



DESIRÉE ESTHER IATCHUK VIEIRA

**ECONOMIA CIRCULAR E A REDUÇÃO DO USO DE MICROPLÁSTICOS:
Desafios e Oportunidades na Implementação de Práticas Sustentáveis em
Empresas**

Lavras
2023

DESIRÉE ESTHER IATCHUK VIEIRA

ECONOMIA CIRCULAR E A REDUÇÃO DO USO DE MICROPLÁSTICOS: Desafios
e Oportunidades na Implementação de Práticas Sustentáveis em Empresas

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal de
Lavras, como parte dos requisitos
necessários à obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Ambiental e
Sanitária.

Orientador(a): Prof. Mateus Pimentel de Matos

Lavras

2023

DESIRÉE ESTHER IATCHUK VIEIRA

ECONOMIA CIRCULAR E A REDUÇÃO DO USO DE MICROPLÁSTICOS:
Desafios e Oportunidades na Implementação de Práticas Sustentáveis em
Empresas

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal de
Lavras, como parte dos requisitos
necessários à obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Ambiental e
Sanitária.

Lavras, 20 de JULHO de 2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Mateus Pimentel de Matos
UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

Prof. Juliano Elvis De Oliveira
UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

Mestranda Isabelly Leite

Ana Carolina Oliveira

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos a todos que contribuíram para a realização deste trabalho de conclusão de curso.

Primeiramente, sou grata ao meu orientador, Mateus, por aceitar fazer parte deste trabalho e por sua orientação dedicada e suas valiosas contribuições ao longo do processo.

Agradeço também aos professores e pesquisadores que compartilharam seus conhecimentos e experiências por meio de artigos, livros e outras fontes acadêmicas. Suas pesquisas e contribuições foram fundamentais para embasar teoricamente este trabalho.

Aos meus amigos e familiares, expresso minha gratidão pelo apoio incondicional e encorajamento ao longo dessa jornada acadêmica. Em especial à minha mãe, aos meus irmãos e aos meus avós, que sempre estiveram presentes. À Luana Saraiva, à Rebeka Vieira, ao Gustavo Klein, ao Victor Canavesi e ao Carlos Marafon, que me acompanharam e me motivaram em todo o percurso, mesmo quando distantes.

Ao meu grande amor, Minerva, que nunca me deixou desistir.

E às minhas companheiras de casa: Alice Caminha, Rafaelle Souza e Joicy Reis. Seus incentivos e palavras de encorajamento foram essenciais para minha motivação e perseverança.

Por fim, agradeço à UFLA pela oportunidade de realizar este trabalho e pelo ambiente propício à pesquisa e aprendizado. Sou grata pela infraestrutura e recursos disponibilizados, que contribuíram significativamente para o meu aprendizado ao longo de toda a graduação.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para este trabalho, meu profundo agradecimento. Suas contribuições foram inestimáveis e ajudaram a enriquecer este estudo.

Muito obrigada a todos!

Atenciosamente,

Desirée

RESUMO

Com a realização do trabalho, objetivou-se apresentar a problemática do modelo de economia linear e a contaminação por microplásticos, e analisar a viabilidade e eficácia da aplicação da economia circular como abordagem para reduzir o uso de microplásticos nas empresas. Para alcançar esse objetivo, foi realizada uma revisão da literatura para identificar as melhores práticas e estratégias no contexto da economia circular. Com base nessa revisão, foram propostas diretrizes para a implementação da economia circular, enfocando a redução de microplásticos, passando pela diminuição do uso e produção de plásticos, além de medidas para reciclagem/reutilização, redesign de produtos, e considerando seus impactos nos ecossistemas e na saúde humana. Os resultados mostraram que essas medidas de economia circular são soluções promissoras, havendo casos de sucesso, citados no trabalho. Conclui-se que a aplicação da economia circular nas empresas pode contribuir significativamente para a redução do uso de microplásticos e a mitigação de seus impactos ambientais.

Palavras-chave: microcontaminantes; reciclagem; redução de resíduos plásticos; reutilização.

ABSTRACT

The aim of this study was to present the issues with the linear economy model and microplastic pollution, and to analyze the feasibility and effectiveness of implementing the circular economy as an approach to reducing the use of microplastics in companies. In order to achieve this objective, a literature review was conducted to identify best practices and strategies within the context of the circular economy. Based on this review, guidelines were proposed for implementing the circular economy, with a focus on reducing microplastics through the decrease in plastic usage and production, as well as measures for recycling/reuse, product redesign, and consideration of their impacts on ecosystems and human health. The results showed that these circular economy measures are promising solutions, with successful cases cited in the study. It is concluded that the application of the circular economy in companies can significantly contribute to the reduction of microplastic usage and the mitigation of its environmental impacts.

Keywords: microcontaminants; recycling; reduction of plastic waste; reuse.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama Borboleta (Butterfly diagram) ou "Diagrama Sistêmico" de regeneração de recursos	15
Figura 2: Número de publicações sobre o tema microplásticos.....	20
Figura 3: Gestão dos resíduos plásticos em termos do ciclo de vida.	32
Figura 4: Possibilidades de um método analítico para a determinação de microplásticos no ambiente	39
Figura 5: Charlie Chair - ECOBIRDY	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Políticas tributárias de incentivo à reciclagem do plástico no Brasil	35
Tabela 2. Aplicação de plásticos virgens e reciclados	Erro! Indicador não definido.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO.....	9
1.2.	JUSTIFICATIVA.....	11
2	OBJETIVOS	11
2.1.	OBJETIVO GERAL	11
2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3	MATERIAL E MÉTODOS	12
4	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	13
4.1	ECONOMIA CIRCULAR: DEFINIÇÃO E PRINCÍPIOS	13
4.1.1	PRESERVAÇÃO E APRIMORAMENTO DO CAPITAL NATURAL	16
4.1.2	OTIMIZAÇÃO DO RENDIMENTO DE RECURSOS.....	16
4.1.3	ESTÍMULO DA EFETIVIDADE DO SISTEMA.....	17
4.2	MICROPLÁSTICOS: DEFINIÇÃO E IMPACTOS.....	18
4.2.1	IMPACTOS NO AMBIENTE AQUÁTICO.....	20
4.2.2	IMPACTOS NO AMBIENTE TERRESTRE.....	22
4.2.3	IMPACTOS NA QUALIDADE DO AR	24
4.2.4	IMPACTOS NA SAÚDE HUMANA	25
4.2.5	DESAFIOS E OPORTUNIDADES PARA A REDUÇÃO DE MP ..	27
4.2.6	CONSCIENTIZAÇÃO PÚBLICA.....	27
4.2.7	REGULAMENTAÇÃO E POLÍTICAS.....	28
4.2.8	DESENVOLVIMENTO DE ALTERNATIVAS SUSTENTÁVEIS	30
4.2.9	MELHORIA DA INFRAESTRUTURA DE RECICLAGEM	31
4.2.10	RESTRIÇÕES NA INDÚSTRIA	37

4.2.11 TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO.....	38
5 ESTRATÉGIAS DE ECONOMIA CIRCULAR PARA REDUÇÃO DE MICROPLÁSTICOS.....	41
5.1 REDUÇÃO DO USO DE PLÁSTICOS VIRGENS	42
5.2 REUTILIZAÇÃO E RECICLAGEM DE PLÁSTICOS	43
5.3 DESIGN CIRCULAR E INOVAÇÃO DE PRODUTOS.....	45
5.4 ECONOMIA COMPARTILHADA E MODELOS DE NEGÓCIOS CIRCULARES.....	47
6.1 CASO 1: Adidas - Implementação de Práticas Circulares na Cadeia de Suprimentos.....	49
6.2 CASO 2: Natura - Design Circular e Eliminação de Microplásticos em Produtos	50
6.3 CASO 3: ENJOEI - Economia Compartilhada e Redução de Microplásticos	51
8 CONCLUSÕES.....	54

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O modelo linear de produção e consumo, também chamado de "economia de uso único" e de modelo "pegue-faça-descarte", consiste em utilizar os recursos naturais com a finalidade de produzir bens e produtos, que são consumidos e descartados em seguida, o que acarreta em uma quantidade crescente de resíduos gerados. Em tal modelo, considera-se, equivocadamente, que os recursos naturais são ilimitados e que os resíduos gerados pela produção podem ser facilmente absorvidos pelo meio ambiente. Sendo baseado na ideia de crescimento econômico constante, no qual a produção e o consumo devem crescer continuamente para que a economia possa prosperar ao máximo (o que apresenta grandes falhas), esse resulta em impactos ambientais, sociais e econômicos perceptíveis.

A dinâmica da economia de uso único teve início na Revolução Industrial no século XVIII, e a partir de então houve aumento significativo da produção. Ao mesmo tempo, também ocorreu crescimento da população em taxas superiores ao de períodos anteriores, o que combinado à elevação do consumo e exploração de recursos naturais, elevou a demanda por bens e produtos e, conseqüentemente, a geração de resíduos e de águas residuárias.

Durante esse período, a quantidade e as características dos resíduos descartados também mudaram. A busca por produtos mais leves e duradouros levou ao advento do plástico, que apresenta de 100 a 1000 anos para sua decomposição. O termo "plástico" é empregado para descrever materiais facilmente moldáveis. Tendo como definição química, que, os plásticos são polímeros, ou seja, materiais macromoleculares, que compõem uma ampla categoria de materiais sintéticos, predominantemente produzidos a partir de matérias-primas derivadas do petróleo (MANO; MENDES, 1999). Por conseguinte, resíduos plásticos permanecem por muito tempo na natureza, podendo sofrer rupturas em materiais diminutos, os denominados microplásticos.

Microplásticos são fragmentos de plásticos, de tamanho inferior a 5 mm, resultantes da decomposição de plásticos maiores (secundários) ou produzidos diretamente (primários) em pequenas dimensões para uso em produtos de consumo,

por exemplo, emprego em embalagens, produtos de limpeza ou cosméticos. Essas partículas são encontradas em uma ampla variedade de ambientes naturais, como em água de rios, lagos e oceanos, nos solos, nos sedimentos, no ar atmosférico, em alimentos, seres vivos e até no organismo humano.

Ainda não se conhece todos os malefícios que podem ser causados pela presença desses microcontaminantes no meio ambiente, porém há evidências de toxicidade, afetando a saúde da biota; entupir tubulações; reduzir a fertilidade de solos, entre outros impactos. Sendo a sua remoção do meio ambiente um grande desafio, dada a sua grande dispersão, tamanho diminuto e presença em sedimentos em associação com outros contaminantes, torna-se importante reduzir a geração de microplásticos, requerendo alterar o modelo de produção e consumo.

Com o desenvolvimento da consciência ambiental, passou-se a considerar outras vertentes, como a economia circular, que valoriza a redução do desperdício e o uso eficiente dos recursos, buscando um modelo de produção e consumo mais sustentável, possuindo três princípios básicos: design com foco em ciclos; a manutenção e regeneração de recursos; e a preservação de recursos naturais. Assim, privilegia o reaproveitamento/reciclagem, reduzindo a retirada de matérias-primas e o descarte de resíduos, podendo resultar também na diminuição do aporte de microplásticos.

Assim, com a realização do presente trabalho, objetiva-se contribuir para o avanço do conhecimento e disseminação de práticas relacionadas à redução do uso de microplásticos, por meio da adoção de estratégias de economia circular, visando minimizar os impactos ambientais e na saúde humana. Para tal, será realizada uma revisão bibliográfica sobre o assunto, buscando informações em artigos científicos, livros e outras fontes relevantes na área de sustentabilidade e economia circular, bem como a utilização de exemplos de empresas que aplicam práticas de economia circular. As práticas de sucesso devem ser amplamente divulgadas, de forma a proporcionar disseminação das ideias, visando, assim, reduzir o uso de microplásticos e maximizar os impactos positivos que essas ações podem trazer para o meio ambiente e para o negócio.

1.2. JUSTIFICATIVA

Na literatura, já é possível encontrar um número razoável de trabalhos de revisão com o tema microplásticos, no entanto, não há muitos materiais na língua portuguesa e nem em associação com a economia circular, como proposto.

Assim, este trabalho discutirá a importância da economia circular como uma estratégia eficaz para reduzir o uso de microplásticos nas empresas. Serão explorados conceitos fundamentais da economia circular, assim como os impactos dos microplásticos no meio ambiente e na saúde humana. Além disso, serão apresentados os desafios e oportunidades associados à implementação de práticas circulares no contexto empresarial, com foco na redução dos microplásticos.

Ao compreender a relevância da economia circular como uma abordagem sustentável para lidar com os microplásticos, as empresas podem adotar medidas concretas para promover a transição para um modelo mais circular em suas operações. Assim, o trabalho se justifica pela necessidade de busca e identificação de oportunidades de negócios para companhias que almejam se destacar no mercado por meio de práticas responsáveis e autônomas. Vale ressaltar que a diminuição do uso de microplásticos é uma questão crucial para a preservação do meio ambiente e da saúde humana, e que a adoção de uma economia mais circular pode apresentar soluções efetivas e viáveis para esses problemas. Sendo assim, é fundamental que haja mais pesquisas e iniciativas nesse sentido, visando promover um futuro mais sustentável e responsável para as próximas gerações.

2 OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Apresentar a economia circular como uma estratégia para reduzir o uso de microplásticos nas empresas;

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Apresentar os conceitos fundamentais da economia circular e a sua relação com redução de microplásticos nas empresas;
- Avaliar os impactos dos microplásticos no meio ambiente e na saúde humana;

- Identificar estratégias circulares para redução de microplásticos;
- Apresentar e discutir sobre estudos de caso de empresas que adotaram práticas circulares para redução de microplásticos;

3 MATERIAL E MÉTODOS

Para atingir os objetivos propostos neste estudo, foi adotada uma abordagem metodológica baseada em revisão bibliográfica, com coleta, seleção e análise crítica de artigos científicos, livros, relatórios técnicos e outras fontes relevantes relacionadas à economia circular e à redução do uso de microplásticos nas empresas.

Foi realizada uma busca sistemática por meio de bases de dados científicas, como Scopus, Web of Science e Google Scholar, utilizando palavras-chave relacionadas ao tema, como "economia circular", "microplásticos", "sustentabilidade empresarial", "circular economy", "microplastic", "sustainability", "plastic pollution", "environmental impact", "sustainable initiatives", "corporate social responsibility", "green economy", "environmental pollution", "circular economy and plastic waste", "corporate sustainability", "eco-efficiency", "corporate sustainability", "microplastics and aquatic health", "emerging pollutants", "microplastic ingestion", "plastic-pollutant interaction", "plastic-organism interactions", "microplastics and health". Após a busca, foram considerados artigos publicados em periódicos científicos, livros, relatórios técnicos e outras fontes relevantes, resultando em 13.631 fontes. No entanto, empregou-se, no presente trabalho, um total de 102 referências, com seleção baseada em critérios de relevância conforme a quantidade de citações, qualidade e atualidade da fonte.

Os artigos e fontes selecionados foram analisados criticamente, identificando as principais informações, conceitos, teorias e abordagens relacionadas à economia circular como estratégia para reduzir o uso de microplásticos nas empresas. Com base na leitura realizada, fez-se uma síntese dos principais pontos abordados na literatura, identificando lacunas de conhecimento, tendências e desafios relacionados ao tema.

Com base na análise e síntese da literatura, o trabalho foi organizado e estruturado em seções e subseções relevantes.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 ECONOMIA CIRCULAR: DEFINIÇÃO E PRINCÍPIOS

A economia circular (EC), pode ser entendida como um modelo econômico que busca maximizar o valor e a utilidade dos recursos e minimizar o desperdício por meio da redução, reutilização, reparação, recuperação e reciclagem de materiais e produtos, ao contrário do modelo linear que foca em “pegar, produzir, consumir e descartar”. Dessa forma, a EC visa fechar o ciclo dos materiais, usando-os pelo maior tempo possível. De acordo com dados do portal Footprint Network de 2023, os humanos consomem recursos em uma velocidade 1,7 vezes maior que a natureza consegue se regenerar (FOOTPRINTNETWORK, 2023). No site especializado, o “Footprint Calculator”, faz-se o cálculo do “Dia da Sobrecarga”, que seria o dia que haveria consumo do que a natureza conseguiu “fornecer” naquele ano, sendo o restante do período a exploração que causaria déficit dos recursos (FOOTPRINTNETWORK, 2023). Em 2023, o cálculo aponta o dia 2 de agosto (OVERSHOOTDAY, 2023). Consequentemente, há a necessidade de revisão de valores e normas, hábitos e práticas relacionadas ao consumo (ZANIRATO; ROTONDARO, 2016).

