

INSTITUTO FEDERAL GOIANO – CAMPUS CERES
BACHARELADO EM AGRONOMIA
JOÃO MARCOS DA CRUZ DE CASTRO

UTILIZAÇÃO DE BIOFILMES NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DO ABACAXI
(*Ananas comosus*): UMA REVISÃO DE LITERATURA

CERES – GO

2025

JOÃO MARCOS DA CRUZ DE CASTRO

**UTILIZAÇÃO DE BIOFILMES NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DO ABACAXI
(*Ananas comosus*): UMA REVISÃO DE LITERATURA**

Trabalho de curso apresentado ao curso de Agronomia do Instituto Federal Goiano – Campus Ceres, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia, sob orientação da Professora Dra. Alexandra Valéria Sousa Costa de Lima.

CERES – GO

2025

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema Integrado de Bibliotecas do IF Goiano - SIBi**

C355u Castro, João Marcos da Cruz de
UTILIZAÇÃO DE BIOFILMES NA CONSERVAÇÃO
PÓS-COLHEITA DO ABACAXI (Ananas comosus): UMA
REVISÃO DE LITERATURA / João Marcos da Cruz de Castro.
Ceres 2025.

33f. il.

Orientadora: Profª. Dra. Lima, Alexandra Valéria Sousa Costa
de.

Tcc (Bacharel) - Instituto Federal Goiano, curso de 0320021 -
Bacharelado em Agronomia - Ceres (Campus Ceres).

1. Biopolímeros. 2. Pós-colheita. 3. Alimentos. 4. Propriedades
sensoriais. 5. Sustentabilidade. I. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese | <input type="checkbox"/> Artigo Científico |
| <input type="checkbox"/> Dissertação | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC - Graduação | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional | - Tipo: |

Nome Completo do Autor: João Marcos da Cruz de Castro

Matrícula: 2018103200240387

Título do Trabalho: UTILIZAÇÃO DE BIOFILMES NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DO ABACAXI (*Ananas comosus*): UMA REVISÃO DE LITERATURA

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 18/06/2025

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Documento assinado digitalmente
gov.br JOAO MARCOS DA CRUZ DE CASTRO
Data: 09/06/2025 22:05:24-0300
Verifique em <https://validar.if.gov.br>

Ceres, 12 de junho de 2025.

Assinatura eletrônica do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

Assinatura eletrônica do orientador

Documento assinado digitalmente
gov.br ALEXSANDRA VALERIA SOUSA COSTA DE LIMA
Data: 10/06/2025 18:44:59-0300
Verifique em <https://validar.if.gov.br>

ANEXO IV - ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Ao(s) QUATRO dia(s) do mês de JUNHO do ano de dois mil e VINTE E CINCO, realizou-se a defesa de Trabalho de Curso do(a) acadêmico(a) JOÃO MARCOS DA CRUZ DE CASTRO, do Curso de BACHARELADO EM AGRONOMIA; matrícula 2018103200240387, cujo título é "UTILIZAÇÃO DE BIOFILMES NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DO ABACAXI (Ananás comosus): UMA REVISÃO DE LITERATURA". A defesa iniciou-se às 13 horas e 36 minutos, finalizando-se às 14 horas e 01 minutos. A banca examinadora considerou o trabalho APROVADO com média 7,3 no trabalho escrito, média 8,3 no trabalho oral, apresentando assim média aritmética final 7,8 de **pontos**, estando o(a) estudante APTO para fins de conclusão do Trabalho de Curso.

Após atender às considerações da banca e respeitando o prazo disposto em calendário acadêmico, o(a) estudante deverá fazer a submissão da versão corrigida em formato digital (.pdf) no Repositório Institucional do IF Goiano – RIIF, acompanhado do Termo Ciência e Autorização Eletrônico (TCAE), devidamente assinado pelo autor e orientador.

Os integrantes da banca examinadora assinam a presente.

Alexandra Valéria Sousa Costa de Lima

Assinatura Presidente da Banca

Marcia Carmen de M. Burger

Assinatura Membro 1 Banca Examinadora

Louiziana Borges Silva

Assinatura Membro 2 Banca Examinadora

AGRADECIMENTOS

À Deus, por ter me dado condições para realizar meu sonho em possuir uma graduação.

Em especial ao apoio inabalável da minha mãe Adriana, da minha esposa Deborah Vitória e de minha amada avó Marilene, por sempre terem me apoiado ao longo desta jornada acadêmica.

À minha família, tia Juliene e tio Marcione, por sempre estarem à disposição nos momentos que mais precisei de vossos apoios, sejam financeiros ou psicológicos.

À minha orientadora Alexsandra Valéria Sousa Costa de Lima, por ter aceitado o convite em ser minha orientadora e por sempre se mostrar disposta independente do horário do dia, para me ajudar e tirar dúvidas referente ao trabalho.

Aos professores, que tive o privilégio de ter desde o primeiro período da graduação até o presente momento, que com sua dedicação e orientação, me auxiliaram a seguir adiante, em minha jornada acadêmica, tornando – se assim um profissional mais completo e capacitado.

E não poderia deixar de mencionar minha profunda gratidão à Instituição de Ensino Superior onde estudo, o Instituto Federal Goiano Campus Ceres, por me proporcionar o ensino de excelência.

E aos meus amigos, especificamente Marcos Mota, Elias José, Mikael Evangelista e Carlos Henrique, por estarem ao meu lado como meus companheiros de trabalho acadêmicos durante todo o período da graduação. Muito obrigado!

RESUMO

A conservação pós-colheita do abacaxi é um desafio devido à sua alta perecibilidade que ocorre rapidamente após a colheita. Nesse contexto, a utilização de biofilmes surge como uma solução promissora, oferecendo uma abordagem sustentável e eficaz para prolongar a vida útil da fruta. Assim, objetivou-se realizar uma revisão de literatura sobre a utilização de biofilmes na conservação pós-colheita do abacaxi. A metodologia consistiu em uma revisão da literatura conduzida em bases como Google Acadêmico, Google e SciELO, utilizando termos relacionados ao abacaxi, biofilmes e aspectos da produção e comercialização. Foram incluídas publicações entre 1960 e 2023, disponíveis em português ou inglês. A análise qualitativa visou identificar os tipos de biofilmes, seus efeitos na conservação do abacaxi e suas implicações econômicas e ambientais. Estudos recentes demonstram que os biofilmes à base de quitosana, um biopolímero de origem natural, têm mostrado eficácia na conservação do abacaxi, evitando a perda de frescor e melhorando a durabilidade da fruta. Esses biofilmes não apenas prolongam a vida útil do produto, mas também mantêm suas qualidades organolépticas, sem comprometer seu sabor ou aparência. Outro benefício significativo da utilização de biofilmes é o seu caráter sustentável. Diferente das embalagens plásticas convencionais, os biofilmes são biodegradáveis, o que representa uma alternativa ecológica para a indústria alimentícia. Este aspecto alinha-se às crescentes demandas por soluções mais responsáveis do ponto de vista ambiental, contribuindo para a redução do impacto ambiental gerado pelo uso excessivo de plásticos. No futuro, o desenvolvimento de novos biopolímeros e a combinação com outras tecnologias podem aumentar ainda mais a eficácia dos biofilmes na conservação de alimentos. Portanto, o uso de biofilmes na conservação do abacaxi é uma alternativa promissora para aumentar sua vida útil e reduzir os impactos ambientais, sendo uma solução sustentável e eficaz para a indústria alimentícia.

Palavras-chave: Biopolímeros. Pós-colheita. Sustentabilidade. Microbiologia. Alimentos. Propriedades sensoriais.

