

Estudo de Prospecção Tecnológica sobre Embalagem Ativa de Alimentos com Adição de Eugenol Microencapsulado

Technological Prospection Study on Active Food Packaging with the Addition of Microencapsulated Eugenol

Raíssa Coelho Motta¹

Samira Abdallah Hanna¹

¹Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA, Brasil

Resumo

O desperdício de alimentos é exacerbado por questões logísticas que resultam na perda entre colheita e varejo, afetando a sustentabilidade dos sistemas alimentares com impactos socioeconômicos e ambientais. A pesquisa e o desenvolvimento de matérias-primas, insumos e tecnologias na embalagem e transporte de alimentos podem reduzir perdas. Embalagens ativas podem ser estratégicas, pois além de conter os produtos, incorporam agentes que melhoram características sensoriais prolongando a vida útil dos alimentos. Este estudo apresenta uma visão das embalagens ativas para alimentos com eugenol, composto natural com atividade antioxidante e antimicrobiana, em informações de artigos científicos (plataforma SciELO®) e patentes (plataforma Espacenet®). Indústrias americanas (setores de biotecnologia, estética, farmacêutica e instrumentos analíticos) são as principais detentoras das patentes. A maioria delas concentra-se em C11D3/505 (substâncias aromáticas encapsuladas). O desenvolvimento de embalagens ativas com eugenol tem potencial inovador e está alinhado aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) propostos pela Organização das Nações Unidas (ONU).

Palavras-chave: Embalagens ativas para alimentos; Prospecção tecnológica; Desperdício de alimentos.

Abstract

Food waste is exacerbated by logistical issues that result in losses between harvest and retail, affecting the sustainability of food systems with socioeconomic and environmental impacts. Research and development of raw materials, inputs and technologies in food packaging and transportation can reduce losses. Active packaging can be strategic, as in addition to containing products, they incorporate agents that improve sensory characteristics, extending the shelf life of food. This study presents a view of active packaging for foods with eugenol, a natural compound with antioxidant and antimicrobial activity, in information from scientific articles (SciELO® platform) and patents (Espacenet® platform). American industries (biotechnology, aesthetics, pharmaceutical and analytical instrument sectors) are the main patent holders. Most of these focus on C11D3/505 (encapsulated aromatic substances). The development of active packaging with eugenol has innovative potential and is aligned with the Sustainable Development Goals (SDGs) proposed by the United Nations.

Keywords: Active food packaging; Technological prospecting; Food waste.

Área Tecnológica: Prospecção Tecnológica. Ciência e Tecnologia de Alimentos. Inovação e Desenvolvimento.



1 Introdução

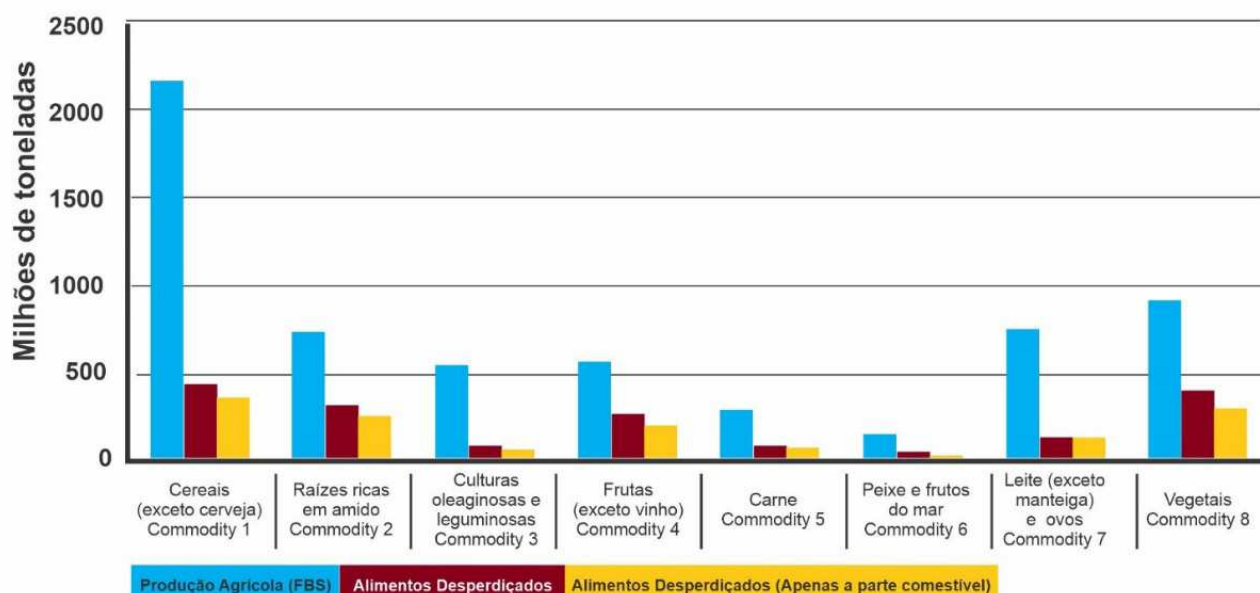
O desafio global do desperdício de alimentos não é apenas o descarte de produtos comestíveis, mas sim um desperdício de recursos vitais investidos em sua produção, incluindo água, energia, mão de obra e capital. Além do esgotamento de recursos, o descarte de alimentos perdidos e os resíduos em aterros, as principais fontes de emissões de metano, colaboram com a emissão de gases de efeito estufa, acelerando a crise climática. As repercussões da perda e do desperdício de alimentos impactam negativamente na segurança e na disponibilidade de alimentos, pois contribuem para o aumento do custo dos alimentos (Da Silva, 2016).

Em escala global, os números são alarmantes, estima-se que cerca de 14% dos alimentos produzidos são perdidos entre a colheita e o varejo, com 17% da produção global de alimentos seguindo um destino igualmente inadequado (Embrapa, 2017).

Anualmente, cerca de 931 milhões de toneladas de alimentos são desperdiçadas em todo o mundo, conforme evidenciado por um esclarecedor estudo conduzido pelo United Nations Environment Programme (UNEP) e pelo Waste and Resources Action Programme (WRAP) sediado no Reino Unido (UNEP, 2021).

Os dados obtidos da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (ONU-Brasil, 2017) registram que cerca de um terço de todos os alimentos produzidos anualmente no mundo jamais chega aos pratos dos consumidores (Figura 1). Em vez disso, é perdido em algum ponto da complexa cadeia de produção ou desperdiçado no final dessa jornada, em restaurantes e domicílios.