Segundo Webster (2015), a economia circular propõe que os recursos extraídos e produzidos sejam mantidos em circulação por meio de cadeias produtivas integradas. Assim, o destino de um material deixa de ser uma questão de gerenciamento de resíduos, e passa a fazer parte do processo de design de produtos e sistemas. Ainda segundo o autor, a ideia da implementação da EC é eliminar o conceito de lixo e enxergar cada material dentro de um fluxo cíclico, possibilitando a trajetória dele ‘do berço ao berço’ – de produto a produto, preservando e transmitindo ao máximo seu valor e utilidade. Conceitualmente, visa reduzir ao máximo a classe de resíduos que tenham um destino final (túmulo), sendo esse sempre matéria-prima (berço) para confecção de produtos com a mesma utilidade anterior (reutilização) ou outra finalidade (reciclagem).

A definição da EC recentemente mais empregada foi fornecida pela Fundação Ellen MacArthur (2012), a qual afirma que,

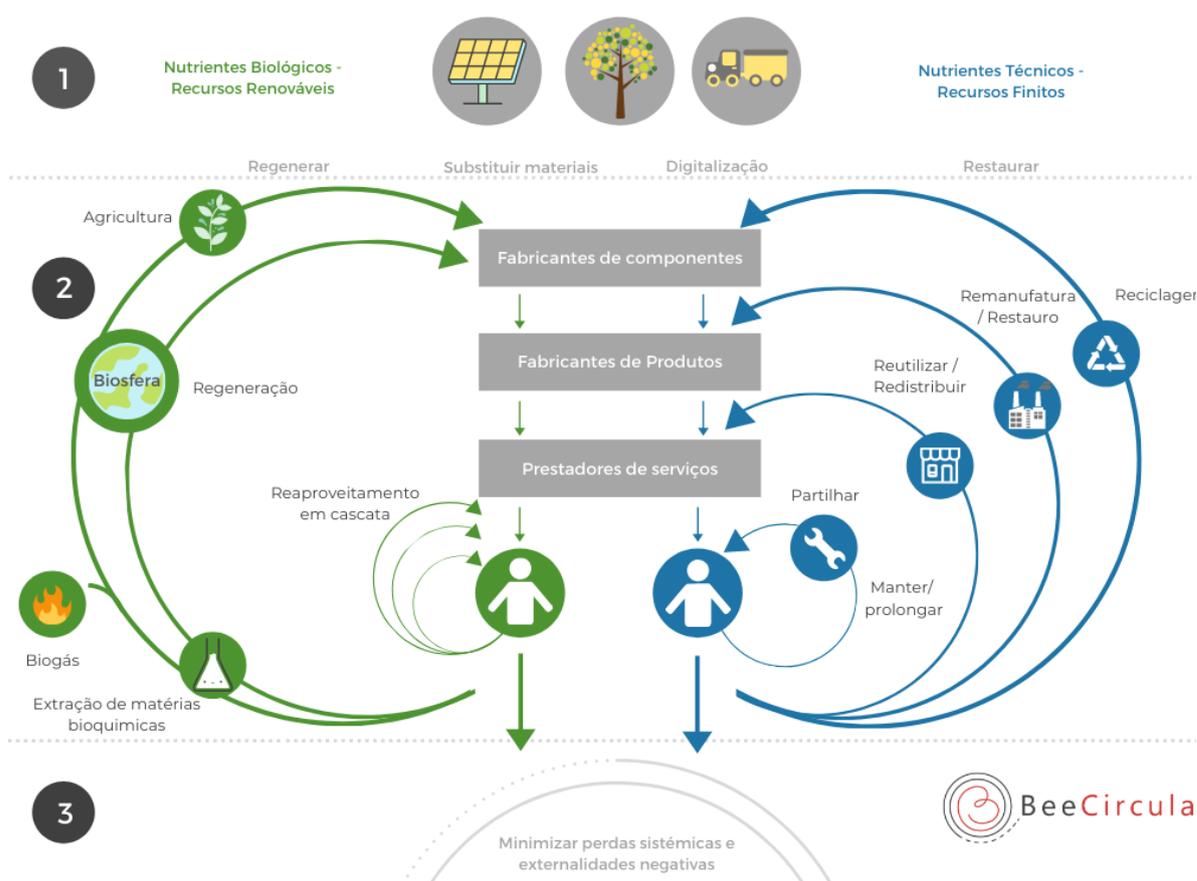
Economia circular é um sistema industrial restaurativo ou regenerativo por intenção e design. Ele substitui o conceito de 'fim de vida' por

restauração, muda para o uso de energia renovável, elimina o uso de produtos químicos tóxicos que prejudicam a reutilização e visa a eliminação de resíduos através do design superior de materiais, produtos, sistemas e, dentro disso, modelos de negócios. (MACARTHUR, 2012, p.7)

Por conseguinte, a EC, com seus princípios e abordagens inovadoras, representa uma mudança fundamental no modo como produzimos, consumimos e gerenciamos recursos. A sua implementação então, pode resultar em diversos benefícios sociais, econômicos e ambientais, com menor retirada de recursos do meio ambiente e maior preservação da fauna e flora; diminuição da contaminação do solo, ar e água; menor necessidade de delimitação de áreas para servir de “depósito” de resíduos (aterros sanitários, industriais e de resíduos perigosos); desenvolvimento de novos produtos; alcance de novos mercados para as empresas; geração de novos empregos; maior consciência e conscientização ambiental de funcionários, empresários e da população; melhoria na relação do trabalho; melhoria na imagem das empresas (com ganho de certificações); economia de capital (com reaproveitamento e reciclagem); entre outros (VIER et Al., 2021). Alguns desses ganhos com uso da economia circular, estão detalhados ao longo do texto.

Dentro do modelo, conforme explica Ellen MacArthur Foundation (2017), os recursos podem se regenerar por duas vias: do ciclo biológico (ou biogeoquímico), no qual esse processo é natural e ocorre com a intervenção do homem ou não; ou por via do ciclo técnico, o qual a regeneração ocorre, necessariamente, por meio da intervenção humana, como se vê no “Diagrama Sistêmico” representado na Figura 1.

Figura 1: Diagrama Borboleta (Butterfly diagram) ou "Diagrama Sistêmico" de regeneração de recursos



Fonte: Adaptado por Mariana Pinto e Costa (Cofundadora da BeeCircular) de EMF (2017).

Com base na preservação e aprimoramento do capital natural, da otimização do rendimento de recursos, e do estímulo da efetividade do sistema, a economia circular busca criar um sistema mais sustentável, resiliente e eficiente. A compreensão desses princípios da economia circular é essencial para a implementação bem-sucedida da abordagem e para a promoção de uma economia mais circular e sustentável. Sendo os principais princípios da economia circular, segundo EMF (2012), detalhados a seguir:

4.1.1 PRESERVAÇÃO E APRIMORAMENTO DO CAPITAL NATURAL

Um princípio essencial da economia circular é a preservação e a manutenção do capital natural. Entende-se por capital natural, o estoque de recursos naturais, como a água, o ar, o solo, a fauna, a flora, as jazidas e os depósitos minerais, entre outros. Recursos que proporcionam o fornecimento de bens e serviços para a sociedade por meio de serviços ecossistêmicos, provendo riqueza e bem-estar (COSTANZA; DALY, 1992).

A preservação dos recursos naturais implica em adotar práticas de gestão sustentável, evitar a exploração excessiva e destrutiva dos ecossistemas, e buscar a restauração de áreas degradadas. Para isso o modelo EC prioriza o uso de recursos renováveis em substituição aos recursos finitos e não renováveis. Isso envolve a adoção de fontes de energia renovável e o uso responsável de recursos naturais, promovendo a preservação e a regeneração dos ecossistemas (MACARTHUR, 2012).

Para reforçar o descrito, MacArthur (2017) define que “Uma economia circular é restaurativa e regenerativa por princípio”, o que significa que a economia circular busca a otimização dos materiais, ampliando a vida útil dos produtos e ativos durante e após o seu uso, reduzindo o uso de insumos e recursos não renováveis e optando pela utilização de recursos renováveis e insumos de base biológica. Propõe-se, assim, a maior circulação de resíduos e subprodutos através da reutilização, seja na mesma cadeia produtiva ou para o reaproveitamento em outras indústrias (LUZ, 2017).

4.1.2 OTIMIZAÇÃO DO RENDIMENTO DE RECURSOS

A economia circular requer a adoção de modelos que vão além da simples venda de produtos pelas indústrias e comércio, o uso pelos consumidores e o descarte dos mesmos como resíduos. Esses modelos incluem a oferta de serviços, compartilhamento e recuperação de produtos, promovendo a maximização da utilização dos recursos e a minimização do desperdício. No modelo, o conceito de resíduo é eliminado ou minimizado ao máximo, e há também a concepção de se otimizar o rendimento dos recursos (LEITÃO, 2015).

Com base nessa ótica, os resíduos de um processo produtivo devem ser considerados como recursos potenciais para outros processos, seja por meio da recuperação de materiais, da reciclagem ou da valorização energética. Independente da forma de processamento desses subprodutos das atividades antrópicas, o

importante é que haja a transformação em recursos, fechando os ciclos de materiais (MACARTHUR, 2012).

Já em relação à otimização do rendimento de recursos, a EMF (2017) elenca como fator de grande importância, o aprimoramento do design de produtos e serviços regenerativos, com o objetivo de criar produtos duráveis, reparáveis, atualizáveis e com materiais facilmente recicláveis ou compostáveis. Segundo MacArthur (2017), essa abordagem conjunta, busca reduzir a geração de resíduos e prolongar a vida útil dos produtos, permitindo sua recuperação ou regeneração ao final do ciclo de uso. E é aplicado com melhorias na escolha dos materiais e design de produtos, assim como na padronização e modularização de componentes.

4.1.3 ESTÍMULO DA EFETIVIDADE DO SISTEMA

Stakeholders são todas as pessoas ou grupos que podem ser afetados ou afetar uma empresa, projeto ou organização - incluindo clientes, funcionários, acionistas, fornecedores, comunidade local e outros envolvidos - que têm interesse ou são impactados pelas atividades da entidade em questão (LYRA et al., 2009). Dessa forma, o conceito de produção adotado influencia todos os agentes envolvidos e também sua adoção é influenciada e incentivada pelos participantes nessa cadeia produtiva e de consumo.

A economia circular requer uma abordagem colaborativa, envolvendo diversos *stakeholders*, como empresas, governos, sociedade civil e consumidores. A colaboração e o engajamento desses atores são fundamentais para promover a transição para a economia circular, superar desafios e identificar oportunidades de inovação.

Já que esse modelo econômico considera novas formas de transações e relações empresariais, no qual há uma maior preocupação com o desempenho dos serviços e produtos oferecidos ao consumidor, renovam-se os processos de reparação, manutenção, reutilização e renovação nas linhas produtivas, além das mudanças nas relações, o produtor torna-se usuário por intermédio de contratos e serviços (LUZ, 2017). Portanto, faz-se necessário uma ampla rede de relações e colaborações, entre empresas de diferentes setores e consumidores (BONCIU, 2014).

Como outros resultados da implementação da EC como preceito da gestão ambiental na empresa, cita-se a maior disseminação de conceitos de educação

ambiental; a maior procura por profissionais qualificados na área, sobretudo que tragam *know-how* e especializações em ESG (Environmental, Social and Governance).

4.2 MICROPLÁSTICOS: DEFINIÇÃO E IMPACTOS

Microplásticos ainda não possuem uma definição mundialmente aceita (COLE et al., 2011), porém frequentemente são conceituados como fragmentos de plásticos de tamanho inferior a 5 mm (FOEKEMA et al., 2013; MASURA et al., 2015; MUNNO et al., 2018; RODRIGUES et al., 2018). Esses ainda são classificados quanto à origem, sendo divididos em microplásticos primários e microplásticos secundários.

São denominados microplásticos primários quando produzidos diretamente em pequenas dimensões para produtos de consumo, como, por exemplo, seu uso em produtos farmacêuticos ou cosméticos, na forma de pequenas esferas de plástico para intensificar esfoliantes ou cremes. Em relação à constituição, as partículas geralmente são compostas por polietileno ou polipropileno (GONÇALVES et al., 2016).

Já microplásticos secundários são resultantes da decomposição de plásticos maiores, como pela degradação de garrafas PET, embalagens de alimentos e produtos descartáveis na natureza, por ação intempérica. A fragmentação do plástico em pedaços menores ocorre devido à ação do tempo, ao desgaste causado pela exposição à luz solar e sua radiação ultravioleta, pela erosão mecânica, como o impacto das ondas do mar, e a degradação química e biológica (GONÇALVES et al., 2016).

A ação de raios UV quebram ligações do polímero, reduzindo o tamanho das cadeias e facilitando a fragmentação, intensificada pela ação mecânica (ventos, ondas e atividades humanas) (ANDRADY, 2017). Essa ocorrência também aumenta a área superficial do fragmento que fica mais sujeito à ação microbiana, que acelera a decomposição dos materiais poliméricos (YUAN et al., 2020). Ressalta-se, no entanto, que dependendo da formação de biofilme sobre o material, pode haver também proteção contra a radiação ultravioleta, reduzindo a ruptura das ligações químicas (OBERBECKMANN; LABRENZ, 2020).

Uma das principais características do microplástico (MP), e que causa grande preocupação, é a sua vasta presença no meio ambiente. Podem ser encontrados em diversos ambientes, sejam naturais, incluindo as águas de rios, lagos e oceanos, os

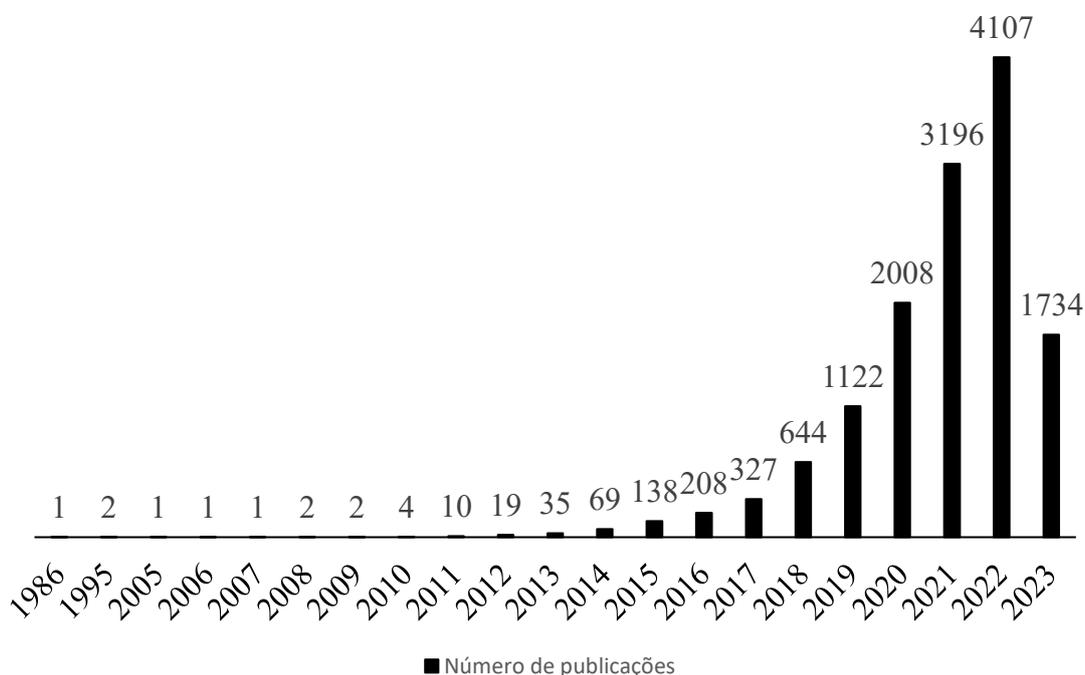
solos, sedimentos e o ar atmosférico, ou não, como lodo de esgotos e águas tratadas (CARVALHO; BAPTISTA NETO, 2016; AKDOGAN; GUVEN, 2019).

Sua ampla distribuição se deve à sua resistência à deterioração, já que é formado por uma substância sintética que não é facilmente biodegradável pelos organismos presentes no ambiente. Dessa forma, ele permanece no meio ambiente por longos períodos de tempo, a depender de fatores como sua composição, condições ambientais e processos de degradação, podendo passar de centenas de anos para se fragmentar em nano partículas (< 0,5 mm), sem chegar a desaparecer completamente (LEBRETON et al., 2018).

Outro fator que intensifica sua ampla distribuição é sua facilidade em ser transportado, já que pode entrar em diferentes ecossistemas e ser espalhado por longas distâncias através de correntes oceânicas, ventos ou via mecânica, como carregado por animais ou pela chuva, em razão das suas pequenas dimensões. Estudos recentes têm mapeado a presença de microplásticos em diferentes regiões do mundo, apontando que sua distribuição é influenciada por fatores além da composição, densidade e formato, mas também devido à influência do vento, correntes oceânicas e precipitações (ORY, 2020).