ABSTRACT

The post-harvest conservation of pineapples is a challenge due to their high perishability, which occurs rapidly after harvesting. In this context, the use of biofilms emerges as a promising solution, offering a sustainable and effective approach to prolong the shelf life of the fruit. Thus, the objective of this study was to conduct a literature review on the use of biofilms in the post-harvest conservation of pineapples. The methodology consisted of a literature review conducted in databases such as Google Scholar, Google, and SciELO, using terms related to pineapples, biofilms, and aspects of production and marketing. Publications from 1960 to 2023 available in Portuguese or English were included. The qualitative analysis aimed to identify the types of biofilms, their effects on the conservation of pineapples, and their economic and environmental implications. Recent studies demonstrate that chitosan-based biofilms, a natural biopolymer, have shown effectiveness in conserving pineapples by preventing the loss of freshness and improving the durability of the fruit. These biofilms not only prolong the shelf life of the product but also maintain its organoleptic qualities without compromising its taste or appearance. Another significant benefit of using biofilms is their sustainability. Unlike conventional plastic packaging, biofilms are biodegradable, representing an ecological alternative for the food industry. This aspect aligns with the growing demands for more environmentally responsible solutions, contributing to the reduction of the environmental impact generated by the excessive use of plastics. In the future, the development of new biopolymers and their combination with other technologies may further enhance the efficacy of biofilms in food conservation. Therefore, the use of biofilms in pineapple conservation is a promising alternative to increase its shelf life and reduce environmental impacts, serving as a sustainable and effective solution for the food industry.

Keywords: Biopolymers. Post-harvest. Sustainability. Microbiology. Food. Sensory Properties.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|---|
| Figura 1 - Distribuição geográfica da produção de abacaxi no Brasil – 2018 | |
| | 6 |
| Figura 2 - Principais países produtores mundiais de abacaxi em 2018 | |
| | 6 |
| Figura 3 – Frutos de abacaxi comercializados no mercado local de Matrinchã – GO | |
| | 7 |
| Figura 4 – Fruto de abacaxi com senescência avançada e com injúrias de amassamento | |
| | 8 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|----|
| Quadro 1 - Características associadas a cada tipo de biofilme | 11 |
| Quadro 2 - Características associadas ao biofilme quitosana | 15 |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 1 |
| 2 METODOLOGIA | 3 |
| 3 REVISÃO DE LITERATURA | 4 |
| 3.1 Cultura do abacaxi (<i>Ananas comosus</i>)..... | 4 |
| 3.2 Pós-colheita do abacaxi | 7 |
| 3.3 Biofilmes | 9 |
| 3.4 Tipos e métodos de aplicação de biofilmes utilizados na conservação pós-colheita de frutas tropicais | 11 |
| 3.5 Estudos de caso e aplicações específicas de biofilmes na conservação pós-colheita de abacaxi..... | 14 |
| 3.6 Desafios e perspectivas futuras do uso de biofilmes na conservação pós-colheita de abacaxi | 19 |
| 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 22 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 24 |

1 INTRODUÇÃO

O abacaxi é uma das frutas tropicais mais consumidas e cultivadas no Brasil, sendo um importante produto agrícola tanto para o mercado interno quanto para a exportação (IBGE, 2022). A produção de abacaxi no Brasil continua em crescimento, com destaque para a variedade pérola, que é amplamente cultivada devido ao seu sabor doce e alto rendimento (IBGE, 2022). De acordo com dados da Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO), o Brasil também é um importante exportador de abacaxi, com uma grande parte das exportações sendo direcionadas aos mercados internacionais (FAO, 2023; Souza; Viana; Alves, 2021).

A produção de abacaxi enfrenta desafios, como as condições climáticas e a competitividade com outros países produtores (Viana; Souza; Almeida, 2019). Para atender à demanda interna e externa, o Brasil tem investido em tecnologias de cultivo e na melhoria das práticas agrícolas, o que tem contribuído para o aumento da produtividade e da qualidade da fruta (Silva; Almeida, 2020). O aumento da produção, aliado ao desenvolvimento de tecnologias de conservação, pode abrir novas oportunidades para a indústria de alimentos e bebidas, além de melhorar a competitividade nas exportações (CONAB, 2023).

A conservação pós-colheita do abacaxi é um desafio significativo, dado o alto índice de respiração e a fragilidade do fruto, o que pode levar à deterioração precoce e à perda de qualidade. Nesse contexto, a utilização de biofilmes tem se mostrado uma solução promissora para aumentar a durabilidade do abacaxi, preservando suas características sensoriais e nutricionais. Biofilmes são camadas finas de materiais biológicos que atuam como barreiras físicas, podendo proteger os alimentos contra a perda de água, o crescimento de microrganismos e a oxidação, além de retardar o processo de amadurecimento (Vargas et al., 2018). Estudos realizados por pesquisadores da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA indicam que o uso de biofilmes biodegradáveis na superfície do abacaxi pode melhorar a qualidade do produto durante o armazenamento, reduzindo as perdas pós-colheita e aumentando sua vida útil (Silva et al., 2020).

Filmes comestíveis, também conhecidos como biofilmes, são elaborados a partir de compostos naturais como amido, celulose e colágeno, com a finalidade de limitar a interação direta dos alimentos com o ambiente externo. A composição

estrutural desses filmes envolve macromoléculas combinadas com solventes e agentes plastificantes, resultando em uma camada protetora. Conforme descrito por Santos et al. (2021), esses biofilmes podem ser empregados como coberturas comestíveis, especialmente em frutas e hortaliças, atuando na conservação dos produtos ao minimizar a perda hídrica, a troca gasosa e a contaminação por microrganismos, além de preservar atributos sensoriais como cor e aroma.

Diante dessa contextualização, o objetivo geral com a execução deste trabalho foi realizar uma revisão de literatura sobre a utilização de biofilmes na conservação pós-colheita do abacaxi. Os objetivos específicos foram: investigar os principais tipos de biofilmes empregados na conservação de frutas, com ênfase na cultura do abacaxi; avaliar os efeitos dos biofilmes nas características fisiológicas e sensoriais do abacaxi durante o período de armazenamento; comparar os impactos econômicos e ambientais do uso de biofilmes com métodos tradicionais de conservação; analisar os avanços tecnológicos e as projeções futuras relacionadas ao uso de biofilmes na cadeia produtiva do abacaxi.

2 METODOLOGIA

A revisão da literatura foi realizada entre os meses de janeiro e abril de 2025, com o intuito de compilar e analisar estudos relevantes que tratem da aplicação de biofilmes na conservação do abacaxi após a colheita. Foram utilizadas bases de dados eletrônicas como Google Acadêmico, Google e a Biblioteca Científica Eletrônica Online (SciELO), conhecidas pela abrangência em artigos científicos nas línguas portuguesa e inglesa.

Os termos empregados nas buscas incluíram combinações como “abacaxi”, “biofilmes”, “pós-colheita do abacaxi”, “abacaxi + biofilmes”, “comercialização”, “consumo”, “perdas”, “produção nacional” e “produção internacional”, permitindo uma investigação mais ampla e que contemplasse diferentes perspectivas, tanto técnicas quanto socioeconômicas.

Os critérios de inclusão adotados foram: (i) publicações entre 1960 e 2023, (ii) trabalhos científicos, revisões e documentos técnicos disponíveis na íntegra em português ou inglês; (iii) foco no uso de biofilmes aplicados à conservação do abacaxi. A triagem inicial identificou 60 publicações, das quais 55 foram selecionadas após análise de conteúdo e adequação aos critérios propostos.

Foram descartados os estudos que apresentavam: (i) informações redundantes; (ii) ausência de foco na temática dos biofilmes no contexto pós-colheita; Os estudos elegíveis foram analisados qualitativamente, visando identificar os tipos de biofilmes utilizados, seus efeitos na manutenção da qualidade do abacaxi, além de suas implicações econômicas e ambientais.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Cultura do abacaxi (*Ananas comosus*)

O abacaxi (*Ananas comosus*) é uma espécie pertencente à família Bromeliaceae, lotada no gênero *Ananas* e que possui representantes silvestres e de utilização em cultivos para exploração econômica e ornamental (Collins, 1960).

O abacaxizeiro é uma planta de cotropical, com crescimento ótimo e melhor qualidade de frutos na faixa de temperatura de 22 a 32 °C, com amplitude térmica diária de 8 a 14°C e chuvas de 1.200 a 1.500mm anuais (Nascente et al., 2005).