Figura 1 – Produção agrícola total *versus* volume de alimentos desperdiçados



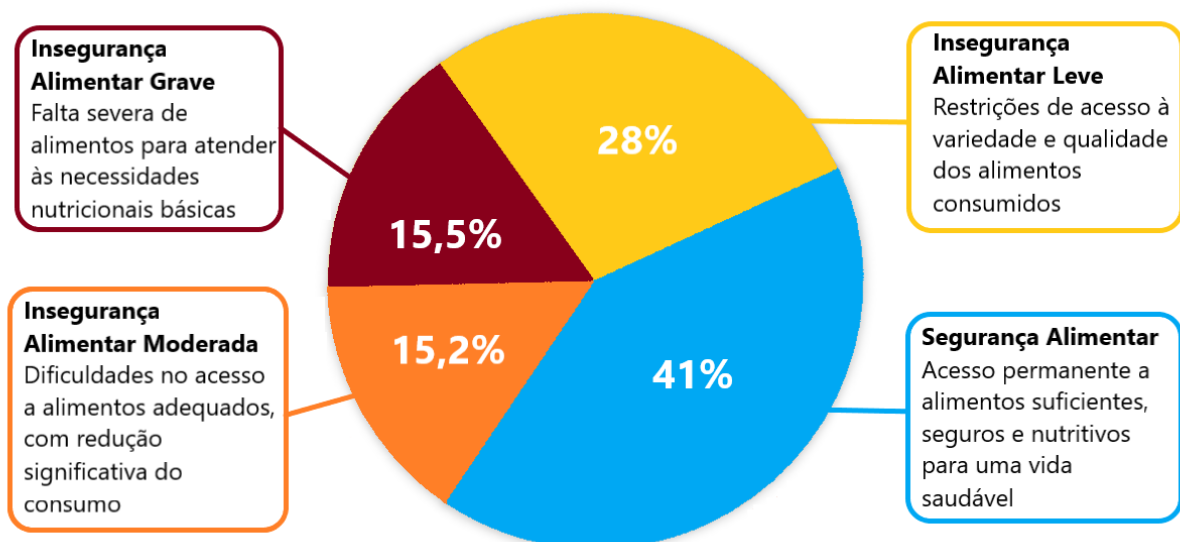
Fonte: Traduzida e adaptada de FAO (2013)

As repercussões econômicas desse desperdício de alimentos têm um custo anual de aproximadamente US\$ 1 trilhão. Em conjunto, os impactos ambientais e sociais alcançam cerca de US\$ 700 bilhões e US\$ 900 bilhões, respectivamente. Quando as três categorias de custos,

econômicos, ambientais e sociais são combinadas, a estimativa acumulada de desperdício de alimentos é superior ao Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil no ano de 2022 (Banco Mundial, 2023).

Em um mundo no qual o número de pessoas afetadas pela fome está em plena ascensão e centenas de milhões de toneladas de alimento consumível são perdidas ou descartadas diariamente, há urgência em reduzir as perdas e o desperdício de alimentos. No Brasil, no período de 2020 a 2022, marcado pela pandemia de Covid-19, um relatório da FAO trouxe à luz uma realidade alarmante: cerca de 70,3 milhões de brasileiros foram afligidos pela insegurança alimentar moderada ou grave (FAO *et al.*, 2023). A Rede Brasileira de Pesquisa em Soberania e Segurança Alimentar publicou em 2022, no Inquérito Nacional sobre Insegurança Alimentar no Contexto da Pandemia da Covid-19 no Brasil, um dado ainda pior: 125,2 milhões de pessoas ou 58,7% da população brasileira teria convivido com algum nível de insegurança alimentar (Figura 2). É crucial destacar que esse aumento na insegurança alimentar não parece estar estritamente ligado à disponibilidade de alimentos.

Figura 2 – Fome no Brasil



Fonte: Adaptada de Penssan (2022)

O Brasil se destaca como um dos principais produtores mundiais de alimentos, com vastas áreas de terras férteis e um clima propício para a agricultura. Suas extensas plantações de grãos, como soja e milho, contribuem significativamente para a produção global de alimentos. Além disso, o país é líder na exportação de carne bovina e de aves, atendendo à crescente demanda global por proteínas (Faostat, 2023).

Entretanto, o cenário de insegurança alimentar persiste, e uma das razões é o desperdício de alimentos ao longo da cadeia de produção e consumo. Estima-se que uma parcela substancial da produção agrícola brasileira seja perdida devido a práticas inadequadas de manejo pós-colheita, armazenamento precário e infraestrutura deficiente de transporte. Isso resulta em uma lacuna entre a produção e a distribuição, que impacta diretamente a acessibilidade aos alimentos.

Embora o Brasil mantenha sua posição de destaque como um gigante na produção de alimentos, a equidade na distribuição e, especialmente, o combate ao desperdício representam

desafios cruciais a serem superados. O desperdício de alimentos prevalece como um desafio significativo no Brasil e em todo o mundo, com grandes quantidades de produtos comestíveis sendo perdidos, enquanto muitas pessoas enfrentam dificuldades para acessar alimentos em quantidade suficiente e com o valor nutricional necessário. A busca por soluções inovadoras para abordar esse problema é de suma importância.

Nesse cenário, as embalagens ativas para alimentos surgem como uma alternativa promissora para redução das perdas na produção, no varejo e no consumo, preservando a qualidade e segurança dos alimentos. Essas embalagens são definidas como aquelas que incorporam deliberadamente constituintes subsidiários (aditivos) com o objetivo de aprimorar os aspectos sensoriais, de segurança, aumentar a vida útil e a qualidade dos alimentos (Robertson, 2012). Além de fornecer uma barreira física protetora, as embalagens ativas interagem de maneira benéfica com o produto embalado, agregando valor a ele (César; Mori; Batalha, 2010).

Um dos principais benefícios das embalagens ativas é o seu poder de prolongamento da vida útil dos produtos. Elas têm a capacidade de atrasar o processo de deterioração dos alimentos, preservando sua qualidade e as características sensoriais por períodos mais prolongados. Isso é especialmente relevante para produtos perecíveis, como frutas, verduras, carnes e laticínios, que têm prazos de validade mais curtos e são mais suscetíveis às perdas.

Além disso, essas embalagens desempenham um papel fundamental na redução de perdas durante o transporte e armazenamento. Oferecem proteção para choques mecânicos, variações de temperatura e umidade, garantindo que os alimentos cheguem aos consumidores em condições ideais (Robertson, 2012).

No varejo, as embalagens ativas podem contribuir para a redução do desperdício ao prolongar a vida útil dos produtos nas prateleiras. Além disso, algumas embalagens inteligentes são equipadas com sensores que monitoram a condição dos alimentos em tempo real, permitindo que os varejistas identifiquem produtos que estão próximos da data de vencimento e tomem medidas para vendê-los antes que se tornem indesejáveis para o consumidor (Sarantópoulos; Morais, 2009).

As primeiras embalagens ativas para alimentos concentraram-se na incorporação dos agentes ativos em sachês dentro da própria embalagem, no entanto, uma das tendências no desenvolvimento de embalagens ativas é a incorporação dos agentes ativos diretamente na estrutura de filmes plásticos. Isso oferece maior eficiência e reduz a rejeição por parte dos consumidores. No entanto, um ponto crítico é a cinética da absorção dos ativos pelos polímeros, que deve ser muito rápida devido à permeabilidade dos materiais, que pode ser uma restrição à velocidade da reação (Hotchkiss, 1996).

Dentro desse contexto, merece destaque a categoria das embalagens antimicrobianas, que pode ser dividida em dois tipos distintos: aquelas em que o agente ativo deve migrar gradualmente para o produto e aquelas em que o agente é eficaz sem a necessidade de migração (Vermeiren *et al.*, 2000). Em vez de serem adicionados diretamente aos alimentos, esses agentes são liberados gradualmente, permanecendo em quantidades menores, o que aumenta a segurança dos consumidores e atende à demanda por alimentos com menos conservantes, mais próximos do natural (Oliveira; Oliveira, 2004; Pinto; Landgraf; Franco, 2019). Os agentes antimicrobianos podem ser incorporados diretamente no material de embalagem durante o processo de transformação do polímero ou imobilizados e aplicados como um elemento de revestimento (Santos; Yoshida, 2011).

