

VI-1370 – CATEGORIAS DE IMPACTOS AMBIENTAIS E METODOLOGIAS DE ANÁLISE ASSOCIADOS ÀS PERDAS E DESPERDÍCIO DE ALIMENTOS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Gabriel de Castro Paiva⁽¹⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Católica de Brasília (2020). Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos da Universidade de Brasília – PTARH/UnB

Eneida Campos Felipe de Brites⁽²⁾

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Católica Dom Bosco – UCDB (2004). Mestre em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos pela Universidade de Brasília - UnB (2008). Professora do Instituto Federal de Brasília – IFB, Campus Estrutural. Atualmente é doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos da Universidade de Brasília – PTARH/UnB.

Flora Lyn de Albuquerque Fujiwara⁽³⁾

Engenheira Ambiental pela Universidade de Brasília (2016). Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos da Universidade de Brasília – PTARH/UnB

Francisco Contreras⁽⁴⁾

Engenheiro Ambiental pela Universidade de Santiago do Chile (2001). Mestre em Engenharia "Applied Environmental Measurements Technique" pela Universidade Tecnológica de Chalmers na Suécia (2003) e Doutor em Engenharia Urbana pela Universidade de Tóquio no Japão (2007). Atualmente é Professor Adjunto na Universidade de Brasília.

Endereço⁽¹⁾: Anexo SG-12, Térreo, Campus Universitário Darcy Ribeiro, Universidade de Brasília – UnB, CEP: 70.910-900, Brasília – DF – Brasil – Tel: (61) 99918-1296 – e-mail: cp.gabriel.eng@gmail.com

RESUMO

Os sistemas alimentares globais e suas respectivas relações entre produtores, varejistas e consumidores se mostram insustentáveis, promovendo um contexto de insegurança alimentar global. A agricultura, por exemplo, é um dos setores que mais consome recursos finitos, como água e solo. Outro aspecto que evidencia essa insustentabilidade do setor reside nas perdas e desperdícios de alimentos que ocorrem em todas as etapas da cadeia de abastecimento, desde a sua produção até o seu consumo. Ou seja, uma vez que essas perdas e desperdício acontecem, todos aqueles recursos finitos utilizados para produzir um dado alimento foram utilizados em vão, desencadeando, entre outros, problemas ambientais, direta ou indiretamente. Neste contexto, este trabalho objetivou realizar um levantamento de quais metodologias a ciência está fazendo uso para estimar os potenciais impactos ambientais associados às perdas e desperdício de alimentos por meio de uma revisão da literatura, bem como estabelecer quais categorias de impactos são mais amplamente estimadas. A partir daí, no que fiz respeito às metodologias de análise, concluiu-se que as metodologias baseadas em Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) são as mais utilizadas e aceitas; além disso, a categoria de impacto “Mudanças Climáticas” foi estimada na grande maioria dos estudos.

PALAVRAS-CHAVE: Perdas e desperdício de alimentos, Impactos Ambientais, Mudanças Climáticas, Avaliação de Ciclo de Vida (ACV).

INTRODUÇÃO

A Organização das Nações Unidas adotou um conjunto de objetivos de desenvolvimento sustentáveis que devem ser alcançados até 2030 (ONU, 2015). Um deles diz respeito especialmente à produção e ao consumo sustentáveis, estabelecendo a meta de reduzir as perdas e o desperdício de alimentos de modo a garantir a utilização eficiente e sustentável de recursos, energia e infraestrutura, melhorando, assim, a qualidade de vida das pessoas, uma vez que o objetivo precípuo dessa meta é diminuir os efeitos da contradição entre a elevada produção de alimentos de um lado e os baixos níveis de distribuição e acesso à alimentos de outro, tendo em vista que a fome ainda é realidade em diversos países, especialmente nos que se encontram em desenvolvimento.

Os sistemas alimentares modernos são amplamente insustentáveis, representando um contexto de potencial ameaça à segurança alimentar global (Sundin *et al.*, 2021). Parte disso se deve ao alto impacto ambiental da

produção e consumo de alimentos. O setor agrícola é um grande usuário de recursos naturais finitos, como a água e terras agricultáveis, por exemplo. Outro aspecto de insustentabilidade dos sistemas alimentares é a perda e desperdício de alimentos em toda a cadeia de abastecimento, desde a produção agrícola até o consumo doméstico. Gustavsson *et al.* (2011) estimaram que aproximadamente um terço de todos os alimentos produzidos globalmente são perdidos ou desperdiçados, o que pode representar até 5,9 Gt de dióxido de carbono equivalente lançados para a atmosfera anualmente. Além disso, há os impactos associados à depleção de recursos hídricos, eutrofização etc. que podem afetar diretamente à saúde humana.