De acordo com esse autor, a planta exige boa luminosidade, com insolação anual ótima de 2.500 a 3.000 horas, ou seja, 6,8 a 8,2 horas de luz solar por dia. O cultivo é recomendado em altitudes variando desde o nível do mar até 400 metros e verificando-se o aumento do ciclo vegetativo de planta na medida em que há elevação da altitude (Simão, 1998).

O abacaxi pertence à subfamília Bromelioideae, gênero *Ananas*, que compreende espécies cultivadas, bem como espécies silvestres (Simão, 1998). A maioria das cultivares de abacaxizeiro pertence à espécie *Ananas comosus* (L.) Merrill, espécie diploide, apresentando $2n=2x=50$, havendo também variedades poliploides do gênero *Ananas* (Cotias-de-Oliveira et al., 2000).

O abacaxizeiro (*A. comosus*) é o membro da família Bromeliaceae mais importante economicamente, apesar da existência de várias espécies ornamentais que compõem essa família, enquanto outras são também utilizadas como matéria-prima em tecidos, fibras, fibras para confecção de cordas, linha de pesca, rede de pesca e outros artigos similares (Leal, 1995).

Esse gênero é vastamente distribuído nas regiões tropicais por intermédio da espécie (*Ananas comosus* L. Merrill) a qual abrange todas as cultivares plantadas de abacaxi. O fruto é normalmente cilíndrico ou ligeiramente cônico, constituído por 100 a 200 pequenas bagas ou frutinhos fundidos entre si sobre o eixo central ou coração. A polpa apresenta cor branca, amarela ou laranja-avermelhada, sendo o peso médio dos frutos de um quilo, dos quais 25% são representados pela coroa (Giacomelli, 1981).

De forma geral, a propagação do abacaxi é vegetativa, por meio do uso de estruturas diversas da planta adulta, tais como coroa (brotação do ápice do fruto),

filhote (brotação do pedúnculo, que é a haste que sustenta o fruto), filhote-rebentão (brotação da região de inserção do pedúnculo no caule ou talo) e rebentão (brotação do caule) (Simão, 1998).

As cultivares Cayenne (*Smooth Cayenne*), Pérola (Pernambuco) e Boituva (amarelo comum) são mais produzidas no Brasil. A cultivar *Smooth Cayenne* apresenta porte baixo, com folhas verde-escuro de 1 m de comprimento. O fruto é grande e de forma cilíndrica (com até 2,5 kg de peso); contém 9 a 10 rebentos na base e polpa amarela. Essa cultivar diferencia-se das demais por apresentar folhas praticamente sem espinhos, sendo considerada a mais adequada para a industrialização. A cultivar Pérola, planta de crescimento ereto, apresenta folhas com 65 cm de comprimento. O fruto é cilíndrico (levemente cônico no ápice) com cor verde-amarelada, contendo de 3 a 8 rebentos na base. A polpa, suculenta e amarelo-pálida ou branca, é pouco adequada para industrialização (baixa acidez). A cultivar Boituva tem as margens das folhas armadas de espinhos, sendo destinada apenas para a comercialização “in natura” (Vaillant et al., 2001).

De acordo com Alexandre et al. (2014) o abacaxi pode ser utilizado diversas formas, tanto para o consumo in natura quanto na industrialização, como por exemplo: pedaços em calda, suco, pedaços cristalizados, geleias, licor, vinho, vinagre e aguardente.

No Brasil, nas últimas cinco décadas, foi observado o crescimento constante da área cultivada e da produção total de abacaxi, refletindo o crescente apelo e a expansão do mercado consumidor, o estado da Paraíba é o principal produtor, respondendo por cerca de 17,9% da produção nacional, a qual juntamente com os Estados de Minas Gerais (17,5%), Pará (16,4%) e Bahia (9,9%) totalizam 61,7% da produção brasileira de abacaxi (IBRAF, 2010).

De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) a área plantada com abacaxi no Brasil em 2018 foi de 71,9 mil hectares, com produção estimada de 1,8 bilhão de frutos (IBGE, 2019). A produção dessa fruta ocorre em todas as regiões geográficas do país, sendo que o Norte e o Nordeste concentram 67,7% da produção brasileira (Figura 1).



Figura 1 - Distribuição geográfica da produção de abacaxi no Brasil – 2018.

Fonte: Adaptado IBGE (2019).

Entretanto a produção mundial de abacaxi em 2018 foi estimada em 27,9 milhões de toneladas (FAO, 2020), correspondendo a cerca de 3% do total de frutas produzidas no mundo. Costa Rica, Filipinas e Brasil foram os principais produtores de abacaxi em 2018, respondendo por 31,5% do total produzido no mundo nesse ano (FAO, 2020). A Figura 2 apresenta os dez principais países produtores de abacaxi em 2018.

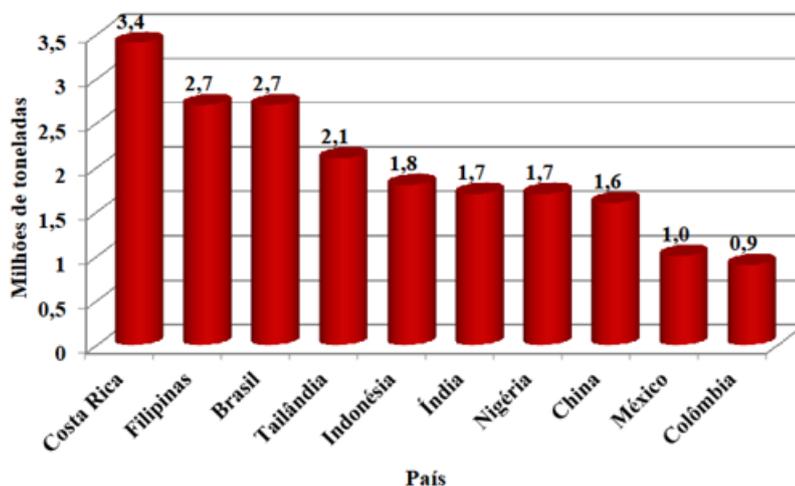


Figura 2 - Principais países produtores mundiais de abacaxi em 2018.

Fonte: FAO, 2020.

A expressiva participação do Brasil no cenário mundial da produção de abacaxi evidencia a relevância econômica e social dessa cultura para o país. A combinação entre clima tropical favorável, ampla extensão territorial e o acesso a tecnologias apropriadas contribui significativamente para a competitividade nacional, tanto no abastecimento do mercado interno quanto nas exportações.

A versatilidade do fruto, que permite sua utilização em diversas formas de processamento industrial, amplia as possibilidades de agregação de valor ao produto. No entanto, apesar da posição de destaque do Brasil entre os principais produtores mundiais, é necessário investir continuamente em inovação tecnológica, qualificação de mão de obra e práticas sustentáveis de cultivo para garantir a manutenção e a expansão desse protagonismo. Assim, a cultura do abacaxi permanece como uma alternativa promissora no fortalecimento da fruticultura tropical brasileira, com potencial de gerar impactos positivos na renda agrícola e na economia das regiões produtoras.

3.2 Pós-colheita do abacaxi

A etapa de pós-colheita representa um momento decisivo para a manutenção da qualidade do abacaxi, pois é nesse período que ocorrem as principais perdas que comprometem sua durabilidade e aceitação no mercado (Figura 3).



Figura 3 – Frutos de abacaxi comercializados no mercado local de Matrinchã – GO.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

A fragilidade da fruta frente a danos físicos e alterações fisiológicas exige o emprego de práticas adequadas em todas as fases após a colheita, desde o manuseio até a comercialização (Figura 4).



Figura 4 – Fruto de abacaxi com senescência avançada e com injurias de amassamento.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

A fase de pós-colheita é uma das fases mais críticas dentro do processo produção comercialização, uma vez que ela define, desde o momento que se colhe até o consumo, a qualidade e a capacidade de conservação da fruta (Rinaldi, 2011).

