



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO SERTÃO  
PERNAMBUCANO PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, INOVAÇÃO E PÓS-GRADUAÇÃO  
CAMPUS PETROLINA ZONA RURAL  
PÓS-GRADUAÇÃO LATO SENSU EM PÓS-COLHEITA DE PRODUTOS HORTIFRUTÍCOLAS**

**LEIDIANE NUNES DE OLIVEIRA SOUZA**

**Embalagens ativas, uma opção para  
auxiliar a pós-colheita de frutas  
e hortaliças**

**PETROLINA -  
PE 2025**



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO SERTÃO PERNAMBUCANO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, INOVAÇÃO E PÓS-GRADUAÇÃO  
CAMPUS PETROLINA ZONA RURAL  
PÓS-GRADUAÇÃO LATO SENSU EM PÓS-COLHEITA DE PRODUTOS HORTIFRUTÍCOLAS**

**LEIDIANE NUNES DE OLIVEIRA SOUZA**

**Embalagens ativas, uma opção para  
auxiliar a pós-colheita de frutas e  
hortaliças**

Monografia apresentada ao curso de Pós-graduação *Lato Sensu* em Pós-colheita de Produtos Hortifrutícolas, ofertado pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, como parte dos requisitos para obtenção do título de Especialista.

Orientador/a: Dra. Rosemary  
Barbosa de Melo  
Coorientador/a: Ana Elisa Oliveira  
dos Santos

**PETROLINA -  
PE 2025**

N972 Nunes de Oliveira Souza, Leidiane.

Embalagens ativas, uma opção para auxiliar a pós-colheita de frutas e hortaliças / Leidiane Nunes de Oliveira Souza. - Petrolina, 2025.  
31 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Pós-colheita de Produtos Hortifrutícolas) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Campus Petrolina Zona Rural, 2025.  
Orientação: Prof. Dr. Rosemary Barbosa de Melo.  
Coorientação: Dr. Ana Elisa Oliveira dos Santos.

1. Pós-colheita. 2. Frutas. 3. Hortaliças. 4. Embalagens. I. Título.

CDD 631.56

---



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO SERTÃO PERNAMBUCANO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, INOVAÇÃO E PÓS-GRADUAÇÃO  
CAMPUS PETROLINA ZONA RURAL  
PÓS-GRADUAÇÃO LATO SENSU EM PÓS-COLHEITA DE PRODUTOS HORTIFRUTÍCOLAS**

A monografia “**Embalagens ativas, uma opção para auxiliar a pós-colheita de frutas e hortaliças**”, autoria de **Leidiane Nunes de Oliveira Souza**, foi submetida à Banca Examinadora, constituída pelo IFSertãoPE, como requisito parcial necessário à obtenção do título de Especialista em Pós- colheita de Produtos Hortifrutícolas, outorgado pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano – IFSertãoPE.

Aprovado em 18 de fevereiro de 2025.

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

Prof. Dr. Rosemary Barbosa de Melo– IFSertãoPE (Presidente – Orientador/a)

**Obs.: Os membros da banca devem ter no mínimo a titulação de mestre.**

---

Prof. Me. Danilo Crisóstomo da Silva Canela  
(1º Examinador)

---

Prof. Me. Francisca Wislana Costa Pinto–  
IFSertãoPE (2ª Examinadora)

---

Prof. Me. Jeane Souza da Silva – –  
IFSertãoPE (3ª Examinadora –  
Coorientador/a)

**Dedico essa conquista primeiramente a Deus que merece toda honra e glória, sem Ele eu não seria ou faria nada. Também ao meu esposo pelo incentivo e companheirismo de sempre, obrigada meu parceiro, amigo e amor, te amo.**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a minha orientadora Dra. Rosemary Barbosa de Melo, pelo apoio, sugestões e conselhos que muito me auxiliaram na elaboração deste trabalho. Tenho certeza que sua contribuição foi fundamental para meu progresso, muito obrigada.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>12</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>15</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>16</b>
	4.1 Sistemas absorvedores.....	17
	4.1.1 Absorvedores de oxigênio .....	17
	4.1.2 Absorvedores de etileno.....	18
	4.1.3 Absorvedores de umidade.....	19
	4.1.4 Absorvedores de dióxido de carbono.....	20
	4.2 Sistemas emissores.....	20
	4.2.1 Emissores de gás carbônico.....	21
	4.2.2 Emissores de etanol.....	21
	4.2.3 Emissores de agentes antimicrobianos .....	21
	4.2.4 Emissores de agentes antioxidantes.....	22
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>29</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>31</b>

# **EMBALAGENS ATIVAS, UMA OPÇÃO PARA AUXILIAR A PÓS-COLHEITA DE FRUTAS E HORTALIÇAS**

## **RESUMO**

As embalagens ativas interagem de forma intencional com o produto, visando melhorar sua conservação e qualidade principalmente nas frutas e hortaliças por serem altamente perecíveis, o que as torna muito suscetíveis à deterioração pós-colheita. Também boas aliadas para veicular informações que tornem o alimento mais atrativo, aumentando seu valor venal. São classificadas em embalagens absorvedoras e emissoras, de acordo com o mecanismo de ação e os compostos ativos utilizados, como agentes antimicrobianos, antioxidantes, eliminadores de O<sub>2</sub>, emissores/absorventes de CO<sub>2</sub>, reguladores de umidade, liberadores de sabor e absorventes. Retardar o amadurecimento, reduzir a perda de peso, controlar o crescimento microbiano e manter as propriedades sensoriais dos produtos, são alguns dos resultados com a sua utilização. Assim, para este estudo de revisão, houve o levantamento bibliográfico e a investigação explorativa em diversos teóricos que tratassem do tema. A partir disso, pode-se identificar que apesar dos diversos benefícios, a indústria de embalagens ainda encontra resistência no mercado. Os desafios vão desde a escolha ideal do material compatível com os agentes ativos e a interação destes com o produto, até a desconfiança dos consumidores quanto a qualidade inicial da fruta e hortaliça e o desconhecimento sobre embalagens ativas. Por isso, é necessário investir no aumento do conhecimento dos consumidores, criar estratégias de fomento para as empresas que investem nessa tecnologia, aumentar estudos que investiguem demais aplicações em alimentos e sua segurança alimentar, além de levantamento sobre a biodegradabilidade e impacto ambiental.

**Palavras-Chave:** Pós-colheita. Frutas. Hortaliças. Embalagens.

## **ABSTRACT**

Active packaging interacts intentionally with the product, aiming to improve its conservation and quality, especially in fruits and vegetables, which are highly perishable, which makes them very susceptible to post-harvest deterioration. They are also good allies in conveying information that makes the food more attractive, increasing its market value. They are classified as absorbent and emitting packaging, according to the mechanism of action and the active compounds used, such as antimicrobial agents, antioxidants, O<sub>2</sub> scavengers, CO<sub>2</sub> emitters/absorbers, humidity regulators, flavor releasers and absorbents. Delaying ripening, reducing weight loss, controlling microbial growth and maintaining the sensory properties of products are some of the results of their use. Thus, for this review study, there was a bibliographical survey and exploratory research in several theorists who dealt with the subject. From this, it can be identified that despite the various benefits, the packaging industry still encounters resistance in the market. The challenges range from the ideal choice of material compatible with the active agents and their interaction with the product, to consumer distrust regarding the initial quality of the fruit and vegetables and lack of knowledge about active packaging. Therefore, it is necessary to invest in increasing consumer knowledge, create strategies to promote companies that invest in this technology, increase studies that investigate other applications in food and its food safety, in addition to surveys on biodegradability and environmental impact.

**Key words:** Post-harvest. Fruits. Vegetables. Packaging.

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo a Resolução de Diretoria Colegiada (RDC) Nº 259 de 20 de setembro de 2002, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), embalagens são definidas como o recipiente, o pacote ou a embalagem destinada a garantir a conservação e facilitar o transporte e manuseio dos alimentos' (ANVISA, 2002). As embalagens podem ser classificadas em primárias, secundárias e terciárias. As primárias são aquelas que entram em contato direto com o alimento, a secundária tem função de proteger a embalagem primária contra choques e vibrações excessivas, e a embalagem terciária é responsável pelo acondicionamento durante a etapa de transporte. No que tange as embalagens ativas, as mesmas são consideradas como primárias (Dantas, 2023). O uso de embalagens em alimentos visa protegê-los de estresses físicos, químicos ou biológicos, melhorar sua qualidade, no que diz respeito a conservação e segurança, aumentar sua vida útil, facilitar seu manuseio, armazenamento e transporte (Nascimento; Souza, 2024). As embalagens possuem diversas funções quando utilizadas em alimentos, sejam eles *in natura* ou processados, elas desempenham o papel de conservação, proteção, informação, de convivência ou serviço (Dantas, 2023).