Os óleos essenciais, como o eugenol, são reconhecidos por suas propriedades bioativas e demonstram um considerável potencial na inibição de bactérias e fungos, tornando-se relevantes em diversos setores industriais. No entanto, a aplicação direta dessas substâncias enfrenta desafios relacionados à sua estabilidade, incluindo a rápida volatilização e degradação sob a influência de fatores ambientais, como luz e calor, fatores limitantes para o uso e a preservação desses compostos em produtos finais (Fernandes; Borges; Botrel, 2014).

Para superar essas restrições e aproveitar plenamente os benefícios dos óleos essenciais, como o eugenol, técnicas de proteção e encapsulamento são essenciais. A microencapsulação é uma dessas técnicas que envolve a incorporação de substâncias de interesse em um sistema de revestimento, visando isolar e proteger esses compostos de fatores externos adversos. Por meio da microencapsulação, os compostos podem ser encapsulados de maneira controlada e segura, preservando suas propriedades bioativas (Chen; Zhang; Zhong, 2015).

Uma vez encapsulados, esses compostos, como o eugenol, estariam então aptos para aditivação na fabricação da matéria-prima utilizada em embalagens, como papelão e tecidos não tecidos (TNT). Isso não apenas protege esses compostos, mas também oferece a oportunidade de incorporar propriedades antimicrobianas e de preservação em materiais de embalagem, contribuindo, assim, para a redução de desperdício de alimentos e a melhoria da segurança alimentar em toda a cadeia de produção e distribuição.

O Eugenol, um composto aromático, apresenta uma gama de atividades biológicas que o torna altamente relevante em diversas aplicações. Suas propriedades incluem a capacidade de combater fitopatógenos, ação fungicida e efeito bactericida, abrangendo tanto bactérias Gram-positivas quanto Gram-negativas. Esse amplo espectro de ação torna o Eugenol uma alternativa promissora para o controle da proliferação de fungos toxigênicos, contribuindo significativamente para a redução das perdas de alimentos devido à deterioração (Haro-González *et al.*, 2021).

As características biológicas e químicas singulares do Eugenol justificam plenamente o desenvolvimento de tecnologias voltadas para a sua aplicação como aditivo em embalagens ativas para alimentos. Essa abordagem não apenas preserva as propriedades excepcionais do Eugenol, mas também oferece oportunidades para aprimorar a segurança alimentar e estender a vida útil dos produtos alimentícios.

Os tecidos não tecidos (TNT) representam uma categoria diversificada de materiais têxteis produzidos por métodos não convencionais, excluindo os processos tradicionais de tecelagem, tricotagem e feltragem (Gomes; Costa; Mohallem, 2016). Esses materiais, como o TNT feito de polipropileno calandrado, têm ganhado destaque no mercado devido à sua versatilidade, abrindo caminho para atender a diversas necessidades, inclusive no campo das embalagens ativas para alimentos. A incorporação de substâncias como o Eugenol em tecidos não tecidos oferece uma abordagem eficaz e inovadora para aproveitar os benefícios dos compostos bioativos, contribuindo significativamente para a redução das perdas e desperdício de alimentos em todas as fases, da produção ao consumo.

Enfatizando a importância dos estudos de prospecção tecnológica para o avanço dessa tecnologia, a análise e o acompanhamento das tendências tecnológicas e o estudo das patentes relacionadas à incorporação de compostos bioativos em tecidos não tecidos e embalagens ativas para alimentos são fundamentais para impulsionar a inovação nesse campo.

Ao compreender as perspectivas e os avanços tecnológicos, é possível o aprimoramento da eficácia dessas embalagens na minimização do desperdício de alimentos e na promoção da segurança alimentar ao longo de toda a cadeia de produção e distribuição. Nesse contexto, este estudo visa a fornecer uma visão ampla das tecnologias correlatas ao desenvolvimento do tecido não tecido com adição de eugenol microencapsulado como embalagem ativa de alimentos, com base em informações extraídas de artigos científicos, dados econômicos e documentos de patentes, destacando, assim, a importância da prospecção tecnológica como uma ferramenta estratégica na tomada de decisões relacionadas à inovação.

Além dos critérios de pesquisa para o mapeamento quantitativo de artigos científicos, outra estratégia empregada foi a consideração dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) propostos pela ONU em 2016, conforme evidenciado na Figura 3. Integrar esses objetivos na análise permitiu contextualizar a pesquisa em um quadro mais amplo de metas globais, assegurando que a revisão estivesse alinhada com iniciativas globais voltadas para a sustentabilidade, a inovação e a segurança alimentar. Essa abordagem ampliada não apenas enriqueceu a pesquisa, mas também proporcionou uma compreensão mais holística e relevante do campo de estudo, focando não apenas nos aspectos técnicos, mas também nas implicações sociais e ambientais das embalagens ativas com óleos essenciais.

Figura 3 – ODS abordados neste trabalho



Fonte: IBGE (2023)

2 Metodologia

O mapeamento quantitativo de artigos científicos sobre a temática foi realizado em base de dados de livre acesso. Essa base foi escolhida devido a sua gratuidade, alcance nacional e internacional, acessibilidade e confiabilidade dos dados disponíveis: a plataforma SciELO®. As buscas foram delimitadas temporalmente até outubro de 2021. A coleta de dados foi realizada por meio de uma busca avançada, utilizando-se das palavras-chave com operador lógico booleano “*active food packaging AND essential oil*”, “*microencapsulation AND essential oil*” e “*nonwoven AND active*”. Não foram aplicados filtros de índice ou tema.

A busca por patentes foi realizada no mesmo período na plataforma Espacenet®. Foram considerados válidos os documentos de patentes que apresentassem as palavras-chave no título ou no resumo. Foi selecionada a coleção de pedidos de patentes publicadas em mais de 90 países, denominada na plataforma por “*world wide*”. A definição do tema deu-se por meio da combinação dos códigos: A01N65/00, que corresponde a “Biocidas, repelentes ou atrativos de pragas ou reguladores de crescimento de plantas contendo material de algas, líquenes, briófitas,

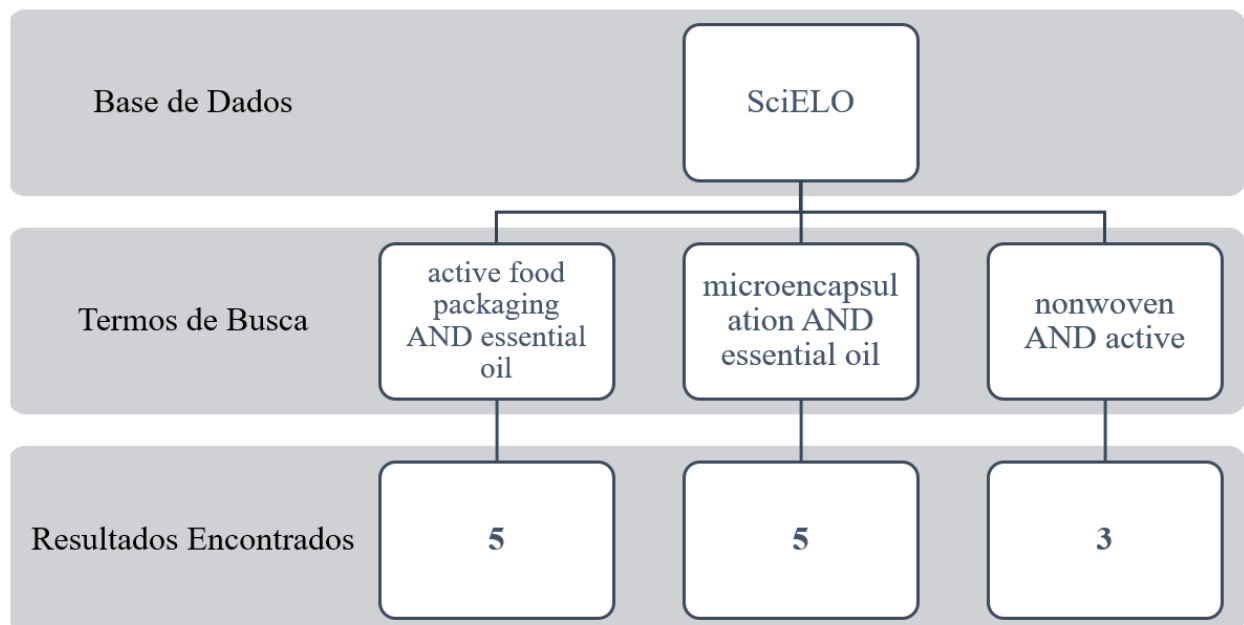
fungos multicelulares ou plantas ou seus extratos”; e B65B55/00, correspondendo a “Preservar, proteger ou purificar embalagens ou conteúdo da embalagem em associação com a embalagem”.

