



APLICAÇÃO DO BIOPLÁSTICO: ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL NÃO UTILIZADA

Ana B. Silva

Universidade Paulista- UNIP, analu.bianca@hotmail.com

Aline Lima

Universidade Paulista- UNIP, alineramoslim@gmail.com

Ernesto Giglio

Universidade Paulista- UNIP, ernesto.giglio@gmail.com

Ernesto D. Gonzalez

Universidade Paulista- UNIP, santibanez.ernesto@gmail.com

Resumo

O plástico é um material que não se decompõe naturalmente no meio ambiente, tornando-se um grande problema ambiental. Como resposta, a indústria busca alternativas e mudanças na cadeia de suprimentos que contém o plástico, surgindo o bioplástico, que se degrada mais rapidamente que o plástico comum e é mais fácil de reciclar. O artigo investiga a produção acadêmica sobre o uso do bioplástico, os avanços, as resistências, as alternativas tecnológicas. Após a aplicação dos filtros, foram analisados 67 artigos dos últimos cinco anos. Verificou-se que as estratégias adotadas no combate à poluição causada pelo plástico são insuficientes, pois a taxa de reciclagem não acompanha a taxa de uso e descarte incorreto do plástico. Apesar da alternativa do bioplástico, ela ainda não se consolidou, especialmente pelos custos de pesquisa, mudança de maquinário para essa modalidade e apoio de políticas públicas específicas para este caso. Em alguns artigos explicitou-se a distância entre soluções tecnológicas e acadêmicas, versus as dificuldades de adoção de novas estratégias pelos empresários, apegados a modelos lineares de produção. Ao final apresentamos algumas sugestões

Palavras-chave: Bioplásticos; Desenvolvimento sustentável; Reciclagem; Análise bibliométrica; Estratégia.

1. Introdução

Os resíduos plásticos têm crescido exponencialmente desde a década de 1950, chegando a um total previsto de 400 milhões de toneladas em 2023 e 1.100 milhões de toneladas em 2050, sendo 36% do plástico produzido utilizado em embalagens de alimentos e bebidas. Ocorre que 85% do descarte é realizado em aterros sanitários ou não regulamentados, ou seja, descartado irregularmente no meio ambiente (UN, 2023). Segundo o PNUMA, apenas 9% de todo o plástico produzido foi reciclado, 12% foram incinerados e o restante foi empilhado em aterros sanitários (Nações Unidas, 2023).

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS 2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

GOVERNOS PUC-CAMPINAS EESC - USP COMITÊS PCJ Agência das Bacias PCJ

A indústria global de plástico está enfrentando pressões para mudar nos próximos anos. Do lado da demanda da cadeia de abastecimento, os consumidores estão mudando para formatos verdes e, portanto, mais inclinados para bioplásticos e biopolímeros, principalmente PLA, devido aos seus benefícios abundantes em relação aos produtos plásticos convencionais. Do outro lado da cadeia de abastecimento, a disponibilidade de resina natural na região da Ásia-Pacífico contribuiu para o alto consumo de bioplásticos e biopolímeros. Há também uma demanda potencial da indústria de embalagens que, além das crescentes preocupações com a saúde dos produtos petrolíferos deve impulsionar as vendas de bioplásticos e biopolímeros na próxima década.

De acordo com a European Bioplastics, a produção global de bioplásticos em 2020 foi de cerca de 2,1 milhões de toneladas e deverá aumentar em 2,8 milhões de toneladas até 2025. Isso significa menos de 1% da produção global total de plástico. A região da Ásia-Pacífico comanda a produção de mais de 45% dos bioplásticos e biopolímeros, com valor de US\$ 2.548,3 milhões em 2021. Atualmente, um quarto da capacidade de produção está localizado na Europa, marcando a segunda posição no mercado mundial de bioplásticos e mercado de biopolímeros. A pergunta é: por que o uso de bioplásticos ainda não decolou, apesar das vantagens?

O plástico causa problemas ambientais na terra e na água e a capacidade de reciclagem e regeneração de áreas não acompanha o ritmo da poluição. Estudos convergem na necessidade da busca de inovações, como o bioplástico, que aparece como alternativa em 2012, não sendo derivado do petróleo e é biodegradável (Accinelli et al., 2012).

A busca de alternativas na cadeia produtiva e na reciclagem pode ser compreendida na perspectiva da economia circular, que é a alternativa à economia linear. Uma tecnologia como o bioplástico pode contribuir com soluções de sustentabilidade, podendo até ser um recurso competitivo, num campo organizacional que cada vez mais privilegia as empresas e os produtos que seguem as diretrizes de sustentabilidade (Appolloni et al., 2022; Temple-West, 2023). Autores afirmam que o grande desafio do bioplástico é ter um custo e preço final competitivo comparado ao plástico tradicional (Appolloni et al., 2022; Temple-West, 2023).

A adoção de plásticos compostáveis simplifica o gerenciamento de resíduos e devolve carbono ao solo como composto. A absorção anaeróbica de plásticos biodegradáveis fornece uma proporção ideal de carbono para nitrogênio no processo, causando menos emissões. Os plásticos biodegradáveis substituem os plásticos não degradáveis em produtos com potencial de vazar para o meio ambiente, superando a poluição plástico.

De nossa parte, a partir de evidências iniciais que levaram a este artigo, uma dificuldade é a disposição dos empresários e o apoio dos governos em substituir um modelo de produção linear para um modelo de produção circular. Não basta virar uma chave. É preciso virar uma mentalidade sobre a função comercial e social das empresas.



Diante do desafio de substituição de produtos poluentes, buscamos a produção acadêmica sobre o bioplástico como alternativa, em artigos na base Scopus, com as expressões estratégia; bioplásticos; desenvolvimento sustentável e reciclagem de plástico.

A busca resultou em 776 estudos. O refinamento da leitura do título, resumo, palavras-chave e conclusão, resultou em 67 artigos alinhados ao objetivo da investigação. O artigo relata o caminho dessa busca, as análises e a conclusão. Iniciamos com a descrição do contexto sobre o bioplástico como opção, apresentamos a base teórica utilizada para análise dos artigos, o caminho da pesquisa, as análises e conclusões.