Embalagens adequadas podem contribuir para diminuir o elevado índice de perdas pós- colheita que ocorrem no Brasil. Estima-se que 20 a 30% das hortaliças e frutas produzidas saem do campo e não chegam ao consumidor final (Luengo; Calbo, 2006). Dentre as causas de perdas pós-colheita de hortaliças e frutas no país, as mais importantes são o manuseio e o uso de embalagens inadequadas e os consequentes danos mecânicos causados ao produto. Como resultado dessas inadequações, aumenta-se a possibilidade de risco a saúde pública devido as contaminações por doenças veiculadas por alimentos. Estes problemas podem ser diminuídos com o emprego de embalagens adequadas (Luengo; Calbo, 2006).

Cabe lembrar a importância da função das embalagens nas vendas. Luengo e Caldo (2006), ao publicarem a circular técnica pela Embrapa também no ano de 2006, apontam a importância que as embalagens tem em relação a comercialização de frutas e hortaliças. Elas podem ser boas aliadas para veicular

receitas, indicações de uso, qualidade nutricional, validade, conservação e contribuir para tornar o produto mais atrativo para o cliente, aumentando seu valor venal.

O setor alimentício enfrenta grandes desafios, como a necessidade de estender a vida útil dos alimentos, reduzir o seu desperdício, garantir a segurança do produto, além de melhorar a qualidade dos alimentos. Nesse contexto, as frutas e hortaliças são alimentos altamente perecíveis e geram a necessidade de atenção e cuidados especiais, devido à sua alta atividade metabólica e elevado teor de água, o que as torna muito suscetíveis à deterioração pós-colheita. Com isso, as embalagens ativas surgem como uma tecnologia promissora para prolongar a vida útil desses produtos, mantendo sua qualidade e segurança (Nascimento *et al.*, 2024).

Diversas pesquisas têm sido conduzidas para avaliar a eficácia das embalagens ativas na conservação de frutas e hortaliças. Os resultados desses estudos têm demonstrado o potencial dessa tecnologia em retardar o amadurecimento, reduzir a perda de peso, controlar o crescimento microbiano e manter as propriedades sensoriais dos produtos (Mditshwa *et al.*, 2017; Vilela *et al.*, 2018).

No entanto, apesar dos benefícios comprovados, a aplicação das embalagens ativas ainda enfrenta desafios, como a necessidade de adequação às regulamentações de segurança alimentar, a aceitação do consumidor e a viabilidade econômica (Realini; Marcos, 2014). Superar esses desafios é fundamental para a ampla adoção dessa tecnologia na cadeia produtiva de frutas e hortaliças.

Com isso, os objetivos deste trabalho são apresentar uma revisão sobre as embalagens ativas para alimentos, abordando principalmente suas aplicações para frutas e hortaliças e discutir os desafios enfrentados para a inserção dessa tecnologia na cadeia produtiva de frutas e hortaliças.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Embalagens são descritas como um dos principais meios para proteger, transportar e preservar um produto, acrescentando também a valorização comercial e estendendo sua durabilidade, sua atratividade e sua segurança. As indústrias e tecnologias de embalagens também seguem crescendo mundialmente em ritmo exponencial. No mercado global, foram mais de \$1.0 trilhão só em 2021, e a previsão é atingir \$ 1.22 trilhao em 2026 (Cândido, 2023). No Brasil, o valor bruto da produção de embalagens atingiu R\$ 111 bilhões, um aumento de 31% em relação ao ano de 2020, empregando 239.932 pessoas no país (ABRE, FGV IBRE, 2022).

Acompanhado desse crescimento, a exigência do consumidor por produtos mais frescos e que preservem a qualidade e segurança, além da constante atualização e aprimoramento de leis de segurança sanitária e alimentar, é um desafio para a indústria de embalagens, inovar e desenvolver novas tecnologias e conceitos de embalagem, como as embalagens ativas (Cândido, 2023).

As embalagens vêm sendo consideradas como o maior veículo de venda e de construção da marca e da identidade de um produto, já que elas são o primeiro contato do consumidor com o produto, sendo fundamentais para a escolha e a compra. Para alguns estudiosos no assunto, a embalagem corresponde a um comercial de cinco minutos na gôndola do supermercado. Considerando que anualmente são ofertados no mercado uma infinidade de novos produtos e que a grande maioria não aparece em comerciais de qualquer espécie, a embalagem cresce em importância (Gonçalves; Passos e Biedrycki, 2009).

Sarantopoulos *et al.*, (2012) ao estudarem as tendências para o setor de embalagens, identificaram cinco grandes macrotendências que norteiam o seguimento. O apelo por qualidade e novas tecnologias ficam evidentes no quadro 1, onde são apresentados como tendências as embalagens ativas, inteligentes, nanotecnologia e biopolímeros.

QUADRO 1. Tendências de embalagem.

Fatores de influência do mercado	Macro tendências	Tendências em destaque	Contribuições da Embalagem	
<b>Fatores demográficos</b> Crescimento da população Mudanças na estrutura etária Bônus demográfico Mudanças na estrutura familiar Urbanização	Conveniência e Simplicidade	Facilidade de abertura Refechamento Simplicidade de uso Preservação de componentes e princípios ativos Facilidade de descarte Visibilidade Preparo em micro-ondas Consumo on-the-go e portabilidade Interatividade Simplicidade e facilidade de informação Porcionamento	Facilidade de manuseio Facilidade de consumo sem o uso de acessórios Funcionalidade para pessoas com deficiências motoras Consumo progressivo Redução de resíduos Facilidade de consumo e de remoção do produto Partes individuais Manutenção de princípios ativos e propriedades funcionais do produto Compactação para descarte Minimização do volume de resíduos Apoio ao produto Marca em evidência Preparo conveniente Time saving	Preparo e consumo direto da embalagem Consumo em trânsito Consumo progressivo Fragmentação e organização das refeições Facilidade de transporte Envolvimento e fidelização do consumidor Personalização do consumo Redução de consumo de material Facilidade na identificação da marca e do produto Embalagens isentas de complicações. Adequação a mudanças sociais e estilos de vida Menor desperdício Redução de desperdício Facilidade de preparo da refeição
<b>Fatores econômicos e políticos</b> Crescimento da economia brasileira Políticas de desenvolvimento econômico Políticas de inclusão social	Estética e Identidade	<i>Premiumização</i> <i>Packaging renovation</i> <i>Pleasure experience</i> <i>Life-style packaging</i> Identificação pessoal	Embalagens que transmitem sofisticação, luxo Qualidade premium Prestígio para as marcas: "masoige" Multisensory packaging design Diferenciação Efeitos estéticos Extravagância de materiais e cores Impressão de alta qualidade Convite à indulgência, ao prazer sem culpas Embalagens que provocam novas sensações e emoções	Fuga do cotidiano Embalagens associadas ao estilo de vida saudável e ao bem-estar Embalagens que transmitem confiabilidade e segurança Naturalidade aparente Imagem retrô Job consumption Be our guest Embalagens edições limitadas
<b>Renda e Consumo</b> Crescimento do mercado de luxo Ascensão social e consolidação da nova classe média Potencial do segmento <i>Bottom of the Pyramid</i>	Qualidade e Novas Tecnologias	Embalagens ativas Embalagens inteligentes Nanotecnologia Biopolímeros	Absorvedores de oxigênio, de CO <sub>2</sub> , de etileno Absorvedores/controladores de umidade Embalagens antimicrobianas Emissores de aromas Indicadores de tempo-temperatura Indicadores de amadurecimento e frescor Sistemas anti-turbo Indicadores de oxigênio Biosensores	Melhoria das propriedades de barreira Melhoria de propriedades mecânicas (plásticos e celulósicos) Aumento da estabilidade térmica de polímeros termoplásticos Incorporação de componentes ativos Sistemas de rastreabilidade e sistemas de segurança Biomateriais de origem vegetal e de origem microbiana Biopolímeros naturais ou sintetizados quimicamente a partir de fonte renovável Biopolímeros de resíduos da indústria de alimentos e bebidas, de resíduos agrícolas e de resíduos da indústria madeireira Biodegradável/Compostável Reciclável
<b>Fatores educacionais e culturais</b> Nível Educacional Crescimento dos consumidores LOHAS - Lifestyles of Health and Sustainability Crescimento dos e-consumidores Mudanças de comportamento das novas gerações	Sustentabilidade e Ética	Otimização do sistema de produto/embalagem <i>Doing More with Less</i> Reuso & Reciclagem Gerenciamento de Resíduos & Logística Reversa Credibilidade e Ética	Redução do consumo de recursos naturais (Resource efficiency) Redução de peso (Lightweighting) Redução de volume Redução de energia (Energy saving) Redução de emissões como as de GEE* (Carbonfootprint) Materiais de fonte renovável (Renewable resources) Sistemas anti-turbo Adequação de dose/consumo Extensão da vida útil	Eco-design Reciclagem Desenvolvimento de tecnologias para reciclagem Destinação de resíduos Logística reversa Responsabilidade estendida Acreditação e validação Não ao greenwashing
<b>Fatores relacionados ao meio ambiente</b> Diretrizes e acordos internacionais Mudanças climáticas Legislação sobre resíduos sólidos	Segurança e Assuntos Regulatórios	Confiabilidade e Segurança Legislação e Conformidade Certificação e Sistemas de gerenciamento de segurança de processo	Proteção e preservação do alimento Controle da contaminação química Legislação para contato com alimentos Atendimento às listas positivas Migração para alimentos e/ou simulantes alimentos/modelagem matemática Controle de exposição ao consumidor a contaminantes Comprovação da segurança de novas tecnologias e de novos materiais Harmonização das legislações – comércio internacional/mercado globalizado	Declarações de conformidade Controle das contaminações físicas e microbiológicas Boas práticas de fabricação (BPF)/Avaliação de perigos e pontos críticos de controle (HACCP) Sistemas de gerenciamento de segurança de processo Certificações Harmonização dos sistemas de gerenciamento de segurança de processo – mercado globalizado Rastreabilidade e identificação da origem