A análise econômica e o mapeamento comercial foram realizados nas bases Faostat, World Bank Open Data e Comex Stat, utilizando dados obtidos por meio da Nomenclatura Comum do Mercosul (NCM – 07099090 – Outros produtos hortícolas, frescos ou refrigerados) e (NCM – 63079010 – Outros artefatos confeccionados, de falso tecido).

Todos os dados foram tabulados e convertidos em gráficos utilizando o aplicativo Microsoft Office Excel® versão 2016.

No processo de pesquisa, foi empregada uma abordagem rigorosa e detalhada para mapear os estudos relevantes no campo das embalagens ativas com óleos essenciais e microencapsulação como ilustrado no fluxograma-resumo apresentado na Figura 4, foram aplicados três termos-chave específicos para refinar a busca.

Figura 4 – Resultados da busca científica por termos de busca



Fonte: Elaborada pelas autoras deste artigo (2023)

3 Resultados e Discussão

O mapeamento quantitativo de artigos científicos sobre a temática desempenha um papel crucial na identificação de tendências, no acompanhamento do progresso tecnológico e na avaliação do estado atual da pesquisa. Nesse contexto, é fundamental escolher uma plataforma de pesquisa que ofereça uma combinação de vantagens, como gratuidade, alcance nacional e internacional, acessibilidade e confiabilidade dos dados disponíveis. Para essa finalidade, a plataforma SciELO® foi selecionada como a fonte principal de dados para o mapeamento quantitativo de artigos científicos dessa análise. A plataforma foi escolhida devido à sua gratuidade, alcance nacional e internacional, acessibilidade e confiabilidade. A SciELO® é conhecida por abrigar artigos de alta qualidade e oferecer um ambiente adequado para análises quantitativas. Isso assegura dados confiáveis e uma compreensão abrangente das tendências emergentes no

campo de embalagens ativas e de compostos bioativos, como os óleos essenciais, tornando mais fácil a identificação de oportunidades e lacunas na pesquisa atual.

Ao combinar os termos “*active food packaging AND essential oil*”, foram identificados cinco artigos relevantes. Da mesma forma, ao utilizar “*microencapsulation AND essential oil*”, foram encontrados outros cinco artigos pertinentes. Além disso, ao associar “*nonwoven AND active*”, três artigos compatíveis retornaram. A soma desses resultados totalizou 13 documentos compatíveis com o tema. Esses dados quantitativos não apenas demonstram a abordagem metódica adotada na pesquisa, mas também ressaltam a relevância e a pertinência dos estudos encontrados para o campo de estudo, garantindo que apenas as fontes mais pertinentes e confiáveis estejam incluídas na análise.

A escolha da plataforma SciELO® para esse mapeamento quantitativo foi estratégica e significativa. Além de oferecer dados confiáveis, a SciELO® permitiu uma análise profunda das tendências emergentes no campo das embalagens ativas, óleos essenciais, microencapsulação e tecidos não tecidos. Essa plataforma não apenas garante a confiabilidade e a relevância dos dados, mas também facilita a identificação de padrões de pesquisa, a avaliação da distribuição geográfica da produção científica e a compreensão das principais áreas de foco em termos de aplicação e desenvolvimento de tecnologia.

O mapeamento de patentes trouxe como resultado um intervalo de 32 anos desde a primeira patente concedida, em 1989. A relação entre os documentos de patente arquivadas, concedidas e publicadas foi equivalente no ano de 1989 (1 por tipo), porém essa relação se modificou fortemente ao longo dos anos. Após dois anos sem nenhuma concessão de patentes, no ano de 1992, duas patentes foram concedidas e igual número foi publicado, contra apenas um arquivamento. No ano de 1994, nenhuma patente foi concedida.

A cronologia do desenvolvimento de tecnologias relacionadas a embalagens ativas e à microencapsulação com eugenol é apresentada no mapeamento de patentes. Desde a primeira patente concedida, houve uma evolução nas inovações patenteadas ao longo dos anos. A relação entre patentes concedidas e arquivadas aumentaram consideravelmente nas últimas décadas indicando uma intensificação nas pesquisas e desenvolvimento de tecnologias nessa área.

No intervalo de tempo compreendido entre 1995 e 1999, o número de patentes encontradas dobra em relação à primeira metade da década de 1990, e a relação entre as patentes publicadas e concedidas aumenta significativamente em relação às arquivadas, numa razão de 19 a cinco, respectivamente. A partir dos anos 2000, o número de patentes arquivadas cresce significativamente, com destaque para o ano de 2010, quando sete foram publicadas e 23 arquivadas, não havendo concessões nesse ano. O pico de patentes concedidas ocorreu em 2017, quando 16 foram publicadas, 11 concedidas e igual número foi arquivado.

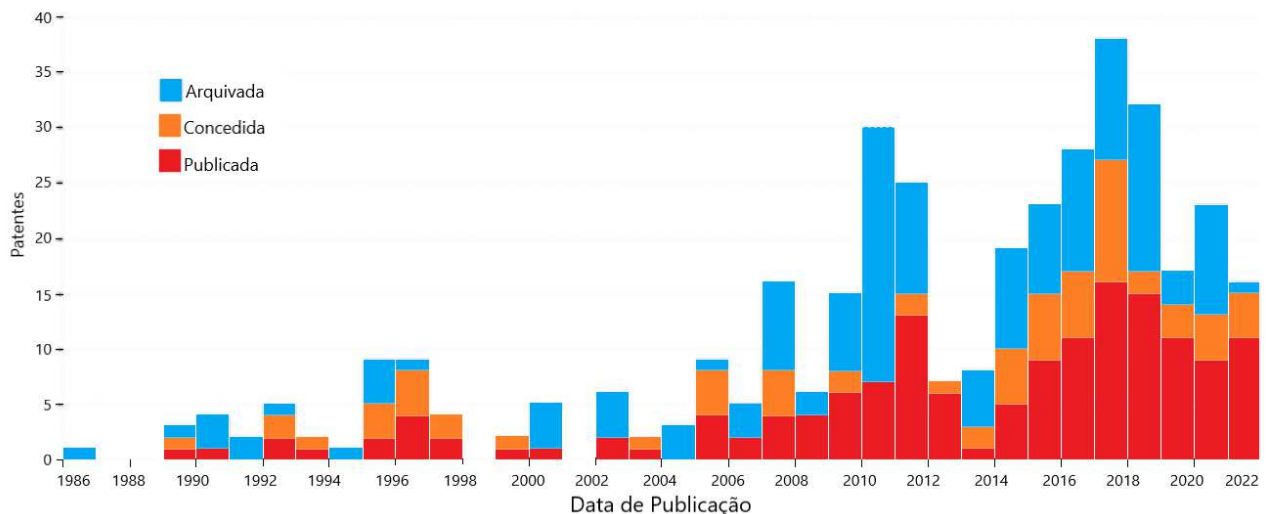
A análise minuciosa desses dados revela um notável aumento no número de patentes concedidas nos últimos cinco anos da década de 1990. Esse aumento significativo pode ser atribuído ao interesse crescente da indústria alimentícia em buscar soluções mais eficientes para embalagens ativas. Especificamente, a busca por incorporar agentes como o eugenol, conhecido por suas propriedades antimicrobianas e antioxidantes, impulsionou essa tendência. À medida que a conscientização sobre a importância da segurança alimentar e da preservação de alimentos se intensificava, as empresas procuraram inovações que pudessem oferecer não apenas uma solução prática, mas também garantir a qualidade dos produtos embalados.