Mais do que reunir o material, realizamos um esforço para vislumbrar onde estariam os caminhos realistas de modificação do quadro atual.

2. Contexto e gestão do bioplástico

Neste item informa-se resumidamente sobre a produção, tecnologia e gestão do bioplástico, conforme fontes secundárias. O objetivo é criar um primeiro quadro dos desafios e das alternativas presentes, antes de analisar a produção acadêmica.

O que encontramos como discurso básico em entrevistas, pesquisas de mercado, relatos empresariais sobre o tema é que existem pressões de várias instituições e segmentos da sociedade para ações ambientais, incluindo a mudança de produtos poluentes, como o plástico. Por exemplo, nas escolas, em todos os níveis, há um discurso de sustentabilidade, buscando a mudança de comportamento da população.

Um ranking na Financial Times (2023), que apresenta 100 dos melhores programas de MBA em tempo integral do mundo, utiliza como um dos critérios o ensino e prática de ações sustentáveis. Uma orientação importante nesses cursos, que formam os futuros empresários, é colocar a sustentabilidade como a nova e ideal forma de negócios, em substituição à velha forma de produção linear (Moshood et al., 2023).

Em laboratórios ocorrem testes de tipos de bioplástico com base de amido, o que facilita a gestão de resíduos. Em pesquisas de mercado avalia-se a preocupação ambiental do consumidor e sua intenção de compra e uso do bioplástico (Cucina et al., 2022; Moshood et al., 2023; Temple-West, 2023).

A alternativa do bioplástico existe como realidade desde 2012. No decorrer dos anos de pesquisa, transformou-se em uma alternativa tecnológica sustentável viável, para substituir os polímeros derivados do petróleo. Os produtos resultantes do uso do bioplástico têm potencial para diminuir a poluição no ambiente ocasionado pelo plástico (Ahsan et al., 2023; Álvarez-Chávez et al., 2012).

Apesar de algum incentivo de políticas públicas, ainda é necessário avançar em pesquisas e políticas fiscais. Conforme pesquisas robustas de qualidade e certificação de biodegradabilidade de produtos que utilizam bioplástico, já se provou sua utilidade (OECD 310, 2022).

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS 2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

Na ponta de gestão de resíduos também existem pressões e evidências de estudos para substituição do plástico (Cucina et al., 2022). A gestão do plástico não está sendo competente e a consequência é o acúmulo do plástico e microplásticos na terra e na água. As espumas, por exemplo, com poliestireno expandido e polietileno, em sua grande maioria não são biodegradáveis. Conforme dados, apenas 9% do resíduo de plástico gerado é reciclado, enquanto o restante é incinerado ou depositado em ambiente natural (Liao et al., 2022).

Em vários campos de conhecimento e prática, portanto, o bioplástico é uma alternativa viável para o plástico, mas seu uso em larga escala parece depender de alguns fatores que permanecem resistentes: (a) política governamental orientada para sustentabilidade, (b) tecnologias de processos de fabricação em escala, (c) utilização responsável dos materiais, tanto na indústria quanto no consumo domiciliar, (d) políticas realistas e eficientes da cadeia de reciclagem, (e) controle da poluição causada pelo plástico (Moshood et al., 2023).

Surge a questão sobre quais conhecimentos e alternativas estão sendo oferecidas pela produção acadêmica. Antes de analisar os artigos é necessário criar um arcabouço teórico que oriente as análises e comentários.

3. Fundamentação teórica

Para se realizar uma análise de produção acadêmica é necessário definir alguns parâmetros de busca e de análise, a partir de um fundamento teórico. No presente trabalho, considerando a discussão anterior, apresentamos os fundamentos de gestão, de políticas públicas e de teoria do conhecimento.

A gestão refere-se às ações envolvendo as empresas e os atores na cadeia para se atingir os objetivos propostos. No presente caso, o objetivo maior é reunir condições para o uso em escala do bioplástico.

Políticas públicas significam os planos e ações que buscam resolver as necessidades individuais e as coletivas de um grupo determinado. Pode ser do mundo inteiro, como o combate à fome, pode ser continental, como o desenvolvimento da América Latina, ou regional, como a integração do Nordeste brasileiro. No presente caso, definimos políticas públicas aplicáveis a qualquer nação, com o mesmo objetivo de desenvolvimento industrial sustentável.

A terceira base teórica é sobre geração de conhecimento. Quando se realiza uma análise bibliográfica, ou bibliométrica, é necessário estabelecer os parâmetros de busca e seleção. No presente caso, busca-se a relação entre bioplástico e seu uso em escala, associado com dificuldades, desafios, soluções e estratégias. Selecionados os dados, buscam-se as convergências que indicam o conhecimento sobre o tema e os desdobramentos de ações futuras.

3.1 Conceito de gestão

A palavra gestão significa o uso dos recursos, capacidades e modos de operação de uma organização, ou uma cadeia, para se atingir os resultados (Stallkamp et al., 2022). O raciocínio



é dos fins para os meios. Se os resultados são comerciais, ou sociais, ou sustentáveis, definem a linha de gestão.

No caso em análise, existem dois resultados esperados: (a) os comerciais, (b) os sustentáveis. Significa que o uso do bioplástico precisa ser lucrativo para as organizações e atender os reclames de sustentabilidade. Conforme Kasznik e Łapniewska (2023) seria a condição de uma indústria de plásticos inteligente, inovadora e sustentável, onde o design e produção respeitam a necessidade de reutilização, reparo e reciclagem.

As boas práticas de gestão já contam com farto material sobre estratégias de controle e diminuição do impacto ambiental e produção mais limpa, como compras verdes ou gestão da cadeia de suprimentos verde. São ações nos vários pontos da cadeia, como fabricação, compras, distribuição e logística. Autores afirmam que a gestão do bioplástico atende os objetivos comerciais e sustentáveis, a partir de um sistema de economia circular (Kumar et al., 2020; Scarpi et al., 2021).