Fonte: Sarantopoulos et al. (2012).

Os autores destacam que o mercado consumidor tem passado por rápidas mudanças sociais e comportamentais. Cada vez mais buscam por informações objetivas, praticidade e funcionalidade que auxiliem na decisão de compra. Com a globalização do uso de internet e sabendo que os consumidores buscam por interatividade de preferência à palma da mão, desenvolver ações que atendam essas necessidades é um diferencial no segmento de embalagens (Sarantopoulos et al., 2012).

Assim, seguindo a tendência de mercado, as embalagens ativas chegam com a proposta de inovação e aumento da garantia de qualidade para os alimentos. Elas são produzidas de modo que seus constituintes interagem quimicamente, fisicamente ou biologicamente com o produto, aumentando seu tempo de prateleira ao retardar processos químicos e biológicos, como o amadurecimento e a oxidação (Johansson et al., 2014). Também podem ser projetadas para corrigir deficiências existentes nas embalagens passivas. Um exemplo disso é quando uma embalagem de plástico possui uma barreira de umidade adequada, porém uma barreira de oxigênio inadequada. As soluções de embalagens ativas podem incluir por exemplo, um eliminador de oxigênio ou um agente antimicrobiano se o crescimento microbiano for a variável limitadora da qualidade (Alvarez-Hernandez et al., 2021).

Pensando nas empresas que exportam frutas e hortaliças, as embalagens ativas possibilitam que esses cheguem ao exterior nas melhores condições de comercialização reduzindo as avarias no transporte. Embora no Brasil as embalagens ativas ainda sejam recursos emergentes, em outras nações como Estados Unidos, Japão e Austrália já são bem estabelecidas.

Desde 1970 essa tecnologia é utilizada por empresas norte-americanas e japonesas, e em 2020 foram os principais fabricantes dessas embalagens. A exemplo dos modos estruturais já utilizados estão filmes, sachês, fibras têxteis, revestimentos, rolhas, pads (absorvedores de líquidos) e vedantes para tampas. Filmes ou coberturas comestíveis são bem vistos no mercado, principalmente por atuarem no controle de umidade, e pelos benefícios da biodegradabilidade, atendendo assim o apelo da sustentabilidade (Food Connection, 2020).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Devido a relevância apresentada na introdução e fundamentação teórica, buscou-se desenvolver um estudo de revisão bibliográfica sobre as embalagens ativas para frutas e hortaliças. Seguindo a orientação de Gil (2002), em como elaborar projetos de pesquisa, primeiramente definiu-se o tema por meio de levantamento bibliográfico e estudo explorativo em diversos trabalhos cujo tema estivesse relacionado com as palavras-chave “embalagens”, “embalagens ativas”, “frutas”, “hortaliças”, “conservação pós-colheita” e “vida útil”.

A base de dados científicos utilizada foi totalmente digital, nas plataformas: Google acadêmico, Scielo, ScienceDirect, Scopus e Web of Science. Foram utilizadas obras de referência como resoluções governamentais, teses, dissertações, periódicos científicos, boletins técnicos e livros. As fontes foram escolhidas sem marco temporal, visto a dificuldade em encontrar trabalhos relacionados ao tema nos últimos cinco anos. Então, preferiu-se não haver delimitação de ano, mas sim, de trabalhos relacionados e que fossem julgados relevantes.

Após a escolha do tema, foi elaborado um plano de assuntos para nortear a elaboração deste trabalho e a definição dos objetivos. Os assuntos a serem elucidados foram:

- a. Definição geral de embalagem;
- b. Importância do setor economicamente;
- c. Tendências do setor de embalagens;
- d. Definição e classificação de Embalagens Ativas (E.A);
- e. Aplicações em alimentos: frutas e hortaliças;
- f. Possíveis desafios que atrapalham a escolha das E.A.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo Sarantópoulos e Codcewicz (2016) o termo “embalagens ativas” se aplica a uma série de tecnologias que permitem a interação direta entre o alimento e a embalagem ou pelo espaço livre entre eles. O objetivo é garantir a qualidade e segurança durante o shelf life, prazo de validade, do produto, principalmente os perecíveis como as frutas e as hortaliças.

As embalagens ativas podem ser classificadas em diferentes tipos, de acordo com o mecanismo de ação e os compostos ativos utilizados, podem ser divididas em embalagens absorvedoras e embalagens emissoras. Entre os principais exemplos, destacam-se as embalagens com absorvedores de etileno, de oxigênio, de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e umidade; emissores de CO<sub>2</sub>, de etanol, de agentes antimicrobianos e antioxidantes. Cada tipo de embalagem ativa possui características específicas que contribuem para a manutenção da qualidade das frutas e hortaliças durante o armazenamento e a distribuição. (Fang *et al.*, 2017; Cândido, 2023).

Nascimento e Souza (2024) corroboram e definem embalagem como “ativa” quando fornece funções além da proteção tradicional e barreira inerte ao ambiente externo, ou seja, quando interage consideravelmente com o alimento e o ambiente circundante dentro da embalagem. No mesmo sentido, Yildirim *et al.* (2018), descreve as embalagens ativas como sistemas que interagem de forma intencional com o produto, visando melhorar sua conservação e qualidade. Para Cândido (2023) são definidas como ferramentas para o aumento do tempo de prateleira, da qualidade, da segurança e da integridade dos alimentos, e são desenvolvidas para interagir ativamente com os componentes ou o ambiente da embalagem, removendo ou emitindo compostos, retardando o apodrecimento dos alimentos.

É importante salientar que alguns requisitos devem ser levados em consideração para o desenvolvimento, especificação e aplicação de componentes absorvedores ou emissores em embalagens ativas em alimentos perecíveis, como frutas e hortaliças:

- Deve atender as exigências preconizadas em legislações vigentes;
- Não deve oferecer riscos a saúde do consumidor ou enganar mascarando as características de deterioração;
- A dimensão, concentração, velocidade de ação dos componentes ativos

devem ser compatíveis com a massa, volume e perecibilidade do alimento;

- Deve ser estável aos fatores extrínsecos, como possíveis variações de umidade e de temperatura que ocorra durante o armazenamento e a comercialização.