As perdas pós-colheita de frutas podem ocorrer por manejos inadequados durante a colheita, processamento, armazenamento, transporte e comercialização em virtude de injúrias mecânicas, fitopatológicas e fisiológicas. Tais perdas devem ser eliminadas ou pelo menos minimizadas, a fim de aumentar a oferta de produtos e evitar desperdícios (Parisi; Henrique; Prati, 2012; Chitarra; Chitarra, 2005).

O abacaxi por longo tempo tem sido a fruta não cítrica mais popular nos países tropicais e subtropicais, principalmente pelo seu atrativo sabor e aroma, contendo uma grande diversidade de vitaminas e sais minerais. Entretanto, o abacaxi apresenta-se como um fruto perecível e vulnerável a amassamentos em condições que findam provocando perdas pós-colheita (Miranda et al., 2015).

Outro fator preponderante é o ponto de colheita, pois, frutos colhidos em estágio de maturação inadequado, podem ocasionar rejeição de mercado e/ou rápida senescência. Sabe-se que o abacaxi não é um fruto climatérico, porém, seu elevado teor de água lhe confere uma polpa macia, succulenta e conseqüentemente perecível (Martins et al., 2012).

Considerando que o abacaxi possui características sensoriais altamente valorizadas, como aroma e sabor intensos, e apresenta alto teor de água, torna-se

indispensável adotar estratégias que prolonguem sua vida útil e preservem suas qualidades nutricionais. Diante disso, tecnologias de conservação, como a aplicação de biofilmes, surgem como alternativas promissoras para reduzir perdas e agregar valor à cadeia produtiva. Portanto, a atenção à pós-colheita do abacaxi não apenas contribui para o aproveitamento mais eficiente da produção, como também favorece a sustentabilidade do sistema agroalimentar, ao mitigar desperdícios e aumentar a disponibilidade do fruto ao consumidor final.

3.3 Biofilmes

De forma geral, os alimentos são produtos altamente perecíveis. Neste contexto, desenvolver formas de preservação que sejam eficientes, econômicas e baratas é um grande desafio neste ramo (Silva, 2011).

Como alternativa a esse problema, surgiram os biofilmes comestíveis ou degradáveis biologicamente, que quando entram em contato com diversos tipos de microrganismos, degradam-se rapidamente. Essa é uma alternativa viável, que poderia substituir parte das embalagens de plásticos sintéticos e apresenta como vantagem: não contribuir para a poluição do meio ambiente (Henrique, 2008).

O biofilme constitui uma embalagem primária, pois está diretamente em contato com o alimento. Esse tipo de revestimento ainda não possibilita eliminar o uso de embalagens secundárias e terciárias oriundas de materiais convencionais, mas ainda assim, exerce uma atuação coadjuvante contribuindo para manutenção da textura e valor nutricional dos alimentos (Assis; Britto, 2014).

Algumas propriedades funcionais dos biofilmes devem ser levadas em consideração ao escolher o revestimento mais adequado para cada tipo de alimento, não havendo, portanto, um biofilme universal. As propriedades ópticas relacionam-se com a apresentação do produto (cor, brilho e transparência dos filmes). A qualidade do biofilme deve apresentar resistência mecânica (para que o alimento suporte ser embalado, para protegê-lo e facilitar manuseio) e flexível (suportar deformações sem quebra (Sakanaka, 2007).

As proteínas (gelatina, caseína, ovoalbumina, glúten de trigo, zeína e proteínas miofibrilares), os polissacarídeos (amido, quitosana, pectina e a celulose) e os lipídeos (monoglicerídeos acetilados, ácido esteárico, ceras e ésteres de ácido graxo) são os biopolímeros mais utilizados na formação dos filmes comestíveis (Santacruz; Rivandaneira; Castro, 2015).

Segundo Oliveira et al. (2007) a utilização de revestimentos de polissacarídeos contribui positivamente para o aspecto visual das frutas conferindo brilho e transparência. Os polissacarídeos mais utilizados na elaboração de revestimentos comestíveis em frutas são amido, alginato, pectina, carragena, quitosana e derivados da celulose.

O filme de quitosana é considerado como material biofuncional. Nos alimentos, ele pode ser utilizado como revestimento comestível, prolongando a validade, preservação e a qualidade dos alimentos frescos (Goy; Britto; Assis, 2009). As propriedades antibacterianas e a capacidade de formação de película de quitosana fazem dela uma escolha ideal para ser incorporadas aos biofilmes, pois melhoram a capacidade de armazenamento de alimentos perecíveis (Dutta et al., 2009).

A quitosana é obtida pela reação de desacetilação da quitina em meio alcalino, sendo a quitina um polímero natural extraído de exoesqueleto de crustáceos, insetos, dentre outros animais. É o segundo polissacarídeo mais abundante na natureza (Cé, 2009).

De acordo com Devlieghere et al. (2004), a quitosana possui propriedades que possibilitam seu uso como um agente antimicrobiano, clarificante em sucos, antioxidante em molhos, inibidor de escurecimento enzimático em maçãs e batatas e que pode ser adicionado como recobrimento em frutas e vegetais frescos.

3.4 Tipos e métodos de aplicação de biofilmes utilizados na conservação pós-colheita de frutas tropicais

Biofilmes comestíveis são finas películas formuladas com materiais naturais como proteínas, polissacarídeos ou lipídios, aplicadas sobre alimentos com o objetivo de protegê-los contra deteriorações e prolongar sua vida útil. Tais filmes apresentam propriedades antioxidantes e antimicrobianas, o que limita a proliferação de patógenos e evita processos oxidativos (Costa et al., 2019). As características associadas a cada tipo de biofilme comestível aplicado em frutas tropicais podem ser observadas no Quadro 1.

Quadro 1. Características associadas a cada tipo de biofilme

| Autor (ano) | Filmes estudados | Alimento | Principais resultados |
|---------------------------|--|----------|--|
| Guimarães, 2020 | Amido de milho + extrato de sálvia | Morangos | Redução da perda de água, controle microbiano e preservação da aparência e sabor até 12 dias |
| Ataide et al., (2017) | Cera de carnaúba + extrato de própolis | Juazeiro | Diminuição da perda de peso e manutenção da qualidade durante 15 dias de armazenamento. |
| Gago, 2006 | Soro de leite + ácido ascórbico (antioxidante) | Maçã | Reduziu o escurecimento enzimático, não houve perda de peso. |
| Lucena et al., (2017) | Xilana extraída de sabugos de milho | Uvas | Produção de filmes e coberturas capazes de induzir melhoras nas propriedades do produto. |
| Castricini et al., (2010) | Fécula de mandioca | Mamão | Redução da perda de massa fresca; Manutenção da coloração do alimento |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Pesquisas sobre a aplicação desses biofilmes em frutas são diversas. Por exemplo, Guimarães (2020) avaliou o uso de filmes comestíveis de amido de milho combinados com extrato de sálvia na conservação de morangos, evidenciando redução da perda de água, controle microbiano e preservação da aparência e sabor por até 12 dias.

Outro estudo, conduzido por Ataíde et al. (2017), investigou o uso combinado de cera de carnaúba e extrato de própolis no prolongamento da durabilidade pós-colheita do fruto Juazeiro sob refrigeração. A aplicação combinada foi eficaz na diminuição da perda de peso e na manutenção da qualidade durante 15 dias de armazenamento.

Biofilmes à base de proteínas, como os formulados com caseína, colágeno, gelatina, soja e trigo, são valorizados pela resistência mecânica, derivada das ligações moleculares que as proteínas são capazes de formar. Esses materiais criam barreiras semipermeáveis a gases e compostos aromáticos, protegendo os alimentos (Limpan et al., 2010). Sua eficácia depende das propriedades originais das proteínas utilizadas (Denavi et al., 2009).

Polissacarídeos como amido, alginato e pectina são amplamente utilizados em revestimentos com o intuito de controlar a umidade e evitar o escurecimento enzimático, mantendo o frescor e a aparência atrativa das frutas (Viégas, 2016).