Atualmente existem vários estudos que buscam estimar o potencial de impactos associados às perdas e desperdícios de alimentos, em diferentes níveis de análise e em diferentes contextos, mas majoritariamente aplicados em países desenvolvidos. Com base nisso, este artigo de revisão fornece uma compreensão sobre a o desenvolvimento da temática.

OBJETIVOS

Reduzir as perdas e desperdícios de alimentos (PDA) ao longo da cadeia de suprimentos de alimentos mostrou-se ser uma ação de extrema necessidade, pois uma vez aplicada, aumentaria a eficiência no uso dos recursos naturais, reduzindo a pressão sobre o meio ambiente causada pelo sistema alimentar. Para além disso, aumentaria também a renda dos produtores e reduziria os preços dos alimentos para os consumidores.

As PDA ocorrem por diferentes razões e em diferentes etapas ao longo da cadeia de suprimentos. À nível de consumo, os alimentos podem ser descartados em função do excesso de alimento não consumido resultantes de um mau planejamento das refeições ou compras excessivas, que geram um estoque desnecessário, ocasionando na perda de alimentos devido expiração do prazo de validade (Jedermann *et al.*, 2014; Scholz *et al.*, 2015; Wilson *et al.*, 2018).

Como as PDA ocorrem por razões distintas, o volume de resíduos em cada uma das etapas também varia. Gustavsson e colaboradores (2013) estimam que, em níveis globais, 413 milhões de toneladas são perdidos na fase agrícola; 283 milhões de toneladas no armazenamento pós-colheita; 148 milhões de toneladas no processamento; 161 milhões na distribuição; e 280 milhões de toneladas no consumo.

Em decorrência disso, as PDA ocasionam impactos em diferentes dimensões. Nesse sentido, este trabalho tem o intuito de realizar um levantamento das categorias de impactos ambientais associados às perdas e desperdício de alimentos, bem como as metodologias empregadas, por meio de uma revisão sistemática da literatura.

METODOLOGIA UTILIZADA

A bibliometria inclui uma variedade de metodologias, incluindo análise de citações de autores e documentos, copalavras e análise textual, todas as quais usam métodos multivariados. Além disso, os estudos bibliométricos fornecem uma perspectiva panorâmica da literatura existente, tornando-os úteis para decodificar e mapear informações científicas, identificar lacunas de conhecimento e, a partir daí, gerar ideias de pesquisas. As avaliações bibliométricas também são objetivas na medida em que há uma dependência de métodos estatísticos de avaliação, eliminando, portanto, a subjetividade inerente às avaliações manuais que dependem apenas da opinião qualitativa (Donthu *et al.*, 2021; Haba *et al.*, 2023).

Para o mapeamento científico, foi utilizada a abordagem analítica de mapeamento delineada por Cobo *et al.* (2012), uma vez que serve como base para o SciMat, tendo em vista que uma visão longitudinal sobre a temática ajudaria a observar como ela se desenvolveu ao longo dos anos.

A mineração dos dados (artigos) foi feita de acordo com as orientações de Paul *et al.* (2021).

Para isso, buscou-se documentos na base de dados *Scopus*; idioma das publicações em inglês em um período entre 1984 e 2022, utilizando as seguintes palavras-chave:

- “Food Waste”; e
- “Environmental Impacts”.

Foram consideradas somente publicações do tipo artigos, desconsiderando, portanto, capítulos de livros e documentos de conferência, por exemplo. Também foram excluídos documentos duplicados. Algumas “áreas do conhecimento” não foram apreciadas, em razão de não representarem relevância para consecução dos objetivos da pesquisa, como artigos publicados em revistas médicas, por exemplo. Ao fim do estabelecimento destes critérios de elegibilidade, somente período entre 2000 e 2022 tiveram trabalhos que atendessem ao que fora pré-estabelecido.

