemporânea, a pesquisa proposta buscou abordar essa problemática complexa sob a perspectiva da economia circular. A economia circular se destaca como um paradigma promissor que oferece soluções para minimizar o desperdício, promover a reutilização, a reciclagem e a recuperação de recursos, com o objetivo de mitigar os impactos negativos associados ao ciclo de vida dos plásticos e das embalagens.

A pesquisa analisou os inter-relacionamentos entre o uso de plásticos em embalagens e os princípios da economia circular. A investigação se concentrou em entender como a transição para uma economia mais circular pode influenciar a produção, o consumo e a disposição de embalagens plásticas. Além disso, foi examinado como essa abordagem pode contribuir significativamente para a mitigação dos impactos ambientais, ao mesmo tempo em que promove a sustentabilidade e a eficiência no uso de recursos.

A economia circular é uma abordagem complexa que envolve vários *stakeholders*, incluindo empresas, governos e consumidores. Este estudo pode não ter abordado todas as nuances e desafios associados à implementação da economia circular em embalagens plásticas, sendo essa uma limitação. Além disso, pesquisas podem explorar como a transição para a economia circular afeta as comunidades locais, empregos, cadeias de suprimentos e economias regionais para compreender os benefícios sociais e econômicos da adoção de práticas circulares.

À medida que enfrentamos os desafios ambientais urgentes do nosso tempo, a transição para uma economia circular se apresenta como uma estratégia essencial para preservar os ecossistemas terrestres e aquáticos, promover a resiliência ambiental e alcançar um futuro mais sustentável para as gerações presentes e futuras. Conclui-se, assim, com a necessidade do compromisso de toda a sociedade em contribuir para a construção de um mundo mais equilibrado e responsável, em harmonia com o meio ambiente.

6 REFERÊNCIAS

- ANDRADY, A. L. The plastic in microplastics: A review. **Marine Pollution Bulletin**, [s. l.], v. 119, n. 1, p. 12–22, jun.2017. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0025326X1730111X>>
- ARIA, M.; CUCCURULLO, C. bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. **Journal of Informetrics**, [s. l.], v. 11, n. 4, p. 959–975, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMBALAGEM. **Estudo ABRE Macroeconômico da Embalagem e Cadeia de Consumo**. [s.l: s.n.].
- BERGMANN, M. et al. White and wonderful? Microplastics prevail in snow from the Alps to the Arctic. **Science Advances**, [s. l.], v. 5, n. 8, 2.ago.2019. Disponível em: <<https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.aax1157>>
- BESSA, F. et al. Occurrence of microplastics in commercial fish from a natural estuarine environment. **Marine Pollution Bulletin**, [s. l.], v. 128, p. 575–584, mar.2018. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0025326X18300547>>
- COLE, M. et al. Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. **Marine Pollution Bulletin**, [s. l.], v. 62, n. 12, p. 2588–2597, dez.2011. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0025326X11005133>>
- DE KWANT, C.; RAHI, A. F.; LAURENTI, R. The role of product design in circular business models: An analysis of challenges and opportunities for electric vehicles and white goods. **Sustainable Production and Consumption**, [s. l.], v. 27, n. 1, p. 1728–1742, 25.jul.2021. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2352550921001032>>. Acesso em: 26 jun. 2021.
- DING, Z. et al. Research on the influence of anthropomorphic design on the consumers' express

packaging recycling willingness:the moderating effect of psychological ownership. **Resources, Conservation and Recycling**, [s. l.], v. 168, p. 105269, maio2021.

ERIKSEN, M. K. et al. Quality Assessment and Circularity Potential of Recovery Systems for Household Plastic Waste. **Journal of Industrial Ecology**, [s. l.], v. 23, n. 1, p. 156–168, 2.fev.2019. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jiec.12822>>

FABBRI, S. et al. Improvements in the StArt tool to better support the systematic review process. In: ACM INTERNATIONAL CONFERENCE PROCEEDING SERIES 2016, **Anais...** [s.l: s.n.]

GEYER, R.; JAMBECK, J. R.; LAW, K. L. Production, use, and fate of all plastics ever made. **Science Advances**, [s. l.], v. 3, n. 7, 7.jul.2017. Disponível em: <<https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.1700782>>

HE, D.; ZHANG, Y.; GAO, W. Micro(nano)plastic contaminations from soils to plants: human food risks. **Current Opinion in Food Science**, [s. l.], v. 41, p. 116–121, out.2021. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2214799321000679>>

HERNANDES, E. et al. Using GQM and TAM to evaluate StArt – a tool that supports Systematic Review. **CLEI Electronic Journal**, [s. l.], 2012.

HORTON, A. A. et al. Microplastics in freshwater and terrestrial environments: Evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities. **Science of The Total Environment**, [s. l.], v. 586, p. 127–141, maio2017. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969717302073>>

JAMBECK, J. R. et al. Plastic waste inputs from land into the ocean. **Science**, [s. l.], v. 347, n. 6223, p. 768–771, 13.fev.2015. Disponível em: <<https://www.science.org/doi/10.1126/science.1260352>>

KAZANCOGLU, Y. et al. In the nexus of sustainability, circular economy and food industry: Circular food package design. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 415, p. 137778, ago.2023. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652623019364>>

MASON, S. A.; WELCH, V. G.; NERATKO, J. Synthetic Polymer Contamination in Bottled Water. **Frontiers in Chemistry**, [s. l.], v. 6, 11.set.2018. Disponível em: <<https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fchem.2018.00407/full>>

NIMMEGEERS, P.; BILLEN, P. Quantifying the Separation Complexity of Mixed Plastic Waste Streams with Statistical Entropy: A Plastic Packaging Waste Case Study in Belgium. **ACS Sustainable Chemistry & Engineering**, [s. l.], v. 9, n. 29, p. 9813–9822, 26.jul.2021.

NORTON, V. et al. Understanding consumers’ sustainability knowledge and behaviour towards food packaging to develop tailored consumer-centric engagement campaigns: A Greece and the United Kingdom perspective. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 408, p. 137169, jul.2023. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652623013276>>

SHIU, R.-F. et al. Nano- and microplastics trigger secretion of protein-rich extracellular polymeric substances from phytoplankton. **Science of The Total Environment**, [s. l.], v. 748, p. 141469, dez.2020.

SONG, J. et al. Exploring consumers’ usage intention of reusable express packaging: An extended norm activation model. **Journal of Retailing and Consumer Services**, [s. l.], v. 72, p. 103265, maio2023.

UDOVICKI, B. et al. Microplastics in food: scoping review on health effects, occurrence, and human exposure. **International Journal of Food Contamination**, [s. l.], v. 9, n. 1, p. 7, 21.dez.2022.

ZHOU, G. et al. A systematic review of the deposit-refund system for beverage packaging: Operating mode, key parameter and development trend. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 251, p. 119660, abr.2020.

ZUBRIS, K. A. V.; RICHARDS, B. K. Synthetic fibers as an indicator of land application of sludge. **Environmental Pollution**, [s. l.], v. 138, n. 2, p. 201–211, nov.2005.