Biofilmes lipídicos, oriundos de ceras, óleos ou resinas, destacam-se pela alta resistência à umidade, devido à sua natureza hidrofóbica. No entanto, apresentam desafios como aderência limitada e risco de indução de ambientes anaeróbicos. A combinação com outros compostos, como proteínas, pode melhorar a barreira à umidade e outras propriedades funcionais (Wang et al., 2014).

Proteínas do soro do leite também têm sido amplamente exploradas. Gago et al. (2006) observaram que a aplicação de biofilmes de soro enriquecidos com antioxidantes em maçãs cortadas inibiu o escurecimento, sem alterar o peso dos frutos, devido à umidade controlada durante o armazenamento. Lucena et al. (2017) testaram filmes de xilana e gelatina em uvas, com resultados positivos na preservação.

Fécula de mandioca é outro material de destaque, especialmente em regiões tropicais, por sua transparência e barreira contra gases. Combinada com plastificantes como glicerol e sorbitol, apresenta boas propriedades mecânicas e flexibilidade (Galdeano et al., 2009). Castricini et al. (2010) verificaram que o uso dessa fécula em mamões retardou o amadurecimento e manteve a coloração verde por mais tempo.

Ainda segundo Castricini et al. (2010), os revestimentos de fécula influenciaram positivamente a qualidade pós-colheita de frutas inteiras, promovendo

menor perda de massa, maior concentração de vitamina C e menor atividade enzimática.

Biopolímeros como quitosana, alginato e carboximetilcelulose também são estudados. Besinela Junior et al. (2010) observaram que esses compostos mantiveram características sensoriais de pedaços de mamão até o quarto dia, mas apresentaram perdas significativas após oito dias, principalmente no teor de licopeno, no caso da carboximetilcelulose.

A quitosana, obtida por desacetilação da quitina, é amplamente reconhecida por sua ação antimicrobiana e antioxidante, além de sua capacidade de formar filmes funcionais. Essas propriedades a tornam altamente indicada para aplicação em frutas e hortaliças (Goy; Britto; Assis, 2009).

A cera de carnaúba, extraída de uma palmeira brasileira, é utilizada desde a década de 1950 como cobertura em frutas, promovendo brilho e reduzindo a perda por transpiração (Assis; Alves, 2009). Quando diluída em água, forma uma barreira contra a perda de umidade (Rodrigues et al., 2014). Esse efeito ocorre porque o revestimento encerado limita as trocas gasosas e a respiração da fruta, reduzindo a perda de massa e retardando o amadurecimento. Togrul e Arslan (2004) confirmaram que esses filmes diminuem a transpiração e atuam como barreiras físicas. Eshetu et al. (2019) também observaram que a limitação do oxigênio promovida pelos biofilmes reduz a taxa respiratória e as atividades enzimáticas, prolongando a firmeza e a qualidade da fruta.

A diversidade de biofilmes aplicados demonstra o avanço das pesquisas voltadas ao desenvolvimento de tecnologias sustentáveis e eficazes para o prolongamento da vida útil de frutas tropicais. A aplicação de biofilmes comestíveis, elaborados a partir de proteínas, polissacarídeos, lipídios e biopolímeros, evidencia um esforço contínuo em substituir embalagens sintéticas por alternativas biodegradáveis, que atuem como barreiras físicas e químicas contra agentes deteriorantes. Esses revestimentos não apenas controlam a perda de umidade e a troca gasosa, como também conferem resistência a microrganismos patogênicos, preservando as características sensoriais do fruto e reduzindo perdas pós-colheita.

Ao incorporar compostos bioativos, como antioxidantes e extratos vegetais, esses filmes ampliam sua funcionalidade, unindo conservação à segurança alimentar. Diante disso, observa-se que o uso estratégico dos diferentes tipos de

biofilmes pode ser ajustado conforme as necessidades específicas do abacaxi, seja para estender sua durabilidade, manter sua aparência comercial ou atender às exigências de transporte e armazenamento. Assim, o contínuo aprimoramento dessas tecnologias representa uma solução promissora para agregar valor à cadeia produtiva, contribuir com a sustentabilidade do setor e responder às demandas do mercado consumidor por alimentos mais naturais e com menor impacto ambiental.

3.5 Estudos de caso e aplicações específicas de biofilmes na conservação pós-colheita de abacaxi

A aplicação dos filmes biológicos pode ser feita de várias maneiras. Na indústria alimentícia, especialmente na conservação pós-colheita de frutas como o abacaxi, são aplicados principalmente para prolongar a vida útil e preservar as propriedades sensoriais e nutricionais dos alimentos. Uma das maneiras mais comuns de aplicação é a imersão do produto em soluções contendo os ingredientes do biofilme, como quitosana, alginato ou gelatina. O biofilme é formado na superfície do alimento, criando uma camada protetora que retarda a perda de água, a oxidação e o crescimento de microorganismos patogênicos.

Este método é bastante utilizado em frutas tropicais, como o abacaxi, onde a camada de biofilme pode ser aplicada por imersão ou pulverização. Estudos indicam que esse tipo de aplicação ajuda a manter a qualidade do produto durante o armazenamento, reduzindo perdas pós-colheita (Vargas; Ramos; Silva, 2018; Silva et al., 2020). As características associadas ao biofilme comestível quitosana aplicado no fruto de abacaxi podem ser observadas no Quadro 2.

Quadro 2. Características associadas ao biofilme Quitosana

| Autor (ano) | Filmes estudados | Alimento | Principais resultados |
|-------------------------------|------------------|----------|--|
| Silva, Pereira e Ramos (2019) | Quitosana | Abacaxi | Redução da perda de peso e índice de decomposição da fruta; Mantiveram características sensoriais: sabor e textura. |
| Melo, Costa e Oliveira (2018) | Quitosana | Abacaxi | Retardação do amadurecimento; redução da proliferação de fungos. |
| Pereira, Ramos e Silva (2020) | Quitosana | Abacaxi | Previnem o crescimento de microrganismo; manteve as propriedades organolépticas (cor, sabor e textura). |
| Zhu, Chen e Liu (2019) | Quitosana | Abacaxi | Formação de uma camada uniforme sobre o fruto; proteção contra a perda de umidade e microrganismo durante o armazenamento. |
| Ramos, Melo e Oliveira (2019) | Quitosana | Abacaxi | Redução de até 40% da perda de peso, mantendo a firmeza do fruto por mais tempo. |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Observa-se que a eficácia do biofilme está diretamente relacionada à escolha adequada da técnica conforme a finalidade e o substrato a ser protegido. No contexto da conservação pós-colheita do abacaxi, a aplicação por imersão e pulverização tem se mostrado eficiente por formar uma barreira protetora que reduz a perda de água, limita a ação de microrganismos deteriorantes e mantém as características sensoriais da fruta. Essa estratégia, amplamente estudada, demonstra vantagens tanto pela simplicidade de aplicação quanto pelos resultados positivos no prolongamento da vida útil dos frutos tropicais.

De acordo com Silva, Pereira e Ramos (2019), a utilização de biofilmes na conservação pós-colheita de abacaxi tem se mostrado uma tecnologia promissora para aumentar sua vida útil. Especialmente para o abacaxi, a quitosana que se trata de um biofilme biológico e biodegradável que forma uma camada protetora sobre os alimentos, prevenindo a perda de água, oxidação e a contaminação microbiana tem apresenta ótimos resultados.

Estudos como o de Silva, Pereira e Ramos (2019) indicam que a aplicação de biofilmes de quitosana no abacaxi pode reduzir significativamente a perda de peso e o índice de decomposição da fruta. Quando imersas em soluções de quitosana, as frutas mantiveram suas características sensoriais, como sabor e textura, por um período consideravelmente mais longo em comparação com as frutas não tratadas. A camada formada pelo biofilme diminui a evaporação da água e retarda o amadurecimento do fruto, proporcionando maior durabilidade. Outro estudo realizado por Melo, Costa e Oliveira (2018) observou que a quitosana, além de retardar o amadurecimento, também desempenha um papel fundamental na redução da proliferação de fungos, que são agentes de deterioração na pós-colheita do abacaxi.

