

O USO DE NOVAS TECNOLOGIAS PARA O DESENVOLVIMENTO DE EMBALAGENS EFICIÊNTES E SUSTENTÁVEIS: uma revisão

THE USE OF NEW TECHNOLOGIES FOR THE DEVELOPMENT OF EFFICIENT AND SUSTAINABLE PACKAGING: a review

SASTRE, Ricardo; Doutor em engenharia de produção; Universidade Federal do Paraná - UFPR

ricsastre@gmail.com

DOS SANTOS, Aguinaldo; Doutor em gestão da produção; Universidade Federal do Paraná - UFPR

asantos@ufpr.br

ROCHA, Clarice; Graduanda em Design; Universidade Federal do Paraná - UFPR

clarice.rocha@ufpr.br

REIS, Natália; Graduanda em Design; Universidade Federal do Paraná - UFPR

nataliaferrazreis@hotmail.com

MERCADO, Fuad; Mestre em Design; Universidade Federal do Paraná - UFPR

nataliaferrazreis@hotmail.com

WESTPHALEN, Felipe; Graduando em Design; Universidade Federal do Paraná - UFPR

felipebornancin@ufpr.br

Resumo

A importância de se estudar a relação entre sustentabilidade e embalagem é indiscutível, torna-se importante manter-se informado sobre novas soluções para minimizar impactos ambientais. Este artigo consiste em uma revisão sistemática de literatura com o objetivo de investigar quais são as novas tecnologias que estão sendo implantadas em projetos de embalagens para aumentar o seu desempenho e reduzir impacto ambiental. O presente estudo contribui para o entendimento sobre as novas possibilidades de implantação de projetos sustentáveis através do uso de novas tecnologias e sugere oportunidades para pesquisas futuras.

Palavras-Chave: embalagem; sustentabilidade; novas tecnologias.

Abstract

The importance of studying the relationship between sustainability and packaging is indisputable, it is important to stay informed about new solutions to minimize environmental impacts. This article consists of a systematic literature review with the aim of investigating which new technologies are being implemented in packaging projects to increase their performance and reduce environmental impact. The present study contributes to the understanding of new possibilities for implementing sustainable projects by new technologies and suggests opportunities for future research.

Keywords: packaging; sustainability; new technology.

1 Introdução

O desenvolvimento sustentável é, em essência, o que atende às necessidades e aspirações da geração atual sem destruir os recursos necessários para as gerações futuras atenderem às suas necessidades (Holdgate, 1987). Contextualizando, o conceito de embalagem sustentável está diretamente relacionado a minimização do impacto ambiental (Manzini, 2005). Uma embalagem sustentável é aquela projetada com materiais recicláveis, com avaliações de ciclo de vida que minimizem a pegada ecológica, o seu impacto social e ambiental. Deve atender aos critérios do mercado para seu desempenho funcional e social, dentro dos limites financeiros aceitos (Abdul Khalil et al., 2016; Besier, 2015; Petljak et al., 2019).

Por esta razão, a embalagem deve ser desenvolvida sempre que possível com matérias-primas de fontes renováveis, deve ser mantida em uso pelo maior tempo e ao final da vida, contribuir com a regeneração de sistemas naturais. O grande desafio encontrado pelos projetistas de embalagens é conseguir fazer com que ela cumpra todas as suas funções de maneira eficiente, atendendo a cadeia de stakeholders envolvidos e interligados, contemplando a interação da embalagem com o produto, seu usuário, a indústria convertedora e de envase, com foco em uma solução sustentável que não agrida o meio ambiente. Neste sentido, o uso de novas tecnologias pode contribuir para o desenvolvimento de embalagens que reduzam o impacto ambiental na movimentação de bens de consumo.

Sob o ponto de vista da área de conhecimento, a embalagem não é propriedade de uma disciplina em especial, ela se encontra explorada em diversas áreas, tais como o design e comunicação (Jerzyk, 2016; Tirpude et al., 2019), as engenharias (Elhussieny et al., 2020; Thomopoulos et al., 2019), a química (Al-Tayyar et al., 2020; Cazón and Vázquez, 2020), dentre outras (Paiano et al., 2020). Entender quais aspectos estão sendo abordados na literatura sobre as novas tecnologias sob a temática da embalagem auxilia no aproveitamento do conhecimento existente em situações utilizadas no mercado e gera embasamento para construção de novos conhecimentos.

Com o objetivo de contribuir com esta temática, o presente estudo tem por objetivo investigar quais são as novas tecnologias que estão sendo implantadas em projetos de embalagens para aumentar o seu desempenho e reduzir impacto ambiental. Sob o ponto de vista teórico, este estudo permite ao mesmo tempo dar visibilidade sistêmica e de síntese a conhecimentos originados em áreas distintas, os quais estão dispersos na literatura. Sob o ponto de vista prático, o presente estudo direciona e apresenta alternativas aos profissionais envolvidos com a área de embalagem para o desenvolvimento de projetos com foco em sustentabilidade, utilizando novas tecnologias para tornar a cadeia da embalagem mais eficiente.