3.2 Políticas públicas

Políticas públicas pode ser definida como o que o governo escolhe fazer ou não fazer (Dye, 1984), conforme chegam as demandas e o governo é provocado a planejar, fomentar e resolver (Agum et al., 2015). As políticas públicas buscam resolver as necessidades pessoais e coletiva da sociedade, tais como moradia, alimentação, educação e transporte. As demandas também podem se referir a problemas, ou oportunidades de desenvolvimento, tais como ações de sustentabilidade, ou planos de desenvolvimento regional.

A política pública ambiental brasileira, por exemplo, está baseada em oito papéis ou funções, a) denúncia à opinião pública e disseminação de informações referentes a problemas ambientais; b) capacitação e treinamento; c) defesa de direitos e políticas públicas para o meio ambiente e o desenvolvimento sustentável; d) condução de pesquisas e geração e disseminação do conhecimento; e) monitoramento e avaliação; f) concepção e implementação de projetos piloto; g) prestação de serviços de assessoria, disseminação e replicação de boas práticas e ideias; e h) treinamento de colaboradores (Born, 2003).

Esses papéis e funções estão ligados aos aspectos dos indicadores sociais, econômicos e ambientais, relacionados diretamente à cadeia de suprimentos fundada nos princípios da economia circular do bioplástico. No entanto, conforme literatura a respeito, entre a boa escrita das leis e normas e a implantação há um desafio a ser vencido. Itens tais como oportunismo, falta de verba, jogos de poder, falta de conhecimento dos envolvidos, são alguns obstáculos referidos na literatura (Hudson et al., 2019).

3.3 Teoria do conhecimento



Em teoria do conhecimento (Popper, 2014) afirma-se ser necessário construir uma matriz de elementos principais que orientam o caminho de análise da produção acadêmica de uma área. Entre as variáveis mais utilizadas podem-se citar a convergência da afirmativa básica sobre o fenômeno (em que os autores concordam), o estágio de compreensão do fenômeno (se os artigos terminam com conclusões firmes e estabelecidas, ou com sugestões de novas pesquisas, porque o campo ainda é indefinido), e formas de investigação utilizada por pesquisadores.

No presente caso, algumas variáveis tais como regiões/países com produção dominante, autores mais citados, natureza da investigação (se social, se técnica, se de campo, se laboratório), desafios e soluções fornecem os dados para a construção da resposta. Como a tarefa colocada no presente trabalho é de buscar as convergências, o caminho metodológico é indutivo e inferencial. Indutivo porque busca os sinais de aproximações e distinções entre os conceitos nos vários artigos, a partir das variáveis previamente estabelecidas (gestão, estratégia, tecnologia, bioplástico). Inferencial porque organiza, aproxima e agrupa significados dos conceitos encontrados, a partir do conteúdo que eles expressam.

Segundo as orientações de Khun (1962) e Popper (2014), ao final da análise de um campo de conhecimento deve-se oferecer respostas sobre qual a afirmativa dominante, qual a teoria dominante utilizada para abordar o fenômeno, quais as técnicas dominantes de pesquisa.

Tendo apresentado o problema de pesquisa, o contexto que o cerca e alguns princípios de análise de produção acadêmica, apresenta-se a metodologia.

4. Metodologia

Para análise da produção acadêmica sobre a gestão do bioplástico utilizou-se a base Scopus, pela sua amplitude de periódicos (Bergman, 2012; Falagas et al., 2008; Huang et al., 2023).

A partir das palavras-chave bioplástico, desenvolvimento sustentável, reciclagem, gestão, estratégia, chegou-se a um banco inicial de 776 documentos. A análise mais detalhada das indicações, com leitura do título, resumo, palavras-chave e conclusão sobre a relação entre as palavras de busca, resultou em 67 artigos válidos, com os temas dominantes de plástico, bioplástico e sustentabilidade.

A seleção final de 67 artigos foi o resultado dos seguintes passos de seleção e corte:

(a) *Biodegradation; Bioplastics*. Foram encontrados 475 documentos no período de 1992 a 2025, sendo utilizados 8 de Economia, Econometria e Finanças, 7 de Negócios, Gestão e Contabilidade e 19 de Ciências Sociais.

(b) *Bioplastics; Sustainable; Development; Recycling*. Foram encontrados 65 documentos no período de 2004 a 2023, sendo utilizados 4 de Economia, Econometria e Finanças, 3 de Negócios, Gestão e Contabilidade e 2 de Ciências Sociais.



(c) *Analysis; Strategy; Biodegradable; Plastic*. Foram encontrados 236 documentos no período de 1998 a 2023, sendo utilizados 9 da Economia, Econometria e Finanças, 12 de Negócios, Gestão e contabilidade e 3 de Ciências Sociais).

Definida a amostra de artigos, utilizaram-se técnicas de análises na busca das convergências.

4.1. Técnicas de análise

Para analisar os artigos selecionados, seguiram-se os passos indicados em trabalhos de metodologia (Boyack & Klavans, 2010; Shome et al., 2023; Van Eck & Waltman, 2010), com o uso de variadas técnicas de agrupamento. Entre elas pode-se citar:

(i) Acoplamento bibliográfico, que proporciona o agrupamento de artigos atuais e antigos, no critério de proximidade de palavras;

(ii) Análise de citações, que permite combinar as relações de palavras, determinando a proximidade das publicações;

(iii) Análise de coautoria e colaboração, que permite a análise dos artigos antigos e recentes, estabelecendo a rede social de autores, organizações ou países.

(iv) Análise de co-palavras, que possibilita o mapeamento e a associação entre itens em dados textuais (título, resumo e corpo do artigo) e os tópicos da literatura a partir da interação dos conjuntos de palavras-chave.

A utilização do VOSviewer foi empregada com variações (lugares, autores, palavras), a partir de técnicas de visualização de mapas e mapas de escala multidimensionais, construídos com a utilização de pacotes estatísticos (Van Eck & Waltman, 2010).