Pereira, Ramos e Silva (2020) encontraram evidências de que biofilmes à base de quitosana não apenas previnem o crescimento de microrganismos patogênicos, mas também mantêm as propriedades organolépticas do abacaxi, como cor, sabor e textura. Esses biofilmes formam uma película que, ao reduzir a troca gasosa e a perda de umidade, protege o fruto contra o amadurecimento precoce. Esse controle da troca gasosa é fundamental para prolongar a vida útil da fruta, sendo uma das grandes vantagens dessa tecnologia.

Segundo Oliveira, Costa e Melo (2020), o uso de biofilmes pode substituir parcialmente os conservantes sintéticos na conservação do abacaxi, sendo uma alternativa mais segura e sustentável. Além disso, Costa et al. (2017) destacam que os biofilmes de quitosana são biodegradáveis, oferecendo uma solução ambientalmente mais responsável em comparação aos plásticos e outros materiais sintéticos, que contribuem significativamente para a poluição ambiental. Essas vantagens tornam os biofilmes uma opção atraente tanto para os consumidores quanto para os produtores que buscam reduzir seu impacto ambiental.

Zhu, Chen e Liu (2019) demonstraram que biofilmes aplicados por imersão são altamente eficazes na formação de uma camada uniforme sobre o fruto, proporcionando maior proteção contra perdas de umidade e microrganismos durante o armazenamento. Isso ajuda a manter a qualidade do abacaxi durante o transporte, especialmente em condições que exigem maior durabilidade do produto. Além disso, o uso de biofilmes pode reduzir o desperdício de alimentos, uma preocupação crescente para a indústria de alimentos.

Além disso, a aplicação de biofilmes em abacaxis tem demonstrado resultados positivos em relação à redução da perda de massa e ao prolongamento da vida útil da fruta. Ramos, Melo e Oliveira (2019) concluíram que a utilização de biofilmes à base de quitosana reduziu em até 40% a perda de peso do abacaxi, mantendo a firmeza do fruto por mais tempo, o que é crucial para sua comercialização e aceitação pelo consumidor. Esse tipo de tratamento é especialmente importante em países com grande produção de abacaxi, como o Brasil, onde a durabilidade do produto é um fator crítico para a expansão do mercado, principalmente no comércio internacional (Ramos; Melo; Oliveira, 2019).

Além de sua eficácia na preservação da qualidade do abacaxi, outra vantagem dos biofilmes está na sua contribuição para a sustentabilidade. De acordo com Oliveira, Costa e Melo (2018), o uso de biofilmes biodegradáveis pode reduzir significativamente a quantidade de resíduos plásticos gerados durante a comercialização de frutas, alinhando-se às exigências do mercado global, que cada vez mais valoriza produtos com menor impacto ambiental. Esta é uma vantagem que se torna cada vez mais importante no contexto atual, onde a pressão por soluções ecológicas está em ascensão no mercado global de alimentos.

Em termos de aplicação prática, a forma mais comum de aplicação de biofilmes no abacaxi é a imersão em soluções de quitosana, seguida de secagem, o que garante uma cobertura uniforme e eficiente. Ramos et al. (2020) sugerem que esse método de imersão, seguido de secagem à temperatura ambiente, é ideal para grandes volumes de frutas, permitindo que os produtores implementem a tecnologia de maneira escalável e eficiente. Esse método é particularmente adequado para produtores de médio e grande porte, que buscam otimizar a conservação pós-colheita de frutas.

O trabalho de Rosso et al. (2009), teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes revestimentos comestíveis — quitosana, carboximetilcelulose (CMC) e emulsão de amido com cera de abelha — na conservação pós-colheita do abacaxi 'Pérola' minimamente processado, durante 7 dias de armazenamento refrigerado. Os frutos foram analisados quanto às características físico-químicas (pH, acidez, sólidos solúveis totais) e microbiológicas (*Salmonella*, *Staphylococcus aureus* e coliformes). Os resultados mostraram que todos os tratamentos mantiveram a segurança microbiológica dos frutos, com ausência de patógenos e baixos níveis de coliformes,

e apresentaram variações esperadas nos parâmetros físico-químicos. A quitosana, por exemplo, resultou em maior acidez e pH ao final do período. Concluiu-se que os revestimentos comestíveis podem ser aplicados com segurança em frutas minimamente processadas, embora sejam necessários estudos adicionais para otimizar suas formulações e comprovar eficácia em diferentes condições.

Pereira (2017) avaliou a aplicação de revestimento comestível à base de amido em abacaxi minimamente processado, com o objetivo de aumentar sua vida útil e preservar sua qualidade. A metodologia envolveu a higienização, branqueamento em ácido cítrico a 1%, secagem, aplicação do revestimento por imersão em suspensão de amido a 3%, secagem posterior e armazenamento a vácuo em refrigeração. Foram analisados parâmetros físico-químicos como pH, sólidos solúveis, atividade de água, textura, acidez e cor durante 10 dias de armazenamento. Os resultados mostraram que o revestimento proporcionou boa estabilidade do pH, aumento dos sólidos solúveis e da atividade de água, enquanto a textura e a acidez diminuíram significativamente. A cor apresentou variações, mas manteve tonalidades próximas às do abacaxi in natura. Conclui-se que a aplicação do revestimento comestível contribuiu para a conservação e qualidade do produto, sendo uma alternativa viável para prolongar sua vida de prateleira.

A tese de doutorado de Nascimento (2019) teve como objetivo investigar a eficácia de tecnologias inovadoras na conservação pós-colheita do abacaxi 'Pérola'. A aplicação de recobrimento biodegradável com fécula de mandioca e solventes naturais eutéticos profundos (NADES) em frutos 'Pérola' resultou em menor perda de massa, redução da taxa respiratória, manutenção dos teores de ácido ascórbico e maior aceitação sensorial ao longo de 20 dias de armazenamento ambiente. O uso de NADES com fécula representa uma estratégia promissora e sustentável para prolongar a vida útil do abacaxi 'Pérola'.

Diversos estudos têm evidenciado o potencial dos biofilmes comestíveis, especialmente os à base de quitosana, na conservação pós-colheita do abacaxi, promovendo maior durabilidade, redução da perda de massa, preservação das características sensoriais e controle microbiológico. As aplicações práticas mais comuns envolvem a imersão das frutas em soluções de biofilmes seguida de secagem, proporcionando uma barreira eficaz contra a perda de umidade e o amadurecimento precoce. Pesquisas como as de Silva, Pereira e Ramos (2019),

Melo, Costa e Oliveira (2018) e Oliveira, Costa e Melo (2020) destacam não apenas os benefícios funcionais, mas também a sustentabilidade da tecnologia em substituição aos conservantes sintéticos. Além disso, investigações mais recentes, como as de Winter, Banhara e Klein (2022), Pereira (2017) e Nascimento (2019), ampliam o escopo das aplicações, testando diferentes materiais e formas de embalagem, todas com resultados positivos na preservação da qualidade do fruto. Assim, os biofilmes se consolidam como uma alternativa viável e ecologicamente responsável para o setor agrícola e alimentício.

A versatilidade dos biofilmes permite sua aplicação em diversos setores, onde contribuem significativamente. Assim, reforça-se o potencial dos biofilmes como uma alternativa sustentável, eficaz e multifuncional, cuja aplicabilidade vai além da cadeia produtiva de alimentos, representando uma tecnologia promissora.

Com base nos estudos revisados, o uso de biofilmes de quitosana para a conservação pós-colheita de abacaxi se apresenta como uma solução eficaz e sustentável. A formação de uma camada protetora que retarda o amadurecimento e impede o crescimento microbiano, aliada ao baixo impacto ambiental dos materiais utilizados, faz dessa tecnologia uma alternativa viável e promissora para a indústria alimentícia (Oliveira; Costa; Melo, 2020; Melo; Costa; Oliveira, 2018).