2 Metodologia

Este estudo é uma pesquisa de natureza aplicada e com objetivos de caráter exploratório. O procedimento técnico adotado é o de Revisão Sistemática de Literatura, com ênfase nas publicações que abordem as novas tecnologias no contexto da embalagem e sustentabilidade. Os documentos identificados foram analisados através de um estudo de natureza qualitativa utilizando a técnica da análise de conteúdo adaptada de (Bardin, 1977); (Bickman et al., 2014) e (Moraes, 1999).

A revisão sistemática foi escolhida para este estudo, principalmente, por permitir integrar as

informações de um conjunto de estudos realizados isoladamente sobre determinado aspecto das novas tecnologias para embalagens sustentáveis, que podem apresentar resultados conflitantes e/ou coincidentes, bem como identificar temas que necessitem de evidência, auxiliando na investigação para trabalhos futuros (Sampaio and Mancini, 2007). Foi utilizado como base a recomendação do protocolo PRISMA (Moher et al., 2009) que consiste em um fluxograma composto por quatro etapas (Figura 1). O objetivo deste protocolo é ajudar os autores a melhorarem o relato de revisões sistemáticas e meta-análises.

A formulação dos strings iniciais fez uso tanto aos resultados preliminares e sugestões advindas da próprio portal de periódicos da CAPES e Google Scholar, assim como do conhecimento da equipe de pesquisa. O conjunto de strings definidos como critérios de busca deste estudo estão contidos no Quadro 1. A base de dados pesquisada foi o portal de periódicos do órgão de fomento a pesquisa no Brasil, a CAPES. O Portal é um dos maiores acervos de acesso a periódicos do mundo, foi criado pela CAPES em 2000. Oferece um banco de informações, democratizando o acesso às publicações científicas e tecnológicas de excelência produzidas no cenário internacional. Desde 2004, o Portal teve sua coleção ampliada de 3.600 para mais de 11 mil revistas de títulos nacionais e internacionais. O acesso ao Portal passou de sete milhões em 2002 para 47 milhões em 2006, com média atual de 130 mil acessos diários. A consulta gratuita é oferecida a cientistas, pesquisadores, professores e estudantes de 188 instituições que possuem programas de pós-graduação reconhecidos pelo governo. <https://www.gov.br/capes/pt-br>

Como critérios de elegibilidade, foram selecionados apenas artigos publicados em língua inglesa, todos os anos de publicação e os strings encontrados em qualquer parte do artigo.

Quadro 1 - Definição e critérios de avaliação do artigo completo

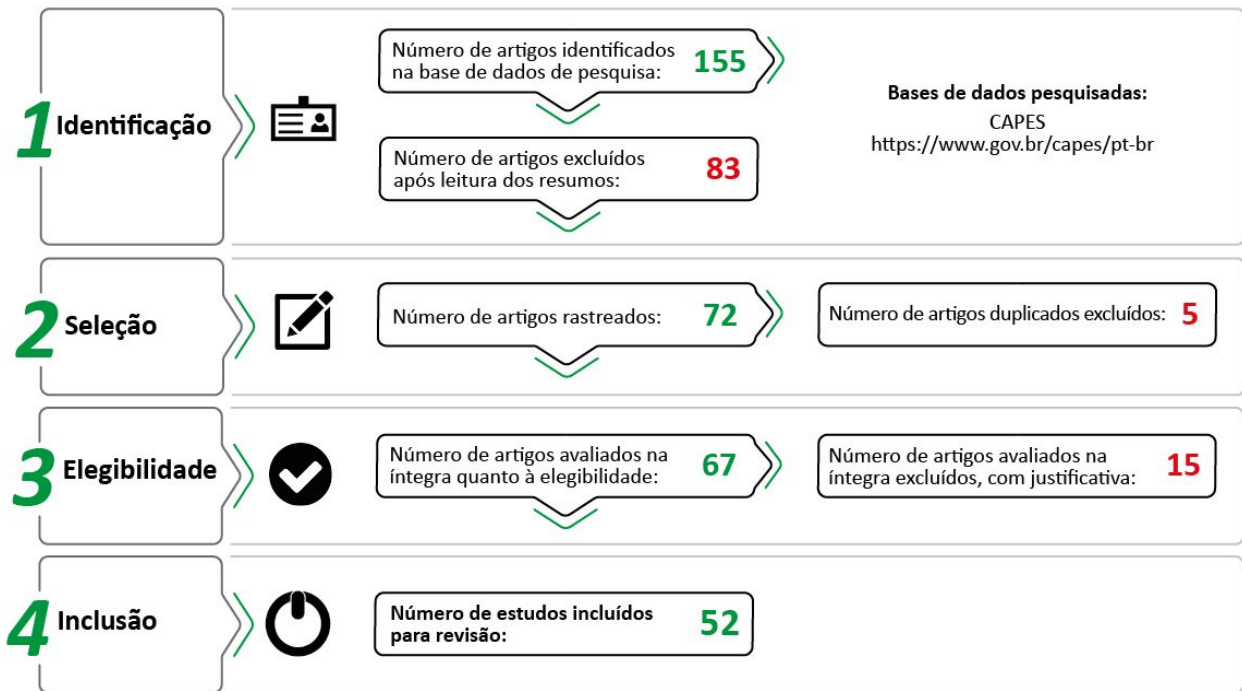
Nº	String de busca	Resultados	Filtro 1
1	Packaging and sustainability and active and intelligent	36	32
2	Packaging and sustainability and smart and innovation	22	11
3	Packaging and sustainability and new technology and IOT	3	1
4	Packaging and sustainability and 4.0 industry	28	9
5	Packaging and sustainability and emerging and high technology	45	12
6	Packaging and sustainability and digital and connected	6	3
7	Packaging and sustainability and interactive and design	9	1
8	Packaging and sustainability and artificial intelligence and AI	6	3
Total		155	72