Essa crescente demanda por embalagens ativas eficazes continuou a transformar o cenário da inovação ao longo dos anos 2000, culminando no ano de 2017, quando o número de patentes concedidas atingiu seu auge. Esse fenômeno não apenas reflete o constante investimento da indústria em pesquisa e desenvolvimento, com o intuito de aprimorar as propriedades das embalagens ativas, otimizando, assim, a preservação dos alimentos. Além disso, esse movimento visa a atender às crescentes expectativas dos consumidores por produtos seguros, de alta qualidade e em quantidade satisfatória.

Em 2017, durante o auge desse movimento, Cardoso, Souza e Guimarães (2017) conduziram um estudo abrangente de prospecção tecnológica sobre patentes relacionadas ao uso de embalagens antimicrobianas em alimentos. A pesquisa concluiu que havia uma escassez de aplicações de polímeros incorporados com antimicrobianos naturais destinados a alimentos, o maior índice de apropriação patentária apresentada utilizando antimicrobianos sintéticos como composto ativo. Nesse contexto, o emprego do eugenol como agente antimicrobiano em embalagens ativas para alimentos emerge como uma alternativa particularmente promissora.

É digno de nota que, na última década, o número de publicações e de patentes concedidas superou o de arquivamentos. Um total de 94 documentos de patentes foram publicados, 49 foram concedidos, totalizando 143 patentes, enquanto apenas 68 documentos foram arquivados no período em destaque. A distribuição de documentos de patentes arquivadas, publicadas e concedidas por data de publicação é ilustrada na Figura 5.

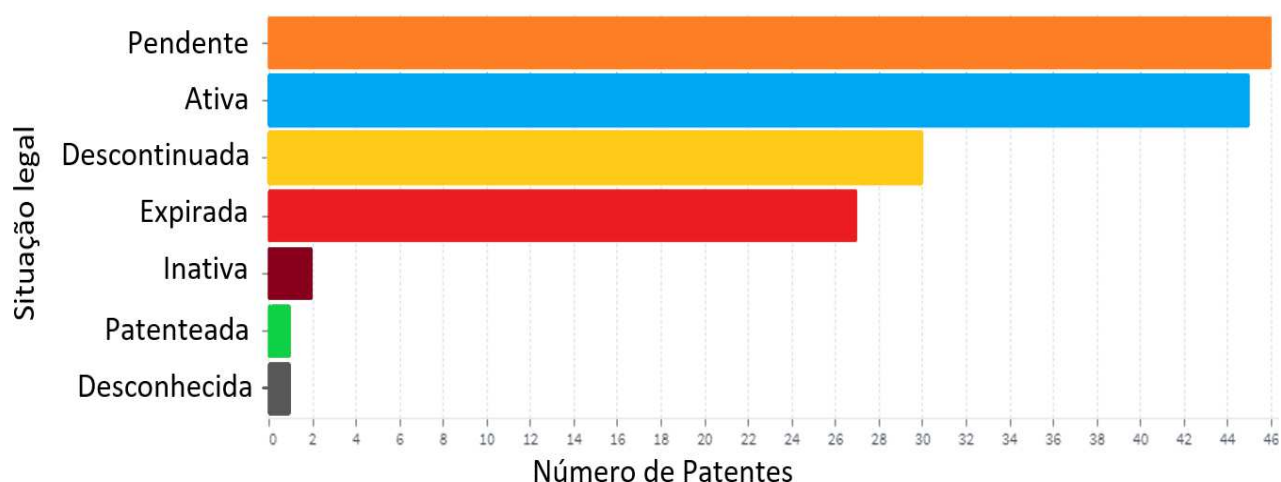
Figura 5 – Documentos de patentes por data de publicação, arquivamento e concessão



Fonte: Elaborada pelas autoras deste artigo (2023)

A situação legal dos documentos de patente encontrados no mapeamento é apresentada na Figura 6. Foi observado que a maioria dos documentos encontrados está listada no estado pendente, ou seja, ainda não tiveram concluídas as análises necessárias para seu deferimento ou indeferimento. As patentes ativas totalizaram 46 documentos, enquanto 30 estão na situação descontinuadas e 27 expiraram. Também constam dois documentos inativos e um cuja situação legal é desconhecida. De todos os documentos encontrados a partir de 1989, apenas um encontra-se na situação legal de patenteado.

Figura 6 – Documentos de patente por situação legal

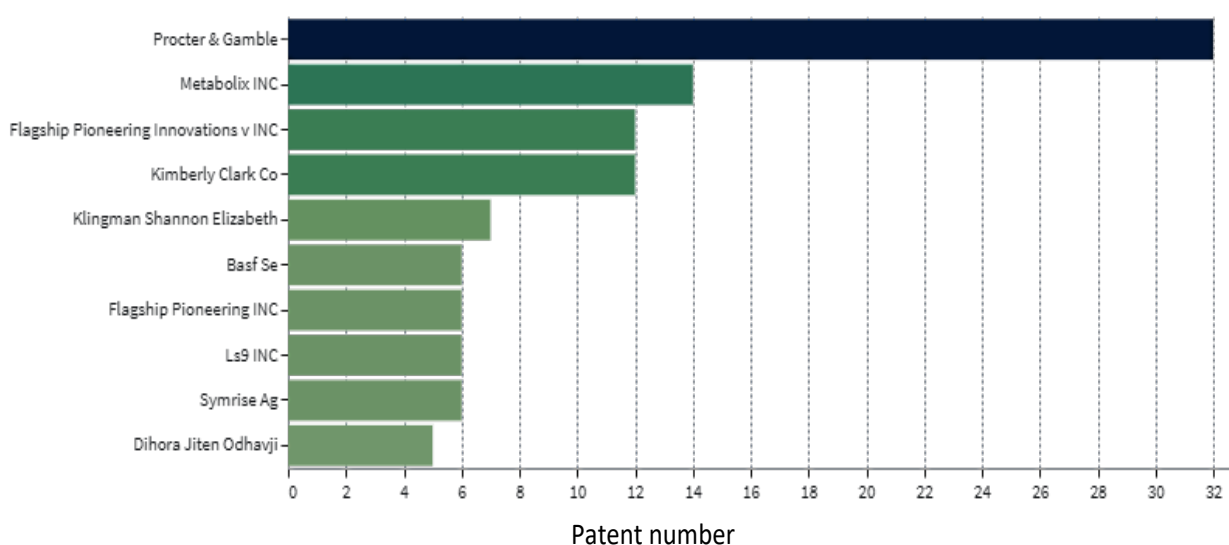


Fonte: Elaborada pelas autoras deste artigo (2023)

A maioria das patentes de acordo com o *status* legal está atualmente pendente, o que sugere um cenário dinâmico e em constante evolução. Isso pode indicar uma competição acirrada no campo da inovação, com várias empresas e pesquisadores buscando proteger suas descobertas e ideias por meio de patentes.