3.6 Desafios e perspectivas futuras do uso de biofilmes na conservação pós-colheita de abacaxi

Embora o uso de biofilmes na conservação pós-colheita de abacaxi tenha mostrado resultados promissores, ainda existem desafios que precisam ser superados para garantir a eficácia e a implementação em larga escala. Um dos principais obstáculos está relacionado à formulação dos biofilmes, que deve ser ajustada para garantir uma performance consistente em diferentes condições de armazenamento. Além disso, o custo de produção de biofilmes comestíveis à base de materiais naturais pode ser elevado, especialmente quando comparado a alternativas mais tradicionais, como plásticos convencionais (Costa et al., 2018).

Outro desafio importante está relacionado à durabilidade e à estabilidade dos biofilmes ao longo do tempo. Para que os biofilmes sejam eficientes na conservação

do abacaxi, é essencial que mantenham suas propriedades de barreira contra micro-organismos e trocas gasosas durante o armazenamento, sem perder a eficácia ao longo do tempo (Martins et al., 2020). Fatores como a umidade, a temperatura e a manipulação durante o transporte podem afetar essas propriedades, tornando a padronização da aplicação um grande desafio. Além disso, a aceitação do consumidor final também é uma questão relevante, pois, embora os biofilmes ofereçam uma alternativa mais natural e ecológica, é necessário garantir que suas características sensoriais, como sabor e textura, não sejam alteradas de forma negativa (Lima et al., 2020).

Por outro lado, as perspectivas para o futuro são bastante animadoras. A pesquisa e o desenvolvimento de novas tecnologias e materiais para biofilmes estão em constante evolução. O uso de biopolímeros mais baratos e abundantes, como o amido e a gelatina, pode reduzir os custos de produção e tornar os biofilmes mais acessíveis para um número maior de produtores (Rodrigues et al., 2019). Além disso, a combinação de biofilmes com outras tecnologias, como a liberação controlada de compostos antifúngicos ou antioxidantes, pode melhorar ainda mais a eficácia na conservação do abacaxi e de outras frutas tropicais (Azevedo et al., 2021).

A sustentabilidade é outro fator que deve impulsionar o uso de biofilmes no futuro. Com o aumento da conscientização sobre os impactos ambientais dos plásticos convencionais, os biofilmes oferecem uma alternativa ecológica que atende às crescentes demandas por soluções mais sustentáveis no setor agroalimentar (Costa et al., 2018). As perspectivas de uma maior regulamentação em relação ao uso de plásticos e o incentivo a práticas agrícolas sustentáveis favorecem a adoção de biofilmes como uma estratégia de conservação e de embalagem mais verde e responsável.

Além disso, a colaboração entre empresas de tecnologia, universidades e produtores agrícolas pode facilitar a difusão dessa tecnologia, garantindo que os benefícios dos biofilmes sejam acessíveis para uma maior quantidade de produtores, independentemente do seu porte (Silva et al., 2021).

Em resumo, apesar dos desafios atuais, as perspectivas para o uso de biofilmes na conservação pós-colheita do abacaxi são promissoras, pois esta pode se tornar uma ferramenta valiosa para a preservação de frutas tropicais, contribuindo

tanto para a redução de desperdícios quanto para a sustentabilidade no setor agrícola.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente revisão de literatura permitiu evidenciar o potencial dos biofilmes como estratégia inovadora e sustentável na conservação pós-colheita do abacaxi, fruta de elevada importância econômica e social para o Brasil.

Diante da alta perecibilidade do fruto, intensificada por sua composição química e fisiológica, o uso de revestimentos comestíveis à base de biopolímeros surge como uma alternativa tecnicamente eficaz e ecologicamente responsável para mitigar perdas durante o armazenamento, transporte e comercialização.

Os estudos analisados demonstraram que biofilmes elaborados com substâncias como quitosana, fécula de mandioca, proteínas e alginatos, quando aplicados de maneira adequada, são capazes de formar barreiras que limitam a perda de água, a oxidação e a proliferação microbiana, sem comprometer os atributos sensoriais do produto. Além disso, a possibilidade de incorporar compostos bioativos, como antioxidantes e antimicrobianos naturais, amplia ainda mais a eficácia dessas películas, promovendo uma conservação prolongada e segura.

Apesar das vantagens identificadas, os desafios associados à padronização das formulações, à viabilidade econômica em larga escala e à aceitação do consumidor final ainda representam barreiras à ampla adoção dessa tecnologia. Fatores como custo dos insumos, estabilidade dos filmes em diferentes condições ambientais e adequação aos processos industriais de embalagem devem ser considerados em futuras pesquisas e desenvolvimentos.

Contudo, as perspectivas futuras são otimistas, principalmente com os avanços em biotecnologia e a crescente demanda por soluções ambientalmente amigáveis na indústria alimentícia. O alinhamento entre os objetivos econômicos, sociais e ambientais torna o uso de biofilmes uma ferramenta promissora para agregar valor à cadeia produtiva do abacaxi, contribuindo para a segurança alimentar, a sustentabilidade do setor e a redução do desperdício de alimentos.

Portanto, é possível afirmar que os biofilmes representam uma solução viável e estratégica para a conservação de frutas tropicais, em especial o abacaxi, sendo indispensável o incentivo à pesquisa aplicada, à inovação tecnológica e à integração entre produtores, instituições acadêmicas e setor industrial, de modo a viabilizar sua

adoção em escala comercial e fomentar uma agricultura mais sustentável e competitiva.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDRE, H. V.; SILVA, F. L. H.; GOMES, J. P.; SILVA, O. S.; CARVALHO, J. P. Isotermas de dessorção de resíduos de abacaxi. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, 20., 2014, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Blucher, 2015. p. 3472–3479.

ASSIS, O. B. G.; ALVES, H. C. Metodologia mínima para a produção de filmes comestíveis de quitosana e avaliação preliminar de seu uso como revestimento protetor em maçãs Cortadas. **Comunicado técnico 49**, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). São Carlos, Embrapa Instrumentação Agropecuária, 5 p., 2009.

ASSIS, O. B. G.; BRITTO, D. Revisão: coberturas comestíveis protetoras em frutas: fundamentos e aplicações. **Brazilian Journal. Food Technology**, Campinas v. 17, n. 2, p. 87-97, abr./jun. 2014.

ATAÍDE, E. M.; DORES, T. E.; SANTOS, A. G. B.; SOUZA, J. M. A.; SANTOS, P. F. R. Cera de carnaúba e própolis na conservação pós-colheita de frutos de juazeiro em condição refrigerada. **Agrarian Academy**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 4, n. 8, p. 278–287, 2017. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/Agrarian%20Academy/2017b/cera%20de%20carnauba.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2025.

AZEVEDO, A. R. G.; CRUZ, A. S. A; MARVILA, M. T; OLIVEIRA, L. B; MONTEIRO, S. N; VIEIRA, C. M. F.; FEDIUK, R; TIMOKHIN, R; VATIN, N.; DAIRONAS, M. Natural fibers as an alternative to synthetic fibers in reinforcement of geopolymer matrices: A comparative review, **In Polymers**, vol. 13, Issue 15, MDPI AG, 2021.

BESINELA JÚNIOR, E.; MONARIM, M. M. S.; CAMARGO, M.; MAHL, C. R. A.; SIMÕES, M. R.; SILVA, C. F. Efeito de biopolímeros no revestimento de mamão (*Carica papaya* L.) minimamente processado. **Varia Scientia Agrárias**, v. 1, n. 1, p.

131–142, 2010. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/variascientiaagraria/article/view/2655>. Acesso em: 15 maio 2025.

CASTRICINI, A.; CONEGLIAN, R. C. C.; VASCONCELLOS, M. A. S. Qualidade e amadurecimento de mamões 'Golden' revestidos por película de fécula de mandioca. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 4, n. 1, p. 32–41, 2010.

CÉ, N. Utilização de filmes de quitosana contendo nisina e natamicina para cobertura de kiwis e morangos minimamente processados. Dissertação **(Mestrado)**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 95 p. Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2009.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2.ed. rev. e ampl. Lavras: UFLA, 2005. 785p.