Fonte: os autores

O número total de artigos encontrados foram 155. O corpus escolhido para dar continuidade na análise, após a utilização dos critérios de exclusão foram de 52 artigos que abordam especificamente as novas tecnologias para embalagem no contexto da sustentabilidade. Os critérios de exclusão foram definidos baseados no objetivo deste estudo que é investigar quais são as novas tecnologias que estão sendo implantadas em projetos de embalagens para aumentar o seu

desempenho e reduzir impacto ambiental. Artigos que não tratavam diretamente sobre a temática da embalagem e da sustentabilidade foram excluídos, bem como os artigos que não tratavam sobre novas tecnologias. O software utilizado para o gerenciamento de referências bibliográficas e extração de conteúdo dos artigos foi o Mendeley®.

Figura 1 – Protocolo da Revisão Sistemática de Literatura



Fonte: Adaptado de Moher et al., 2009

A análise de conteúdo tem por propósito orientar a exploração das informações e reduzir a subjetividade das análises qualitativas (Bickman et al., 2014). A análise de conteúdo neste trabalho foi desenvolvida com o direcionamento prévio de 2 unidades de análise: (i) embalagem e (ii) sustentabilidade, termos que foram incluídos nos strings de busca. Como unidades de contexto foram utilizadas (i) síntese dos artigos eleitos para análise e, (ii) Cruzamento de dados para identificar: (a) tecnologias emergentes e novos materiais; (b) barreiras e oportunidades (c) principais segmentos de mercado que estão fazendo uso de novas tecnologias; e (d) redução de impacto ambiental. A decisão da análise de conteúdo possibilitou uma leitura mais assertiva sobre a investigação do presente estudo.

3 Resultados e discussão

Esta seção apresenta os resultados e discussão da análise de conteúdo (estudo qualitativo), a partir da seleção dos 52 artigos, resultado da Revisão sistemática de literatura. A análise de conteúdo neste trabalho foi desenvolvida com o direcionamento prévio de 2 unidades de análise: (i) embalagem e (ii) sustentabilidade, termos que foram incluídos no string de busca. Como unidades de contexto foram utilizadas 4 questões de pesquisa, apresentadas a seguir:

Em vias gerais, os artigos tratam predominantemente sobre embalagens para alimentos, com 39 artigos, sendo 33 artigos abordando possibilidades para a melhoria na conservação e

aumento da vida útil dos alimentos. O plástico é a matéria-prima mais estudada, com 33 artigos. 12 artigos apresentam soluções envolvendo nanotecnologia e 14 artigos apresentam alternativas para reduzir o tempo de vida útil de embalagens nos pós consumo.

(Q.1) Quais são as principais tecnologias emergentes e novos materiais aplicados em embalagens?