Os dois fatores combinados geram grande preocupação, já que demonstra o enorme potencial do MP se acumular em diversos ecossistemas e causar impactos negativos na flora, na fauna, na saúde humana e nos ecossistemas em geral. Por essa razão, o interesse em pesquisas sobre microplásticos têm crescido ano após ano, em temas relacionados à identificação, remoção e efeitos sobre a saúde. Para ilustrar, foi construída a Figura 2, com base nos dados obtidos na base do *Web of Science*.

Figura 2: Número de publicações sobre o tema microplásticos



Fonte: Web of Science (2023)

Do número total de publicações, cerca de 33% é de autores chineses, seguido por norte-americanos (11%) e alemães (8%). O Brasil e seus pesquisadores produziram cerca de 3% dos artigos do tema (WEB OF SCIENCE, 2023).

A seguir serão detalhados alguns dos possíveis impactos causados pela presença de MP que já são conhecidos, identificados e citados pelos trabalhos elencados na Figura 2. Ressalta-se, no entanto, que ainda existem muitas lacunas do conhecimento sobre esses microcontaminantes, sobretudo em relação às consequências na saúde humana e às práticas de redução do uso de microplásticos primários. Devido a isso, será discutido de forma predominante as práticas ligadas à redução do uso de microplásticos secundários.

4.2.1 IMPACTOS NO AMBIENTE AQUÁTICO

Apesar dos estudos serem recentes e não se saber ao certo todos os efeitos do MP, sabe-se, no entanto, que a sua presença na água é prejudicial, pois afeta sua qualidade. De acordo com Costa et al. (2016), os microplásticos podem promover alterações químicas e físicas, modificar o comportamento e a fisiologia dos

organismos aquáticos, causando distúrbios na cadeia alimentar e, conseqüentemente, no ecossistema.

Assim, a água potável também pode perder sua qualidade devido à liberação de monômeros e oligômeros de plástico, ou de produtos presentes em sua composição que são poluentes secundários, como plastificantes, retardadores de chama e demais aditivos químicos que podem se dissolver gradativamente na água levando a sua contaminação e, por ventura, a intoxicação de organismos presentes ou que a ingiram (HERMABESSIERE et al., 2017).

Ademais, estudos têm demonstrado que os microplásticos podem causar bioacumulação e efeitos toxicológicos, já que podem ser ingeridos por organismos aquáticos, desde pequenos zooplanktons até peixes maiores, e acumulam-se em seus tecidos. Por exemplo, Cedervall et al. (2012) mostraram que partículas de poliestireno fabricadas comercialmente, são transportados através da cadeia alimentar aquática de algas, que posteriormente são ingeridos pelos zooplanktons e finalmente por peixes, afetando, por conseguinte, seu comportamento e metabolismo lipídico.

Além do próprio plástico e dos poluentes secundários, a presença do MP pode contribuir para a presença e acúmulo de outros contaminantes no ecossistema. Segundo Horton et al. (2017), esses fragmentos plásticos podem adsorver outros contaminantes, característica que depende do tamanho e da textura das partículas, além das condições ambientais. Dessa forma, podem influenciar na dinâmica de equilíbrio entre produtos químicos e plásticos, impactando na acumulação química e na biodisponibilidade desses no ambiente. Conseqüentemente, pode implicar em efeitos negativos no comportamento, desenvolvimento e na saúde de organismos envolvidos, assim como afetar a cadeia alimentar e a segurança alimentar humana. Segundo Bergami et al. (2017), devido à grande área superficial do microplásticos, esses são capazes de realizar forte absorção e adsorção de substâncias poluentes como hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (PAHs), bifenilos policlorados (PCBs), dicloro difenil tricloroetano (DDTs), metais pesados, pesticidas e drogas comerciais, tornando a água mais perigosa para os organismos em contato, já que a bioacumulação acontece também com tais substâncias.

A preocupação se dá também, pois, alguns organismos podem confundir os microplásticos com alimentos, caso de peixes, aves marinhas, tartarugas e outros

animais marinhos, acumulando as toxinas, o que também pode afetar a capacidade de alimentação, a saúde e a capacidade de se mover e reproduzir. Segundo Costa (2018), a permanência de poluentes orgânicos persistentes, como hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, éteres difenílicos polibromados e bifenilos policlorados, causam efeitos adversos, como a inibição de crescimento, desordens comportamentais e alimentares, disfunção reprodutiva, viabilidade reduzida, mobilidade e até mesmo a morte.

Encontrados em suspensão na água do mar e em ambientes aquáticos de água doce, os microplásticos também podem ser observados em sedimentos bentônicos nesses ecossistemas. Essa condição se deve aos diferentes tipos de composições poliméricas presentes, indo desde materiais muito leves (Polietileno de Baixa Densidade – PEBD) até de densidade elevada, caso do Policloreto de Vinila (PVC). Esse tende a sedimentar, acumulando-se em sedimentos bentônicos, afetando os organismos que vivem ali (WALDSCHLÄGER et al., 2020).

Em relação às consequências para a população, além do aumento de risco de doenças, cita-se também em prejuízos de uso da água para outros usos, como irrigação, uso industrial e mesmo problemas na captação e tratamento do recurso hídrico. A presença desses microcontaminantes, por exemplo, pode levar à formação de aglomerados que bloqueiam canais e tubulações, causando problemas de fluxo e transporte de água. Gerando como consequência, a perda de eficiência de transporte, desgaste de bombas e adutoras utilizadas e prejuízo econômico, já que pode ser necessário a reparação de danos e/ou substituição da tubulação e do sistema de sucção e recalque, com aumento nos custos operacionais. Ademais, sua presença pode resultar em elevação do consumo de coagulantes e da redução da eficiência na filtração, representando maior custo na operação de estações de tratamento de água (ENFRIN; DUMÉE; LEE, 2019; SHEN et al., 2020).

4.2.2 IMPACTOS NO AMBIENTE TERRESTRE

Os microplásticos também podem ter impactos negativos em ecossistemas terrestres, com o transporte feito pela água, solo e pelo vento, podendo alcançar longas distâncias a partir do local de descarte. Segundo Machado et al. (2018), os sistemas terrestres têm recebido muito menos atenção científica do que seus equivalentes aquáticos, apesar da contaminação nesse ambiente poder ser de 4 a 23

vezes maior do que nos oceanos. E como discutido, havendo presença dos MPs, contribui-se também para aumento da concentração de outros poluentes, graças à sorção proporcionada, podendo essas partículas enriquecidas percorrer longas distâncias carreando esses compostos (LIU et al., 2021).

Foram observados impactos causados pelos microplásticos no comportamento dos metais, os quais também afetam as plantas terrestres, como é o caso da canola (*Brassica Napus L.*). Experimentos conduzidos em estufas demonstraram que as partículas plásticas têm a capacidade de aumentar a absorção de metais tóxicos pelas plantas. Isso sugere que os microplásticos atuam como facilitadores desse processo, agravando os efeitos nocivos tanto dos microplásticos quanto dos metais tóxicos presentes no ambiente (JIA et al., 2022).

Os microplásticos que estão presentes no ambiente por um longo período, considerados naturalmente envelhecidos, têm uma maior afinidade para adsorver fármacos, como o antibiótico tetraciclina, em comparação com os microplásticos recém-introduzidos. Isso leva a um aumento significativo na disponibilidade desses compostos, chegando a aumentar em até 138% (WANG et al., 2021c). Como consequência desse processo, foi observado um considerável aumento na expressão de genes relacionados à resistência a antibióticos. Além disso, os microplásticos demonstraram a capacidade de aumentar a bioacumulação da substância antiviral dufulina em minhocas da espécie *Eisenia fetida*, utilizadas na medicina veterinária, potencializando os efeitos dessa droga (SUN et al., 2021).

Durante o processo de degradação do microplástico, ocorre a liberação de aditivos químicos e compostos orgânicos voláteis (VOCs), os quais podem afetar negativamente a qualidade ambiental (LA NASA et al., 2021). Além disso, a interação entre microplásticos e agroquímicos, como o pesticida atrazina, resulta em uma dinâmica singular no solo. Essa interação aumenta a mobilidade do contaminante orgânico, reduzindo a capacidade de sorção pelo solo (HÜFFER et al., 2019). Assim, quando a biota ingere ou internaliza microplásticos, algumas dessas substâncias supracitadas podem ser bioacumuladas e transferidas ao longo da cadeia alimentar (HIRAI et al., 2011).

Dessa forma, a contaminação por MPs pode afetar a qualidade do solo, interferir na germinação de plantas e afetar a saúde de organismos terrestres, interferir na fertilidade e na capacidade de retenção de água, assim como a alteração da

microbiota, responsável pela degradação de matéria orgânica e ciclagem de nutrientes (JIA et al., 2022; LAHIVE et al., 2021). Em relação aos efeitos sobre a planta, após a absorção dos microcontaminantes, esses ainda são pouco conhecidos.

De acordo com os resultados obtidos por uma equipe de pesquisadores da Universidade de Massachusetts Amherst e da Universidade Shandong, na China em 2020, há evidências de que o microplástico influencia diretamente na saúde e na produtividade das culturas presentes em área contaminada. Isso, pois o MP pode ser absorvido pelas raízes, além de se mover através do sistema vascular das plantas e se acumular em diferentes partes delas, como folhas, caules e frutas. Por conseguinte, pode reduzir a biomassa total das plantas e causando o retardamento do crescimento das mesmas, o que tem influência direta no rendimento e valor nutricional das safras (SILVA, 2021).

Dessa forma, a ingestão de organismos ou culturas contaminadas podem ser outras vias de entrada de MP no corpo humano. Já foram detectadas a presença desse microcontaminante em amostras de alface, onde foi absorvido pelas raízes e depois transportados para caules e folhas das plantas (LI et al., 2019). Conseqüentemente, a ingestão de alimentos contaminados pode ser outra via de entrada de MP no corpo humano.

Em relação às fontes de contaminação por MP no solo, as principais vias de acesso do material são as resultantes de práticas agrícolas, por exemplo, a aplicação de lodo de esgoto contendo fibras sintéticas ou microplásticos sedimentados, bem como os provenientes de cuidados pessoais ou produtos domésticos; deposição por escoamento e fragmentação de plásticos de dimensões maiores (HORTON et al., 2017).

4.2.3 IMPACTOS NA QUALIDADE DO AR

Microplásticos são liberados no ar por meio de diversas fontes, como tecidos sintéticos, desgaste de materiais (como pneus de carro) e ressuspensão no ar de partículas antes depositadas no ambiente aquático e terrestre (CAMPANALE et al., 2020; PRATA et al., 2020). Os microplásticos transportados pelo ar são principalmente provenientes de plásticos maiores degradados pela luz UV. Após a decomposição, essas partículas podem ser facilmente dispersas na atmosfera por correntes de ar devido ao seu pequeno tamanho e baixa densidade (LETT et al., 2021).

Como consequência, o MP pode ser facilmente transportado, permanecer em suspensão no ar por um longo período e ser inalado, sendo depositado nos pulmões, causando inflamação e danos aos tecidos pulmonares, além de asma e bronquite (PRATA et al., 2020). Assim, como é feita a avaliação para particulados, como pólen, sílica, cinzas, fragmentos de solo, fuligem, dentre outros, a inalação e o tempo de permanência dos MPs no ar dependem da granulometria e a massa da partícula, já que partículas mais leves e menores apresentam maior risco de aspiração (PRATA et al., 2020).

Segundo Wright et al. (2020), foram relatados microplásticos em deposição atmosférica e ar interno e externo em estudo no centro de Londres. A atmosfera apresenta um novo veículo para microplásticos entrarem em um ambiente mais amplo, porém, o conhecimento da dinâmica (quantidades, características e vias) dos microplásticos aéreos ainda é escasso, o que aumenta a preocupação com a saúde pública devido ao potencial de exposição.

No dia a dia, como dito, os MPs afetam a qualidade do ar, podendo causar doenças, porém podem também entupir ar condicionados e filtros, ou esses serem fontes dos microcontaminantes para a parte interna de edificações, intensificando os problemas de “edifícios doentes” (CHEN et al., 2022). Assim, por todas essas possíveis fontes (ar, alimentos e água), MPs têm sido detectados em fezes humanas (LIEBMANN et al., 2019), no sangue (LESLIE, 2022), na placenta e em órgãos humanos (RAGUSA et al., 2021). E em razão dessa presença no organismo e nas excretas, já estão sendo relatadas as possíveis implicações na saúde humana, embora as consequências ainda não sejam completamente compreendidas (CAMPANALE et al., 2020). A seguir serão apresentados os possíveis impactos dos MPs na saúde humana.

4.2.4 IMPACTOS NA SAÚDE HUMANA

Como apresentado anteriormente, os microplásticos podem afetar a cadeia alimentar em diferentes níveis. Além de serem diretamente ingeridos pelos organismos aquáticos, esses também podem ser consumidos por animais terrestres, como aves e mamíferos, por meio da ingestão de água e alimentos contaminados.

Com o acúmulo de microplásticos ao longo da cadeia alimentar, pode ocorrer a transferência de substâncias químicas tóxicas associadas aos plásticos, devido a

sua capacidade de bioacumulação, como aditivos e poluentes orgânicos persistentes, para os organismos que os ingerem. Dessa forma, essa contaminação pode ter consequências prejudiciais tanto para a saúde desses organismos (de contato direto com os MPs), afetando negativamente a ingestão de alimentos e reduzindo a quantidade de energia disponível para o crescimento e sucesso reprodutivo, bem como para os seres humanos que se alimentam dessas plantas e animais (CHEN et al., 2021; LAWS et al., 2021).

Pode-se, assim, observar que a presença de microplásticos não afeta apenas a vida animal e vegetal como também a saúde humana. Groh et al. (2019), por exemplo, identificaram a presença de 906 substâncias associadas a materiais plásticos. Entre esses, foram identificados tanto compostos classificados como altamente tóxicos aos seres humanos (como cianeto de hidrogênio, metilmercúrio e dioxinas), e ao meio ambiente (como diclorodifeniltricloroetano, bifenilos policlorados e hidrofluorcarbonos), quanto substâncias com potencial bioacumulativo (como metais pesados, hidrocarbonetos aromáticos policíclicos e furanos).

No entanto, conforme discutido, o consumo de plantas e animais acumuladores de microplásticos não é a única via de contaminação por MP. A ingestão de água e a inalação de ar também podem ser fontes, bem como a forma de acondicionamento de alimentos e bens. Por exemplo, o emprego de embalagens de policarbonato contendo bisfenol A, [2,2-bis(4-hidroxifenil)] propano, podem causar contaminação de produtos, tornando os consumidores vulneráveis a danos como distúrbios metabólicos, neurotoxicidade e aumento do risco de câncer (RAHMAN et al., 2021). Ademais, estudos indicam que o contato com bisfenol A, seja em garrafas, utensílios ou recipientes, podem aumentar casos de doenças como diabetes, síndrome do ovário policístico, câncer, infertilidade, doenças cardíacas, fibromas uterinos, abortos, endometriose, déficit de atenção, esterilização, problemas comportamentais, e até diminuição da população (SILVA, 2021).

Contudo, os trabalhos realizados, e que detectaram esses efeitos, baseiam-se em experimentos laboratoriais com células e tecidos humanos e com animais modelos, como ratos e camundongos. Assim, requer-se mais avaliações e um período maior de observações. Em um desses estudos, Bertoldi (2022), por exemplo, verificaram haver o surgimento de inflamações na parede intestinal, diminuição na contagem de espermatozoides e filhotes menores, utilizando ratos em sua avaliação.

Dessa forma, ainda que não haja respostas concretas dos efeitos que os microplásticos podem causar nos seres humanos, evidências têm apontado para possíveis importantes danos à saúde humana, afetando o sistema nervoso, endócrino e imunológico (COX et al., 2019).

4.2.5 DESAFIOS E OPORTUNIDADES PARA A REDUÇÃO DE MP

A redução do uso de microplásticos é um desafio ambiental significativo e extremamente necessário, que requer esforços coordenados de governos, indústrias e indivíduos. Alguns dos principais pontos estão elencados e detalhados nos subitens apresentados a seguir:

4.2.6 CONSCIENTIZAÇÃO PÚBLICA

Muitas pessoas ainda não têm conhecimento sobre o problema dos microplásticos e seu impacto no meio ambiente e na saúde humana. Assim, um desafio é educar e conscientizar o público em geral sobre a importância de se reduzir o uso de plásticos e adotar práticas sustentáveis.

Isso se deve a desafios como a falta de informações claras e acessíveis sobre o problema dos microplásticos, o que dificulta a conscientização do público sobre a necessidade de reduzir seu uso (BARBOZA, 2018). Além disso, também existe uma dificuldade em abandonar hábitos estabelecidos e confortáveis para muitas pessoas, especialmente em sociedades altamente consumistas, já que a transição para uma economia circular envolve uma mudança profunda na mentalidade das pessoas em relação ao consumo, ao descarte de resíduos e ao valor atribuído aos recursos naturais (MACARTHUR, 2018).