Diante do exposto, considera-se que para o desenvolvimento e aplicação de embalagens ativas, é necessário conhecer os processos que afetam a atmosfera interna da embalagem, bem como as possíveis interações entre alimento e embalagem, modelando-os matematicamente para adequação do uso (Cândido, 2023; Sarantópoulos; Codcewicz, 2016).

#### **4.1 Sistemas absorvedores**

Para Cândido (2023), Sarantópoulos e Codcewicz (2016), embalagens absorvedoras são desenvolvidas com o objetivo de remover compostos indesejáveis de dentro do ambiente da embalagem, ou seja, não interagem diretamente com o alimento, e sim com o espaço-livre da embalagem, realizando a manutenção dos gases existentes, assim, melhoram as condições internas da embalagem prolongando o tempo de prateleira do alimento.

##### **4.1.1 Absorvedores de oxigênio**

A taxa de respiratória do alimento está diretamente relacionada com a presença de oxigênio, o que acelera a senescência do alimento, com a redução do gás no interior da embalagem retarda-se a degradação dos compostos bioativos, como vitaminas e antioxidantes, além de inibir o crescimento de microrganismos aeróbios (Sarantópoulos; Codcewicz, 2016).

Os autores Sarantópoulos e Codcewicz (2016), descrevem que os absorvedores de oxigênio usados no armazenamento de hortaliças minimamente processadas, como alface, rúcula e espinafre, utilizam comumente sachês que ficam em contato direto com o alimento, etiquetas adesivas ou incorporadas na matriz polimérica da embalagem. Como resultado, as hortaliças mantêm sua qualidade nutricional e sensorial, apresentando menor perda de peso e maior frescor.

Os compostos ativos geralmente usados podem ser pós ferrosos (óxido de

ferro, carbonato ferroso, sulfato de ferro, sulfito-sulfato de ferro) que são oxidados retirando o O<sub>2</sub> da atmosfera interna da embalagem. Agentes enzimáticos (álcool oxidase, glicose oxidase); resinas poliméricas oxidáveis; ácidos graxos insaturados (ácido oleico, linolênico); além de absorvedores de oxigênio biológico (microrganismos imobilizados em substrato sólido) e sulfitos e seus análogos (bissulfito, metabissulfito e hidrossulfito) também são tecnologias associadas aos absorvedores de oxigênio (Sarantópoulos; Codcewicz 2016). Cândido (2023) em sua pesquisa bibliográfica, constatou que absorvedores à base de ferro mostraram-se efetivos para a conservação de maçãs recém cortadas, em comparação às embalagens comuns, evidenciando o possível uso para frutas e hortaliças minimamente processados.

No estudo de Silva (2019) os absorvedores de oxigênio foram analisados em alfaces minimamente processados (cultivar crespa e cultivar americana) utilizando absorvedores de oxigênio (tipo Ageless®), que são constituídos principalmente por pó de ferro já contido no material plástico do produto. Desta forma as embalagens com o sistema ativo proporcionaram melhor preservação das características sensoriais (coloração, limosidade e murchamento) das hortaliças minimamente processadas até o terceiro dia de armazenamento a 7°C, concluindo que a implantação desse sistema ativo de remoção de oxigênio é eficiente na preservação das hortaliças nos três primeiros dias, apresentando ainda baixo custo e facilidade de uso.

#### **4.1.2 Absorvedores de etileno**

O controle do etileno, um hidrocarboneto volátil que atua diretamente na fisiologia vegetal, tem enorme importância e é essencial para o prolongamento da vida útil na pós colheita de frutas e hortaliças, principalmente nos climatéricos (que amadurecem após a colheita). O composto mais utilizado como absorvedor de etileno é o permanganato de potássio (KMnO<sub>4</sub>), que oxida-a e transformando-o em gás carbônico e água. E como consequência da reação química, o permanganato muda de roxo para marrom, podendo servir como indicador da capacidade de absorção. Geralmente são incorporados em sachês, com adsorção física em silicatos, vermiculita, carvão ativo e outros. Em tecnologias mais modernas os ativos são incorporados diretamente no material da embalagem (Cândido, 2023; Sarantópoulos; Codcewicz, 2016).

Estudos demonstram que a aplicação de embalagens ativas com absorvedores de etileno é eficaz no controle do amadurecimento de frutas climatéricas, como maçãs, bananas e pêssegos (Pereira *et al.*, 2019). Esses absorvedores removem o etileno produzido pelas frutas, retardando o processo de amadurecimento e prolongando a vida útil dos produtos. Como resultado, as frutas mantêm suas características de qualidade, como firmeza, cor e sabor, por um período mais longo. Segundo Pinheiro *et al.* (2018) a aplicação de embalagens com absorvedores de etileno à base de permanganato de potássio foi eficaz no controle do amadurecimento de bananas 'Prata', mantendo a firmeza e a cor da casca dos frutos por um período mais longo. Os autores destacam que a eficiência dos absorvedores de etileno depende da quantidade utilizada e da permeabilidade da embalagem ao etileno.

Alvarez-Hernandez *et al.* (2021) demonstraram em sua pesquisa que o uso de permanganato de potássio em forma de sachês apresentou alta eficiência nos testes com tomates-

cereja, com o aumento do tempo de prateleira de 6 para cerca de 28 dias, armazenados a 11°C. Quando verificado o uso em goiabas também se mostrou eficiente, estendendo o tempo de prateleira em até 32 dias (Murmu *et al.*, 2018). Cândido (2023) também citou o estudo com brócolis embalado, quando foram usadas argilas sepiolitas incorporadas em biopolímeros como absorvedor de etileno, o resultado foi o aumento do tempo de prateleira do produto ao reduzir a perda de massa e conservação da firmeza.

#### **4.1.3 Absorvedores de umidade**

Segundo Barbosa e a Korzenowski (2018), a função básica dos absorvedores de umidade/água é mitigar o crescimento microbiano e a degradação do alimento, prolongando desta forma a vida útil do alimento. Os absorvedores de umidade são aplicados em produtos embalados em que a condensação é um problema para o tempo de prateleira do produto como: frutas, vegetais e produtos de panificação, esses absorvedores podem ser em forma de sachês ou diretamente incorporados na matriz polimérica utilizada na produção da embalagem. Sabe-se também que a umidade é um dos parâmetros mais críticos para a conservação de alimentos, podendo reduzir drasticamente a qualidade do produto. Umidade relativa excessiva na embalagem pode aumentar a atividade

metabólica de alimentos como carnes, frutas e vegetais, e acelerar o crescimento e atividade microbológica dentro da embalagem, causando uma redução do tempo de prateleira por apodrecimento do produto (Firouz *et al.*, 2021). Neste caso, os absorvedores de umidade são muito úteis pois agem diretamente na redução do excesso de líquido ou controlando a umidade da embalagem, através de agentes de adsorção física, com compostos altamente higroscópicos e desidratantes, como sílica gel, argilas, materiais orgânicos frutose e celulose, e sais umectantes. Murmu *et al.* (2018) ratificou a importância dessa tecnologia no auxílio da conservação de produtos vegetais na pós- colheita, ao constatar a eficácia da manutenção de umidade, quando recorreu ao uso de sachês de gel sílica em embalagens contendo goiabas.

#### **4.1.4 Absorvedores de dióxido de carbono**

Menos utilizados em frutas e hortaliças, se comparados aos outros já descritos, porém relevantes, os absorvedores de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) são sistemas de embalagens ativas que ajudam na conservação de alimentos quando há reações com produção de  $\text{CO}_2$ , como a fermentação láctica e alcoólica. Essas reações podem gerar um aumento da pressão interna nas embalagens rígidas e aumento de volume em embalagens flexíveis, com risco na integridade e perda da qualidade do produto. Além disso, os altos níveis de  $\text{CO}_2$  em frutas podem causar alterações indesejáveis no sabor e glicose anaeróbica. Esse tipo de embalagem dispõe de compostos absorventes químicos ou físicos, como o óxido de cálcio ( $\text{CaO}$ ), carbonato de sódio ( $\text{NaCO}_3$ ), hidróxido de magnésio ( $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ) e hidróxido de Cálcio ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ). Porém, o mais utilizado em embalagens alimentícias é o hidróxido de cálcio, pois na forma sólida, o composto é seguro em contato com alimentos e a reação é altamente espontânea, com uma taxa de absorção desejável e eficiente (Cândido, 2023).