5. Apresentação e análise dos dados

Este item apresenta os dados coletados e organizados, bem como sua interpretação a partir dos indicadores da matriz descrita na base teórica e as técnicas descritas na metodologia. Os dados foram organizados conforme critérios de País, autores, artigos mais citados, instituições, seguindo orientação de organização de material bibliográfico (Zurita et al., 2022). Um primeiro fato interessante foi a predominância dos países Reino Unido, Estados Unidos, Itália e Índia, considerando o período de 2018 até 2021.

A Figura 1 apresenta a análise de co-palavras utilizadas nos títulos, palavras-chave e resumos. A técnica de encontrar co-palavras é importante para compreender a posição de cada palavra e seu uso no tempo. Conforme se verifica, a expressão bioplástico aparece em dois pontos, um sobre uso mais recente (cor amarela), e outro sobre uso de longa data (verde e roxo, ao centro). Já a palavra plástico aparece em todas as divisões de tempo. Significa que o plástico

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

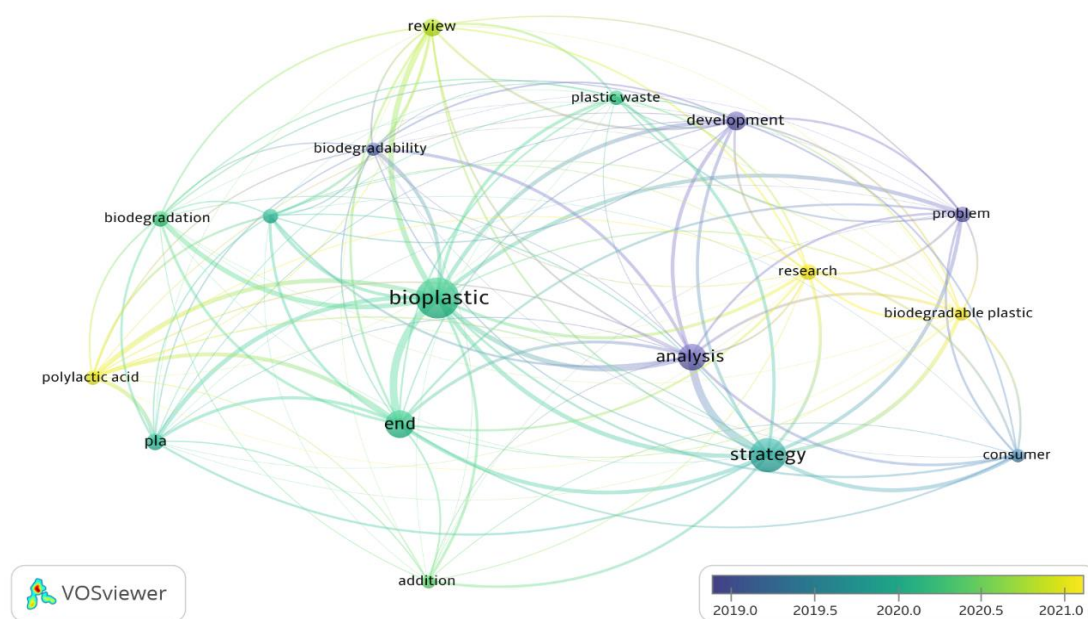
SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito



Fonte: Construído pelos autores.

Em seguida construiu-se o mapa dos autores com mais citações e com proximidade de temática. O resultado pode ser visto na Figura 3. Como se verifica, autores como Folino e colaboradores (2020) e Van Roijen e Miller (2022) são centrais em citações e proximidade temática. O artigo de Folino e colaboradores (2020) mostra de forma convincente as vantagens da capacidade biodegradável do bioplástico, afirmando que tais evidências precisam ser consideradas para se acelerar a substituição do plástico não degradável. Já o artigo de Van Roijen e Miller (2022) mostra acertos e erros nos experimentos sobre o bioplástico, afirmando que há necessidade de maior conhecimento dos processos químicos anaeróbicos de decomposição, para determinar os tipos de bioplásticos mais adaptados para escala industrial de embalagens. A centralidade de citações dos dois artigos indica que os pesquisadores, gestores e representantes do governo ainda se interessam mais pelo aspecto químico de sustentabilidade do bioplástico, esperando resultados inquestionáveis, para depois se dedicarem aos temas de implantação em escala.

Figura 3. Rede de acoplamento de autores.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

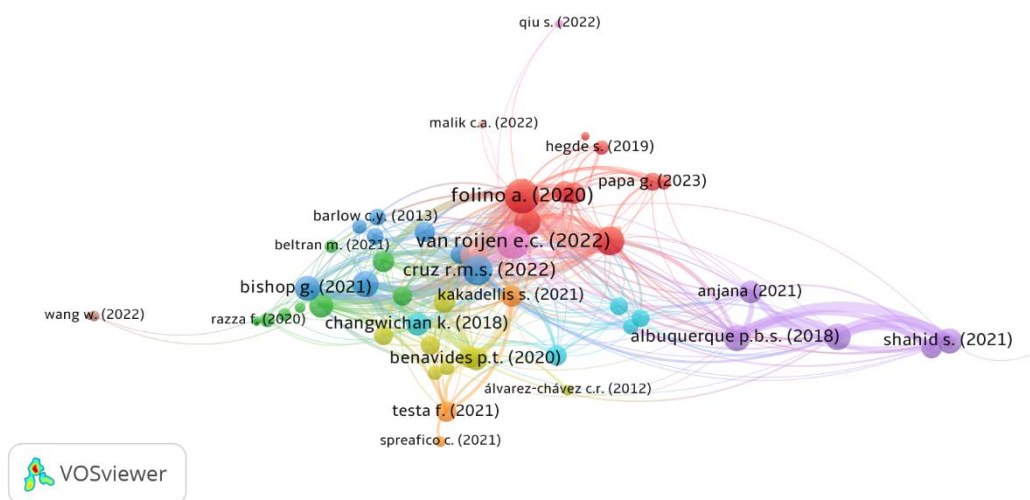
SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito



Fonte: Construído pelos autores

Os dados indicam que a produção acadêmica coloca a expressão bioplástico junto a outras que designam ações sustentáveis, como reciclagem e biodegradação, mas pouco indicam como ela pode se inserir na cadeia produtiva. É como se a expressão ainda se referisse a algo que está em laboratórios, o que não é o caso, conforme visto no item de contexto.