A partir dessa etapa, todos os trabalhos foram exportados em formato RIS. para o software de mapeamento científico SciMat, onde, em um primeiro momento, foi feito o tratamento desses dados, conforme é indicado por Cobo *et al.* (2012).

Com os dados tratados, mapas de evolução de *clusters* foram criados, permitindo explorar como cada palavra-chave evoluiu ao longo dos anos. Como o objetivo é ver como o tema tem sido abordado atualmente, o período de 2020-2022 foi selecionado para que se avaliasse quais palavras dentro deste período foram as mais citadas em trabalhos, pois assim mostraria um retrato de como o campo científico estava se comportando no momento de análise.

Partindo para a etapa de revisão, foi feita a seleção de estudos em conformidade com a estratégia de busca definida. A primeira triagem feita foi fazendo-se a leitura prévia dos títulos e resumos, excluindo estudos que não estivessem de acordo com o objetivo do trabalho. Na Figura 1, é exibido um diagrama o qual resume cada fase metodológica.

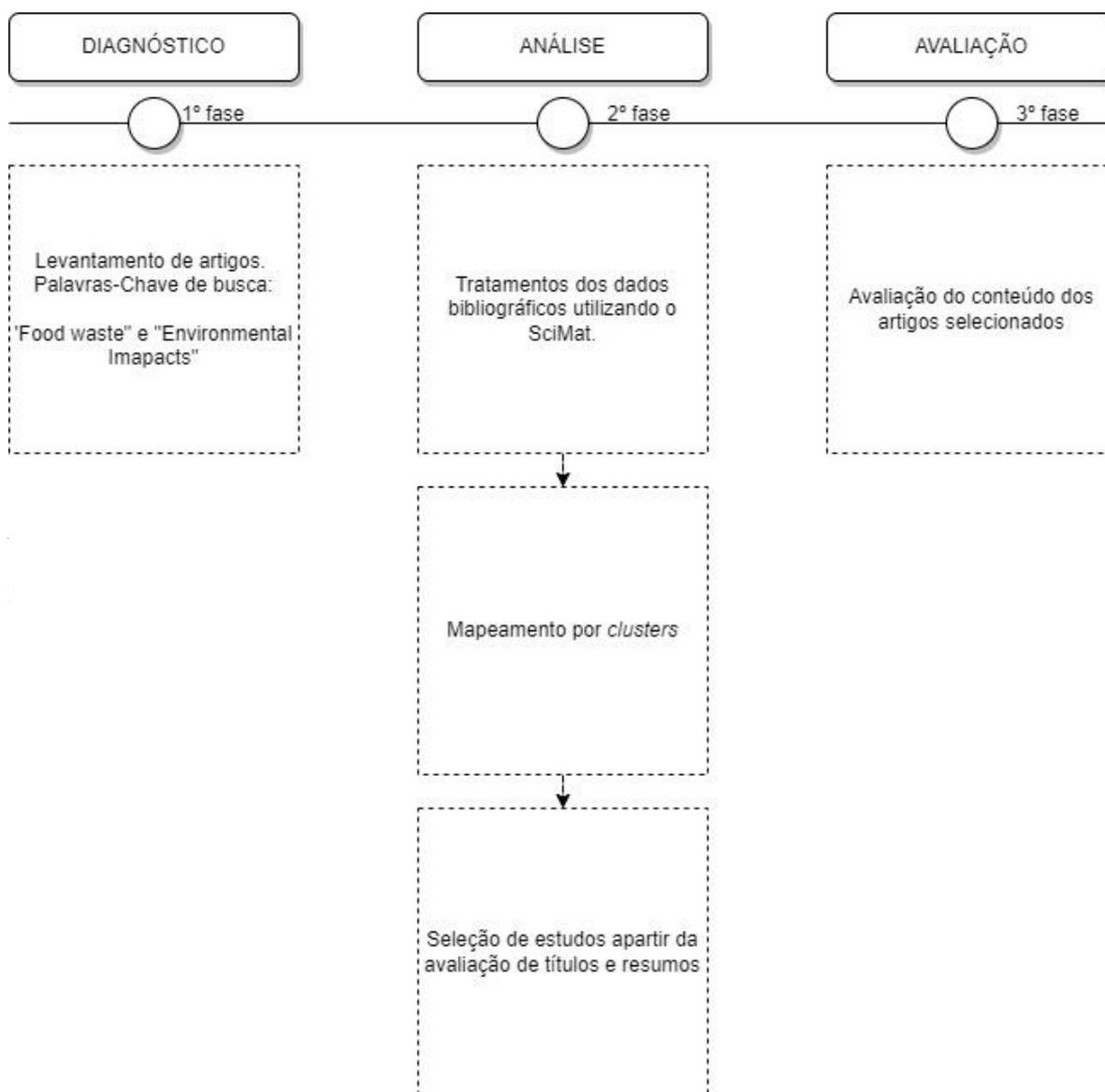


Figura 1 – Diagrama Metodológico

RESULTADOS OBTIDOS OU ESPERADOS