#### **4.2 Sistemas emissores**

Quanto as embalagens emissoras, são desenvolvidas com o objetivo de liberar compostos desejáveis melhorando as condições internas e o tempo de prateleira do alimento. Os compostos liberados mantêm as condições estáveis na atmosfera interna da embalagem, retardando ou inibindo processos indesejáveis para o alimento, como o metabolismo do alimento e o crescimento (Cândido, 2023).

#### **4.2.1 Emissores de gás carbônico**

Os emissores de CO<sub>2</sub> são muito usados para alimentos com alta atividade aeróbica pois são altamente efetivas para o controle microbiológico dos alimentos, reduzindo o crescimento de bactérias e fungos aeróbicos aumentando a fase lag da sua cinética de crescimento. Altos níveis de CO<sub>2</sub> (10 - 80%) são desejáveis para alimentos como carnes e aves por inibirem o crescimento microbiano na superfície do alimento e prolongarem a sua vida-de-prateleira. Os compostos mais comuns nesse tipo de embalagens são o bicarbonato de sódio e ácido cítrico onde reagem com o líquido do produto, liberando CO<sub>2</sub> na atmosfera da embalagem e formando citrato de sódio (Firouz *et al.*, 2021).

#### **4.2.2 Emissores de etanol**

Há também os emissores de etanol, de agentes antimicrobianos e de agentes antioxidantes. Alimentos com alta atividade de água, são mais suscetíveis ao crescimento de fungos, leveduras e até bactérias deteriorantes. O uso de sachês com sílicas pré-absorvidas com etanol, emitem seu vapor etanólico nas primeiras horas, e os sachês com etanol em gel pré- encapsulado permitem a emissão gradual na embalagem. Ambas interagem com a umidade do produto auxiliando na redução da atividade de água, ao difundem o vapor para o espaço livre, inibindo o crescimento microbiano e aumentando a vida útil do produto (Cândido, 2023; Sarantópoulos; Codcewicz, 2016).

#### **4.2.3 Emissores de agentes antimicrobianos**

Dentre os compostos antimicrobianos utilizados em embalagens ativas, há muitas opções e mecanismos de ação diferentes dependendo do alimento a ser combinado. Podem ser classificadas em dois tipos, aquela na qual o agente ativo migra para a superfície do alimento e aquela que é efetiva sem a necessidade de migração. São exemplos de agentes antimicrobianos: nanopartículas de prata, zinco, ácidos, anidridos e sais orgânicos, como ácidos benzóico e sódico com sorbatos e propionatos; enzimas bacteriocinas como a nisina; fungicidas como benomil e imazalil; extratos naturais como de cravo da Índia, de alho, entre outros. Esses agentes reagem inibindo o crescimento de bactérias, fungos e leveduras,

reduzindo a deterioração dos produtos e aumentando sua segurança alimentar, como resultado, as perdas pós-colheita são minimizadas e a vida útil é prolongada (Junqueira-Gonçalves *et al.*, 2017; Sarantópoulos; Codcewicz 2009).

Conforme Medeiros *et al.* (2019), a incorporação de óleos essenciais de orégano e cravo-da-índia em embalagens ativas foi eficaz na inibição do crescimento de microrganismos deteriorantes em morangos, prolongando a vida útil dos frutos. Os autores salientam que a eficácia antimicrobiana das embalagens ativas depende da concentração dos agentes ativos e da compatibilidade com o material de embalagem.

Sarantópoulos; Codcewicz (2009, 2016), ainda trazem que o dióxido de enxofre é um gás que atua na inibição de reações não enzimáticas e enzimáticas agindo como um excelente agente antimicrobiano e antioxidante em embalagens, principalmente no controle da deterioração de uvas por fungos (*Botrytis Cinerea*) causador do bolor cinza. Conforme acontece a respiração da fruta, a umidade liberada é absorvida pelo sistema, liberando de forma controlada dióxido de enxofre gasoso com ação antimicrobiana, sendo eficaz para inativar os esporos fúngicos.

#### **4.2.4 Emissores de agentes antioxidantes**

Como exemplo de aditivos naturais utilizados em embalagens ativas com propriedades antioxidantes, Almada *et al.* (2022), descreve as de origem vegetal, destacam-se os óleos essenciais e extratos de plantas condimentares. Essas substâncias são capazes de retardar/inibir reações de oxidação lipídica e escurecimento enzimático, o que contribuiu para manutenção das propriedades sensoriais e nutricionais dos alimentos quando comparada aos antioxidantes artificiais. Os autores avaliaram a viabilidade do uso de nanopartículas de óxido de cobre (CuO) em embalagens ativas à base de gelatina para estender a vida de prateleira de tomates (*Solanum lycopersicum L.*). O resultado observado foi a melhora da atividade antimicrobiana, melhores propriedades mecânicas (maior resistência a tração e a ruptura), menor citotoxicidade e aumento na vida de prateleira do tomate (até 18-40 dias) por meio da utilização dos filmes ativos nano reforçados.

No quadro 2 apresentado por Barbosa; Korzenowski (2018), vemos também algumas aplicações das embalagens ativas, e os diferentes tipos de componentes

químicos utilizados na preparação de cada sistema, sendo considerado as características e peculiaridades de cada tipo de alimento.

Quadro 2: Algumas das aplicações das embalagens ativas.

EMBALAGEM ATIVA		COMPONENTES ATIVOS	APLICAÇÕES
Emissores	oxigênio	Óxido de ferro	Queijos, leite, café, chás, produtos cárneos, produtos de panificação
		Carbonato ferroso	
		Ácido ascórbico	
		Sorbitol	
		Catecol	
		Óxido de alumínio	
Absorvedores	Etileno	Permanganato de potássio	Vegetais e frutas
		Ozônio	
	Umidade	Silica gel (silicato de sódio + ácido sulfúrico)	Frutas, vegetais, produtos congelados e de padaria
		Propilenoglicol	
		Poli(álcool vinílico)	
	Dióxido de carbono	Hidróxido de cálcio	Café torrado, produtos desidratados
		Hidróxido de potássio	
		Carbonato ferroso	
		Óxido de cálcio	
	Etanol	Etanol	Produtos de panificação e peixe
		Dióxido de carbono	
			Carbonato de ferro
Sistemas	Antimicrobianos	Ácido ascórbico	Alimentos frescos e processados, vegetais, frutas secas, arroz, feijão e produtos de padaria
		Ácido benzóico	
		Ácido propiônico	
		Triclosan	
		Dióxido de enxofre	
		Etanol	
		Prata, nanopartícula de prata	
		Cloreto de sódio	
	Óleos essenciais (ex.: alecrim, cravo, tomilho, orégano)		
	Antioxidantes	Ácido ascórbico	Frutas e vegetais
Quercetina			
Butil hidroxitolueno			

Fonte: Barbosa; Korzenowski (2018).

Braga; Peres (2010) trazem na tabela 1 exemplos de embalagens ativas: absorvedoras e emissoras, os principais componentes ativos e exemplos de usos em alimentos. É possível notar as diversas possibilidades de aplicações e em diferentes tipos de alimentos, desta forma percebe-se que apesar da ampla aplicação, algumas embalagens ativas recebem melhor recomendação de acordo com sua formulação, pois como já comentado, é fundamental conhecer as

possíveis interações químicas e bioquímicas do alimento com a embalagem para que o conjunto tenha a complementaridade perfeita.