As pessoas que estão em situação de vulnerabilidade socioeconômica podem enfrentar maiores desafios para adotar práticas mais sustentáveis, pois alternativas mais ecológicas podem ser mais caras, e indivíduos com menos recursos podem não ter acesso a informações ou infraestrutura adequada para participar da economia circular. Questões ambientais podem não receber a devida prioridade nas agendas políticas de regiões com tal vulnerabilidade, podendo levar a uma falta de financiamento e recursos para iniciativas de conscientização e programas de educação (ROMEIRO, 2012).

Para isso, é necessário que organizações governamentais, ambientais e sem fins lucrativos realizem campanhas educativas para informar o público sobre os riscos associados aos microplásticos. O uso de materiais informativos, palestras, seminários e atividades práticas, enfatizando a importância das escolhas individuais na redução do uso de plásticos e na adoção de hábitos mais sustentáveis podem ter impactos benéficos. De acordo com Alencar e Silva (2020), a Educação Ambiental (EA) desempenha um papel fundamental nas escolas ao contribuir para a formação dos alunos, capacitando-os a desenvolver amor, respeito e engajamento em ações voltadas para a conservação ambiental. Por exemplo, recusar produtos descartáveis, optar por embalagens reutilizáveis e promover a reciclagem são algumas ações que cada pessoa pode tomar no dia-a-dia. Assim como cobrar de indústrias e instituições, além de priorizar as que utilizam práticas mais sustentáveis.

Por fim, a inclusão da temática da educação ambiental, de conceitos de sustentabilidade, ESG, economia circular e temas relacionados ao microplástico no currículo escolar pode auxiliar na conscientização de futuras gerações sobre a importância da preservação do meio ambiente e a adoção de práticas sustentáveis.

4.2.7 REGULAMENTAÇÃO E POLÍTICAS

A política nacional de resíduos sólidos (PNRS) foi estabelecida por meio da Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010, e sua regulamentação ocorreu pelo decreto nº 7.404 de 23 de dezembro de 2010. Essa legislação tem como objetivo principal proteger a saúde pública e a qualidade ambiental, além de promover a não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento adequado dos resíduos sólidos, buscando também a disposição final dos rejeitos de forma ambientalmente adequada. Outro importante objetivo da lei é incentivar a indústria da reciclagem, visando a criação de um ciclo econômico sustentável (BRASIL, 2010). Sendo, portanto, um ponto de partida para a redução da produção e descarte de plásticos e, conseqüentemente, da contaminação por MPs.

Com o objetivo de contribuir para a diminuição da quantidade de resíduos sólidos enviados aos aterros, essa lei oferece diversas ferramentas. Entre essas estão os planos de gerenciamento de resíduos sólidos (PGRS), que abrangem diferentes níveis de organização (nacional, estadual, microrregional, municipal e intermunicipal), a implementação da coleta seletiva e da logística reversa (estratégias relacionadas à

responsabilidade compartilhada ao longo do ciclo de vida dos produtos), o estímulo à formação de cooperativas e associações de catadores, a celebração de acordos setoriais, a concessão de incentivos fiscais, a promoção da educação ambiental, o estímulo à adoção de consórcios ou outras formas de cooperação entre as entidades federativas, entre outros instrumentos disponíveis. Essas medidas têm como finalidade auxiliar no gerenciamento adequado dos resíduos sólidos e promover a transição para uma economia circular mais sustentável (BRASIL, 2010).

Além da PNRS, outras leis também se aplicam a essa questão, tais como a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que trata do saneamento básico (BRASIL, 2007); a Lei nº 9.974, de 6 de junho de 2000, que aborda a destinação final das embalagens de agrotóxicos (BRASIL, 2000); e a Lei nº 9.966, de 28 de abril de 2000, que trata da prevenção, controle e fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional (BRASIL, 2000).

Também são consideradas para assuntos relacionados a resíduos sólidos, as normas estabelecidas pelos órgãos do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS), do Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária (SUASA) e do Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (SINMETRO). Essas diretrizes adicionais são uma extensão do conjunto de regulamentos já existentes e são projetadas para garantir a execução adequada das políticas envolvendo resíduos sólidos, saneamento, embalagens de agrotóxicos e poluição ambiental. O objetivo comum dessas é promover uma abordagem integrada e abrangente para a gestão ambiental e sanitária no país, visando o cuidado adequado do meio ambiente e da saúde pública. (BRASIL, 2010).

A maior conscientização ambiental da população e a observação de efeitos como as mudanças climáticas e a degradação ambiental de ecossistemas, têm criado demandas de alteração da gestão empresarial e de diretrizes governamentais. Em 2015, durante a Cúpula das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável, a ONU estabeleceu 17 objetivos para promover o desenvolvimento sustentável até 2030, os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Esses abrangem desafios sociais, econômicos e ambientais, como erradicação da pobreza, igualdade de gênero, energia limpa, redução das desigualdades e ação contra a mudança climática. Reconhecem a interconexão dos desafios globais e enfatizam a importância da

colaboração entre governos, setor privado e sociedade civil, fornecem uma estrutura para orientar políticas e ações em busca de um futuro sustentável, medindo o progresso por meio de indicadores específicos. E, segundo a Cúpula das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (ONU, 2015), buscam promover uma sociedade justa, próspera e sustentável, onde todos possam desfrutar de qualidade de vida dentro dos limites do planeta. Sendo compatíveis com os objetivos do modelo de produção e consumo responsável.

Apesar da ausência de regulamentações abrangentes em relação ao uso de microplásticos, tanto no Brasil quanto no cenário internacional, é essencial desenvolver políticas e regulamentos efetivos para limitar a produção e o consumo excessivo desses materiais pela indústria e pelos consumidores. Além disso, é necessário abordar a utilização inadequada e o descarte inadequado de plásticos.

Entre as medidas possíveis estão a proibição de certos tipos de plásticos, a promoção de alternativas mais sustentáveis e a implementação de práticas adequadas de gestão de resíduos. O objetivo é adotar uma abordagem mais responsável e sustentável em relação aos microplásticos, visando reduzir o impacto ambiental associado a esses. Inclusive, a falta de padrões e diretrizes claras na legislação pode dificultar o desenvolvimento e a comercialização de alternativas ao microplástico, tema abordado no tópico seguinte.

4.2.8 DESENVOLVIMENTO DE ALTERNATIVAS SUSTENTÁVEIS

O microplástico (primário) é usado em uma ampla gama de aplicações devido às suas propriedades físicas e químicas únicas, razão pela qual sua substituição envolve desafios. Por exemplo, no setor de cosméticos, os microplásticos são usados como agentes de esfoliação, e encontrar uma alternativa biodegradável que ofereça a mesma eficácia pode ser difícil, mas não impossível. Em sua pesquisa, Silva (2021), por exemplo, desenvolveu sabonetes para a pele, tanto do tipo comum como o esfoliante feito à base de bucha vegetal, sem que houvesse a presença de microplásticos em sua composição, e tendo resultados considerados satisfatórios.

Dessa forma, faz-se necessário o incentivo à pesquisa e o desenvolvimento de materiais substitutos que se enquadrem dentro dos padrões da legislação, de custos acessíveis para produção em larga escala, de funcionalidade, e que sejam alternativas duráveis para suas aplicações específicas, porém ainda assim

biodegradáveis (FRANCHETTI, 2006). Ou seja, encontrar alternativas eficientes e sustentáveis, o que requer pesquisa e investimento devido aos seus diversos desafios e também a cooperação entre cientistas, indústrias e instituições acadêmicas. Como o campo de pesquisa e inovação vem crescendo cada vez mais, vislumbra-se o futuro alcance de alternativas sustentáveis como uso padrão.

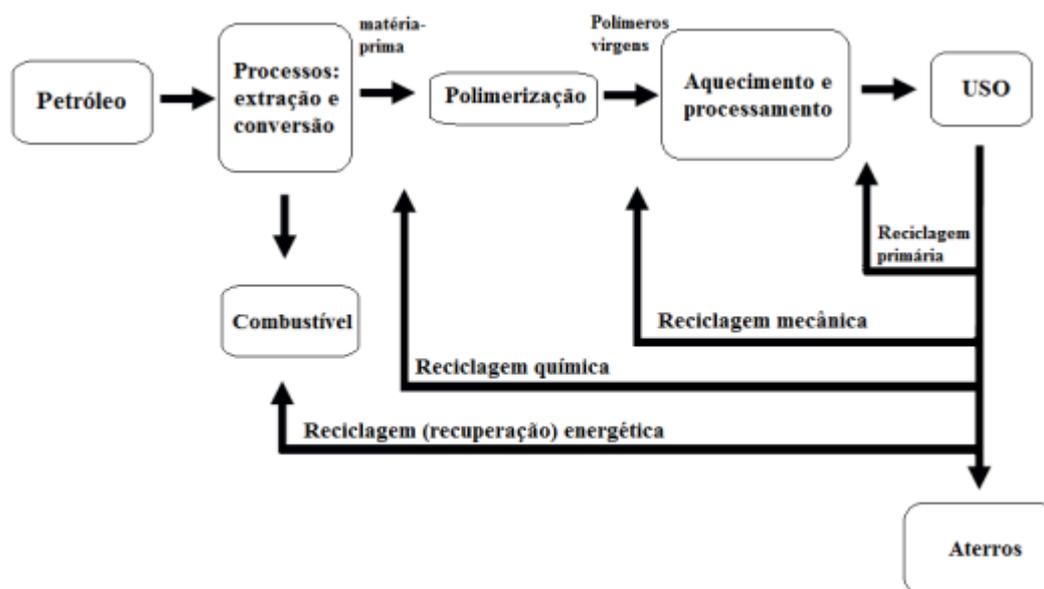
4.2.9 MELHORIA DA INFRAESTRUTURA DE RECICLAGEM

Reciclar significa transformar objetos materiais usados em novos produtos para o consumo. Essa necessidade foi despertada pelos seres humanos, a partir do momento em que se verificaram os benefícios que este procedimento traz para o planeta Terra (FONSECA, 2013).

Existem quatro principais classificações frente a reciclagem de polímeros: primária, secundária, terciária e quaternária. Sendo a primária e secundária tipos de reciclagem mecânica, a terciária consiste na reciclagem química e a quaternária, reciclagem energética. E essas formas estão definidas a seguir, com base no descrito em Spinacé e De Paoli (2005), como os ciclos representados na Figura 3:

Reciclagem primária: consiste na conversão dos resíduos poliméricos industriais por métodos de processamento padrão em resíduos gerados no processo produtivo da própria empresa; por exemplo, aparas que são novamente introduzidas no processamento. Reciclagem secundária: conversão dos resíduos poliméricos provenientes dos resíduos sólidos urbanos por um processo ou uma combinação de processos em produtos que tenham menor exigência do que o produto obtido com polímero virgem, por exemplo, reciclagem de embalagens de PP para obtenção de sacos de lixo. Reciclagem terciária: processo tecnológico de produção de insumos químicos ou combustíveis a partir de resíduos poliméricos. Reciclagem quaternária: processo tecnológico de recuperação de energia de resíduos poliméricos por incineração controlada (Spinacé e De Paoli, 2005).

Figura 3: Gestão dos resíduos plásticos em termos do ciclo de vida.



Fonte: Adaptado de Al-Salem; Littieri (2009).

Melhorar a infraestrutura de reciclagem é fundamental para enfrentar o desafio dos microplásticos. A falta de separação adequada de resíduos no Brasil, contribui para que a taxa de reciclagem seja extremamente baixa em nosso país. Um estudo apresentado em Cempre (2023) aponta que apenas 23,1% de todo o plástico produzido em 2020 foram reciclados, uma baixa porcentagem diante do potencial de recuperação e transformação desse recurso. Menores índices em relação a outros materiais, como alumínio, deve-se a alguns fatores como o descarte de plásticos de diferentes tipos e que demandam distintas formas de reciclagem, dificultando o processo de recuperação; os grandes volumes ocupados pelos plásticos e a baixa rentabilidade de venda pelos catadores; a ineficiência dos programas de coletas seletivas, ausência de incentivos, problemas de logística reversa e a alta contaminação dos resíduos plásticos (SANTOS et al., 2004; ABRELPE, 2021; CEMPRE, 2023). Para ilustrar esse cenário, o preço de compra do quilo de alumínio é de R\$ 3,05, enquanto que do plástico para reciclagem é R\$ 0,92 (valores médios no Brasil) (ABRELPE, 2021).

Dada essa condição encontrada, uma das estratégias necessárias é o desenvolvimento de tecnologias avançadas de reciclagem capazes de lidar com plásticos misturados. Segundo Monteiro (2018), uma das formas para superar esse obstáculo, é aprimorar processos como a reciclagem química e a pirólise, que podem transformar os plásticos misturados em matérias-primas ou produtos de valor agregado.

Outra possibilidade é o investimento em tecnologias eficientes de separação de plásticos, o que desempenha um papel crucial na solução do problema dos microplásticos, uma vez que facilita o processo de reciclagem e reduz o descarte inadequado. Métodos avançados, como a separação por infravermelho próximo (NIR) e a triagem automatizada com base em inteligência artificial, podem facilitar a identificação e separação adequada de diferentes tipos de plásticos.

A separação por infravermelho próximo (NIR) é uma técnica de análise que utiliza radiação na faixa do infravermelho próximo para identificar e separar materiais com base em suas propriedades químicas e físicas. Já a triagem automatizada é baseada em inteligência artificial, técnica que utiliza algoritmos e tecnologias de aprendizado de máquina para identificar e classificar objetos de forma automatizada, reconhecendo e separando os materiais por meio do processamento de imagens e análise de dados. Tais tecnologias permitem uma reciclagem mais eficiente, direcionando cada tipo de plástico para o processo adequado (MASOUMI et al., 2012).

A reciclagem de plásticos de uso único, como embalagens descartáveis e produtos de consumo, é uma área que requer atenção especial. Esses plásticos são uma fonte significativa de resíduos plásticos e microplásticos, assim, é necessário desenvolver tecnologias específicas para reciclar esses materiais, especialmente os de difícil reciclabilidade. A aplicação de processos como a dissolução seletiva, por exemplo, pode ser uma solução eficaz para recuperar esses plásticos de uso único (SANTOS, 2009).

A dissolução seletiva é um método químico utilizado na reciclagem de plásticos, técnica na qual é aplicada um solvente para dissolver apenas um tipo específico de plástico, enquanto os demais materiais são preservados, permitindo a recuperação de polímeros específicos e tornando mais fácil o processo de reciclagem de plásticos de difícil separação. O polímero dissolvido pode ser posteriormente purificado e transformado em uma forma sólida, viabilizando sua reutilização na fabricação de

novos produtos plásticos como matéria-prima. Sendo a chave do processo de dissolução encontrar um solvente seletivo (ZHAO et al., 2018). Assim, facilitaria a reciclagem de outros plásticos misturados àqueles de uso único.

Paralelamente ao avanço tecnológico, é fundamental estabelecer uma infraestrutura eficiente de coleta seletiva, o que aumenta a porcentagem de reciclagem. Conforme o relatório de 2023 do Cempre, somente 35,9% da população desfruta de acesso à coleta seletiva porta a porta (CEMPRE, 2023). Para que se obtenha uma melhora na infraestrutura, deve-se incluir a instalação de contêineres específicos em áreas públicas, a implementação de programas de coleta em parceria com empresas e indústrias, e o estímulo à separação adequada de resíduos plásticos em residências e locais de trabalho (MINGO, 2002).

Incentivos econômicos também desempenham um papel importante para impulsionar a reciclagem de plásticos. Políticas de precificação de carbono, incentivos fiscais para empresas que adotam práticas de reciclagem e programas de responsabilidade estendida do produtor são medidas que podem ser implementadas nesse sentido (MINGO, 2002; LIMA, 2006). Esses incentivos encorajam as empresas a se envolverem na gestão adequada dos resíduos plásticos.

No Brasil, a PNRS há artigos que preconizam a criação de instrumentos de incentivos fiscais para reciclagem, sendo eles (BRASIL, 2010):

“Art. 8º São instrumentos da Política Nacional de Resíduos Sólidos, entre outros:

IX - os incentivos fiscais, financeiros e creditícios;”

“Art. 44. A União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios, no âmbito de suas competências, poderão instituir normas com o objetivo de conceder incentivos fiscais, financeiros ou creditícios, respeitadas as limitações da Lei Complementar no 101, de 4 de maio de 2000 (Lei de Responsabilidade Fiscal),

a:

I - indústrias e entidades dedicadas à reutilização, ao tratamento e à reciclagem de resíduos sólidos produzidos no território nacional;” (BRASIL, 2010).

Mais exemplos de incentivos fiscais podem ser encontrados na Tabela 1.