Por que será que as pesquisas não trazem exemplos empíricos de uso comercial do bioplástico, com suas vantagens, formas de uso em escala, e outras providências para a indústria? Parte da resposta parece estar em artigos que não tratam exclusivamente do bioplástico, mas sobre desafios e resistências para uso de tecnologias com viés de sustentabilidade (Sigov et al., 2022) e sobre economia circular e tecnologia em sustentabilidade (Appolloni et al., 2022). É uma linha de pensamento e pesquisa que apresenta propostas alternativas de desenhos de cadeia de suprimentos, fundada nos princípios da economia circular e que pode ser utilizada para se entender a ausência do uso bioplástico, mas que tem pouco espaço na produção acadêmica.

6. Alternativas de uso do bioplástico na cadeia de suprimentos

Conforme se verificou na análise dos artigos, existem pesquisas laboratoriais avançando, existem testes de uso do produto, mas existem desafios a serem resolvidos para que o bioplástico seja utilizado em escala e se torne competitivo. Autores afirmam que os primeiros desafios nem estão na cadeia mais estrita da produção, mas sim na rede de parcerias necessárias para se utilizar os avanços tecnológicos, com atores como universidades e poderes públicos. Kumar e colaboradores (2020) por exemplo, comentam resultados positivos de ações sustentáveis na indústria a partir de parcerias com colaboradores e stakeholders externos, como regulamentações



nacionais e internacionais, no contexto de minimizar os impactos ao meio ambiente. Fica claro que não é só uma questão da indústria.

Outro exemplo. Kasznik & Łapniewska (2023) mostram como a abordagem da economia circular na Europa pode ser desenvolvida a partir de estudos integrados da produção, uso e descarte dos plásticos, em comparação com matéria prima alternativa, como bioplástico.

Entre os vários artigos que propõem alternativas à cadeia onde entra o plástico, destacamos dois (Appolloni et al., 2022; Sigov et al., 2022) que possibilitaram comparar a cadeia do plástico e do bioplástico, mostrando a real possibilidade de sua adoção.

O trabalho de Sigov e colaboradores (2022) trata do auxílio da tecnologia na cadeia de suprimentos, por exemplo o uso de big data, robótica e automação, computação em nuvem, inteligência artificial (IA), impressão 3D, Block Chain, realidade aumentada (AR), segurança cibernética, simulação e realidade virtual (VR) e a tecnologia transformadora que gerencia a interação entre recursos computacionais e ativos físicos (CPS).

Nesse trabalho, Sigov e colaboradores (2022) abordam as tecnologias disruptivas e maquinários interligados, com questões relacionadas a sustentabilidade avaliando a cadeia de abastecimento agroalimentar e apresentam as tecnologias utilizadas. Em resumo, indicaram na prática como o princípio de sustentabilidade pode ser implementado na cadeia, numa adaptação gradativa do maquinário já existente. É um texto importante de constatação que é possível tecnicamente e comercialmente.

Ora, o bioplástico foi testado em laboratórios e agora precisa da etapa de empiria em cadeias produtivas. As tecnologias citadas poderiam auxiliar no interesse dos empresários e no seu convencimento sobre as vantagens comerciais e sustentáveis dessa matéria prima. A tecnologia da indústria 4.0 está praticamente ausente na análise envolvendo o bioplástico, com raros exemplos (Temple-West, 2023).

O convencimento dos empresários seria incrementado com a ampliação de trabalhos de estratégia e gestão em negócios sustentáveis, conforme se encontra em Appolloni e colaboradores (2022). A Figura 4 mostra a importância de cinco fatores sustentáveis na competitividade das empresas, junto com capacidades humanas. Em verdade, fatores como certificação de sustentabilidade, energia verde e reciclagem são temas antigos e bem conhecidos. Por que será que não se associaram esses fatores ao bioplástico?

Figura 4. Avaliação da competitividade em função de variáveis sustentáveis.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

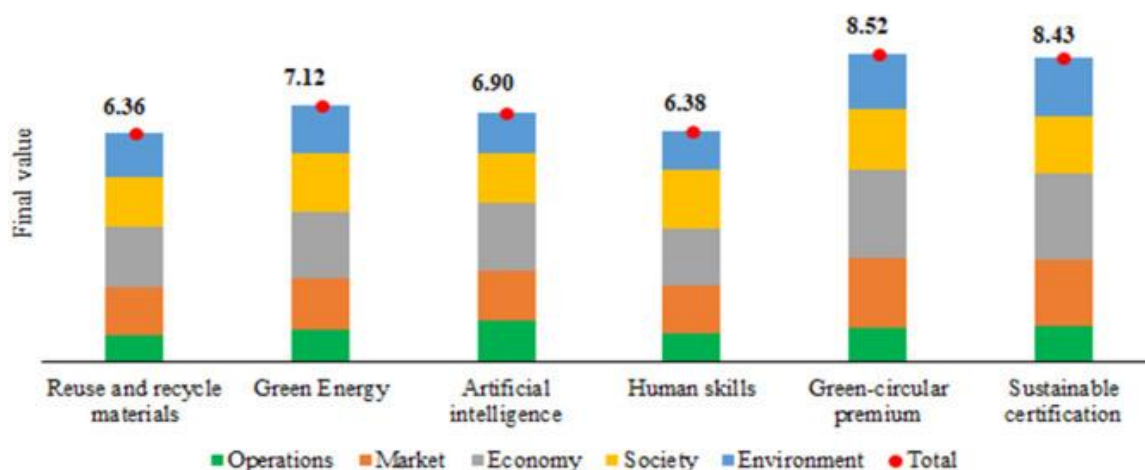
APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito



Fonte: Appolloni et al., (2022)

Refletindo sobre as análises apresentadas nos itens anteriores, realizamos um exercício de construção de uma tabela comparativa das variáveis envolvidas na produção e uso do plástico e do bioplástico. O resultado encontra-se na Tabela 1. Ela contempla itens amplos, como estratégia da indústria, até itens mais específicos da produção, como quantidade de água necessária. O comparativo mostra a competitividade do bioplástico.