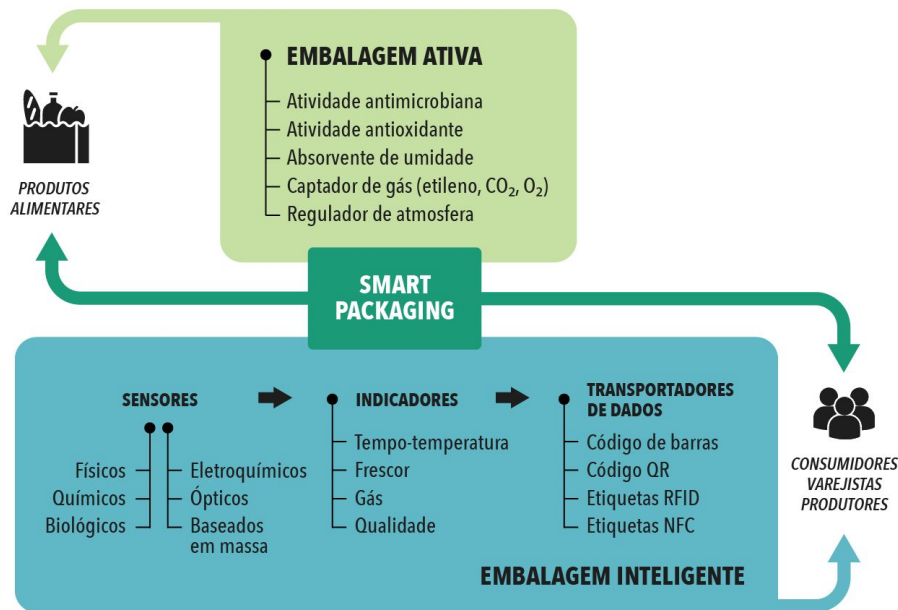
As principais tecnologias encontradas na literatura sobre embalagens, estão relacionadas ao aumento da conservação dos alimentos no geral tais como barreiras de proteção contra fungos, bactérias e a influência do ambiente externo, bem como a rastreabilidade de produtos para a redução de desperdícios em toda a sua cadeia de valor e no aumento da experiência com o usuário. Neste sentido, Versino et al., (2023) classifica as novas soluções para embalagens em três grupos: embalagens ativas, embalagens inteligentes e embalagens smart.

Embalagens Ativas são sistemas compostos por antimicrobianos, antioxidantes, nanomateriais e vários tipos de absorvedores de gases e umidade, que, além de melhorar as propriedades dos filmes de embalagem, aumentam a vida útil dos produtos alimentícios na prateleira. Materiais ativos são projetados especificamente para interagir com o alimento ou com o ambiente ao redor, modificando sua composição ou características para preservar as qualidades organolépticas ou sensoriais do produto, garantindo assim sua qualidade por períodos mais longos (Rodrigues et al., 2021; Versino et al., 2023)

Embalagens inteligentes têm o objetivo de detectar mudanças dentro da embalagem do alimento e fornecer informações sobre o estado do conteúdo interno. Embora se limitem a detectar e comunicar, as embalagens inteligentes podem melhorar a segurança, a proteção e a conveniência, fornecendo informações ao consumidor sobre o frescor e a deterioração do produto embalado em tempo real e sobre a integridade da embalagem e a frescura, maturidade ou contaminação do alimento (Ahari et al., 2022; Versino et al., 2023).

Por fim, as embalagens smart surgem da combinação das tecnologias de embalagem ativa e inteligente, embora às vezes o termo seja usado de forma indistinta para se referir a uma ou outra. Contudo, sistemas de embalagem de alimentos com uma única função de manutenção ou monitoramento da frescura podem não ser capazes de atender a todas as necessidades práticas (Versino et al., 2023). A figura 2 apresenta a síntese das três tecnologias.

Figura 2 – Novas soluções para embalagens



Fonte: Adaptado de Versino et al., (2023)

Outras soluções estão sendo pesquisadas com o uso de novas tecnologias para embalagens, como o exemplo de Mohammed et al., (2023) ao qual desenvolveu um método utilizando machine learning e um sensor multiespectral para prever/estimar os parâmetros de qualidade e prazo de validade de tâmaras frescas embaladas sob atmosfera natural.

Sobre o uso de novos materiais, Siddiqui et al., (2022) destaca a importância da nanotecnologia em aditivos e embalagens alimentares, melhorando a segurança, vida útil e qualidade dos alimentos. O nanopackaging utiliza nanomateriais, como nanopartículas de prata e óxido de zinco, por suas qualidades antibacterianas e indicadoras de frescura. Nanossensores nas embalagens monitoram a condição dos alimentos, alterando a cor da embalagem em caso de deterioração, assegurando a integridade do produto (Siddiqui et al., 2022; Silvestre et al., 2011).

Os biopolímeros estão sendo estudados em diversas formas, Sid et al., (2021) apresenta uma revisão de literatura sobre o tema. Por fim, destaca-se um artigo de Zhang et al., (2022) que fornece uma visão geral sobre a produção de celulose moldada, bem como a oportunidade de redução de impacto ambiental na utilização deste tipo de embalagem.

(Q.2) Quais são as barreiras e oportunidades que estão sendo enfrentadas no uso de novas tecnologias?