Por fim, o envolvimento do setor privado é essencial para melhorar a infraestrutura de reciclagem, com mudanças dos conceitos de gestão do negócio. As empresas podem investir em pesquisa e no desenvolvimento de tecnologias avançadas de reciclagem, colaborar com parceiros para implementar sistemas eficientes de coleta e separação de resíduos, e adotar práticas de economia circular em suas cadeias de suprimentos. O engajamento ativo do setor privado é crucial para

impulsionar a transformação necessária na gestão dos microplásticos (MINGO, 2002; LIMA, 2006; BESEN, 2012).

Essas abordagens, quando combinadas, têm o potencial de enfrentar o desafio dos microplásticos, promovendo uma gestão mais adequada e sustentável dos plásticos e contribuindo para a preservação do meio ambiente.

Tabela 1. Políticas tributárias de incentivo à reciclagem do plástico no Brasil

Política existente	Pleito para incentivar a reciclagem
<p>Alíquota zero de IPI para desperdícios, resíduos e aparas. A Lei Nº 12.375/2010 concedia até 31/12/2018 crédito presumido na aquisição de sucata proveniente somente de cooperativas o que restringia o alcance e benefício da medida.</p>	<p>Crédito presumido de IPI sobre uso de resíduo sólido como matéria-prima. Proposta é prorrogar a Lei existente estendendo o benefício a qualquer tipo de aquisição de resíduo sólido de empresas da cadeia de reciclagem.</p>
<p>Suspensão de PIS/COFINS sobre aquisições de sucatas para empresas do Lucro Real.</p>	<p>Ampliação da suspensão de PIS/COFINS para incluir também empresas de lucro presumido e Simples aliado a sistemática de crédito presumido.</p>
<p>Diferimento de ICMS para operações com sucatas e resíduos recicláveis. Existem estados que adotam sistemáticas de crédito presumido. Incidência de ICMS sobre transporte de sucata e burocracia para transporte.</p>	<p>Harmonização das regras de diferimento e crédito presumido para todos os estados. Simplificar as obrigações acessórias e diferir impostos incidentes sobre o serviço de transporte de materiais recicláveis/sucatas.</p>

Tabela 1. Políticas tributárias de incentivo à reciclagem do plástico no Brasil
(continuação)

<p>Linhas tradicionais de BNDES para financiamento.</p>	<p>Abatimento do imposto de Renda de recursos utilizados no investimento em projetos de reciclagem. PL 7535/2017 cria o FAVORECICLE e o PRORECICLE que preveem a aplicação de parcela do imposto de renda devido por pessoas jurídicas tributadas sobre o regime de lucro real em projetos para fomento da atividade de reciclagem.</p>
<p>Matéria-prima reciclada é comercializada na mesma classificação fiscal que a virgem.</p>	<p>Criação de uma nomenclatura específica para reciclados poderá:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Facilitando controles, tanto por parte do contribuinte, como também para a Fazenda; 2. Estimulando o setor com simplificação e melhoria dos controles e aferição de reciclagem de materiais plásticos; 3. Ajudando na mensuração da efetividade das medidas que vêm sendo adotadas em razão da Política Nacional de Resíduos Sólidos; 4. Identificando o setor de reciclagem como elo importante da cadeia produtiva; 5. Facilitar o atendimento as demandas de mercado por produtos reciclados.

Fonte: Adaptado de Hajaj (2019)

4.2.10 RESTRIÇÕES NA INDÚSTRIA

As indústrias desempenham um papel fundamental na redução de microplásticos, assim é necessário haver medidas governamentais de incentivo e de regulação dos processos produtivos, de forma a direcionar para a adoção de práticas mais sustentáveis. Cita-se como exemplo, a eliminação de microesferas plásticas em produtos cosméticos e de cuidados pessoais, bem como a redução do uso de embalagens plásticas desnecessárias. Ressalta-se, no entanto, que além da imposição, também é interessante para as empresas se adiantem a essas regras, em razão de uma série de benefícios citados anteriormente, relacionados à imagem da empresa e a maior inserção de seus produtos no mercado.

De acordo com Conkle et al. (2017), diversas regiões, como a União Europeia, Canadá e Estados Unidos, têm adotado regulamentações para proibir o uso de microesferas de plástico na composição de produtos cosméticos, como esfoliantes faciais e corporais. Essas medidas estão relacionadas, por exemplo, com a proibição de fabricar, acondicionar e enxaguar produtos cosméticos com tais partículas pelo *Microbead- Free water acts* (Micropartículas - Ato da água livre), criado pelos EUA em 2015 (FDA, 2017). Como consequência, as empresas estão sendo encorajadas a substituir as microesferas por ingredientes naturais ou biodegradáveis em seus produtos. Essa abordagem busca promover a utilização de substâncias mais sustentáveis, que causem menos impacto ambiental ao serem descartadas.

Já no Brasil, a regulação tem caminhado a passos mais lentos, tendo sido, primeiro, criadas leis para proibir a distribuição gratuita de sacolas plásticas em algumas cidades. Inicialmente adotada em Belo Horizonte, conforme a lei municipal nº 9.529 de 2008 (BELO HORIZONTE, Lei Municipal 9.529/2008), incentivando a substituição por sacolas retornáveis, medida posteriormente implantada na cidade de São Paulo pela lei municipal 15.374 de 2011 (SÃO PAULO, Lei Municipal 15.374/2011).

A seguir, tramitou no Senado, o Projeto de Lei 322/2011, que buscava proibir a utilização, a fabricação, a importação, a comercialização e a distribuição de sacolas plásticas que em sua composição química tenham como base o polietileno, o propileno e o polipropileno. No entanto, a proposta foi arquivada ao final da Legislatura (art. 332 do RISF), sem haver avanços em esfera federal, da regulamentação de uso de plásticos (BRASIL, 2011).

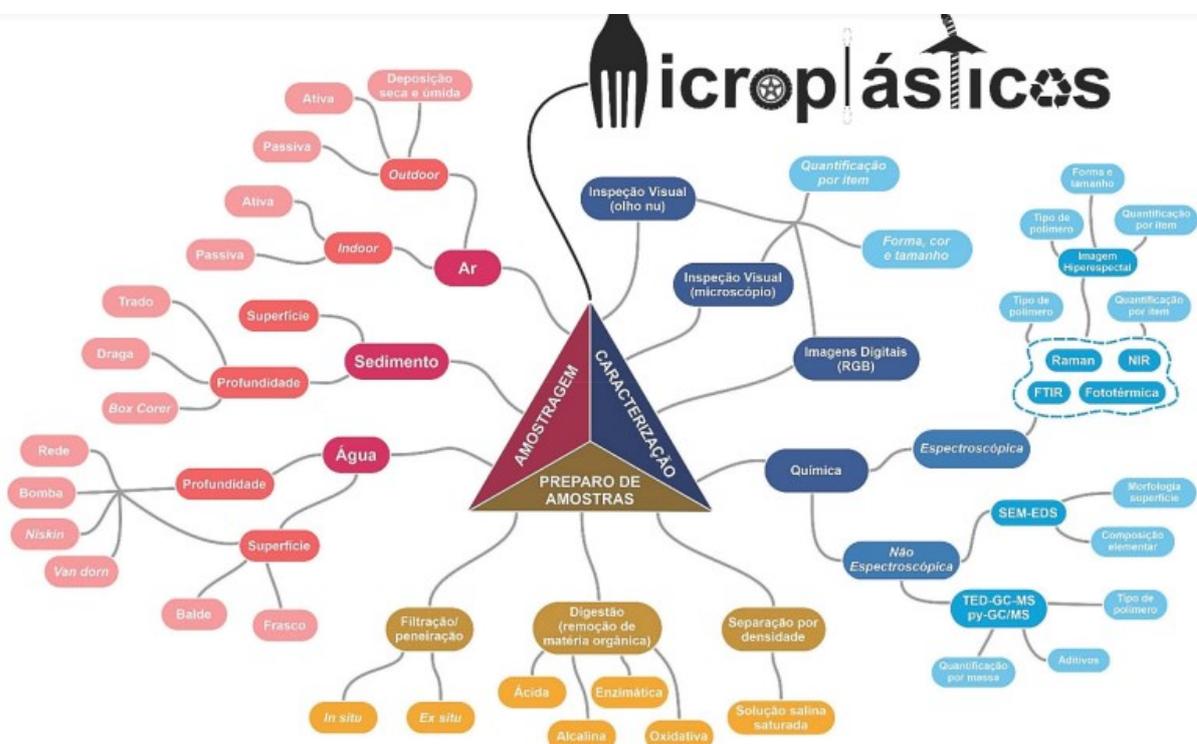
Observa-se assim que há ainda uma regulamentação incipiente no Brasil e no mundo a respeito do uso de microplásticos. É necessário criar regulamentações e políticas eficazes que restrinjam a produção primária e secundária, bem como o uso abusivo pela indústria e consumidores, além do uso e descarte inadequado de plásticos. Isso pode incluir a proibição de certos tipos de plásticos, incentivos para a adoção de alternativas mais sustentáveis e a implementação de práticas adequadas de gerenciamento de resíduos.

4.2.11 TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO

Embora sejam encontrados nos mais diversos ambientes, como na água, ar, solo, biofilme, superfície de animais, e outros, a detecção e identificação de microplásticos é um desafio, visto que, ainda, não foi oficialmente estabelecida uma metodologia padrão (MONTAGNER et al., 2021).

A falta de padronização das metodologias relacionadas à amostragem, extração e análises físicas e químicas de polímeros se deve, principalmente, às variações existentes entre os diferentes tipos de materiais e de matrizes ambientais onde são identificados. Assim, a necessidade de adotar protocolos específicos para cada tipo de amostra ambiental, considerando as particularidades de cada polímero, tem se mostrado um desafio científico significativo (HERRERA et al., 2018). Algumas das dificuldades estão expressas na Figura 4.

Figura 4: Possibilidades de um método analítico para a determinação de microplásticos no ambiente.



Fonte: MONTAGNER et al. (2021).

Devido à complexidade do material e da falta de padronização para as análises, diversas organizações, instituições e pesquisadores na área ambiental e de química analítica utilizam e recomendam diferentes técnicas de avaliação e quantificação de microplásticos, como o Guia proposto pelo GESAMP (do inglês Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection) em 2019.

Apenas no ano de 2020 ocorreu a oficialização dos protocolos para detecção, análise e amostragem por meio da publicação da norma ISO/TR 21960:2020. No entanto, é relevante destacar que essa norma tem como principal ênfase o tratamento de matrizes aquáticas (ISO, 2020).

A Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), por exemplo, recomenda a utilização de técnicas de espectroscopia de infravermelho próximo (NIR), em amostras com concentrações mais elevadas, para identificar os polímeros dos microplásticos e quantificar sua massa. Bem como também indica o emprego da espectrometria de massa com ionização por electrospray (ESI-MS) na avaliação de microplásticos em amostras ambientais que necessitem a identificação de microplásticos menores que 1 μm . Podendo, então,

serem associadas e utilizadas em conjunto para avaliar o sucesso da análise e quantificação do microcontaminante.

Além dessas duas técnicas, a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA) sugere a utilização de microscopia ótica. Essa técnica demonstra resultados satisfatórios quando aplicada à análise de polímeros com dimensões em torno de 500 μm encontrados na água, contudo é passível de erro humano. Assim sendo, é recomendado que sua validação seja acompanhada por análises de composição química, empregando frequentemente uma combinação de técnicas ópticas e espectroscópicas, a fim de minimizar a ocorrência de falsos positivos e/ou falsos negativos (SILVA et al., 2018). Em amostras complexas, como sedimentos, solos e tecidos, que, por outro lado, a USEPA recomenda o uso da espectroscopia Raman, o que segundo Schymanski et al. (2018), é mais eficiente, por ser capaz de detectar tamanhos de partículas menores do que 20 μm .

Os métodos de avaliação citados são os principais e os mais propostos mundialmente, sendo reconhecidos também pela União Europeia (UE), Organização Mundial da Saúde (OMS), Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), Sociedade Americana de Química (ACS), entre outros. Porém, existem outras metodologias de avaliação de microplásticos, como: cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC); flotação por densidade; e a filtração.

A primeira é indicada para amostras de baixa concentração de microplásticos, sendo bastante sensível e precisa, podendo ser aplicada em amostras mais complexas e até mesmo para determinar os poluentes sorvidos no material (HÜFFER et al., 2019). Já a flotação por densidade e a filtração são utilizadas para separar microplásticos em amostras de água. Sendo a filtração uma técnica relativamente simples e rápida, capaz de separar microplásticos de diferentes tamanhos, mas perdendo a eficiência nas partículas de menor tamanho. Por fim, a flotação por densidade é utilizada para separar os microplásticos de menor tamanho, podendo ser utilizada em conjunto com outras técnicas (TIEN; WANG; CHEN, 2020).

Ao mesmo tempo que o emprego dessas técnicas permitiu constatar os MPs podem ser encontradas em uma ampla variedade de ambientes, incluindo as águas de rios, lagos e oceanos, os solos, sedimentos e o ar atmosférico, por outro, a falta de uma padronização atrapalha estudos comparativos. Como forma de comparar estudos

onde as unidades não são consistentes ou semelhantes, deve-se reportar a massa encontrada ou número de partículas identificadas por unidades por volume, seja como partículas por litro de água amostrada ou como partículas por quilograma de sedimento ou solo (HORTON et al., 2017).

Algumas pesquisas abordam ainda que, em função dos diferentes tamanhos das partículas presentes e presença de outros contaminantes, essas devem passar por um pré-tratamento, no qual devem ser submetidas à separação por densidade, que pode ser pela aplicação de KOH ou NaCl. Assim, o pré-tratamento tem como objetivo auxiliar na extração, purificação, e conservação da estrutura dos plásticos, além de remover partículas que não são plásticos, tais como biofilmes, sais, sangue, entre outros (QIU et al., 2016).

Entretanto, a aplicação do pré-tratamento entra em discordância com a opinião de alguns autores que não acreditam ser coerente o emprego da técnica (RENNER et al., 2018), uma vez que o uso de ácidos oxidantes como H_2SO_4 , HNO_3 e outros que podem ser usados nessa etapa, podem destruir alguns tipos de plásticos que apresentam baixa tolerância ao pH, como exemplo o poliestireno e nylon. Ao mesmo tempo, ao adicionar substâncias alcalinas, pode haver danos e a descoloração do nylon e polietileno (QIU et al. 2016).

Apesar dos impasses na pesquisa e monitoramento de microplásticos, é importante continuar avaliando sua presença e seus efeitos no meio ambiente e na saúde humana. Sendo necessário para auxiliar e orientar em tomada de decisões e na implementação de estratégias eficazes de redução de microplásticos.

5 ESTRATÉGIAS DE ECONOMIA CIRCULAR PARA REDUÇÃO DE MICROPLÁSTICOS

No atual contexto de crescente preocupação com questões ambientais e o esgotamento dos recursos naturais, a economia circular (EC) emerge como uma abordagem essencial para impulsionar a sustentabilidade e a eficiência nos sistemas produtivos. Este tópico tem como objetivo realizar uma análise aprofundada sobre a economia circular, abordando sua definição e os princípios fundamentais que a sustentam.

5.1 REDUÇÃO DO USO DE PLÁSTICOS VIRGENS

Como supracitado, a crescente preocupação global com os resíduos plásticos tem despertado atenção devido aos possíveis danos ambientais causados pela presença desses. O uso excessivo de plásticos virgens é um dos principais desafios enfrentados, pois esgota recursos naturais não renováveis e resulta em uma quantidade alarmante de resíduos produzidos, com consequências ambientais.

Nesse contexto, a economia circular surge como uma abordagem inovadora e promissora para enfrentar esse problema, por meio da redução do uso de plásticos virgens e da promoção de práticas mais sustentáveis em toda a cadeia de valor, como incentivar a reciclagem, reutilização e recuperação de materiais, maximizando seu valor ao longo do tempo. Por meio do seu estabelecimento, é possível sustentar o crescimento econômico, minimizar passivos ambientais, criar oportunidades de emprego e maximizar a produção industrial e as atividades comerciais (MACARTHUR, 2015).

A redução do uso de plásticos virgens é uma estratégia crucial na luta contra a contaminação por microplásticos e na promoção da economia circular. Ao repensar o design dos produtos, promover a reutilização, aumentar a reciclagem e investir em materiais alternativos, pode-se avançar em direção a um futuro mais sustentável. Essas estratégias não apenas contribuem para a redução da contaminação ambiental, mas também oferecem benefícios econômicos ao criar oportunidades para a indústria de reciclagem e o desenvolvimento de novos materiais e tecnologias. Conforme discutido, a adoção dessas estratégias depende de uma colaboração entre governos, indústrias e consumidores, todos desempenhando um papel ativo na transição para uma economia circular e na redução do uso de plásticos virgens (MACARTHUR, 2015; COMISSÃO EUROPÉIA, 2015).