Tabela 1. Comparativo entre vantagens e desvantagens do plástico e do bioplástico.

	Plástico	Bioplástico
1. Estratégia da produção industrial	Economia linear, baixo investimento no reuso	Economia circular, alto investimento no reuso
2. Parque industrial	Instalado	A ser instalado
3. Impacto de sustentabilidade	Alto impacto negativo na degradação do solo e da água	Baixo impacto negativo na degradação do solo e da água
4. Impacto social	Poluição da terra e da água impacta negócios, habitação e turismo	Baixa poluição contribui para qualidade do solo, água e de vida humana
5. Impacto econômico	No momento o custo de escala é menor	No momento o custo de escala é maior
6. Custo social e econômico da reciclagem	Reciclagem mecânica, com trabalho de baixa remuneração e baixo reaproveitamento	Basicamente orgânica, com alto reaproveitamento
7. Destino do reciclado	Indústria	Indústria e uso geral pela população (ex. em agricultura familiar)
8. Uso de água para produzir embalagens	alto	Médio a baixo
9. Poluição na produção	Alta, com gases	Baixa, sem gases

Fonte: Construído pelos atores.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

Logos: GOVERNADORIA PUC-CAMPINAS, EESC - USP, COMITÊS PCJ, Agência das Bacias PCJ

Os itens 1 e 2 referem-se à estratégia da indústria, basicamente voltada para a produção linear. Aqui o bioplástico tem um desafio, mas há esforço político e empresarial para a mudança para o sistema de economia circular. Os itens 3, 4 e 5 referem-se ao triângulo ESG, que é uma espécie de marco, ponto de partida para o desenvolvimento industrial, comercial, consumo e políticas públicas, considerando a Agenda 2030. Aqui o bioplástico sai na frente em questão de sustentabilidade, mas ainda há o desafio dos custos de produção em escala.

Os itens 6 e 7 referem-se ao esforço de coletar, separar, armazenar e vender o plástico, que volta para a indústria, enquanto que o bioplástico pode ser reciclado tanto para a indústria, quanto para usos alternativos. Finalmente, os itens 8 e 9 referem-se a variáveis específicas do processo produtivo, onde o bioplástico novamente leva vantagem.

Do ponto de vista de preocupação ambiental, não há dúvida sobre o bioplástico ser a melhor alternativa. No entanto, os fatores de “sistema de produção” (item 1) e “parque industrial” (item 2) desmotivam os empresários. Parece não estar sendo suficiente municiar o mercado com informações sobre testes, vantagens de custos de energia, impactos ambientais, facilidades de desenvolvimento de produtos, além dos esforços de políticas públicas voltadas à sustentabilidade, como os planos de gestão de resíduos (Cucina et al., 2022; Liao et al., 2022; Moshood et al., 2023; Wang et al., 2022).

Qual o caminho da mudança? Analisando os dados da academia e casos do mercado, modestamente, sugerimos na Figura 5 uma conjunção dos fatores que podem auxiliar na transição para modelos de uso fundados na sustentabilidade e circularidade. O triângulo que abrange todo o desenho coloca os três pontos cardeais de ações sustentáveis. Na prática significa o esforço de se avaliar os três pilares a cada plano de ação sobre a cadeia produtiva, por exemplo, num plano de substituição de algum equipamento, ou de matéria prima.

As linhas onduladas dentro do triângulo são as expressões que designam uma produção sustentável: foco no reuso e reciclagem, energia verde, capacitação humana, incentivos à sustentabilidade. Existem outros itens decorrentes da literatura sobre economia circular, mas estes apareceram com maior frequência na análise da produção acadêmica. Na prática significa a rotina de organizações, atores do governo e mesmo sociedade (neste caso, com um plano de educação continuada) sobre a poluição, escassez de recursos e caminhos de solução do problema.

O quadrado é específico do uso do bioplástico na cadeia produtiva que se desenrola a partir da matéria prima orgânica e não fóssil.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

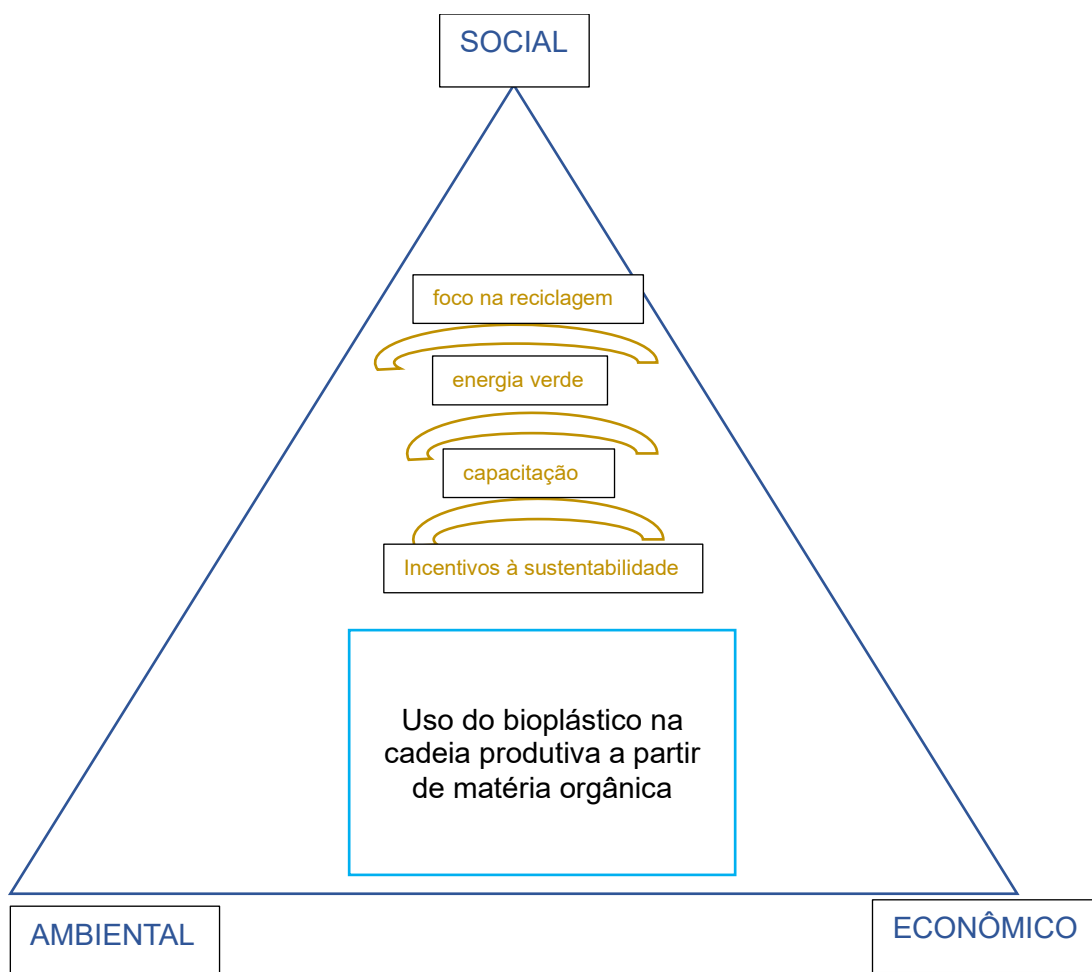
APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito



Fonte: Construído pelos autores.

O desenho não é novo e pode ser encontrado na literatura brasileira, por exemplo Barbato e Pamplona (2022). Queremos apenas apontar que esse é o pensamento convergente da literatura, isto é, a contribuição científica para o grave problema da poluição do plástico.

7. Conclusões

O artigo traz à tona a discussão de um problema de resíduos sólidos, o plástico, e as soluções que se apresentam para o uso do bioplástico, com vantagens de sustentabilidade, já que se trata de matéria prima orgânica.

Considerando o discurso de sustentabilidade que se apresenta nos meios acadêmicos, empresariais e de políticas públicas, buscamos a produção bibliográfica sobre o bioplástico, nos seus aspectos de desafios para o uso em escala e as soluções apresentadas.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

A conclusão foi que o bioplástico se apresenta como alternativa já validada em laboratórios, mas necessita de investimentos que hoje não estão presentes, tanto por parte dos empresários, quanto dos governos.

Esses investimentos não se referem apenas a fundos financeiros, mas carregam a mudança de visão sobre negócios, estratégias e funções das empresas e atuação do governo. As análises indicaram que os empresários e mesmo o governo estão acomodados com o sistema de produção linear, que gera lucros e impostos, e não se mostram motivados a buscar a modificação desse sistema para a economia circular, mesmo com os resultados de pesquisas.

Conforme os dados, a mudança para o uso do bioplástico não é fácil e rápida, porque o plástico está em todas as cadeias produtivas, mas ela pode e deve ser realizada, considerando os dados de poluição do plástico na terra e na água, as pressões de programas internacionais para a mudança de produção e a aceitação dos consumidores em adquirir e utilizar produtos e embalagens sustentáveis. Vale lembrar que a alternativa do bioplástico foi validada desde 2012.

Outra fonte de apoio para adoção do bioplástico poderia vir da academia, o que ainda não acontece. O item Contexto neste artigo mostrou que existem experimentos positivos, em baixa escala, no mundo todo, mas parece que os pesquisadores ainda não se interessaram pela exposição desses casos, que poderiam servir de modelos para ações de larga escala.

Nossa modesta contribuição nessa linha de incentivo de pesquisas, especialmente relatando casos de sucesso, está apresentada na Figura 5. O empresário vai se interessar pelo quadrado, que trata da produção do bioplástico, mas, conforme sustentado neste artigo, a questão envolve mais do que produção. Peter Drucker afirmou há muito tempo que os empresários devem lembrar que o motivo da existência de sua empresa é para servir a sociedade e não os donos (Lodi, 1968).

Esperamos que o artigo cause interesse nos pesquisadores que investigam temas de reciclagem, economia circular, projetos públicos de sustentabilidade, e similares, porque o plástico é o maior poluidor da terra e da água.

8. Referências bibliográficas

- Accinelli, C., Saccà, M. L., Mencarelli, M., & Vicari, A. (2012). Deterioration of bioplastic carrier bags in the environment and assessment of a new recycling alternative. *Chemosphere*, 89(2), 136–143. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2012.05.028>
- Agum, R., Riscado, P., & Menezes, M. (2015). Políticas Públicas: Conceitos e Análise em Revisão Public policy analysis: from the technical to ideas. *Revista Agenda Política*, 3(2), 12–42.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