Em relação as barreiras para implantação de novas tecnologias no contexto de embalagens sustentáveis, emergiu da literatura aspectos relacionados ao custo de implantação, falta de estrutura para implantação de uma nova tecnologia, barreiras psicológicas e comportamentais e barreiras políticas e governamentais relacionadas as legislações. Segundo Turkcu and Tura, (2023), as barreiras econômicas são consideradas mais desafiadores de gerenciar, pois exigem mudanças. Neste sentido, as mudanças podem ser consideradas em relação a todos os envolvidos no ciclo de vida da embalagem, desde o fabricante da matéria-prima, passando pela tomada de decisão da empresa e na aceitação do consumidor.

Sobre a estrutura, os produtores enfrentaram dificuldades na operação e na determinação da sustentabilidade de seus produtos devido à falta de padrões e diretrizes a serem seguidas na produção e do governo (Turkcu and Tura, 2023). A aquisição de novas tecnologias exige altos investimentos e uma mudança de cultura em toda a estrutura, como por exemplo, a implantação de tecnologias para o rastreamento de mercadorias, incorporados nas embalagens, necessita de investimento para adquirir e implantar as etiquetas, desde a colocação do item na embalagem, transcorrendo pelo sistema logístico e de armazenamento (Rossi et al., 2023). Os órgãos regulatórios dos governos nem sempre acompanham a mesma velocidade na liberação de novas soluções, a liberação de novos materiais que possam ter contato direto com alimentos pode sofrer atrasos para liberação e/ou conter regras distintas em cada região (Young et al., 2023).

Como oportunidades (Turkcu and Tura, 2023) sugere o gerenciamento integrado dos custos da cadeia de valor, das estruturas, comportamentos e tensões psicológicas. O apoio governamental é altamente necessário para desenvolver e harmonizar a infraestrutura, incentivar a produção e aumentar e harmonizar a regulamentação em diferentes regiões e países, como por exemplo, melhorar as regras de rotulagem, incentivar a produção de embalagens biodegradáveis (Turkcu and Tura, 2023). Além disso, recomenda-se ampliar e difundir os conhecimentos sobre embalagens sustentáveis para o mercado. Segundo Bányai, (2022), a aplicação de tecnologias avançadas, como tecnologia de imagem, espectroscopia, sensores múltiplos, identificação por radiofrequência, sensores impressos e resposta de impulso acústico, pode aprimorar a qualidade dos produtos durante os processos de embalagem, armazenamento e transporte, e soluções digitais podem potencializar os resultados da otimização no sistema físico. As tecnologias da Indústria 4.0 têm aplicação eficaz em setores específicos de embalagem.

(Q.3) Quais são os segmentos de mercado que estão fazendo uso de novas tecnologias?

As embalagens destinadas ao setor alimentício predominam nos artigos selecionados nesta revisão sistemática de literatura. O estudo de Anthierens et al., (2011) aborda o uso de oxigênio ativo para embalagens de bebidas e Etxabide et al., (2022) utiliza o resíduo orgânico da produção de vinho para o desenvolvimento de biopolímeros. O uso de etiquetas com a tecnologia de identificação por rádio frequência (RFID) para controle e monitoramento de estoques de bebidas (Rossi et al., 2023). Karaman et al., (2015) apresenta uma revisão de literatura sobre embalagens para laticínios; O uso de novas tecnologias para aumentar o prazo de validade no mercado de carnes embaladas é apresentado por (Ahmed et al., 2018; McMillin, 2017; Soro et al., 2021), (figura 3); Soluções para embalagens de cereais e confeitaria (Bauer et al., 2022). O uso de embalagens inteligentes para a indústria de queijos (Kontogianni et al., 2023) e Soluções para o aumento da vida útil de produção de frutas (Alzuabi et al., 2023; Gomes et al., 2023).

Figura 3 – Exemplo de embalagem para carnes



Fonte: <https://www.sealpacinternational.com>

Percebe-se que as novas soluções em embalagens para o setor alimentício no geral estão concentradas em nanotecnologia (Pushparaj et al., 2022; Ur Rahim et al., 2021); biopolímeros (Chaudhary et al., 2022; Ortega et al., 2022) e reaproveitamento de resíduo do agronegócio (Fernandez et al., 2021). Por fim, o estudo de (Chelliah et al., 2021) aborda soluções em rastreadores para a área da saúde em geral, destacando as embalagens para medicamentos.

(Q.4) Quais são as ações para a redução de impactos ambientais em relação a novas soluções para embalagens?

As principais ações para a redução de impactos ambientais encontradas nos artigos analisados referem-se ao uso de materiais orgânicos em polímeros convencionais para a redução da vida útil da embalagem nos pós consumo e dispositivos diversos para o aumento da vida útil dos alimentos, tanto no sentido de proteção (embalagens ativas) quanto no sentido de rastreabilidade e comunicação com o consumidor (embalagens inteligentes). A redução no desperdício de alimentos é um fator importante para a promoção da sustentabilidade nos âmbitos econômico, social e ambiental. A embalagem exerce uma função importante nesse sentido, atribuindo uma série de papéis, como proteção e transporte. Ao mesmo tempo, após o uso, a embalagem torna-se um resíduo que precisa ser reduzido ou destinado corretamente para reciclagem.