Nota-se poucas que grandes indústrias, e foram aqui selecionadas as 10 maiores, no total monopolizam as candidaturas dos documentos de patente, com destaque ao grupo Procter & Gamble® que lidera o número de publicações com 32 envios. A empresa é seguida pelo grupo Metabolix que conta com 14 pedidos, e empatadas em terceiro lugar, com 12 candidaturas cada, encontram-se a Flagship Pioneering Innovations e a Kimberly Clark®. A Figura 7 ilustra a origem das principais candidaturas de patente relacionadas ao tema.

Figura 7 – Origem das principais candidaturas



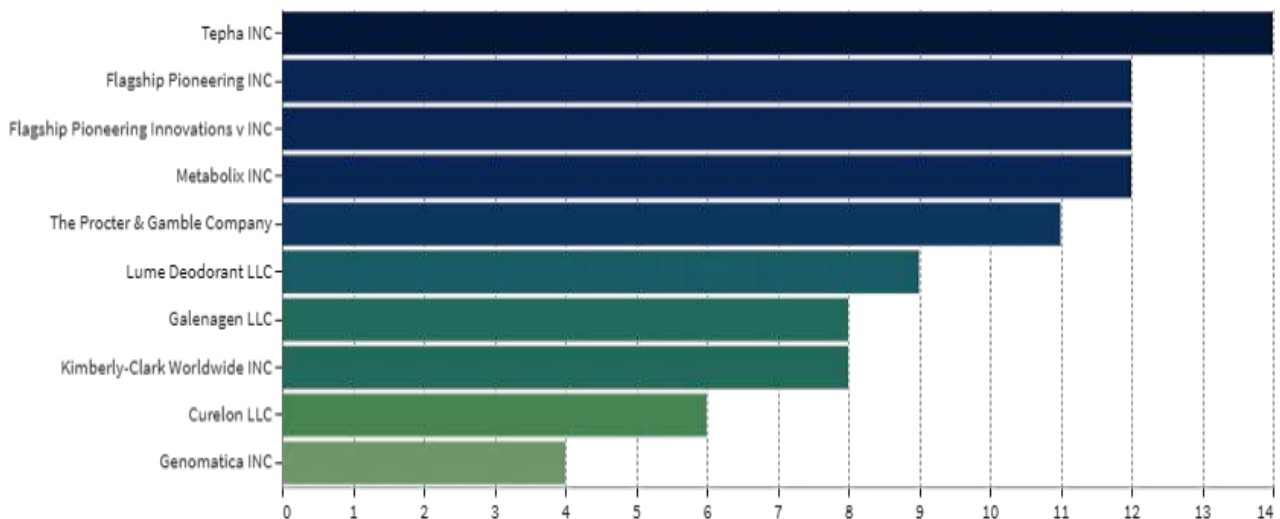
Fonte: Elaborada pelas autoras deste artigo (2023)

A predominância das grandes indústrias na solicitação de patentes reflete uma competição acirrada e investimentos substanciais nesse setor altamente competitivo. Grandes empresas estão mobilizando recursos significativos para inovar e garantir a proteção de suas descobertas, evidenciando a importância estratégica das embalagens ativas e da microencapsulação com eugenol. A concorrência acirrada não só estimula avanços tecnológicos, mas também impulsiona o crescimento econômico, exigindo a capacitação de profissionais qualificados e incentivando a pesquisa em instituições acadêmicas e centros de pesquisa.

Além disso, há uma concentração significativa de patentes nos Estados Unidos, dado que se mantêm desde a publicação do artigo de Negreiros, Guimarães e Druzian (2013), no qual o enfoque se concentrou nos pedidos de patentes depositadas entre os anos de 1969 e 2011, indicando a liderança desse país no cenário global de pesquisa e desenvolvimento em embalagens ativas e microencapsulação. A preferência das empresas por registrar suas inovações nos Estados Unidos ressalta a infraestrutura de pesquisa avançada, a *expertise* dos pesquisadores e o ambiente favorável aos negócios que o país oferece. Esse fenômeno sublinha a importância estratégica dos Estados Unidos como epicentro da inovação tecnológica nesse campo, influenciando diretamente o direcionamento futuro das pesquisas e os investimentos em todo o mundo.

Da mesma forma, algumas empresas de renome integram o grupo de principais proprietários de documentos de patentes (também foram selecionadas as 10 com maior número), estando em primeiro lugar a Tepha, gigante americana de produtos médico-hospitalares com 14 propriedades registradas. A empresa é seguida por três outras empatadas com 12 propriedades cada, duas delas pertencentes ao grupo Flagship Pioneering, e a terceira é a Metabolix, conforme representado na Figura 8.

Figura 8 – Principais proprietários por número de documentos

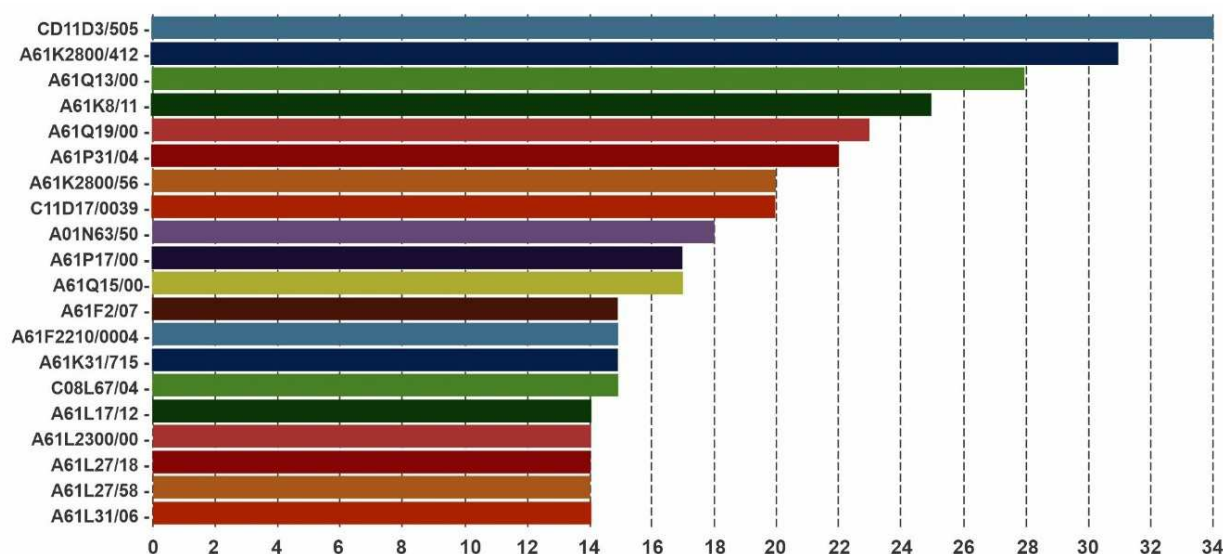


Fonte: Elaborada pelas autoras deste artigo (2023)

A maioria dos documentos encontrados se enquadra na Classificação Cooperativa de Patentes (CPC) de número C11D3/505, que se refere a substâncias aromáticas encapsuladas, num total de 34 documentos. A classificação identificada em segundo lugar em relação à quantidade de patentes é a sob o número A61K2800/412, que, por sua vez, refere-se a partículas micro com tamanhos entre 0.1 e 100 microns. Os 10 principais códigos de classificação de CPC e o

número de documentos encontrados para cada código podem ser analisados a partir do gráfico apresentado na Figura 9.