**TABELA 1 - EXEMPLOS DE SISTEMAS DE EMBALAGENS ATIVAS E APLICAÇÕES**

<b>Embalagens Ativas</b>	<b>Principais Componentes</b>	<b>Aplicações</b>
Absorvedor de oxigênio	Pós de ferro, ácido ascórbico, compostos organometálicos, glicose-oxidase, etanol-oxidase	Produtos de panificação, café, chá, leite em pó, queijos, produtos cárneos
Absorvedor de etileno	Permanganato de potássio, carvão ativado, sílica gel, zeólito, argila	Frutas e hortaliças
Absorvedor de umidade	Propilenoglicol, poli (álcool vinílico), sílica gel, terra diatomácea, argila	Frutas, vegetais, produtos congelados e de panificação
Absorvedor de dióxido de carbono	Hidróxido de cálcio + hidróxido de sódio ou hidróxido de potássio, óxido de cálcio e sílica gel	Café torrado, produtos desidratados
Emissores de etanol	Etanol	Produtos de panificação, peixe
Liberadores e conservantes antimicrobianos	Sorbatos, benzoatos, propionatos, etanol, ozônio, peróxido, dióxido de enxofre, antibióticos, zeólito de prata, enzimas	Carne, peixe, queijo, frutas secas e produtos de panificação
Emissores de dióxido de carbono	Ácido ascórbico, carbonato de ferro + haleto metálico	Frutas e hortaliças, peixes, carnes e aves

Fonte: Braga; Peres (2010)

A fim de facilitar o entendimento e visualização dos resultados expostos no presente estudo, o quadro 3 apresenta de modo resumido os principais sistemas de embalagens ativas utilizados em frutas e hortaliças. Nele é possível conhecer os agentes ativos usado, suas aplicações, bem como os benefícios da sua utilização e os autores correspondentes

**Quadro 3: Aplicações das embalagens ativas em frutas e hortaliças**

<b>Embalagens Ativas</b>	<b>Ativo</b>	<b>Aplicação</b>	<b>Benefícios</b>	<b>Autor (s)</b>	
Absorvedor	Oxigênio	Sachês e etiquetas com pós ferrosos	Alfices, rúcula e espinafre minimament e processados	Prolongamento da qualidade nutricional, sensorial e redução da perda de peso	Sarantópoulos ; Codcewicz (2016)
	Oxigênio	Pós ferrosos	Maças	Redução do processo	Cândido (2023)

				oxidativo	
	Oxigênio	Pós ferrosos (tipo Ageless®)	Alface minimamente processados (cultivar crespa e americana)	Preservação das características sensoriais (coloração, limosidade e murchamento), baixo custo e facilidade de uso	Silva (2019)
	Etileno	Permanganato de potássio	Bananas 'Prata'	Mantêm as características de firmeza e cor da casca	Pinheiro <i>et al.</i> (2018)
	Etileno	Sachês com permanganato de potássio	Tomates-cerejeira	Aumentou do tempo de prateleira de 6 para cerca de 28 dias, armazenados a 11°C.	Alvarez-Hernandez <i>et al.</i> (2021)
	Etileno	Permanganato de potássio	Goiabas	Aumentou do tempo de prateleira para até 32 dias	Murmu <i>et al.</i> (2018)
	Etileno	Argilas sepiolitas	Brócolis	Redução da perda de massa e conservação da firmeza	Cândido (2023)
	Umidade	Sachês de gel sílica	Goiabas	Manutenção da umidade	Murmu <i>et al.</i> (2018)
Emissores	Antimicrobianos	Óleos essenciais de orégano e cravo-da-índia	Morangos	Inibição do crescimento de microrganismos deteriorantes	Medeiros <i>et al.</i> (2019)
	Antimicrobianos	Dióxido de enxofre	Uvas	Controle da deterioração por fungos ( <i>Botrytis Cinerea</i> ) causadores do bolor cinza	Sarantópoulos; Codcewicz (2009, 2016)
	Antioxidantes	Nanopartículas de óxido de cobre	Tomates	Aumento do tempo de prateleira para até 40 dias	Almada <i>et al.</i> (2022)

Fonte: De própria autoria a partir dos autores citados.

Os ganhos obtidos com a utilização de embalagens ativas são significativos. Além de prolongar a vida útil das frutas e hortaliças, essa tecnologia contribui para

a redução do desperdício de alimentos, uma vez que os produtos mantêm sua qualidade por mais tempo. Isso resulta em benefícios econômicos para produtores, distribuidores e varejistas, que podem comercializar os produtos por um período mais longo e reduzir as perdas financeiras associadas à deterioração. Outro ganho importante é a manutenção da qualidade nutricional e sensorial das frutas e hortaliças. Ao retardar o amadurecimento e a degradação dos compostos bioativos, as embalagens ativas preservam as propriedades nutricionais e organolépticas dos produtos, oferecendo aos consumidores alimentos mais saudáveis e atrativos (Barbosa; Korzenowski, 2018).

Além disso, a adoção de embalagens ativas pode contribuir para a redução do uso de conservantes químicos e do desperdício de embalagens convencionais. Isso está alinhado com a crescente demanda por alimentos mais naturais e sustentáveis, atendendo às expectativas dos consumidores e contribuindo para a preservação do meio ambiente. Porém, apesar dos resultados promissores, a aplicação de embalagens ativas para frutas e hortaliças ainda enfrenta desafios. Segundo Sousa *et al.* (2021), um dos principais desafios é a escolha do material de embalagem adequado, que deve ser compatível com os agentes ativos e permitir a interação destes com o produto. Os autores também destacam a necessidade de estudos que avaliem a segurança e a estabilidade dos compostos ativos ao longo do tempo de armazenamento.

Outro desafio é a aceitação do consumidor em relação às embalagens ativas. De acordo com Silva *et al.* (2018), a percepção dos consumidores sobre as embalagens ativas é influenciada pela pouca familiaridade com a tecnologia e pela preocupação com a segurança dos alimentos. Os autores ressaltam a importância de informar e educar os consumidores sobre os benefícios das embalagens ativas, a fim de aumentar sua aceitação.

A pesquisa de redes sociais realizada por Ferreira *et al.* (2022), evidenciou a percepção, os hábitos dos consumidores, suas opiniões, preferências e reclamações em relação a apresentação e compra de frutas e hortaliças em feiras, sacolões e mercados. Os resultados mostram que, embora não seja sempre o principal aspecto a ser considerado, a aparência das frutas pode impactar na decisão de compra do consumidor. E que consideram a feira como o lugar ideal para comprar frutas e verduras, pois acreditam estarem mais frescas e já aproveitam o mesmo ambiente para comprar outros tipos de alimentos, como pastéis, sucos ou como forma de lazer com a família. Sabe-se que as feiras livres

tendem a ter um padrão de apresentação de frutas e hortaliças mais expostos, na maioria dos casos sem nenhuma proteção ou embalagem. Nesse contexto, pode-se dizer que esse seja um dos possíveis fatores que dificultam a preferência por embalagens ativas.

Outra questão observada na pesquisa de Ferreira et al. (2022), foi a opinião dos usuários a respeito da venda de itens de hortifrúti minimamente processados. De modo geral, a opinião das pessoas foi negativa, sobretudo por três razões:

- Consideram uma prática pouco sustentável, uma vez que gera mais lixo para itens que, normalmente, teriam apenas resíduos compostáveis;
- Observam que essa prática torna o item mais caro, uma vez que uma única fruta descascada/picada, por vezes, alcança o valor do quilo da fruta in natura;
- E acreditam que frutas embaladas têm uma qualidade inferior ou foram vendidas dessa forma por estarem estragadas ou machucadas.

A opinião negativa sobre os minimamente processados, reflete diretamente na baixa demanda por embalagens ativas, pois a desconfiança quanto a qualidade inicial da fruta e hortaliça e o desconhecimento sobre embalagens ativas e biodegradáveis, criam um preconceito e rejeição com o produto embalado. Por outro lado, alguns usuários defenderam a ideia, sobretudo por dois motivos: as frutas e hortaliças minimamente processados auxiliam pessoas com deficiência ou com dificuldade motora, possibilitando que se alimentem de frutas que não conseguiriam descascar sozinhas, por exemplo. E o segundo motivo é a praticidade, pois não precisam se sujar ou ficar com cheiro dos alimentos nas mãos e já está pronto ou pré pronto para o consumo.