- Ahsan, W. A., Hussain, A., Lin, C., & Nguyen, M. K. (2023). Biodegradation of Different Types of Bioplastics through Composting—A Recent Trend in Green Recycling. *Catalysts*, *13*(2), 294. <https://doi.org/10.3390/catal13020294>
- Álvarez-Chávez, C. R., Edwards, S., Moure-Eraso, R., & Geiser, K. (2012). Sustainability of bio-based plastics: general comparative analysis and recommendations for improvement. *Journal of Cleaner Production*, *23*(1), 47–56. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.10.003>
- Appolloni, A., Chiappetta Jabbour, C. J., D’Adamo, I., Gastaldi, M., & Settembre-Blundo, D. (2022). Green recovery in the mature manufacturing industry: The role of the green-circular premium and sustainability certification in innovative efforts. *Ecological Economics*, *193*, 107311. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.107311>
- Barbato, A. G., & Pamplona, J. B. (2022). DESAFIOS PARA A DIFUSÃO DOS BIOPLÁSTICOS NO BRASIL. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, *11*(3), 365–390.
- Bergman, E. M. L. (2012). *Finding Citations to Social Work Literature: The Relative Benefits of Using Web of Science, Scopus, or Google Scholar*. https://scholarsarchive.library.albany.edu/ulib_fac_scholarhttps://scholarsarchive.library.albany.edu/ulib_fac_scholar/18
- Born, R. (2003). Terceiro setor. In *Meio ambiente no século 21*. Sextante.
- Boyack, K. W., & Klavans, R. (2010). Co-citation analysis, bibliographic coupling, and direct citation: Which citation approach represents the research front most accurately? *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, *61*(12), 2389–2404. <https://doi.org/10.1002/asi.21419>
- Cucina, M., Carlet, L., De Nisi, P., Somensi, C. A., Giordano, A., & Adani, F. (2022). Degradation of biodegradable bioplastics under thermophilic anaerobic digestion: A full-scale approach. *Journal of Cleaner Production*, *368*, 133232. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133232>
- Dye, T. R. (1984). *Understanding Public Policy*. Prentice Hall.
- Falagas, M. E., Pitsouni, E. I., Malietzis, G. A., & Pappas, G. (2008). Comparison of PubMed, Scopus, Web of Science, and Google Scholar: strengths and weaknesses. *The FASEB Journal*, *22*(2), 338–342. <https://doi.org/10.1096/fj.07-9492LSF>
- Financial Times. (2023). *Global MBA Ranking 2023: methodology update and entry criteria*. Financial Times.
- Folino, A., Karageorgiou, A., Calabrò, P. S., & Komilis, D. (2020). Biodegradation of Wasted Bioplastics in Natural and Industrial Environments: A Review. *Sustainability*, *12*(15), 6030. <https://doi.org/10.3390/su12156030>

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

- Huang, X., Wang, L., & Liu, W. (2023). Identification of national research output using Scopus/Web of Science Core Collection: a revisit and further investigation. *Scientometrics*. <https://doi.org/10.1007/s11192-023-04649-x>
- Hudson, B., Hunter, D., & Peckham, S. (2019). Policy failure and the policy-implementation gap: can policy support programs help? *Policy Design and Practice*, 2(1), 1–14. <https://doi.org/10.1080/25741292.2018.1540378>
- Kasznik, D., & Łapniewska, Z. (2023). The end of plastic? The EU's directive on single-use plastics and its implementation in Poland. *Environmental Science & Policy*, 145, 151–163. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2023.04.005>
- Khun, T. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions*. University of Chicago Press.
- Kumar, L., Jain, P. K., & Sharma, A. K. (2020). A fuzzy goal programme-based sustainable Greenfield supply network design for tyre retreading industry. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 108(9–10), 2855–2880. <https://doi.org/10.1007/s00170-020-05140-0>
- Liao, J., Luan, P., Zhang, Y., Chen, L., Huang, L., Mo, L., Li, J., & Xiong, Q. (2022). A light-weight, biodegradable, and recyclable cellulose-based bio-foam with good mechanical strength and water stability. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 10(3), 107788. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2022.107788>
- Lodi, J. B. (1968). Introdução à obra de Peter F. Drucker. *RAE-Revista de Administração de Empresas*, 8(29), 80–137. <https://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rae/article/view/40679>
- Moshood, T. D., Nawanir, G., Mahmud, F., Ahmad, M. H. bin, Mohamad, F., & AbdulGhani, A. (2023). The plastic of the future: determinants for switching intention from synthetic to biodegradable plastics among the young consumers. *Journal of Social Marketing*, 13(1), 121–148. <https://doi.org/10.1108/JSOCM-05-2022-0097>
- Nações Unidas. (2023). *Tratado global contra poluição plástica pode ficar pronto até 2024*. ONU News. <https://news.un.org/pt/story/2023/02/1809202>
- OECD, G. for the T. of C. (2022). *Test No. 310: Determining Anaerobic Transformation of Chemicals in Liquid Manure*. <https://doi.org/10.1787/2074577X>
- Popper, K. (2014). *Conjectures and Refutations: The Growth of Scientific Knowledge*. Routledge.
- Scarpi, D., Russo, I., Confente, I., & Hazen, B. (2021). Individual antecedents to consumer intention to switch to food waste bioplastic products: A configuration analysis. *Industrial Marketing Management*, 93, 578–590. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2020.09.006>

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

- Shome, S., Hassan, M. K., Verma, S., & Panigrahi, T. R. (2023). Impact investment for sustainable development: A bibliometric analysis. *International Review of Economics & Finance*, *84*, 770–800. <https://doi.org/10.1016/j.iref.2022.12.001>
- Sigov, A., Ratkin, L., Ivanov, L. A., & Xu, L. Da. (2022). Emerging Enabling Technologies for Industry 4.0 and Beyond. *Information Systems Frontiers*. <https://doi.org/10.1007/s10796-021-10213-w>
- Stallkamp, C., Steins, J., Ruck, M., Volk, R., & Schultmann, F. (2022). Designing a Recycling Network for the Circular Economy of Plastics with Different Multi-Criteria Optimization Approaches. *Sustainability*, *14*(17), 10913. <https://doi.org/10.3390/su141710913>
- Temple-West, P. (2023). Indústria de embalagens se prepara para regras de reciclagem mais rígidas. *Financial Times*.
- UN, E. P. (2023). *Plastic Waste Statistics*. Plastic Pollution Information.
- Van Eck, N. J., & Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, *84*(2), 523–538. <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>
- Van Roijen, E. C., & Miller, S. A. (2022). A review of bioplastics at end-of-life: Linking experimental biodegradation studies and life cycle impact assessments. *Resources, Conservation and Recycling*, *181*, 106236. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106236>
- Wang, J., Song, Y., Wang, W., Wang, S., Guo, F., & Lu, J. (2022). Marine Construction Waste Recycling Mechanism Considering Public Participation and Carbon Trading: A Study on Dynamic Modeling and Simulation Based on Sustainability Policy. *Sustainability (Switzerland)*, *14*(16). <https://doi.org/10.3390/su141610027>
- Zurita, G., Mulet-Forteza, C., Merigo, J., Lobos-Ossandon, V., & Ogata, H. (2022). A Bibliometric Overview of the IEEE Transactions on Learning Technologies. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, *15*(6), 656–672. <https://doi.org/10.1109/TLT.2022.3204457>