Figura 9 – Principais códigos de classificação de CPC



Fonte: Elaborada pelas autoras deste artigo (2023)

Observando as classificações de patentes, a predominância de substâncias aromáticas encapsuladas e micropartículas sugere uma abordagem focada na microencapsulação de aromas e compostos ativos. Esse enfoque indica uma resposta direta às necessidades da indústria alimentícia, que busca cada vez mais tecnologias que melhorem a preservação dos alimentos e que prolonguem sua vida útil.

Ao investigar as origens dos documentos, foram identificados apenas pedidos oriundos dos Estados Unidos, com um total de 105 documentos. Na maioria dos documentos, o ramo que mais se destacou foi o de perfumaria, e a propriedade foi marcada por empresas de biotecnologia, estética, farmacêutica e instrumentos analíticos.

A análise das patentes depositadas ao longo de mais de três décadas revelou uma evolução notável. A relação entre patentes concedidas e arquivadas aumentou, indicando uma intensificação na pesquisa e desenvolvimento. A segunda metade da década de 1990 testemunhou um aumento significativo no número de patentes, refletindo o crescente interesse da indústria alimentícia em soluções eficientes para embalagens ativas, especialmente aquelas com eugenol.

A maioria das patentes está pendente, indicando um cenário dinâmico e competitivo. Grandes indústrias, como a Procter & Gamble®, lideram as solicitações de patentes, destacando a competição intensa e os significativos investimentos nesse setor. Os Estados Unidos se destacam como líderes em pesquisa e desenvolvimento, evidenciando sua posição na vanguarda desse campo.

As classificações de patentes, especialmente aquelas relacionadas a substâncias aromáticas encapsuladas e micropartículas, refletem a resposta direta às necessidades da indústria alimentícia. Essa tendência de desenvolvimento de embalagens ativas com a função antimicrobiana foi apresentada por Nascimento *et al.* (2021), com uma porcentagem de retornos positivos na

busca realizada na plataforma WIPO superior a 53%, demonstrando o interesse na proteção e no desenvolvimento de tecnologias com essa função pela indústria alimentícia. A busca por tecnologias que melhorem a preservação dos alimentos e prolonguem sua vida útil é evidente, balizando a pesquisa para essa direção.

Essas descobertas não apenas oferecem uma visão histórica do desenvolvimento tecnológico, mas também indicam áreas de intensa atividade e concorrência. A presença dominante de grandes empresas, a concentração nos Estados Unidos e o foco na microencapsulação apontam para o futuro da pesquisa nessa área. Essas informações são relevantes para pesquisadores, empresas e formuladores de políticas, orientando futuras iniciativas em embalagens ativas, óleos essenciais e microencapsulação. Essa análise abrangente serve como um guia para pesquisadores e profissionais interessados em compreender o cenário atual e as oportunidades nesse campo dinâmico e em rápida evolução.

4 Considerações Finais

O combate ao desperdício de alimentos é uma prioridade global, e as embalagens ativas representam uma ferramenta eficaz para abordar esse desafio de maneira sustentável. Ao preservar a qualidade dos alimentos e reduzir as perdas ao longo da cadeia de suprimentos, elas ajudam a garantir que os recursos investidos na produção de alimentos sejam aproveitados ao máximo. Isso não apenas beneficia os produtores e a indústria alimentícia, mas também contribui para a segurança alimentar e a sustentabilidade ambiental, assegurando que mais alimentos cheguem às mesas daqueles que mais precisam. Portanto, as embalagens ativas de alimentos oferecem uma solução promissora para a redução do desperdício em toda a cadeia alimentar, tornando-se um aliado na luta contra a fome e o desperdício no Brasil e no mundo.

Por meio desta pesquisa de prospecção tecnológica, foi possível mapear o uso de embalagens ativas para conservação de alimentos que incorporam o eugenol como aditivo, apresentando uma visão do cenário de inovações e das tendências em estudos relacionados a essa área. A análise de documentos de patentes revelou uma carência de pesquisas referentes às propriedades dos compostos aromáticos no contexto da aplicação da tecnologia de microencapsulação para o desenvolvimento de embalagens ativas voltadas para alimentos. Os resultados obtidos apontam o interesse significativo dessas tecnologias, principalmente por parte das indústrias de produtos cosméticos e de higiene, que até então lideram os investimentos nesse campo.

Este estudo ressalta a relevância das pesquisas bibliográficas e de patentes como instrumentos fundamentais no contexto da Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I). Essas ferramentas desempenham um papel crucial na tomada de decisões estratégicas, fornecendo informações valiosas que orientam o desenvolvimento de tecnologias e soluções inovadoras.

Por meio da análise da literatura científica, dos dados econômicos, comerciais e dos registros de patentes, foi possível traçar um panorama das tendências e das descobertas que envolvem as substâncias aromáticas encapsuladas e o atual estado de desenvolvimento tecnológico das embalagens ativas para alimentos, identificando lacunas de conhecimento, oportunidades de pesquisa e direções promissoras para inovação.

5 Perspectivas Futuras

Este estudo destaca um cenário promissor para futuras pesquisas científicas e o desenvolvimento de novas tecnologias nas áreas de embalagens ativas para alimentos, especialmente no Brasil. A expansão das investigações acerca dos efeitos do eugenol microencapsulado em diferentes tipos de alimentos, suas propriedades antimicrobianas e antioxidantes, e as possibilidades de aplicação em diferentes materiais, oferece um vasto campo para futuros estudos.

A pesquisa também pode se concentrar em inovações no campo da microencapsulação, buscando aprimorar a eficiência e a estabilidade da liberação do eugenol. Além disso, explorar abordagens sustentáveis, como o uso de materiais biodegradáveis e a redução de resíduos ambientais, representa uma direção promissora. Adicionalmente, colaborações entre instituições acadêmicas e a indústria desempenharão um papel fundamental na tradução de pesquisas em soluções práticas para as indústrias de alimentos e embalagens.

A ausência de documentos brasileiros de patentes relacionados aos temas é uma lacuna que destaca a necessidade de um maior investimento em pesquisa e desenvolvimento na área, solidificando a presença do Brasil nesse domínio tecnológico e impulsionando a inovação no país.