Percebe-se uma preocupação em reduzir o impacto ambiental das embalagens plásticas, neste sentido, o uso de novos materiais para redução de impacto ambiental das embalagens estão relacionados a soluções em nanotecnologia e a partir da extração de componentes ou resíduos orgânicos (Ahari et al., 2022; Badgar et al., 2022; Bangar et al., 2021; Chaudhary et al., 2022; Michelin et al., 2020; Moura et al., 2023; Ortega et al., 2022; Perera et al., 2021, 2023; Pushparaj et al., 2022; Raghuvanshi et al., 2023; Romão et al., 2022; Sid et al., 2021; Ur Rahim et al., 2021; Versino et al., 2023).

Para o aumento da conservação de alimentos, utiliza-se tecnologias relacionadas a proteção e rastreio, mencionados na (Q.1). A respeito das iniciativas para prolongar a vida útil dos alimentos,

as soluções podem surgir através de embalagens ativas e inteligentes (Ahmed et al., 2018; Anthierens et al., 2011; Boukid, 2022; Cammarelle, Lombardi, et al., 2021; Cammarelle, Viscecchia, et al., 2021; Etxabide et al., 2022; Gomes et al., 2023; Khan et al., 2023; Soro et al., 2021) A embalagem inteligente de alimentos, embora não seja um conceito novo, está sendo cada vez mais reconhecida como uma estratégia eficaz para garantir a qualidade e segurança dos alimentos, conforme apontado por (Boukid, 2022).

4 Considerações finais

A partir dos artigos analisados percebe-se a preocupação em reduzir o impacto ambiental de embalagens plásticas através do uso de soluções em nanotecnologia e/ou biopolímeros para acelerar a biodegradabilidade. Outro fator importante a ser destacado são as soluções para o aumento da vida útil dos alimentos.

Sugere-se como recomendações para estudos futuros um aprofundamento nos materiais alternativos para substituir, quando possível, embalagens problemáticas em seu fim de vida, tais como multicamadas, polímeros que contenham metais pesados ou contaminantes, dentre outros. As tecnologias emergentes estão sendo pouco utilizadas até o presente momento. Buscar soluções incluindo IOT, *bigdata*, inteligência artificial e a indústria 4.0 em projetos de embalagens são oportunidades de pesquisa. A embalagem é um sistema complexo e está inserida em um ciclo de vida, torna-se necessário encontrar soluções que atendam toda a cadeia de valor. As soluções para resolver problemas específicos como a substituição de materiais é importante, porém, não são suficientes para a redução de impacto ambiental da movimentação de produtos pelo mundo.

O presente estudo não pretende esgotar o assunto, e sim contribuir para futuras consultas e recomendações para a concepção de embalagens sustentáveis a partir do uso de novas tecnologias, encoraja projetos com foco na sustentabilidade e sugere oportunidades para pesquisas. Do ponto de vista prático, o presente estudo direciona e apresenta alternativas aos profissionais envolvidos com a área de embalagem, trazendo uma perspectiva sustentável para futuros projetos.

5 Referências

- ABDUL KHALIL, H. P. S. et al. A review on nanocellulosic fibres as new material for sustainable packaging: Process and applications. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 64, p. 823–836, 2016.
- AHARI, H. et al. **Bio-nanocomposites as food packaging materials; the main production techniques and analytical parameters**. **Advances in Colloid and Interface Science** Elsevier B.V., 1 dez. 2022.
- AHMED, I. et al. **An overview of smart packaging technologies for monitoring safety and quality of meat and meat products**. **Packaging Technology and Science** John Wiley and Sons Ltd, 1 jul. 2018.
- AL-TAYYAR, N. A.; YOUSSEF, A. M.; AL-HINDI, R. Antimicrobial food packaging based on sustainable Bio-based materials for reducing foodborne Pathogens: A review. **Food Chemistry**, v. 310, 2020.
- ALZUABI, R. O.; HASSAN, N. M.; BAHROUN, Z. Development and Implementation of an Innovative Smart Storage System for Fruit Quality Preservation. **Food and Bioprocess Technology**, 2023.
- ANTHIERENS, T. et al. Use of endospore-forming bacteria as an active oxygen scavenger in plastic packaging materials. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 12, n. 4, p. 594–599,

out. 2011.

BADGAR, K. et al. **Sustainable Applications of Nanofibers in Agriculture and Water Treatment: A Review. Sustainability (Switzerland)**MDPI, , 1 jan. 2022.

BANGAR, S. P. et al. **Functionality and applicability of starch-based films: An eco-friendly approach. Foods**MDPI, , 1 set. 2021.

BÁNYAI, Á. Industry 4.0: challenges and opportunities in packaging logistics. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, v. 1235, n. 1, p. 012076, 1 mar. 2022.