Além das já citadas medidas de regulação da disponibilização de sacolas plásticas pelos estabelecimentos comerciais e o incentivo ao uso de sacolas retornáveis (*ecobags* de pano, algodão e lona), a indústria deve contribuir com a mudança dos processos produtivos, de forma a reduzir a quantidade de produtos plásticos que circulam no mercado (Lau et al., 2020; Li et al., 2021). Cita-se a substituição do plástico pela fabricação de sacolas de papel, recipientes de vidro, materiais de borracha, bambu, tecido (bolsas, por exemplo) e inox (canudos e garrafas); a oferta de refis para “recarga” dos recipientes já adquiridos em uma compra

anterior; uso de plástico “verde” (KARAYILAN et al. 2021) e a melhor eficácia da reciclagem de plásticos (QIN et al., 2021); logística reversa, entre outras possíveis medidas.

Ao repensar a forma de produção, uso e descarte dos plásticos, pode-se mitigar os impactos ambientais negativos e caminhar em direção a uma economia mais sustentável e responsável. A transição para a economia circular requer esforços conjuntos, porém os benefícios ambientais, econômicos e sociais a longo prazo são inquestionáveis. É hora de repensar o modelo atual e adotar práticas circulares para construir um futuro mais sustentável, livre do excesso de plásticos virgens.

5.2 REUTILIZAÇÃO E RECICLAGEM DE PLÁSTICOS

A promoção da reutilização de produtos é uma estratégia altamente eficaz para reduzir o uso de microplásticos na economia circular. Iniciativas como sistemas de depósito e devolução (SD&D) têm se mostrado muito bem-sucedidas ao incentivar os consumidores a retornarem embalagens vazias para serem reutilizadas. Ao estimular a adoção de embalagens reutilizáveis, como recipientes retornáveis ou SD&D, pode-se obter uma redução significativa no consumo de plásticos virgens (LIMA; CAIXETA FILHO, 2001).

Essas abordagens requerem uma mudança de mentalidade por parte dos consumidores e exigem uma colaboração ativa entre diversos atores da cadeia de valor, incluindo fabricantes, varejistas e consumidores conscientes. Ao encorajar os consumidores a retornarem as embalagens, haveria redução da necessidade de produzir plásticos virgens para a fabricação de novos produtos. Já que no seu “fim de vida”, os plásticos ainda são recursos muito valiosos que podem ser transformados em novas matérias-primas ou em energia (PLASTICS EUROPE, 2017). Dessa forma, sua reutilização, reciclagem e/ou recondicionamento permite reduzir o impacto ambiental e o esgotamento de recursos.

A reciclagem desempenha um papel crucial na economia circular, pois permite a transformação de resíduos plásticos em matérias-primas secundárias, reduzindo assim a demanda por plásticos virgens. Para isso, é fundamental promover a separação adequada dos resíduos desde sua origem, desenvolver infraestruturas eficientes de reciclagem e investir em tecnologias avançadas capazes de lidar com diferentes tipos de plásticos (QIN et al., 2021).

Como discutido anteriormente, ao garantir uma separação adequada dos resíduos, pode-se maximizar o potencial de reciclagem dos materiais plásticos e evitar a contaminação de fluxos de reciclagem com microplásticos indesejados. Além disso, ao investir em tecnologias avançadas, como a reciclagem química e a pirólise, pode-se superar os desafios técnicos associados à reciclagem de plásticos complexos. (SPINACÉ, 2005). Ademais, com políticas governamentais que incentivem a utilização de materiais reciclados em novos produtos que são fundamentais, seria possível dar um impulso para uso de plásticos reciclados (MA et al., 2020).

Como exemplo de projeto bem-sucedido sobre reciclagem de resíduos plásticos, existe a marca EcoBirdy, criada em 2016, e que produz móveis infantis através de resíduos de plástico 100% reciclados, que podem ser novamente reciclados após o seu descarte. Superando as barreiras da reciclagem dos plásticos misturados, utilizando tecnologias avançadas de triagem, a marca foi capaz de produzir plástico reciclado com qualidades semelhantes aos plásticos virgens (ECO BIRDY, 2019). Um de seus produtos desenvolvidos pela empresa está exemplificado na Figura 5.

Figura 5: Charlie Chair - ECOBIRDY



Fonte: Eco Birdy (2019)

Móveis de “madeira plástica”, além de proporcionar reciclagem de plásticos, diminuindo o risco de liberação de microplásticos na natureza, também permite a redução da necessidade da retirada de madeira das florestas. Estima-se que a cada 25 m² de madeira plástica produzida, recicla-se cerca de 600 kg de plástico e preserva-se 1 árvore de porte médio, sendo também móveis de maior durabilidade, sendo resistente a cupins e umidade (NAZÁRIO, 2016).

5.3 DESIGN CIRCULAR E INOVAÇÃO DE PRODUTOS

O design circular é uma técnica alternativa que coloca em práticas as premissas da economia circular com objetivo de minimizar as perdas sistêmicas e externalidades negativas. Nela, busca-se projetar produtos e componentes para que possam ser reutilizados, reparados e reconicionados, fazendo com que durem mais e, de preferência, que sejam biodegradáveis. Este conceito pretende projetar no sentido da circularidade, utilizando os materiais de forma contínua e reduzindo as perdas indesejadas do sistema (LEAL, 2020). Já quando se trata de produtos como alimentos ou embalagens, é necessário avaliar a viabilidade da logística reversa, observando ser possível retornar com os materiais, de forma que não acabem em aterros.

Por exemplo, a criação de embalagens com materiais facilmente separáveis e recicláveis permite que os componentes plásticos sejam reciclados em novos itens. De acordo com Clark (2007), 30 a 80% do impacto ambiental de um produto e/ou serviço é decidido na fase de design, assim a revisão do projeto é a maneira mais eficaz de diminuir os impactos ambientais e aumentar o valor e a utilidade do produto.

Investir em pesquisa e desenvolvimento de materiais alternativos ao plástico convencional é crucial para reduzir a dependência de plásticos virgens. Materiais biodegradáveis, compostáveis e de origem renovável oferecem soluções sustentáveis para substituir o plástico convencional. Por exemplo, o uso de embalagens feitas de materiais bioplásticos, como o PLA (ácido polilático), que é derivado de fontes renováveis como o amido de milho, reduz a necessidade de plásticos virgens e, ao mesmo tempo, é biodegradável (FAPESP, 2020).

Um porém do emprego de plásticos biodegradáveis ou “plásticos verdes” é a necessidade de mais estudos em relação ao potencial de liberação de microplásticos, que poderia ser maior do que em relação aos não biodegradáveis (QIN et al., 2021). No entanto, as partículas de MPs desses novos materiais parecem apresentar menor

persistência no meio ambiente, ainda que sejam em águas de maior temperatura, requerendo a realização de mais estudos para avaliação desse risco (EUROPEAN BIOPLASTICS, 2021).

Outra estratégia é a utilização de plásticos reciclados. Após reciclado mecanicamente, o plástico pode ser novamente processado e transformado em um novo produto, processo que é denominado por Coltro et al. (2008), de revalorização do plástico pós-consumo. Sendo apresentados alguns exemplos dos principais produtos feitos a partir da resina virgem e de plásticos reciclados na Tabela 2. Alguns materiais não são recicláveis por transformação termoplástica, porém podem ser reciclados por outros processos e também servem como matéria-prima na reciclagem terciária.

Tabela 2. Aplicação de plásticos virgens e reciclados

Resina	Uso predominante	Reciclado pode ser usado como
PET	Garrafas de refrigerante, água e óleo comestível.	Indústria têxtil, cordas e vassouras, chapas ⁽¹⁾ filmes ⁽²⁾ , resina alquídica ⁽³⁾ , injeção e sopro, resina insaturada ⁽⁴⁾ e fitas de arquear.
PEAD	Garrafas p/iogurte, suco, leite, produtos de limpeza.	Frascos para produtos de limpeza, frasco para óleo de motor, embalagens industriais (bombonas) e descartáveis (sacolas).
PVC	Filmes estiráveis, saco p/leite, blister.	Tubulações p/construção civil e infraestrutura, mangueira para jardim, tubulação de esgoto, cones de tráfego, cabos.
PEBD	Filme encolhível, sacaria de atacado.	Lonas p/agropecuária e construção civil, envelopes, filmes, sacos para lixo, tubulação para irrigação.
PP	Pote de margarina, sorvete, tampas, embalagem p/massas, copos descartáveis.	Utilidades domésticas: baldes e bacias, caixas e cabos para bateria de carro, vassouras, escovas, funil para óleo, caixas, bandejas.
PS	Copos e pratos descartáveis.	Peças de eletrodomésticos e eletroeletrônicos, acessórios para escritório.

EPS	Bandejas, proteção no transporte de equipamentos.	de	Construção civil, principalmente em lajes, telhas isolantes e preenchimento de pisos.
Outros	Embalagem multicamada p/biscoitos salgadinhos, CD e DVD.	e	Madeira plástica, reciclagem energética ⁽⁵⁾ .

(1) Produto obtido por extrusão, usado em cartões bancários, cartões de visita e placas de sinalização viária.

(2) O filme é obtido por extrusão, e depois por termoformação a vácuo obtém embalagem blister, embalagens usadas em caixa de ovos ou bandejas.

(3) Uso em tintas (GIOVANNINI & KRUGLIANSKAS, 2008).

(4) Uso em piscina, caixa d'água e na estrutura de cabines de caminhões.

(5) Os plásticos de engenharia reciclados são direcionados para diversos setores, incluindo automobilístico e eletroeletrônico (EE).

Fonte: adaptado de COLTRO et al., 2008, PLASTIVIDA, 2012 e ABIPET, 2014

Importantes marcas esportivas e indústrias de cosméticos têm utilizado de materiais plásticos descartados e encontrados na natureza, para confecção de uniformes e embalagens. Assim, além de melhoria das condições ambientais, também há mudança de design de produtos e um importante marketing para as empresas (ONISHI, 2019).

5.4 ECONOMIA COMPARTILHADA E MODELOS DE NEGÓCIOS CIRCULARES

A economia circular faz repensar a concepção dos produtos e seu design, utilizando materiais reciclados ou de origem biológica, projetando-os para serem duráveis, passíveis de reparo e desmontagem, além de incentivar a reutilização e a reciclagem. A economia circular também estimula a implementação de sistemas de logística reversa, facilitando a coleta e a recuperação de resíduos plásticos.

Dentre seus métodos, a economia compartilhada é um conceito central que busca compartilhar recursos e otimizar a utilização de produtos e serviços existentes

e reduzir desperdícios. Nesse contexto, surgem os modelos de negócios circulares, que se concentram na reutilização, compartilhamento e recuperação de recursos para criar valor (EMF, 2015).

Os modelos de negócios circulares são desenvolvidos com o objetivo de maximizar a vida útil dos produtos, reduzir a extração de recursos naturais e minimizar a geração de resíduos. Esses representam uma transição da tradicional economia linear, baseada em produção e descarte, para uma economia circular, que visa criar ciclos fechados de materiais e recursos. As ações inovadoras e cooperativas são essenciais, a exemplo da simbiose industrial, na qual resíduos ou subprodutos de uma indústria se tornam insumos para outra (EUROPEAN COMMISSION, 2014).

Dentro da economia compartilhada, existem diferentes formas de modelos de negócios circulares. Um exemplo é o compartilhamento de produtos, no qual empresas oferecem serviços que permitem aos consumidores utilizar bens sem precisar comprá-los. Isso inclui compartilhamento de carros, bicicletas, equipamentos eletrônicos e roupas. Compartilhar recursos reduz a demanda por novos produtos e diminui a produção de resíduos, como, os plásticos (SCHOR, 2016).

Outra forma é através de plataformas de troca e aluguel, que facilitam a aquisição temporária ou definitiva e o intercâmbio de produtos entre os usuários. Essas plataformas conectam pessoas que possuem um item com aquelas que desejam utilizá-lo temporariamente. Por exemplo, plataformas de aluguel de roupas permitem que as pessoas usem roupas diferentes em ocasiões especiais, evitando a necessidade de comprar roupas novas para cada evento. Serviços de reparo e manutenção também são parte dos modelos circulares. Empresas que oferecem esses serviços prolongam a vida útil dos produtos, permitindo que sejam utilizados por mais tempo. Em vez de descartar um produto quebrado e adquirir um novo, os consumidores têm a opção de consertar e continuar utilizando o mesmo item, evitando desperdício e reduzindo a demanda por produtos novos, aumentando a eficiência na utilização dos recursos disponíveis (ALSTYNE et al., 2016; DA SILVIEIRA, 2016).

Os modelos de negócios circulares trazem benefícios para empresas, consumidores e sociedade como um todo. Esses podem reduzir os custos de produção, aumentam a eficiência energética, minimizam a geração de resíduos e oferecem produtos e serviços mais acessíveis e sustentáveis. No entanto, a implementação desses modelos requer mudanças estruturais e colaboração entre

governos, empresas e consumidores. É necessário estabelecer políticas favoráveis, incentivar a inovação e conscientizar as pessoas sobre os benefícios da economia compartilhada e dos modelos de negócios circulares que podem trazer uma abordagem inovadora e promissora para a transição para uma economia mais circular e resiliente.

6 ESTUDOS DE CASOS

6.1 CASO 1: Adidas - Implementação de Práticas Circulares na Cadeia de Suprimentos

A Adidas, uma renomada empresa do setor de artigos esportivos, é um exemplo inspirador de como a economia circular pode ser implementada com sucesso em uma cadeia de suprimentos para reduzir o uso de plásticos. Em parceria estratégica com a *Parley for the Oceans*, uma organização dedicada à luta contra a poluição plástica nos oceanos, tem havido esforços para transformar resíduos plásticos marinhos em produtos esportivos inovadores e sustentáveis.

Assim, um estudo de caso interessante é a linha de calçados e roupas lançada recentemente pela Adidas, fabricados a partir do plástico reciclado coletado dos oceanos. Essa iniciativa pioneira não só reduz a demanda por plástico virgem, porém também contribui para a limpeza e a preservação dos ecossistemas marinhos. A companhia utiliza materiais reciclados, como garrafas PET e redes de pesca, que são transformados em fios e tecidos para a produção desses produtos (ADIDAS, 2023).

Além disso, a Adidas está investindo em inovações tecnológicas para reduzir ainda mais o uso de microplásticos em seus produtos. Para isso, a empresa dedica recursos significativos em pesquisa e desenvolvimento para encontrar alternativas aos materiais sintéticos que liberam microplásticos durante a lavagem. Isso demonstra um compromisso contínuo em criar materiais esportivos sustentáveis, que não causem poluição quando descartados ou lavados.

Essa abordagem exemplar da Adidas não se limita apenas à produção de produtos sustentáveis, mas também envolve a conscientização dos consumidores sobre a importância da redução do uso de plásticos e da poluição oceânica. Através de campanhas de marketing e engajamento, eventos esportivos e atividades educativas, a Adidas está incentivando uma mudança de comportamento dos

consumidores, promovendo a conscientização sobre a poluição plástica e a importância do consumo consciente.

O caso deste empreendimento demonstra claramente como a economia circular pode ser benéfica na redução do uso de plástico quando aplicada na cadeia de suprimentos. Ao transformar resíduos plásticos marinhos em produtos esportivos de alta qualidade, a Adidas está liderando o caminho para uma indústria mais sustentável, diminuindo a demanda por plástico virgem, reduzindo o impacto ambiental e contribuindo para a preservação dos ecossistemas marinhos.

A empresa tem obtido benefícios significativos ao adotar práticas de economia circular e redução do uso de plástico em sua cadeia de suprimentos. Essas mudanças têm fortalecido sua posição no mercado, atraindo consumidores conscientes e preocupados com o meio ambiente, além de demonstrar responsabilidade corporativa.

Essa abordagem não apenas leva a uma redução no uso de plástico virgem e nas emissões de CO₂, mas também promove uma maior conscientização sobre o problema. Cada produto fabricado passa a ter um significado, representando um símbolo de mudança que estimula perguntas, discussões e abre caminhos para novas ideias sobre como avançar continuamente.

6.2 CASO 2: Natura - Design Circular e Eliminação de Microplásticos em Produtos

Um estudo de caso relevante no contexto brasileiro é a Natura, uma renomada empresa do setor de cosméticos, fragrâncias e produtos de cuidados pessoais. A companhia tem se dedicado ao design circular e à eliminação de microplásticos em seus produtos como parte de seu compromisso com a sustentabilidade. A empresa reconhece o impacto ambiental desses materiais e adotou medidas importantes para reduzir sua presença em sua cadeia de produção (NATURA, 2022).

A Natura implementou diversas estratégias para eliminar o uso de microplásticos em seus produtos. Uma dessas estratégias foi a substituição desses ingredientes por alternativas naturais e biodegradáveis, como esfoliantes feitos de sementes e cascas de frutas. Além disso, a empresa tem investido em pesquisas para encontrar ingredientes sustentáveis que proporcionem resultados semelhantes aos obtidos com microplásticos. Somadas a tais estratégias, a organização tem investido em embalagens sustentáveis, como refis e embalagens feitas de plástico reciclado,

assim como tem colaborado com projetos de coleta e reciclagem de plásticos, contribuindo para a economia circular (NATURA, 2022).