Referências

- BANCO MUNDIAL. **World Bank national accounts data, and OECD National Accounts data files**. Total GDP 2022. World Bank Group, 2023. Disponível em: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDPMKTP.CD>. Acesso em: 4 set. 2023.
- CARDOSO, Lucas Guimarães; SOUZA, Carolina Oliveira de; GUIMARÃES, Alaíse Gil. Prospecção tecnológica de patentes sobre a utilização de embalagens antimicrobianas em alimentos. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 10, n. 1, p. 14, 2017. DOI: [dx.doi.org/10.9771/cp.v10i1.16337](https://doi.org/10.9771/cp.v10i1.16337).
- CÉSAR, Aldara da Silva; MORI, Cláudia; BATALHA, Mário Otávio. Inovações tecnológicas de embalagens nas indústrias de alimentos: estudo de caso da adoção de embalagem ativa em empresas de torrefação de café. **Revista Brasileira de Inovação**, Campinas, SP, v. 9, n. 2, p. 355-378, 2010. DOI: [10.20396/rbi.v9i2.8649005](https://doi.org/10.20396/rbi.v9i2.8649005). Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/rbi/article/view/8649005>. Acesso em: 21 out. 2021.
- CHEN, Huaiqiong; ZHANG, Yue; ZHONG, Qixin. Physical and antimicrobial properties of spray-dried zein-casein nanocapsules with co-encapsulated eugenol and thymol. **Journal of Food Engineering**, [s.l.], v. 144, p. 93-102, 2015.
- DA SILVA, José Graziano. Perdas e desperdícios de alimentos: um desafio para o desenvolvimento sustentável. **Museu do Amanhã**. 2016. Disponível em: <https://museudoamanha.org.br/pt-br/perdas-e-desperdicios-de-alimentos-um-desafio-para-o-desenvolvimento-sustentavel>. Acesso em: 21 out. 2021.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Os desperdícios por trás do alimento que vai para o lixo**. 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/28827919/os-desperdicios-por-tras-do-alimento-que-vai-para-o-lixo>. Acesso em: 21 out. 2021.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION *et al.* **The State of Food Security and Nutrition in the World 2023: Urbanization, agrifood systems transformation and healthy diets across the rural–urban continuum.** Roma, Itália: [s.n.], 2023. 316p. ISBN 978-92-5-137226-5. DOI <https://doi.org/10.4060/cc3017en>. Disponível em: <https://www.fao.org/3/cc3017en/online/cc3017en.html>. Acesso em: 7 set. 2023.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Food Wastage Footprint Impacts On Natural Resources Summary Report.** Rome: Food & Agriculture Organization of the United, 2013. E-book (63 p.). ISBN 9789251077528. Disponível em: <https://www.fao.org/3/i3347e/i3347e.pdf>. Acesso em: 4 set. 2023.

FAOSTAT – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Balanças Alimentares.** 2023. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data>. Acesso em: 9 set. 23.

FERNANDES, Regiane Victória de Barros; BORGES, Soraia Vilela; BOTREL, Diego Alvarenga. Gum arabic/starch/maltodextrin/inulin as wall materials on the microencapsulation of rosemary essential oil. **Carbohydrate Polymers**, [s.l.], v. 101, p. 524-532, 2014.

GOMES, Anne Velloso Sarmento; COSTA, Ney Róblis Versiani; MOHALLEM, Nelcy Della Santana. Os tecidos e a nanotecnologia. **Quím Nova Escola**, [s.l.], v. 38, n. 4, p. 288-296, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160040>.

HARO-GONZÁLEZ, José Nabor *et al.* Clove essential oil (*Syzygium aromaticum* L. *Myrtaceae*): Extraction, chemical composition, food applications, and essential bioactivity for human health. **Molecules**, [s.l.], v. 26, n. 21, p. 6.387, 2021.

HOTCHKISS, Joseph H. 11 Safety considerations in active packaging. In: ROONEY, Michael L. M. L. (ed.). **Active food packaging.** NY: Springer New York, 1996. p. 238. ISBN: 978-0-7514-0191-2.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Indicadores Brasileiros para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.** 2023. Disponível em: <https://odsbrasil.gov.br/>. Acesso em: 22 set. 2023.

NASCIMENTO, Sara Santos *et al.* Prospecção tecnológica sobre embalagens ativas para alimentos. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 14, n. 4, p. 1.310-1.325, 2021. DOI: <https://doi.org/10.9771/cp.v14i4.42633>.

NEGREIROS, Candice Vieira Braga; GUIMARÃES, Aláise Gil; DRUZIAN, Janice Izabel. Estudo prospectivo do “shelf life” dos alimentos acondicionados em embalagens e tecnologias correlatas sob o enfoque em pedidos de patentes depositados no mundo entre 1969 a 2011. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 6, n. 3, p. 283-283, 2013. DOI: 10.9771/S.CPROSP2013.006.0032.

OLIVEIRA, Lea M. de; OLIVEIRA, Paula A. P. L. V. Revisão: principais agentes antimicrobianos utilizados em embalagens plásticas. **Brazilian Journal of Food Technology**, [s.l.], v. 7, n. 2, p. 161-165, 2004.

ONU-BRASIL – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL. **FAO: 30% de toda a comida produzida no mundo vai parar no lixo.** 2017. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/78207-fao-30-de-toda-comida-produzida-no-mundo-vai-parar-no-lixo>. Acesso em: 3 set. 2023.

PENSSAN, Rede. II Inquérito Nacional sobre Insegurança Alimentar no Contexto da Pandemia da COVID-19 no Brasil: II VIGISAN. **Relatório final.** São Paulo: Fundação Friedrich Ebert/Rede PENSSAN, 2022. ISBN: 9786587504193.

PINTO, Uelinton Manoel; LANDGRAF, Mariza; FRANCO, Bernadette Dora Gombossy de Melo. Deterioração microbiana dos alimentos. **Microbiologia e Higiene de Alimentos: Teoria e Prática**, [s.l.], 2019.

ROBERTSON, Gordon L. **Food Packaging: Principles and Practice**. 3. ed. Florida: CRC Press, 2012. 733p. DOI: <https://doi.org/10.1201/b21347>. ISBN 9780429105401.

SANTOS, Andreлина Maria P; YOSHIDA, Cristiana Maria P. Técnico em alimentos: Embalagem. **Recife: EDUFRPE**, 2011. Disponível em: <http://200.17.98.44/pronatec/wp-content/uploads/2013/06/Embalagem.pdf> Acesso em: 21 out. 2021.

SARANTÓPOULOS, Claire I. G. L.; MORAIS, Beatriz Brombal. Embalagens ativas e inteligentes para frutas e hortaliças. **Boletim de Tecnologia e Desenvolvimento de Embalagens**, [s.l.], v. 21, n. 1, p. 1-7, 2009.

UNEP – UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Food Waste Index Report 2021**. Nairobi: UNEP, 2021. ISBN: 978-92-807-3868-1.

VERMEIREN, Lieve. *et al.* Development in the active packaging of foods. **Journal of Food Technology in Africa**, [s.l.], v. 5, n. 1, p. 6-13, 2000.

Sobre as Autoras

Raíssa Coelho Motta

E-mail: pharmd.motta@gmail.com

ORCID: 0000-0002-8677-7966

Especialista em Gestão Industrial Farmacêutica pela Universidade Municipal de São Caetano do Sul em 2021.
Endereço profissional: Universidade Federal da Bahia, Instituto de Ciências da Saúde, Av. Reitor Miguel Calmon, s/n, Vale do Canela, Salvador, BA. CEP: 40110-902.

Samira Abdallah Hanna

E-mail: samira.ufba@gmail.com

ORCID: 0000-0002-9839-2828

Doutora em Doenças Tropicais pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho em 2001.
Endereço profissional: Universidade Federal da Bahia, Instituto de Ciências da Saúde, Av. Reitor Miguel Calmon, s/n, Vale do Canela, Salvador, BA. CEP: 40110-902.