A partir dessas diferentes opiniões, é possível perceber a falta de conhecimento dos consumidores quanto a importância e benefícios das embalagens ativas. Se os consumidores tivessem o conhecimento prévio, acredito que os pontos negativos citados, seriam atenuados ou até desconsiderados e os pontos positivos fortalecidos e decisivos na escolha da compra. A divulgação poderia partir dos próprios fabricantes de embalagens, dos distribuidores de hortifrúti ou até mesmo haver, por parte dos órgãos regulamentadores, a implementação de legislação específica, instruções técnicas que, norteiem e estimulem a inserção de informações nas rotulagem das embalagens, com uso de

Qrcode, por exemplo, que direcionem o consumidor a conhecer mais sobre o assunto. Essa estratégia aumentaria a confiabilidade perante os consumidores, além de ser uma excelente oportunidade, para os fabricantes e empresários, agregarem marketing e valor ao produto.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As embalagens têm importantes funções, são destinadas a garantir a conservação e facilitar o transporte e manuseio dos alimentos. Quando se trata de frutas e hortaliças, são ainda mais úteis, porque são alimentos altamente perecíveis e geram a necessidade de atenção e cuidados especiais, devido à sua alta atividade metabólica e elevado teor de água, o que as torna muito suscetíveis à deterioração pós-colheita. Também contribuem na redução do elevado índice de perdas pós-colheita, além de serem boas aliadas para veicular informações que tornem os alimentos mais atrativos, aumentando seu valor venal. Assim, as embalagens ativas surgem como uma excelente opção para atender essas necessidades. Surgem como uma tecnologia promissora para prolongar a vida útil desses produtos, mantendo sua qualidade e segurança.

Conhecer os processos que afetam a atmosfera interna da embalagem, as possíveis interações entre alimento e embalagem e as propriedades físico-química do alimento em questão, são fundamentais para a escolha da embalagem ativa que mais se adequa a cada caso. Podem ser classificadas em diferentes tipos, de acordo com o mecanismo de ação e os compostos ativos utilizados, podem ser divididas em embalagens absorvedoras e embalagens emissoras. E atuam desde a absorção de umidade, etileno, dióxido de carbono, entre outros, até a emissão de compostos antioxidantes, antimicrobianos, de gás carbônico de oxigênio, de acordo com o que se deseja aplicar e obter nas frutas e hortaliças.

Porém, apesar dos diversos pontos positivos no uso das embalagens ativas, há também os desafios que desestimulam sua utilização, como a escolha do material que deve ser compatível com os agentes ativos e permitir a interação destes com o produto, sendo necessário mais estudos que avaliem a segurança e a estabilidade dos compostos ativos ao longo do tempo de armazenamento. Outro desafio é a aceitação do consumidor em relação às embalagens ativas, ainda há muita resistência, seja pela pouca familiaridade o que causa estranheza por não estarem palpáveis, como de costume para a maioria da população ou por relacionarem a produtos com alto custo, pouco sustentáveis ou qualidade inferior acreditando serem reaproveitadas por estarem com algum dano. A desconfiança quanto a qualidade inicial da fruta e hortaliça, e desconhecimento sobre embalagens ativas e biodegradáveis, criam um preconceito e rejeição com o produto embalado.

Apesar dos desafios, os resultados encontrados com a aplicação de embalagens ativas para frutas e hortaliças são promissores. Estudos apontam que essa tecnologia é capaz de prolongar a vida útil dos produtos, mantendo sua qualidade sensorial, nutricional e microbiológica, além de contribuir para a redução do desperdício de alimentos e para a sustentabilidade da cadeia produtiva.

Desse modo, investir na disseminação do conhecimento sobre embalagens ativas, pode favorecer a preferência dos consumidores por esse tipo de embalagem. Deve-se haver novos estudos de perfil do consumidor, a fim de conhecer seu nível de conhecimento sobre o assunto e sua intenção de compra por essa tecnologia. Afinal, na prateleira, a embalagem é o vendedor silencioso. Cabe a ela atrair a atenção, despertar o interesse e desejo, mostrar a qualidade do produto, ganhar do concorrente e fechar a venda em segundos. O papel da comunicação é fundamental não só na divulgação de um produto, mas também como agente ativo na criação de demandas.

É necessário maior fomento em ações práticas e em pesquisas que busquem desenvolver estratégias de mercado e que investiguem demais aplicações das embalagens ativas em alimentos. Seria importante um banco de dados ou instrução normativa que permita as indústrias e empresas do setor de alimentos, conhecerem as interações da embalagem com o alimento, existência ou não de riscos à saúde, indicação da melhor embalagem e ativo para cada categoria de alimento. Além disso, incentivos para o desenvolvimento de novos mecanismos que tornem a tecnologia mais acessível.

Trabalhos futuros com estudos que demonstrem uma análise econômica aprofundada sobre a viabilidade dessa tecnologia, estimularia empresas do segmento a aderirem sua utilização. Realizar levantamentos sobre a biodegradabilidade e impacto ambiental, traria maior credibilidade frente às questões de sustentabilidade.

## REFERÊNCIAS

ABRE; FGV-IBRE. ESTUDO ABRE MACROECONÔMICO DA EMBALAGEM E CADEIA DE CONSUMO. 2022. Disponível em: <https://www.abre.org.br/dados-do-setor/2021-2/> Acesso em: 3 jun 2024.

ÁLVAREZ-HERNÁNDEZ, M. H. et al. Development of an antifungal active packaging containing thymol and an ethylene scavenger. Validation during storage of cherry tomatoes. Food Packaging and Shelf Life. Vol 29. 2021. Disponível em: [https://www-sciencedirect-com.translate.goog/science/article/abs/pii/S2214289421001022?\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=p\\_t&\\_x\\_tr\\_hl=pt-BR&\\_x\\_tr\\_pto=sc](https://www-sciencedirect-com.translate.goog/science/article/abs/pii/S2214289421001022?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=p_t&_x_tr_hl=pt-BR&_x_tr_pto=sc). Acesso em: 20 maio de 2024.

ALMADA, L. F. A; et al. Embalagens ativas antioxidantes: uma estratégia para a conservação de alimentos com alto teor lipídico. Research, Society and Development, v. 11, n. 11, e562111134112, 2022 (CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i11.34112>. Disponível em: <file:///D:/Downloads/34112-Article-380852-1-10-20220902.pdf>. Acesso em 16 de jul de 2024.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. RESOLUÇÃO-RDC Nº 259, DE 20 DE SETEMBRO DE 2002. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2002/rdc0259\\_20\\_09\\_2002.html](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2002/rdc0259_20_09_2002.html) Acesso em 16 de jul de 2024

BARBOSA, E. G; KORZENOWSKI, C. Embalagens ativas e suas aplicações na conservação de alimentos. Revista Eletrônica Científica da UERGS. v. 4. n.3 (2018). Disponível em: [https://repositorio.uergs.edu.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/2763/embalagens\\_ativas\\_e\\_suas\\_aplicacoes\\_na\\_conservacao\\_de\\_alimentos\\_03.03.23.pdf?sequence=-1&isAllowed=y](https://repositorio.uergs.edu.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/2763/embalagens_ativas_e_suas_aplicacoes_na_conservacao_de_alimentos_03.03.23.pdf?sequence=-1&isAllowed=y). Acesso em: 10 jun de 2024

BRAGA, L. R; PERES, L. Novas tendências em embalagens para alimentos: revisão. B. CEPPA, Curitiba, v. 23,n.1, p. 69-84, jan./jun. 2010. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/alimentos/article/viewFile/17899/11765> Acesso em: 15 ago de 2024

CANDIDO, A. H. M. Embalagens ativas e inteligentes: tendências e projeções. 2023. Trabalho de Graduação (Engenharia Química) - Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 2023. Disponível em: [https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/17595/TG\\_Antonio%20Henrique%20Melo%20Candido.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/17595/TG_Antonio%20Henrique%20Melo%20Candido.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em: 10 jun. 2024

DANTAS, R. H. A. Influência das embalagens na vida de prateleira dos alimentos. 2023. Trabalho de conclusão de curso (Tecnólogo em Alimentos) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/28940/1/RHAD16112023.pdf> Acesso em 16 de jul de 2024.

FANG, Z. et al. Active and intelligent packaging in meat industry. Trends in Food Science & Technology, v. 61, p. 60-71, 2017.