As consequências dessas ações têm sido extremamente positivas para a empresa. Primeiramente, a empresa fortaleceu sua imagem como uma organização comprometida com a sustentabilidade e a preservação do meio ambiente, o que tem sido bem recebido pelos consumidores, especialmente aqueles que estão cada vez mais conscientes sobre a origem dos produtos que utilizam. Além disso, a eliminação de microplásticos permitiu à Natura reduzir sua pegada ecológica e minimizar o impacto negativo de seus produtos nos ecossistemas aquáticos.

Essas práticas permitiram ao negócio desenvolver produtos que atendem às demandas dos consumidores por opções mais sustentáveis, sem comprometer a qualidade ou a eficácia. Dada a inovação e diferenciação, houve uma vantagem competitiva em relação a de outras empresas do setor, fortalecendo a posição da Natura no mercado, já que atendeu às demandas dos consumidores por produtos mais sustentáveis (ARAUJO; LEIG, 2020).

6.3 CASO 3: ENJOEI - Economia Compartilhada e Redução de Microplásticos

Um exemplo notável de uma abordagem inovadora para reduzir o uso de microplásticos por meio da economia compartilhada é a plataforma de e-commerce brasileira “Enjoei”. Essa empresa oferece aos usuários uma plataforma online na qual podem comprar e vender roupas usadas e outros produtos, facilmente acessado por aplicativo instalado no smartphone.

A empresa criou um mercado de segunda mão, permitindo que os usuários listem e vendam seus itens usados, em vez de descartá-los. Essa iniciativa incentiva a economia compartilhada, já que os produtos podem ser reutilizados e ter uma vida útil mais longa. Assim, ao promover a venda de itens usados, a plataforma contribui para a redução da demanda por novos produtos, inclusive roupas fabricadas com tecidos que podem conter microplásticos. O uso prolongado dos produtos diminui a necessidade de produzir novos itens, o que, por sua vez, pode ajudar a reduzir o uso de materiais plásticos e, conseqüentemente, a liberação de microplásticos no meio ambiente (SCHOR, 2016).

Além disso, a Enjoei adota medidas para conscientizar os usuários sobre a importância da sustentabilidade e a redução do impacto ambiental. Para alcançar o objetivo, há compartilhamento de informações sobre o ciclo de vida dos produtos e incentivam os compradores a cuidar e manter seus itens usados, evitando a necessidade de substituí-los com frequência.

A abordagem do *e-commerce* não apenas promove a economia compartilhada, mas também contribui para a redução do uso de microplásticos, incentivando a reutilização e prolongando a vida útil dos produtos. Essa iniciativa exemplifica como a economia compartilhada pode ser uma solução eficaz para abordar questões ambientais, como a redução de microplásticos, enquanto oferece uma alternativa sustentável para os consumidores adquirirem produtos.

7 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A economia circular tem sido adotada para diminuir o uso de microplásticos nas empresas, resultando em impactos positivos na redução desses materiais. Estratégias como substituição de materiais, redesign de produtos e embalagens têm sido implementadas, reduzindo significativamente a quantidade de microplásticos utilizados nos processos produtivos (MACARTHUR, 2015). Além disso, a economia circular busca prevenir a liberação de microplásticos no meio ambiente, através de medidas como controle de resíduos sólidos e práticas de reciclagem avançada (VIER et Al., 2021).

A gestão adequada de resíduos também tem sido aprimorada pela economia circular, com práticas de reciclagem, reutilização e valorização de resíduos, evitando que os microplásticos sejam destinados a aterros ou descartados de forma inadequada (LUZ, 2017).

Contudo, a implementação da economia circular enfrenta desafios, como barreiras culturais e comportamentais, questões econômicas e financeiras, aspectos legais e regulatórios, e desafios na cadeia de suprimentos. A mudança de mentalidade e a conscientização dos colaboradores são aspectos importantes para superar as resistências à mudança (BONCIU, 2014; LUZ, 2017). Além disso, a transição para um modelo de ciclo fechado pode exigir investimentos adicionais e afetar os modelos de negócio das empresas. As limitações legais e regulatórias também precisam ser

consideradas, com estratégias de engajamento com as autoridades reguladoras e monitoramento constante das mudanças legislativas (LUZ, 2017).

A implementação da economia circular também requer cooperação e envolvimento de fornecedores, clientes e parceiros comerciais na cadeia de suprimentos. Estratégias como comunicação transparente e compartilhamento de melhores práticas são exploradas para superar esses desafios (LYRA et al., 2009).

Durante o estudo de caso da Natura, pode-se constatar que em 2022, o IP&L analisou o impacto da empresa na sociedade, considerando aspectos humanos, sociais e ambientais em sua cadeia de valor. O estudo revelou um resultado positivo de R\$ 34,2 bilhões, o que significa que cada R\$ 1 de receita gerou um impacto socioambiental positivo de R\$ 2,7. Esse desempenho foi impulsionado pela melhoria da renda das consultoras, especialmente no Brasil, além do pagamento de impostos e do uso de matérias-primas. No entanto, houve um impacto negativo de R\$ 3,6 bilhões no capital natural devido a uma atualização no cálculo dessa dimensão. Os números destacam a relevância da contribuição da Natura para as dimensões social e humana, com um impacto líquido positivo de R\$ 18,1 bilhões e R\$ 19,6 bilhões, respectivamente (NATURA, 2023). Refletindo a efetividade das práticas mais sustentáveis adotadas pela empresa.

Em suma, a economia circular tem demonstrado impactos positivos na redução do uso de microplásticos nas empresas, mas enfrenta limitações e desafios. A literatura destaca tendências, estratégias e abordagens relevantes, como a transição para materiais alternativos, o design circular, a cooperação entre empresas e setores, o eco-design, a reciclagem avançada, a economia de compartilhamento e a extensão da vida útil dos produtos (WEBSTER, 2015). A avaliação do ciclo de vida, o engajamento dos *stakeholders* e a conscientização são fundamentais para o sucesso da implementação da economia circular e para a redução do uso de microplásticos (BONCIU, 2014).

Apesar dos desafios, a inovação tecnológica, a colaboração setorial e as políticas públicas representam oportunidades para promover a economia circular. A redução do uso de microplásticos por meio desse modelo é uma abordagem promissora e contribui para um futuro mais sustentável e com menor impacto ambiental.

8 CONCLUSÕES

Com base na revisão de literatura realizada, pode-se concluir que:

- A economia circular e a redução do uso de microplásticos desempenham um papel crucial na abordagem dos desafios ambientais e na promoção da sustentabilidade nas empresas;
- Com a adoção de práticas circulares, as empresas não apenas minimizam seu impacto ambiental, porém também colhem benefícios econômicos, sociais e de reputação.
- Há necessidade de aumento da implementação do modelo de economia circular (EC) para reduzir os impactos ambientais, por exemplo, com o crescente problema da poluição por microplásticos e seus impactos negativos no meio ambiente e na saúde humana;
- A mudança passa pelo incentivo à pesquisa, para encontrar soluções ambientalmente corretas, e pela conscientização e colaboração entre indústrias, governo, comerciantes e consumidores;
- As práticas passam pela substituição do uso de plástico no dia a dia e na fabricação de produtos; aumento dos índices e da eficácia da reciclagem de plástico; reutilização de produtos plásticos; mudança no design de produtos, entre outras medidas;
- Há muitos benefícios da aplicação dessas medidas, como a conservação de recursos naturais, a diminuição da poluição, o estímulo à inovação tecnológica, a geração de empregos verdes e a melhoria da imagem corporativa;
- Há exemplos de sucesso, como os estudos de caso da Natura, Adidas e Enjoei;
- Por fim, espera-se que as informações e recomendações apresentadas neste trabalho forneçam uma base sólida para empresas interessadas em adotar a economia circular como estratégia para reduzir o uso de microplásticos. A transição para uma abordagem de ciclo de vida completo requer ações concretas e o comprometimento das empresas, mas os benefícios tanto para o meio ambiente quanto para as próprias organizações são inestimáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRELPE. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil. 54 p., 2021.

ADIDAS. **Sustentabilidade**. 2023. Disponível em: <<https://www.adidas.com.br/sustentabilidade/linha-do-tempo>>. Acesso em: 07 de julho de 2023.

AKDOGAN; GUVEN. **Microplastics in the environment: A critical review of current understanding and identification of future research needs**. 2019.

ALENCAR, V. E. M.; SILVA, R. N. Educação ambiental na percepção de professores de escolas públicas, localizadas em Jaramataia/AL, Brasil. **Diversitas Journal**, v. 5, n. 3, p. 1658-1670, 2020.

AL-SALEM, Sultan; LITTIERI, Paola. Recycling and recovery routes of plastic solid waste (PSW): A review. **Waste Management**, v.29, p.2625–2643, 2009.

ALSTYNE, M. W. V, Parker, G. G., & Choudary, S. P. (2016). Pipelines, Plataformas e Novas Regras de Estratégia. **Harvard Business Review**, 94 (4), 32-40.

ANDRADY, A. L. The plastic in microplastics: A review. **Marine Pollution Bulletin**, v. 119, n. 1, p. 12–22, 2017.

ARAÚJO, Fernanda Silveira de; LEIG, Luiza Breustedt. Economia circular em biocosméticos. 2020.

BARBOZA, L.G.A. et al.; Single and combined effects of microplastics and mercury on juveniles of the European seabass (*Dicentrarchus labrax*): Changes in behavioural responses and reduction of swimming velocity and resistance time. (2018) **Environmental Pollution**. v. 236; pg. 1014-1019

BELO HORIZONTE. **Lei Municipal nº 9.529/2008**, de 27 de fevereiro de 2008. Dispõe sobre a substituição do uso de saco plástico de lixo e de sacola plástica por saco de lixo ecológico e sacola ecológica, e dá outras providências. Disponível em: <<https://www.cmbh.mg.gov.br/comunica%C3%A7%C3%A3o/not%C3%ADcias/2008/02/bh-%C3%A9-primeira-capital-brasileira-proibir-sacolaspl%C3%A1sticas>>. Acesso em: 30 de maio de 2023.

BERTOLDI, C. F. **Distribuição espaçotemporal, abundância e caracterização de microplásticos em águas superficiais do Lago Guaíba**, 2022. Tese (Doutorado) – (Programa de Pós-Graduação em Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Química, Porto Alegre, RS. Disponível em:< <http://hdl.handle.net/10183/235554>>. Acesso em: 20 de junho de 2023.

BESEN, G. R. A Questãoda Coleta Seletiva Informal. In: JARDIM, A.; YOSHIDA, C.; FILHO, J.V.M. **Política Nacional, Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos**.1a ed. São Paulo: Manole, 2012. p. 390-414

BONCIU, F. The European Economy: From a Linear to a Circular Economy. **Romanian Journal of European Affairs** 14(4), 78-91, 2014.

BRASIL. Assembleia Legislativa. **Projeto de Lei do Senado nº 322**, de 2011. Estabelece a proibição de utilização, fabricação, importação, comercialização e distribuição de sacolas plásticas que contenham polietileno, propileno e polipropileno. Disponível em:

<<https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/100634>>. Acesso em 30 de maio de 2023.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 3 ago. 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 30 de maio de 2023.

CAMPANALE et al. A Detailed Review Study on Potential Effects of Microplastics and Additives of Concern on Human Health. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, [S.L.], v. 17, n. 4, p.1212-1238, fev. 2020.

CARVALHO, D. G.; BAPTISTA NETO, J. A. Microplastic pollution of the beaches of Guanabara Bay, Southeast Brazil. **Ocean & Coastal Management**, v. 128, p. 10-17, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2016.04.009>> 0964-5691>. Acesso em: 10 de junho de 2023.

CEDERVALL, T.; HANSSON, L. LARD, M.; FROHM, B.; LINSE, S. **Food chain transport of nanoparticles affects behaviour and fat metabolism in fish**. Plos One, v. 7, n. 2, 6 p. 2012. Disponível em: <<http://doi.org/10.1371/journal.pone.0032254>>. Acesso em: 10 de junho de 2023.

CHEN, Y., LI, X., ZHANG, X., ZHANG, Y., GAO, W., WANG, R., & HE, D. (2022). Air conditioner filters become sinks and sources of indoor microplastics fibers. **Environmental Pollution**, 292 (Part B), 118465. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118465>>. Acesso em: 12 de junho de 2023.

CHEN, Y. et al. Bisphenol A-induced DNA damages promote to lymphoma progression in human lymphoblastoid cells through aberrant CTNNB1 signaling pathway. **iScience**, v. 24, n. 8, p. 102888, 2021

CLARK, G. **Evolution of the global sustainable consumption and production policy and the United Nations Environment Programme' s (UNEP) supporting activities**. 15, 492–498, 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2006.05.017>>. Acesso em 10 de junho de 2023.

COLE, Matthew et al. Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. **Marine Pollution Bulletin**, v. 62, n. 12, p. 2588–2597, 2011.

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA A RECICLAGEM. Panorama da Coleta Seletiva no Brasil. **Ciclossoft 2023**. Disponível em <https://ciclossoft.cempre.org.br/>. Acesso em: 29 de maio de 2023.

CONKLE, J. L.; BÁEZ DEL VALLE, C. D.; TURNER, J. W. Are We Underestimating Microplastic Contamination in Aquatic Environments? **Environmental Management**, p. 1–8, 2017.

COMISSÃO EUROPEIA. A economia circular: interligação, criação e conservação de valor. União Europeia, 2014.

COSTA, J. P. Micro and nanoplastics in the environment: research and policymaking. **Current Opinion in Environmental Science & Health**, v. 1, p. 12-16, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.coesh.2017.11.002>>. Acesso em 02 de junho de 2023.

COSTA, J. P. SANTO, P. S. M., DUARTE, A. C.; ROCHA-SANTOS, T. (Nano)plastics in the environment – Sources, fates and effects. **Science of the Total Environment**, v. 566–567, p. 15-26, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.05.041>>. Acesso em: 07 de junho de 2023.

COSTANZA, R., Daly, H.E., 1992. **Conservation Biology**. Natural Capital and Sustainable Development. 6 (1), 37-46, 1992.

COX, K. D., COVERNTON, G. A., DAVIES, H. L., DOWER, J. F., JUANES, F., & DUDAS, S. E. Human Consumption of Microplastics. **Environmental Science & Technology**, vol. 53, no. 12, June 2019, pp. 7068–74. Disponível em: <<https://doi.org/10.1021/acs.est.9b01517>>. Acesso em: 10 de junho de 2023.

CÚPULA DAS NAÇÕES UNIDAS. **Cúpula sobre Mudanças Climáticas**. Paris, 30 de novembro a 12 de dezembro de 2015.

DA SILVEIRA, Lisilene Mello; PETRINI, Maira; DOS SANTOS, Ana Clarissa Matte Zanardo. Economia compartilhada e consumo colaborativo: o que estamos pesquisando? **REG-Revista de Gestão**, v. 23, n. 4, p. 298-305, 2016.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION (EMF). **Towards the circular economy**: Economic and business rationale for an accelerated transition. Isle of Wight: EMF, 2012. (v. 1).

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION (EMF). **A New Textiles Economy**: Redesigning Fashion's Future. 2017. Disponível em: <<https://ellenmacarthurfoundation.org/a-new-textiles-economy>>. Acesso em: 12 de junho de 2023.

ENFRIN, M.; DUMÉE, L.F.; LEE, J. Nano/microplastics in water and wastewater treatment processes: origin, impact and potential solutions. **Water Research**, v. 161, p. 621-628, 2019.

European Bioplastics e.V. Position of European Bioplastics: Biodegradable Plastics Do Not Cause Persistent Microplastics. 2021. Disponível em: <https://docs.european-bioplastics.org/publications/pp/EUBP_PP_Biodegradable_plastics_do_not_cause_persistent_microplastics.pdf>. Acesso em: 28 de junho de 2023.

FDA - Food and Drug Administration. **The Microbead-Free Waters Act**: FAQs, 2017. Disponível em: <<https://www.fda.gov/Cosmetics/GuidanceRegulation/LawsRegulations/ucm531849.htm>>. Acesso em 28 de junho de 2023.

FOEKEMA, Edwin M et al. Foekema EM. Plastic in North Sea Fish. **ES&T** 2013. **Environmental Science & Technology**, v. 47, p. 8818–8824, 2013.

FOOTPRINT NETWORK. Measure what you treasure. Disponível em: <<https://www.footprintnetwork.org/>>. Acesso em: 07 de junho de 2023.

FONSECA, L. H. A. Reciclagem: o primeiro passo para a preservação ambiental. **Revista Científica**, v. 1, n. 1, p. 1-30, 2013.