O número de estudos que foram obtidos através da busca na base Scopus foi de 1.058 artigos. No entanto, após a exclusão de artigos que não atendessem aos critérios estabelecidos, foram exportados para o SciMat 716 artigos compreendidos entre 2000 e 2022. Nesse rol, as revistas *Journal of Cleaner Production*, *Waste*

Management, Science of the Total Environment e Resouces, Conservation and Recycling, foram as revistas com os maiores números de publicações com 85, 71, 47 e 47 documentos, respectivamente. Na Figura 2, é possível visualizar a quantidade de trabalhos em cada período.

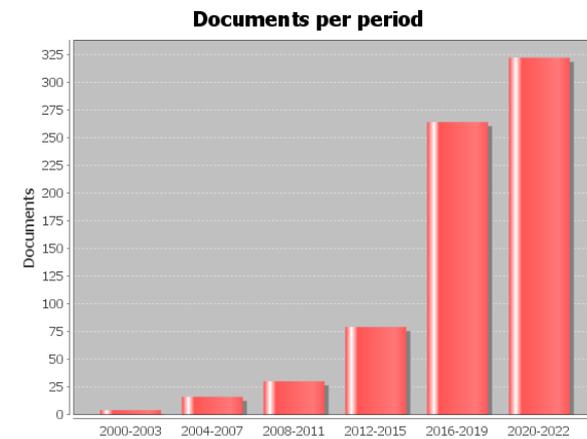


Figura 2 - Quantidade de documentos por período

O mapa de evolução das palavras é mostrado na Figura 3. A partir dele pode-se verificar a origem que uma palavra teve, que pode surgir de uma única palavra do período anterior ou da conjunção de várias palavras que se unem em torno de uma palavra, dando mais significado e importância para ela. Essa conexão se dá por meio de linhas; e quanto mais espessa for essa linha que conecta duas palavras, mais forte é a ligação entre elas. As linhas descontínuas (tracejadas), na hierarquia de ligação, estabelece a ligação mais fraca entre os termos.