Disponível

em: [https://www.researchgate.net/publication/312361904\\_Active\\_and\\_Intelligent\\_Packaging\\_in\\_Meat\\_Industry](https://www.researchgate.net/publication/312361904_Active_and_Intelligent_Packaging_in_Meat_Industry). Acesso em: 20 maio 2024

FERREIRA, V. R.; ARAÚJO, J. A. ABREU, D. P. A. Percepções do consumidor sobre o que é apresentado em feiras, sacolões e mercados. Pesquisa de redes sociais, Polo Sebrae Agro, 25 de ago a 2 de set de 2022. Disponível em [https://polosebraeagro.sebrae.com.br/wp-content/uploads/2023/03/21\\_2021.pdf](https://polosebraeagro.sebrae.com.br/wp-content/uploads/2023/03/21_2021.pdf) Acesso em 15 de ago de 2024.

FIROUZ, M. S.; MOHI-ALDEN, K.; OMID, M. A critical review on intelligent and active packaging in the food industry: Research and development. Food Research International. Vol 141. 2021

FOOD CONNECTION. Redação Fispal Tecnologia. Tudo o que você precisa saber sobre embalagens ativas. Jun. 2020. Disponível em: <https://www.foodconnection.com.br/artigos/tudo-o-que-voc-precisa-saber-sobre-embalagens-ativas/>. Acesso em: 16 de jul de 2024

GOLÇALVES, A. A; PASSOS, M. G; BIEDRZYCKI, A. Percepção do consumidor com relação à embalagem de alimentos: tendências. Estudos Tecnológicos - Vol. 4, n° 3: 271-283 (set/dez. 2008) doi: 10.4013/ete.20083.10 Disponível em: [file:///D:/Downloads/editor,+ART10\\_gonzalez.pdf](file:///D:/Downloads/editor,+ART10_gonzalez.pdf) Acesso em 15 de ago de 2024.

JOHANSSON, K.; GILLGREN, T.; WINESTRAND, S.; JARNSTROM, L.; JONSSON, L. J. Comparison of lignin derivatives as substrates for laccase-catalyzed scavenging of oxygen in coatings and films. Journal of Bioical Engineering. Vol 8. 2014. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3882780/>. Acesso em: 01 maio de 2024.

JUNQUEIRA-GONÇALVES, M. P. et al. Antimicrobial packaging for fresh fruits and vegetables. In: GRUMEZESCU, A. M.; HOLBAN, A. M. (Eds.). Food Packaging and Preservation. Academic Press, 2017. p. 413-438.

LUENGO. R.F.A; CALBO. A. G. Circula Técnica 44: Embalagens para comercialização de Hortaliças e Frutas. EMBRAPA. 2006. ISSN 1415-3033 . Disponível em: [https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPH-2009/32291/1/ct\\_44.pdf](https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPH-2009/32291/1/ct_44.pdf). Acesso em: 13 ago de 2024

MDITSHWA, A. et al. Postharvest quality and composition of organically and conventionally produced fruits: A review. Scientia Horticulturae, v. 216, p. 148-159, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423816306732?via%3Dihub> Acesso em: 25 maio 2024.

MEDEIROS, E. A. A. et al. Antimicrobial edible coating in post-harvest conservation of guava. Ver. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP, v. especial, E. 281-289, outubro 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/hBQ7VQryj49KpwjDzsdnkQh/?format=pdf&lang=pt>.

Acesso em 30 maio 2024

MURMU, S. B; MILSHRA, H.N. Selection of the best active modified atmosphere packaging with ethylene and moisture scavengers to maintain quality of guava during low-temperature storage. *Food Chem.* 2018 Jul 1;253:55-62. doi: 10.1016/j.foodchem.2018.01.134. PMID: 29502844. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814618301420?via%3Dihub>. Acesso em: 17 de jul de 2024

NASCIMENTO,P.R.M, et al. Embalagens ativas com nanocompósitos e antimicrobianos: uma revisão de literatura.In:ANDRADE, Jaily Kerller Batista (Org.). Fundamentos e pesquisas em Ciências Ambientais e Agrárias. Campina Grande:Licuri, 2024,p.104-121.ISBN:978-65-85562-27-0.DOI:10.58203/Licuri.22708. Disponível em: <https://editorallicuri.com.br/index.php/ojs/article/view/517>. Acesso em: 16 de jul de 2024.

NASCIMENTO, F. A. do; SOUZA, K. R. Benefícios da aplicação de óleos essenciais em embalagens ativas biodegradáveis de alimentos . *Nutrivisa - Revista de Nutrição e Vigilância em Saúde*, Fortaleza, v. 11, n. 1, p. e12825, 2024. DOI: 10.59171/nutrivisa-2024v11e12825. Disponível em: <https://revistas.uece.br/index.php/nutrivisa/article/view/12825>. Acesso em: 16 jul. 2024.

PEREIRA, T. et al. Application of ethylene absorbers in the storage of apples: A review. *Food Packaging and Shelf Life*, v. 22, p.100397, 2019

PINHEIRO, J. et al. Quality of bananas 'Prata' minimally processed and acked in active modified atmosphere. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 40, n. 2, e-146, 2018.

REALINI, C. E.; MARCOS, B.Active and intelligent packaging systems for a modern society. *Meat Science*, v. 98, n. 3, p. 404-419, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0309174014001995>. Acesso em: 30 maio 2024.

SILVA, A. L. B. et al. Percepção do consumidor sobre embalagens ativas em alimentos: uma revisão. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 21, e2017205, 2018.

SOUSA, E. C. et al. Desafios na aplicação de embalagens ativas para frutas e hortaliças. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, v. 22, n. 1, p. 1-12, 2021.

SARANTÓPOULOS. C; COFCEWICZ. L. S. Embalagens ativas e inteligentes para frutas e hortaliças. *Boletim de Tecnologia e Desenvolvimento de Embalagens*. Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL). jan – mar 2009 vol 21 n° 1 ISSN 0104-3781. Disponível em: [https://ital.agricultura.sp.gov.br/arquivos/cetea/informativo/v21n1/v21n1\\_artigo1.pdf](https://ital.agricultura.sp.gov.br/arquivos/cetea/informativo/v21n1/v21n1_artigo1.pdf) Acesso em 17 jul de 2024

SARANTÓPOULOS. C. I. G. L. et al. As tendências de embalagens . Boletim de Tecnologia e Desenvolvimento de Embalagens. Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL). jul - set 2012. vol 24 n° 3 ISSN 2175-5000. Disponível em: [https://ital.agricultura.sp.gov.br/arquivos/cetea/informativo/v24n3/v24n2\\_artigo1.pdf](https://ital.agricultura.sp.gov.br/arquivos/cetea/informativo/v24n3/v24n2_artigo1.pdf)  
Acesso em: 15 de ago de 2024.

SARANTÓPOULOS. C; COFCEWICZ. L. S. Embalagens ativas para produtos perecíveis. Boletim de Tecnologia e Desenvolvimento de Embalagens. Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL). jul - set 2016. vol 28 n° 3 ISSN 2175-5000. Disponível em: [https://www.ital.agricultura.sp.gov.br/arquivos/cetea/informativo/v28n3/artigos/v28n3\\_artigo3.pdf](https://www.ital.agricultura.sp.gov.br/arquivos/cetea/informativo/v28n3/artigos/v28n3_artigo3.pdf). Acesso em 17 de jul de 2024

SILVA, M. D. APLICAÇÃO DE ABSORVEDOR DE OXIGÊNIO EM ALFACE MINIMAMENTE PROCESSADA EM UMA AGROINDÚSTRIA. 2019, 61 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Instituto de Tecnologia, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2019. Disponível em: <https://tede.ufrj.br/jspui/bitstream/jspui/5267/2/2019%20-%20Mahyra%20da%20Paix%c3%a3o%20e%20Silva.pdf>. Acesso em: 15 de ago de 2024

VILELA, C. et al. Active packaging of fresh-cut fruits and vegetables: Recent advances and future trends. Trends in Food Science & Technology, v. 75, p. 157-169, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0309174014001995>. Acesso em: 03 jun 2024.

YILDIRIM, S. et al. Active packaging applications for food. Comprehensive reviews in Food Science and Safety, v. 17, n. 1, p.165-99, 2018.  
<https://doi.org/10.1080/19440049.2013.879215>. Acesso em: 01 jun 2024