FRANCHETTI, S. M. M.; MARCONATO, J. C. Polímeros biodegradáveis - uma solução parcial para diminuir a quantidade dos resíduos plásticos. **Química Nova**, v. 29, n. 4, p. 811–816, jul. 2006.

GESAMP Guidelines for the Monitoring and Assessment of Plastic Litter in the Ocean; 2019.

GONÇALVES, Ana Catarina Serra et al. **Ocorrência de microplásticos em zonas intermareais e sua relação com variáveis ambientais**. 2016. 92 f. Universidade de Lisboa, 2016.

GROH, K. J.; Backhaus, T.; Carney-Almroth, B.; Geueke, B.; Inostroza, P. A.; Lennquist, A.; Leslie, H. A.; Maffini, M.; Slunge, D.; Trasande, L.; Warhurst, A. M.; Muncke, J. **Overview of Known Plastic Packaging-Associated Chemicals and Their Hazards**. *Sci. Total Environ.* 2019, 651, 3253–3268. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2018.10.015>>. Acesso em: 10 de junho de 2023.

HERMABESSIERE, L. et al. Occurrence and effects of plastic additives on marine environments and organisms: a review. **Chemosphere**, v. 182, p. 781-793, 2017.

HERRERA, A.; GARRIDO-AMADORA, P.; MARTÍNEZA, I.; SAMPER, M. D.; LÓPEZ-MARTÍNEZ, J.; GÓMEZA, M.; PACKARDA, T. T. Novel methodology to isolate microplastics from vegetal-rich samples. **Marine Pollution Bulletin**, v. 129, p. 61-69, 2018.

HIRAI, H. et al. Organic micropollutants in marine plastics debris from the open ocean and remote and urban beaches. **Marine Pollution Bulletin**, v. 62, p. 1683-1692, 2011.

HORTON, A. A.; WALTON, A.; SPURGEON, D. J.; LAHIVE, E.; SVENDSEN, C. Microplastics in freshwater and terrestrial environments: Evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities. **Science of the Total Environment**, v. 586, p. 127-141, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.190>>. Acesso em: 13 de maio de 2023.

HÜFFER, T. et al. Polyethylene microplastics influence the transport of organic contaminants in soil. **Science of the Total Environment**, v. 657, p. 242-247, 2019.

ISO 2020. **Plastics — Environmental aspects — State of knowledge and methodologies**. REPORT. ISO/TR. 21960. Reference number. ISO/TR 21960:2020€.

JIA, H. et al. Impact of microplastics on bioaccumulation of heavy metals in rape (*Brassica napus* L.). **Chemosphere**, v. 288, p. 132576, 2022.

JONES, Frances. A Promessa dos Bioplásticos. **PESQUISA FAPESP**, abr. 2020, 290. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2020/04/073-076_bioplastico_290.pdf>. Acesso em: 28 de junho de 2023.

KARAYILAN, S., Yılmaz, Ö., Uysal, Ç., & Naneci, S. (2021). Prospective evaluation of circular economy practices within plastic packaging value chain through optimization of life cycle impacts and circularity. *Resources, Conservation and Recycling*, 173(June). Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105691>>. Acesso em: 28 de junho de 2023.

LA NASA, J. et al. Plastic breeze: volatile organic compounds (VOCs) emitted by degrading macroand microplastics analyzed by selected ion flow-tube mass spectrometry. **Chemosphere**, v. 270, p. 128612, 2021.

LAHIVE, E. et al. Earthworms ingest microplastic fibres and nanoplastics with effects on egestion rate and long-term retention. **Science of the Total Environment**, v. 807, n. part 3, p. 151022, 2021.

LAU, W. W. Y., Shiran, Y., Bailey, R. M., Cook, E., Stuchtey, M. R., Koskella, J., ... Palardy, J. E. (2020). Evaluating scenarios toward zero plastic pollution. **Science**, 369(6509), 1455–1461. Disponível em: <<https://doi.org/10.1126/SCIENCE.ABA9475>>. Acesso em: 28 de junho de 2023.

LAWS, M.J. et al. Endocrine disrupting chemicals and reproductive disorders in women, men, and animal models. **Adv. Pharmacol.**, v. 92, p. 151-190, 2021.

LEAL, D. **Design por todos**: abordagem metodológica para capacitação criativa e inovação social. Universidade do Porto. 2020.

LEBRETON, L et al. **Evidence that the Great Pacific Garbage Patch is rapidly accumulating plastic**. Scientific Reports. [S.l.]: Springer US, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/s41598-018-22939-w>>.

LEITÃO, Alexandra. **Economia Circular: uma nova filosofia de gestão para o séc. XXI**. Portuguese Journal of Finance, Management and Accounting. V. 1, nº 2, p. 149-171. Setembro, 2015.

LETT, Zachary et al. Environmental microplastic and nanoplastic: exposure routes and effects on coagulation and the cardiovascular system. **Environmental Pollution**, [S.L.], v. 291, dez. 2021.

LI, L., Zuo, J., Duan, X., Wang, S., Hu, K., & Chang, R. (2021). Impacts and mitigation measures of plastic waste: A critical review. *Environmental Impact Assessment Review*, 90(July), 106642. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.eiar.2021.106642>>. Acesso em: 10 de junho de 2023.

LI, L. et al. Uptake and accumulation of microplastics in an edible plant. **Chinese Science Bulletin**, v. 64, n. 9, p. 928–934, 2019.

LIMA, L.; CAIXETA FILHO, J. Conceitos e práticas de logística reversa. **Revista Tecnológica**, ano VI, n. 66, p. 54-58,2001.

LIMA, R. M. S. R. **Implantação de um Programa de Coleta Seletiva Porta a Porta com Inclusão de Catadores: Estudo de Caso em Londrina-PR**.2006. 168 f. Dissertação (Mestre em Engenharia de Edificações e Saneamento). Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2006. Disponível em: <<http://www.uel.br/pos/enges/portal/pages/arquivos/dissertacao/29.pdf>>. Acesso em: 28 de junho de 2023.

LIU, S. et al. Interactions between microplastics and heavy metals in aquatic environments: a review. **Frontiers in Microbiology**, v. 12, p. 730, 2021.

LUZ, Beatriz. (Org.). **Economia circular Holanda: Brasil: da teoria à prática**. 1. ed. -- Rio de Janeiro: Exchange 4 Change Brasil, 2017.

LYRA, M. G.; GOMES, R. C.; JACOVINE, L. A. G. O papel dos stakeholders na sustentabilidade da empresa: contribuições para construção de um modelo de análise. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 13, n. spe, p. 39–52, jun. 2009.

MA, X., Park, C., & Moultrie, J. (2020). Factors for eliminating plastic in packaging: The European FMCG experts' view. **Journal of Cleaner Production**, 256, 120492. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120492>>. Acesso em: 10 de maio de 2023.

MANO, E.B.; MENDES, L.C. **Introdução a polímeros**. 2ed, São Paulo: Edgard Blucher, 1999. 191p.

MASOUMI, H.; SAFAVI, S.; KHANI, Z. Identification and Classification of Plastic Resins using Near Infrared Reflectance. **Waset.Ac.Nz**, v. 6, n. 5, p. 213–220, 2012.

MASURA, Julie et al. Laboratory Methods for the Analysis of Microplastics in the Marine Environment: Recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments. **National Oceanic and Atmospheric Administration U.S.**, n. July, p. pp 18, 2015.

MONTEIRO, Alessandra da Rocha Duailibe. **Contribuição da reciclagem química de resíduos plásticos para o desenvolvimento sustentável**. 2018. 339f. Tese [Doutorado em Engenharia Química] Pós-graduação em Engenharia Química. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2018.

MINGO, N. D., LIMA, C. R. D. **Cadernos de Meio Ambiente, Volume 4 – Limpeza Pública**. Vitória: Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Serviços, 2002. 46p. il.

MONTAGNER, Cassiana C. et al. Microplásticos: Ocorrência Ambiental e Desafios Analíticos. **Química Nova**, v. 44, p. 1328-1352, 2021.

MUNNO, Keenan et al. Impacts of temperature and selected chemical digestion methods on microplastic particles. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 37, n. 1, p. 91–98, 2018.

NATURA (2023). Relatório anual 2022. Disponível em: <https://static.rede.natura.net/html/br/06_2023/relatorio-anual-2022/Relatorio_Integrado_Natura_eCo_America_Latina_2022.pdf?iprom_id=relatorio-anual_hiperlink-texto&iprom_name=destaque2_relatorio-anual-2022_29062023&iprom_creative=pdf_aqui_relatorio-anual-2022&iprom_pos=1>. Acesso em: 12 de junho de 2023.

NAZÁRIO, Gabriel Fernando et al. Madeira plástica: Uma revisão conceitual. **Revista Engenharia em Ação UniToledo**, v. 1, n. 01, 2016.

OBERBECKMANN, S.; LABRENZ, M. Marine microbial assemblages on microplastics: diversity, adaptation, and role in degradation. **Annual Review of Marine Science**, v. 12, n. 1, p. 209–232, 2020

ONISHI, T. (2019), Uniqlo and Toray challenge to develop fashion products made from post-consumer plastic bottles and apparel. **Nikkei Business**. Disponível em: <<https://business.nikkei.com/atcl/gen/19/00002/091800690/>>. Acesso em: 18 de junho de 2023.

ORY, N. C.; Lehmann, A.; Javidpour, J.; Stöhr, R.; Walls, G. L.; Clemmesen, C. **Factors Influencing the Spatial and Temporal Distribution of Microplastics at the Sea Surface – A Year-Long Monitoring Case Study from the Urban Kiel Fjord, Southwest Baltic Sea**. *Sci. Total Environ.* 2020, 736, 139493. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139493>>. Acesso em: 23 de maio de 2023.

OVERSHOOT DAY. Earth Overshoot day. Disponível em: <<https://www.overshootday.org/>>. Acesso em 7 de junho de 2023.

PÊSSOA, Vitor Alves de Figueiredo. **Reciclagem e reutilização de materiais poliméricos plásticos**. 2018. 50f. Projeto [Graduação em Engenharia de Materiais] Escola Politécnica. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

Plastics Europe. 2017. "Plastic - The Facts 2017." **European Association Of Plastics Recycling**: 44.

PNUD – PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. PNUD/UNESCO. Os objetivos de desenvolvimento sustentável, 2015. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>>. Acesso em 22 maio 2023.

PRATA, Joana Correia et al. Environmental exposure to microplastics: an overview on possible human health effects. **Science of the Total Environment**, [S.L.], v. 702, fev. 2020.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. **Lei Municipal nº 15.374** de 18 de maio de 2011. Dispõe sobre a proibição da distribuição gratuita ou venda de sacolas plásticas a consumidores em todos os estabelecimentos comerciais do Município de São Paulo, e dá outras providências. Disponível em: <http://www3.prefeitura.sp.gov.br/cadlem/secretarias/negocios_juridicos/cadlem/integra.asp?alt=19052011L%20153740000>. Acesso em: 22 de maio de 2023.

QIN, M., Chen, C., Song, B., Shen, M., Cao, W., Yang, H., ... Gong, J. (2021). A review of biodegradable plastics to biodegradable microplastics: Another ecological threat to soil environments? **Journal of Cleaner Production**, 312(June), 127816. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127816>>. Acesso em 10 de junho de 2023.

QIU, Q.; TAN, Z.; WANG, J.; PENG, J.; LI, M.; ZHAN, Z. Extraction, enumeration and identification methods for monitoring microplastics in the environment. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 176, p. 102-109, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ecss.2016.04.012>>. Acesso em: 20 de junho de 2023.

RAHMAN, A.; Sarkar, A.; Yadav, O. P.; Achari, G.; Slobodnik, J. **Potential Human Health Risks Due to Environmental Exposure to Nano- and Microplastics and Knowledge Gaps: A Scoping Review**. *Sci. Total Environ.* 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2020.143872>>. Acesso em: 10 de maio de 2023.

RENNER, G.; SCHMIDT, T. C.; SCHRAM, J. Analytical methodologies for monitoring micro (nano) plastics: Which are fit for purpose? **Environmental Science & Health**, v. 1, p. 55-61, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.coesh.2017.11.001>>. Acesso em: 20 de junho de 2023.

RODRIGUES, M. O. et al. Effectiveness of a methodology of microplastics isolation for environmental monitoring in freshwater systems. **Ecological Indicators**, v. 89, n. February, p. 488–495, 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X18301237>>. Acesso em: 12 de junho de 2023.

ROMEIRO, A. R. Desenvolvimento sustentável: uma perspectiva econômico-ecológica. **Estudos Avançados**, v. 26, n. 74, p. 65–92, 2012.

SANTOS, A. S. F.; AGNELLI, J. A. M.; MANRICH, S. Tendências e desafios da reciclagem de embalagens plásticas. **Polímeros**, v. 14, n. 5, p. 307–312, out. 2004.

SANTOS, Liliana R. **Avaliação da Eficiência da Separação de Plásticos de Resíduos Sólidos Urbanos por Métodos de Dissolução Selectiva**. 2009. Tese de Doutorado. Universidade do Minho (Portugal).

SHEN, M. et al. Removal of microplastics via drinking water treatment: Current knowledge and future directions. **Chemosphere**, v. 251, p. 126612, 2020.

SCHYMANSKI, D.; GOLDBECK, C.; HUMPF, H-U.; FURST, P. Analysis of microplastics in water by micro-Raman spectroscopy: Release of plastic particles from different packaging into mineral water. *Water Research*, v. 129, p. 154-162, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.11.011>>. Acesso em: 28 de junho de 2023.

SCHOR, Juliet e cols. Debatendo a economia compartilhada. **Journal of self-governance and management economics**, v. 4, n. 3, pág. 7-22, 2016.

SILVA, Ana Júlia Fonseca da; CARVALHO, Gabriela Pedroso; RODRIGUES, Érick Mendes; ALVES, Fernando Teixeira; ALVES, Carlos Júnior de Souza. **O impacto dos microplásticos em nosso planeta e sua substituição**, 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Técnico em Biotecnologia) - Escola Técnica Estadual Professor Carmelino Corrêa Júnior, Franca, SP. Disponível em: <<http://ric.cps.sp.gov.br/handle/123456789/10033>>. Acesso em: 10 de junho de 2023.

SILVA, J. B.; BASTOS, A. S.; JUSTINO, C. I. L.; COSTA, J. P.; DUARTE, A. C.; ROCHA-SANTOS, T. A. P. Microplastics in the environment: Challenges in analytical chemistry - A review. *Analytica Chimica Acta*, v. 1017, p.1-19, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.aca.2018.02.043>>. Acesso em: 20 de junho de 2023.

SPINACÉ, M. A. DA S.; DE PAOLI, M. A. A tecnologia da reciclagem de polímeros. **Química Nova**, v. 28, n. 1, p. 65–72, jan. 2005.

SUN, W. et al. Joint effects of microplastic and dufulin on bioaccumulation, oxidative stress and metabolic profile of the earthworm (*Eisenia fetida*). **Chemosphere**, v. 263, p. 128171, 2021.

TIEN, C.J.; WANG, Z.X.; CHEN, C.S. Microplastics in water, sediment and fish from the Fengshan River system: relationship to aquatic factors and accumulation of polycyclic aromatic hydrocarbons by fish. **Environmental Pollution**, v. 265, p. 114962, 2020.

VIER, Margarete Blume et al. Reflexões sobre a Economia Circular. **COLÓQUIO-Revista do Desenvolvimento Regional**, v. 18, n. 4, out/dez, p. 27-47, 2021.

WALDSCHLÄGER, Kryss et al. O caminho do microplástico pelo meio ambiente – Aplicação do modelo fonte-via-receptor. **Ciência do Meio Ambiente Total**, v. 713, p. 136584, 2020.

WEBSTER, K. (2015). **The circular economy: a wealth of flows**. United Kingdom: Ellen MacArthur Foundation Publishing.

WEB OF SCIENCE. Clarivate. Disponível em <<https://www-webofscience.ez26.periodicos.capes.gov.br/wos/woscc/analyze-results/a75bf009-9d08-426a-a4f9-62145fd778c0-933d64d4>>. Acesso em 22 de junho de 2023.

WRIGHT, S. L. et al. Atmospheric microplastic deposition in an urban environment and an evaluation of transport, **Environment International**, V. 136, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105411>>. Acesso em: 28 de junho de 2023.

YUAN, J.; MA, J.; SUN, Y.; ZHOU, T.; ZHAO, Y.; YU, F. Microbial degradation and other environmental aspects of microplastics/plastics. **Science of the Total Environment**, v. 715, p. 136–968, 2020.

ZANIRATO, S. H.; ROTONDARO, T. Consumo, um dos dilemas da sustentabilidade. **Estudos Avançados**, v.30, n.88, 2016.

ZHAO, Y-B, Lv, X-D, Ni, H-G.; **Solvent-based separation and recycling of waste plastics: A review**, 2018.