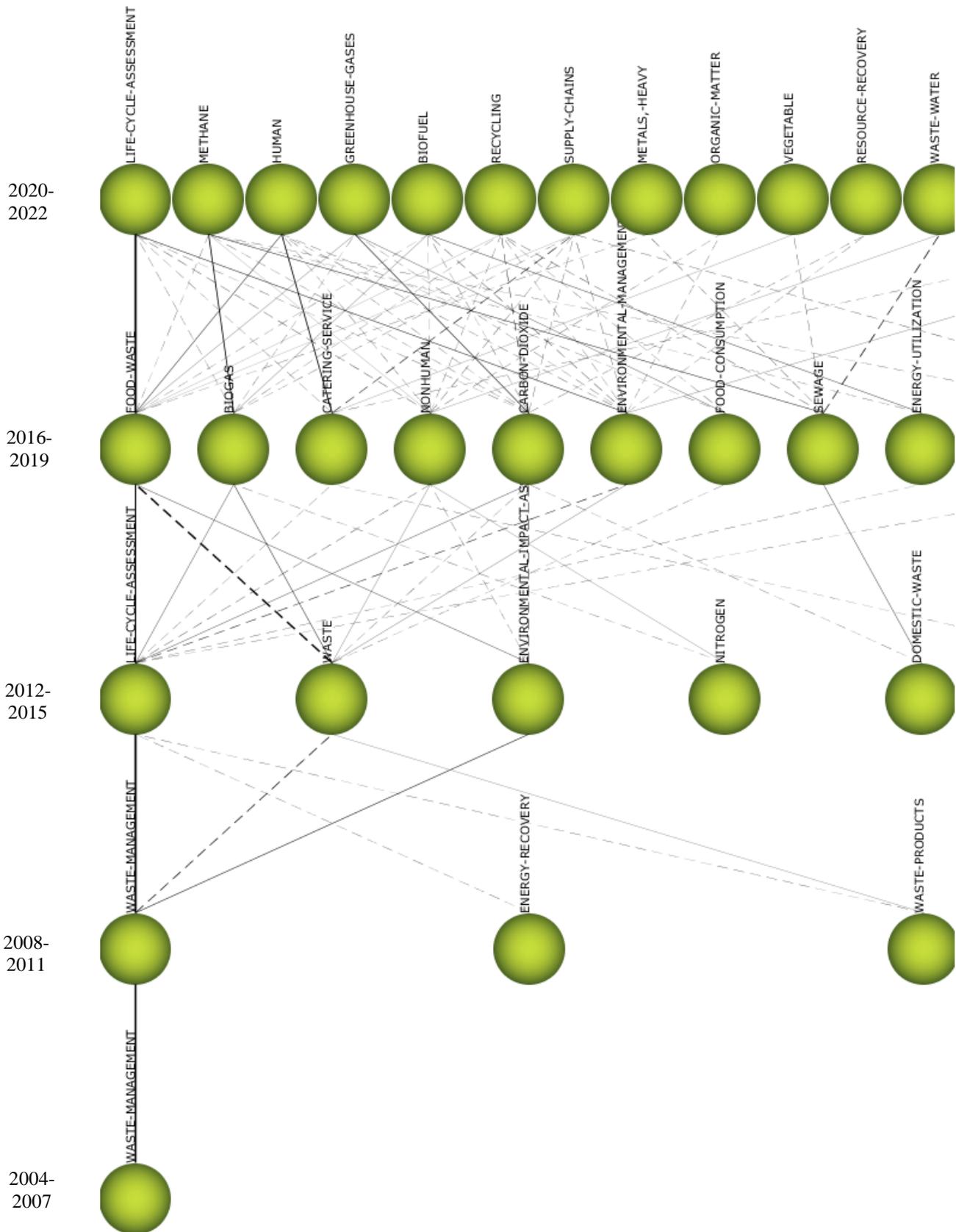


Figura 3 – Mapa de Evolução

Para o período de 2020-2022, foi gerado um diagrama estratégico (Figura 4), no qual observa-se quais são os temas motores (primeiro quadrante), os altamente desenvolvidos (segundo quadrante), os temas emergentes ou em declínio (terceiro quadrante) e os temas básicos (quarto quadrante).