BARDIN, L. **L'analyse de contenu**. France: Presses Universitaires de France, 1977.

BAUER, A. S. et al. **Cereal and Confectionary Packaging: Background, Application and Shelf-Life Extension. Foods**MDPI, , 1 mar. 2022.

BESIER, S. Generational perceptions of pro-environmental packaging advantages. **uwf UmweltWirtschaftsForum**, v. 23, n. 4, p. 315–322, 2015.

BICKMAN, L.; ROG, D.; MAXWELL, J. Designing a Qualitative Study. **The SAGE Handbook of Applied Social Research Methods**, p. 214–253, 2014.

BOUKID, F. **Smart Food Packaging: An Umbrella Review of Scientific Publications. Coatings**MDPI, , 1 dez. 2022.

CAMMARELLE, A.; LOMBARDI, M.; VISCECCHIA, R. Packaging innovations to reduce food loss and waste: Are italian manufacturers willing to invest? **Sustainability (Switzerland)**, v. 13, n. 4, p. 1–18, 2 fev. 2021.

CAMMARELLE, A.; VISCECCHIA, R.; BIMBO, F. Intention to purchase active and intelligent packaging to reduce household food waste: Evidence from italian consumers. **Sustainability (Switzerland)**, v. 13, n. 8, 2 abr. 2021.

CAZÓN, P.; VÁZQUEZ, M. Mechanical and barrier properties of chitosan combined with other components as food packaging film. **Environmental Chemistry Letters**, v. 18, n. 2, p. 257–267, 2020.

CHAUDHARY, V. et al. Recent Advancements in Smart Biogenic Packaging: Reshaping the Future of the Food Packaging Industry. **Polymers**, v. 14, n. 4, 1 fev. 2022.

CHELLIAH, R. et al. **Development of nanosensors based intelligent packaging systems: Food quality and medicine. Nanomaterials**MDPI AG, 1 jun. 2021.

ELHUSSIENY, A. et al. Valorisation of shrimp and rice straw waste into food packaging applications. **Ain Shams Engineering Journal**, n. xxxx, p. 1–8, 2020.

ETXABIDE, A. et al. Developing active and intelligent films through the incorporation of grape skin and seed tannin extracts into gelatin. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 33, 1 set. 2022.

FERNANDEZ, C. M. et al. Fostering awareness on environmentally sustainable technological solutions for the post-harvest food supply chain. **Processes**, v. 9, n. 9, 1 set. 2021.

GOMES, B. A. F. et al. **Recent advances in processing and preservation of minimally processed fruits and vegetables: A review – Part 2: Physical methods and global market outlook. Food Chemistry Advances**Elsevier Ltd, 1 out. 2023.

HOLDGATE, M. W. Our Common Future: The Report of the World Commission on Environment and Development. Oxford University Press, Oxford & New York: xv + 347 + 35 pp., 20.25 × 13.25 × 1.75 cm, Oxford Paperback, £5.95 nets in UK, 1987. **Environmental Conservation**, v. 14, n. 3, p. 282–282,

1987.

JERZYK, E. Design and Communication of Ecological Content on Sustainable Packaging in Young Consumers' Opinions. **Journal of Food Products Marketing**, v. 22, n. 6, p. 707–716, 2016.

KARAMAN, A. D. et al. Recent Advances in Dairy Packaging. **Food Reviews International**, v. 31, n. 4, p. 295–318, 2 out. 2015.

KHAN, A.; EZATI, P.; RHIM, J. W. **Alizarin: Prospects and sustainability for food safety and quality monitoring applications. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces** Elsevier B.V., , 1 mar. 2023.

KONTOGIANNI, V. G. et al. Innovative Intelligent Cheese Packaging with Whey Protein-Based Edible Films Containing Spirulina. **Sustainability**, v. 15, n. 18, p. 13909, 19 set. 2023.

MANZINI, E. **O desenvolvimento de produtos sustentáveis**. 1. ed. São Paulo: [s.n.].

MCMILLIN, K. W. **Advancements in meat packaging. Meat Science** Elsevier Ltd, , 1 out. 2017.

MICHELIN, M. et al. **Nanocellulose production: Exploring the enzymatic route and residues of pulp and paper industry. Molecules** MDPI AG, , 1 ago. 2020.

MOHAMMED, M. et al. Machine-Learning-Based Spectroscopic Technique for Non-Destructive Estimation of Shelf Life and Quality of Fresh Fruits Packaged under Modified Atmospheres. **Sustainability (Switzerland)**, v. 15, n. 17, 1 set. 2023.

MOHER, D. et al. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. **PLoS Medicine**, v. 6, n. 7, 2009.

MORAES, R. ANÁLISE DE CONTEÚDO Roque Moraes [1] MORAES, Roque. Análise de conteúdo. **Educação**, v. 22, n. 37, p. 7–32, 1999.