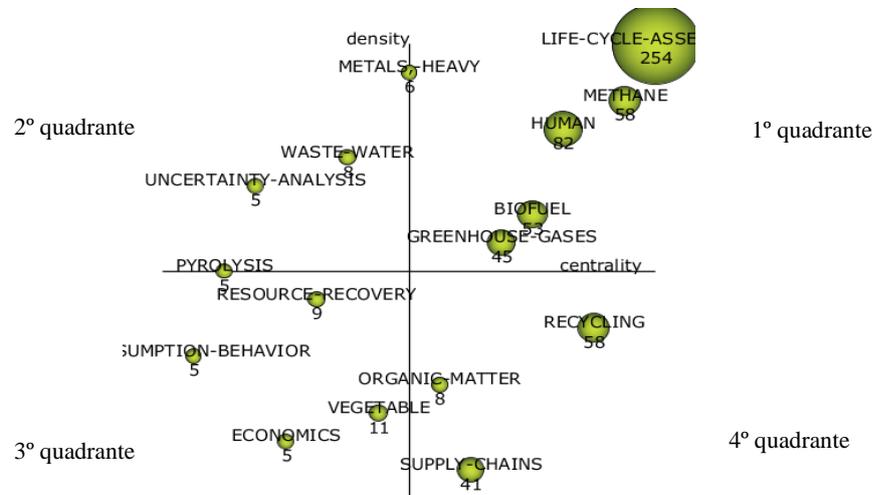


Figura 4 – Diagrama Estratégico do período de 2020-2022

Na etapa de revisão em si, ao fim de todas as etapas descritas na Metodologia Utilizada, foram considerados 14 estudos.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Conforme constatado, o termo *Food Waste* mostrou-se relevante e evoluiu de termos como *Life Cycle Assessment* (Análise de Ciclo de Vida – ACV). A ACV é inserida nesse contexto como ferramenta para a análise dos impactos ambientais decorrentes de um produto ou sistema ao ambiente. O termo novamente voltou como tópico preponderante no período 2020-2022 mantendo forte relação com o termo Desperdício de Alimentos. Isso significa que muitos autores utilizavam da ferramenta ACV para estimar potenciais energéticos e impactos ambientais associados ao desperdício de alimentos, por exemplo.

No caso da Figura 4 os números abaixo de cada palavra remetem à quantidade de publicações que utilizaram dessas palavras no período em questão. Outra informação que pode ser obtida é quanto ao grau de desenvolvimento de cada tema, onde no primeiro quadrante estão aqueles temas motores; no segundo, os temas altamente desenvolvidos; no terceiro, os termos emergentes ou em declínio; e no quarto, os temas básicos e transversais.

Um tópico que tem uma ligação forte com o tema desperdício de alimentos é o termo *Supply-Chains*, que aparece no quarto quadrante. Embora seja um tema que tem pouca força interna de representatividade, apresenta um índice h de 12, indicando que atualmente se encontra em constante desenvolvimento no universo científico. As conexões da palavra “*Supply-Chains*” podem ser visualizadas na Figura 5.

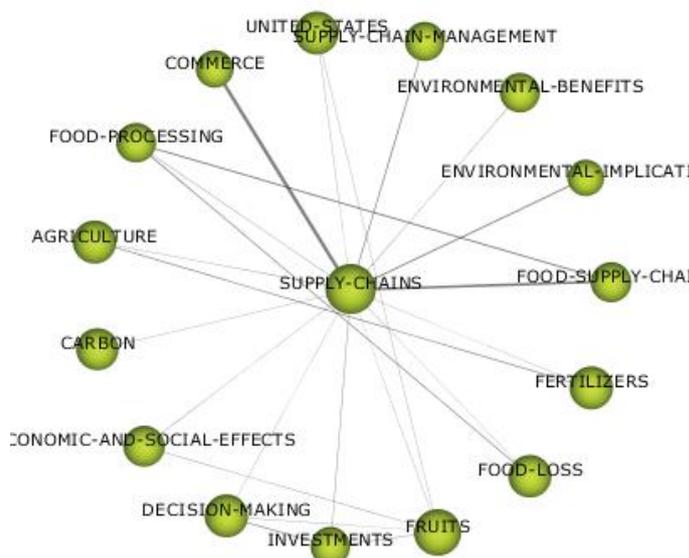


Figura 5 – Rede temática de cluster da palavra “Suply-Chain”

A partir dessa inspeção, é possível inferir que a Cadeia de Suprimentos (*Supply Chains*) mantém relações com diferentes aspectos que envolve a produção de alimentos, desde a agricultura, processamento e o comércio. Além de considerar a questão das perdas desses alimentos e os impactos ao ambiente, à sociedade e à economia.

Abaixo, na Tabela 1, segue um resumo dos estudos analisados e suas respectivas metodologias de avaliação de impacto.

Tabela 1 – Metodologias de Avaliação de Impactos

| Metodologia | Referência |
|-----------------------------|------------------------------------|
| Análise de Fluxo de Massas | Nandy <i>et al.</i> (2015) |
| Avaliação de Pegada Hídrica | Aivazidou <i>et al.</i> (2016) |
| Análise Exergética | Apaiiah <i>et al.</i> (2006) |
| | Ingrao <i>et al.</i> (2019) |
| ACV | Vandermeersch <i>et al.</i> (2014) |
| | Aivazidou <i>et al.</i> (2016) |

Tratando-se das avaliações de impacto (Tabela 1) existem algumas ferramentas que são apresentadas na literatura. Nandy *et al.* (2015) utilizaram, em um trabalho sobre recuperação de resíduos, a Análise de Fluxo de Massas (AFM); Aivazidou *et al.* (2016), Avaliação da Pegada Hídrica; Apaiiah *et al.* (2006) utilizaram a Análise Exergética como ferramenta para estudar a sustentabilidade das cadeias de abastecimento alimentar; Vandermeersch *et al.* (2014), além da Análise Exergética, fizeram uma ACV Exergética para uma avaliação ambiental entre duas opções de valorização dos resíduos alimentares. Ingrao *et al.* (2019), fizeram uma Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) com intuito de destacar os pontos críticos ambientais na cadeia de suprimentos alimentar. Aivazidou *et al.* (2016), por sua vez, analisaram a pegada de carbono de alimentos a partir de uma ACV econômica de entrada-saída de uma porção de alimento.