MOURA, J. DA S. et al. Bioactive Compounds of Jambu (*Acmella oleracea* (L.) R. K. Jansen) as Potential Components of Biodegradable Food Packing: A Review. **Sustainability**, v. 15, n. 21, p. 15231, 24 out. 2023.

ORTEGA, F. et al. **Biobased composites from agroindustrial wastes and by-products. Emergent Materials** Springer Nature, , 1 jun. 2022.

PAIANO, A.; CROVELLA, T.; LAGIOIA, G. Managing sustainable practices in cruise tourism: the assessment of carbon footprint and waste of water and beverage packaging. **Tourism Management**, v. 77, n. August 2019, 2020.

PERERA, K. Y. et al. **Seaweed polysaccharide in food contact materials (Active packaging, intelligent packaging, edible films, and coatings). Foods** MDPI, , 1 set. 2021.

PERERA, K. Y.; JAISWAL, A. K.; JAISWAL, S. **Biopolymer-Based Sustainable Food Packaging Materials: Challenges, Solutions, and Applications. Foods** MDPI, , 1 jun. 2023.

PETLJAK, K.; NALETINA, D.; BILOGREVIĆ, K. Considering ecologically sustainable packaging during decision-making while buying food products. **Ekonomika poljoprivrede**, v. 66, n. 1, p. 107–126, 2019.

PUSHPARAJ, K. et al. Nano- from nature to nurture: A comprehensive review on facets, trends, perspectives and sustainability of nanotechnology in the food sector. **Energy**, v. 240, 1 fev. 2022.

RAGHUVANSHI, S. et al. **Recent advances in biomacromolecule-based nanocomposite films for intelligent food packaging- A review. International Journal of Biological Macromolecules** Elsevier B.V., , 31 dez. 2023.

- RODRIGUES, C. et al. **Bio-based sensors for smart food packaging—current applications and future trends.** *SensorsMDPI AG*, , 2 mar. 2021.
- ROMÃO, S.; BETTENCOURT, A.; RIBEIRO, I. A. C. **Novel Features of Cellulose-Based Films as Sustainable Alternatives for Food Packaging.** *PolymersMDPI*, , 1 nov. 2022.
- ROSSI, A. et al. The Effect of Tag Positioning on Passive Radio Frequency Identification (RFID) Performance: Case of Food Beverages. **Chemical Engineering Transactions**, v. 99, p. 697–702, 2023.
- SAMPAIO, R. F.; MANCINI, M. C. Estudos de revisão sistemática : um guia para síntese. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 11, p. 83–89, 2007.
- SID, S. et al. **Bio-sourced polymers as alternatives to conventional food packaging materials: A review.** *Trends in Food Science and TechnologyElsevier Ltd*, , 1 set. 2021.
- SIDDIQUI, S. A. et al. **Consumer behavior towards nanopackaging - A new trend in the food industry.** *Future FoodsElsevier B.V.*, , 1 dez. 2022.
- SILVESTRE, C.; DURACCIO, D.; CIMMINO, S. **Food packaging based on polymer nanomaterials.** *Progress in Polymer Science (Oxford)Elsevier Ltd*, , 2011.
- SORO, A. B. et al. **Current sustainable solutions for extending the shelf life of meat and marine products in the packaging process.** *Food Packaging and Shelf LifeElsevier Ltd*, , 1 set. 2021.
- THOMOPOULOS, R. et al. **Multi-Criteria Reverse Engineering for Food: Genesis and Ongoing Advances.** *Food Engineering ReviewsFood Engineering Reviews*, , 2019.
- TIRPUDE, R.; ALAM, T.; SAHA, N. C. Effect of Package Design of Handloom Products to Influence Consumer Perception. **Journal of Packaging Technology and Research**, v. 3, n. 2, p. 169–179, 2019.
- TURKCU, D.; TURA, N. The dark side of sustainable packaging: Battling with sustainability tensions. **Sustainable Production and Consumption**, v. 40, p. 412–421, 1 set. 2023.
- UR RAHIM, H. et al. **Nano-enable materials promoting sustainability and resilience in modern agriculture.** *NanomaterialsMDPI AG*, , 1 ago. 2021.
- VERSINO, F. et al. **Sustainable and Bio-Based Food Packaging: A Review on Past and Current Design Innovations.** *FoodsMDPI*, 1 mar. 2023.
- YOUNG, E.; MIROSA, M.; BREMER, P. A conceptual model for food industry views on the commercialisation of active and intelligent packaging. **Packaging Technology and Science**, 1 nov. 2023.
- ZHANG, Y. et al. **Molded fiber and pulp products as green and sustainable alternatives to plastics: A mini review.** *Journal of Bioresources and BioproductsKeAi Communications Co.*, 1 fev. 2022.