Na Tabela 2, é possível identificar as principais categorias de impactos analisados pelos autores quando aplicam a ACV para estimar o potencial de tais impactos.

Tabela 2 – ACV aplicada ao setor de alimentos

| Objeto de avaliação | Categorias de impacto | Abrangência da avaliação | Referência |
|-----------------------------------|------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Produção de cítricos | MC, UA, UE | Berço ao portão | Beccali <i>et al.</i> (2009) |
| Produção de purê de tomate | MC, UA, DO, UE, DA | Berço ao portão | Manfredi e Vignali (2014) |
| Produção de Pêssego | MC, UR, EC, SH | Berço ao portão | Ingrao <i>et al.</i> (2015) |
| Perda da batata | MC, ET, TH, EA, UE | Berço à mesa* | Willersinn <i>et al.</i> (2017) |
| Produção de pão | MC, UR, SH | Berço ao portão | Ingrao <i>et al.</i> (2018) |
| Produção e fornecimento de tomate | MC, UE | Berço ao portão | Bosona e Gebresenbet (2018) |
| Desperdício de alimentos | MC, UA, UE | Berço ao portão | Cakar <i>et al.</i> (2020) |
| Perda de grãos | MC, UA, US | Berço ao portão | Yan <i>et al.</i> (2023) |

DA= depleção abiótica; DO= depleção do ozônio; EA= ecotoxicidade aquática; EC= ecotoxicidade; ET= ecotoxicidade do solo; MC= mudanças climáticas; SH= saúde humana; TH= toxicidade humana; UA= uso da água; UE= uso de energia; UR= uso de recursos; US= uso do solo.

* Foi considerado até a etapa de consumo pelas pessoas em suas residências, sem levar em conta os efeitos da disposição final.

No que tange aos impactos decorrentes das perdas de alimentos, Willersinn *et al.* (2017) conduziram uma pesquisa para estimar os impactos ao longo de toda a cadeia de abastecimento da batata suíça por meio de uma ACV, onde foi possível analisar os impactos ambientais das várias etapas da cadeia de abastecimento de batata fresca, desde o campo ao consumo. Cakar *et al.* (2020) estudaram, a partir de uma ACV, os impactos decorrentes das perdas e desperdícios de alimentos na Turquia, onde avaliaram a pegada de carbono, pegada hídrica e a pegada energética; Yan *et al.* (2023) rastrearam os impactos ambientais em função das perdas de grãos ao longo da cadeia de suprimentos alimentar na região norte da China.

Sob essa perspectiva, a ACV se sobressai quando se pensa em ferramentas de gestão ambiental, pois esta estrutura metodológica permite estimar e avaliar os impactos ambientais atribuíveis ao ciclo de vida (CV) de um produto, como mudanças climáticas, destruição do ozônio troposférico, acidificação e depleção de ecossistemas e recursos, como água e solo.

CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

Ao longo da cadeia de abastecimento alimentar são consumidos recursos ambientais em quantidades consideráveis, e as perdas de alimentos geram impactos econômicos e ambientais negativos que potencialmente poderiam ser evitados:

A redução das perdas e do desperdício de alimentos promove melhoria da qualidade de vida das pessoas por meio da diminuição dos efeitos da contradição entre elevada produção de alimentos e os baixos níveis de distribuição e acesso à alimentos, bem como pela utilização eficiente e sustentável de recursos, energia e infraestrutura.

Após realizadas as análises do mapeamento científico para mapear as categorias de impactos ambientais associados às perdas e desperdício de alimentos ao longo dos anos de 2000-2022, foi possível visualizar que “Mudanças Climáticas” é a categoria de impacto mais comumente avaliadas. Com relação às metodologias de análise conclui-se que as abordagens em ACV são as mais proeminentes e aceitas.

Para além da contribuição obtida nesse estudo, pode-se observar, em um primeiro momento, que as frutas é fração de alimentos mais comumente estudada, indicando a tendência para futuros estudos dentro dessa temática de modo que novos trabalhos possam se desenvolver e suprir as necessidades da academia e da sociedade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aivazidou, E. *et al.* (2016) 'The emerging role of water footprint in supply chain management: A critical literature synthesis and a hierarchical decision-making framework', *Journal of Cleaner Production*, 137, pp. 1018–1037. Available at: <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2016.07.210>.
2. Apaiah, R.K. *et al.* (2006) 'Exergy analysis: A tool to study the sustainability of food supply chains', *Food Research International*, 39(1), pp. 1–11. Available at: <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2005.04.006>.
3. Bosona, T. e Gebresenbet, G. (2018) 'Life cycle analysis of organic tomato production and supply in Sweden', *Journal of Cleaner Production*, 196, pp. 635–643. Available at: <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2018.06.087>.
4. Cakar, B. *et al.* (2020) 'Assessment of environmental impact of FOOD waste in Turkey', *Journal of Cleaner Production*, 244, p. 118846. Available at: <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2019.118846>.
5. Cobo, M.J. *et al.* (2012) 'SciMAT: A new science mapping analysis software tool', *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 63(8), pp. 1609–1630. Available at: <https://doi.org/10.1002/ASI.22688>.
6. Donthu, N. *et al.* (2021) 'How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines', *Journal of Business Research*, 133, pp. 285–296. Available at: <https://doi.org/10.1016/J.JBUSRES.2021.04.070>.
7. Haba, H.F. *et al.* (2023) 'Green consumer research: Trends and way forward based on bibliometric analysis', *Cleaner and Responsible Consumption*, 8, p. 100089. Available at: <https://doi.org/10.1016/J.CLRC.2022.100089>.
8. Gustavsson, J. *et al.* (2011) 'Global Food Losses and Food Waste'.
9. Ingraio, C. *et al.* (2015) 'Life Cycle Assessment for highlighting environmental hotspots in Sicilian peach production systems', *Journal of Cleaner Production*, 92, pp. 109–120. Available at: <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2014.12.053>.
10. Ingraio, C. *et al.* (2018) 'Energy and environmental assessment of a traditional durum-wheat bread', *Journal of Cleaner Production*, 171, pp. 1494–1509. Available at: <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2017.09.283>.
11. Ingraio, C. *et al.* (2019) 'Tomato puree in the Mediterranean region: An environmental Life Cycle Assessment, based upon data surveyed at the supply chain level', *Journal of Cleaner Production*, 233, pp. 292–313. Available at: <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2019.06.056>.
12. Manfredi, M. e Vignali, G. (2014) 'Life cycle assessment of a packaged tomato puree: a comparison of environmental impacts produced by different life cycle phases', *Journal of Cleaner Production*, 73, pp. 275–284. Available at: <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2013.10.010>.
13. Nandy, B. *et al.* (2015) 'Recovery of consumer waste in India – A mass flow analysis for paper, plastic and glass and the contribution of households and the informal sector', *Resources, Conservation and Recycling*, 101, pp. 167–181. Available at: <https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2015.05.012>.
14. ONU. Organização das Nações Unidas (2015). Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável.
15. Paul, J. *et al.* (2021) 'Scientific procedures and rationales for systematic literature reviews (SPAR-4-SLR)', *International Journal of Consumer Studies* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.1111/IJCS.12695>.
16. Sundin, N. *et al.* (2021) 'The climate impact of excess food intake - An avoidable environmental burden', *Resources, Conservation and Recycling*, 174, p. 105777. Available at: <https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2021.105777>.
17. Willersinn, C. *et al.* (2017) 'Environmental impacts of food losses along the entire Swiss potato supply chain – Current situation and reduction potentials', *Journal of Cleaner Production*, 140, pp. 860–870. Available at: <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2016.06.178>.
18. Yan, D. *et al.* (2023) 'Tracing environmental impacts of grain losses along the supply chain in the North China Plain: An integrated framework', *Resources, Conservation and Recycling*, 189, p. 106771. Available at: <https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2022.106771>.