COLLINS, J. L. **The pineapple: botany, cultivation and utilization**. New York: Interscience, 1960.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de abacaxi**. Brasília: CONAB, 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br>. Acesso em: 10 jun. 2024.

COSTA, J. D. S.; NETO, A. F.; ALMEIDA, F. A. C.; COSTA, M. S. Conservation of 'Tommy Atkins' mangoes stored under passive modified atmosphere. **Revista Caatinga, Mossoró**, 31, 117-125. 2018.

COSTA, A. F. DE S.; AMORIM, J. D. P. DE; ALMEIDA, F. C. G.; LIMA, I. D. DE; PAIVA, S. C. DE; ROCHA, M. A. V.; VINHAS, G. M.; SARUBBO, L. A. Dyeing of

bacterial cellulose films using plant-based natural dyes. **International Journal of Biological Macromolecules**, Caruaru, Pernambuco, Brazil. v. 121, p. 580–587, 2019.

COSTA, M. C. C.; AZEVEDO, C. R.; SOUSA, R. M. L.; SANTOS, A. F.; BARROQUEIRO, Â. T. S. Embalagens de alimentos à base de biofilmes comestíveis: uma revisão de literatura. **Revista Ceuma Perspectivas**, v. 30, n. 2, p. 88–100, 2017. Disponível em: <https://www.ceuma.br/portalderevistas/index.php/RCCP/article/view/154/pdf>. Acesso em: 27 abr. 2025.

COTIAS-DE-OLIVEIRA, A. L. P.; ASSIS, J. G. A. D.; BELLINTANI, M. C., ANDRADE, J. C. S., & Guedes, M. L. S. Chromosome numbers in Bromeliaceae. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v.23, n.1, 173-177, 2000.

DENAVI, G.; TAPIA-BLÁCIDO, D. R.; AÑÓN, M. C.; SOBRAL, P. J. A.; MAURI, A. N.; MENEGALLI, F. C. Efeitos das condições de secagem em algumas propriedades físicas de filmes de proteína de soja. **Journal of Food Engineering**, v. 90, p. 341–349, 2009.

DEVLIEGHERE, F.; VERMEULEN, A.; DEBEVERE, J. Chitosan: antimicrobial activity, interactions with food components and applicability as a coating on fruit and vegetables. **Food Microbiology**, v.21, p.703-714, 2004. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0740002004000413> . Acesso em: 06 de junho de 2025.

DUTTA, P. K.; TRIPATHI, S.; MEHROTRA, G. K. Perspectives for chitosan based antimicrobial films in food applications. **Food chemistry**, v. 114, p. 1173-1182, 2009.

ESHETU, A.; IBRAHIM, A. M.; FORSIDO, S. F.; KUYU, C. G. Effect of beeswax and chitosan treatments on quality and shelf life of selected mango (*Mangifera indica* L.)

cultivars. **Heliyon**, v. 5, n. 1, e01116, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e01116>. Acesso em: 27 abr. 2025.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Dados sobre produção e exportação de abacaxi**. Roma: FAO, 2023. Disponível em: <https://www.fao.org>. Acesso em: 10 jun. 2024.

FAO. FAOSTAT. Roma: **FAO**, 2020. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>. Acesso em: 20 mar. 2025.

GALDEANO, M. C.; GROSSMANN, M. V. E.; MALI, S.; ZAMUDIO-FLORES, P. B. Effects of production process and plasticizers on stability of films and sheets of oat starch. **Materials Science and Engineering: C**, v. 29, n. 2, p. 492–498, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.msec.2008.07.003>. Acesso em: 15 maio 2025.

GIACOMELLI, E. J. **O abacaxi no Brasil**. Campinas: Fundação Cargil, 101p, 1981.

GOY, R. C.; BRITTO, D.; ASSIS, O. B. G. A review of the antimicrobial activity of chitosan. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 19, n. 3, p. 241–247, 2009. DOI: [10.1590/S0104-14282009000300013](https://doi.org/10.1590/S0104-14282009000300013).

HENRIQUE, C. M.; CEREDA, M. P.; SARMENTO, S. B. S. Características físicas de filmes biodegradáveis produzidos a partir de amidos modificados de mandioca. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, n.28, v.1, p. 231-240, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Características da produção de abacaxi no Brasil**. SINDRA: IBGE, 2019. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1612#resultado>. Acesso em: 20 de abr. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Produção agrícola municipal**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 20 abr. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTAS - IBRAF. **Frutas processadas**. 2010. Disponível em: <http://www.ibraf.org.br/estatisticas/> Export_Processadas. Online. Acesso em: 07 de junho. 2025.

LEAL, F. Pineapple – *Ananas comosus* (Bromeliaceae). In: SMARTT, J.; SIMMONDS, N.W. **Evolution of crop plants**. Nova York: Longman Singapore, 1995. p.19-22.

LIMA, L. P; BRAGA, G. B., PEREZ, R; NERO, L. A; CARVALHO, A. F. Evolução do marco legal do leite cru refrigerado no Brasil. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 75, n. 3, p. 190–203. 2020.

LIMPAN, N; TANAKA, M; KAWAKAMI, S; HAGIWARA, K; OSHIMA, T; OSAKO, K. Properties of biodegradable blend films based on fish myofibrillar protein and polyvinyl alcohol as influenced by blend composition and pH level. **Journal of Food Engineering**, Amsterdam, v. 100, n. 1, p. 85–92, 2010. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2010.03.027

LUCENA, C. A. A.; COSTA, S. C.; ELEAMEN, G. R. A; MENDONÇA, E. A. M; OLIVEIRA, E. E. Desenvolvimento de biofilmes à base de xilana e xilana/gelatina para produção de embalagens biodegradáveis. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 27, n. spe, p. 35–41, 2017. DOI: [10.1590/0104-1428.2223](https://doi.org/10.1590/0104-1428.2223).

MARTINS, L. P; SILVA, S. M; SILVA, A. P.; CUNHA, G. A. P.; MENDONÇA, R. M. N; VILAR, L. C; MASCENA, J; LACERDA, J. T. Conservação pós-colheita de abacaxi 'Pérola' produzido em sistemas convencional e integrado. **Revista Brasileira de**

Fruticultura, v. 34, n. 3, p. 695–703, 2012. DOI: [10.1590/S0100-29452012000300007](https://doi.org/10.1590/S0100-29452012000300007).

MARTINS, M. M. V; BISPO, S. Q. A.; NONNENBERG, M. J. B. **Normas Voluntárias de Sustentabilidade (NVS) e implicações sobre as exportações de produtos do agronegócio – Frutas**. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 2020.

MELO, M. R. L.; COSTA, L. M. A.; OLIVEIRA, R. F. A utilização de quitosana em biofilmes para a conservação pós-colheita de frutas. **Research, Society and Development**., v. 32, n. 2, p. 187-194, 2018.

MIRANDA, D. S. A.; PESSOA, T.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; GURJÃO, F. F.; PINHEIRO, R. M. M.; MARTINS, A. G. L. de A. Elaboração e caracterização de néctar de abacaxi pérola adoçado com glucose de milho. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 36, n. 1, p. 82–87, 2015. DOI: [10.25066/agrotec.v36i1.23092](https://doi.org/10.25066/agrotec.v36i1.23092).

NASCENTE, A. S.; CTENAS, M. L. B.; QUAST, D. **Cultivo do abacaxi em Rondônia**. Porto Velho, 2005. Disponível em: <http://www.sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Abacaxi/CultivodoAbacaxiRO/autores.htm> . Online. Acesso em: 07 de junho. 2025.

NASCIMENTO, R. S. **Qualidade e metabolismo antioxidante durante a maturação e inovação na conservação pós-colheita de cultivares de abacaxi**. 2019. 87 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, Areia, 2019. Orientadora: Silvanda de Melo Silva.

OLIVEIRA, C.S.; GRDEN, L.; RIBEIRO, M.C.O. **Utilização de filmes comestíveis em alimentos**. Ponta Grossa: UTFPR, 2007. p.52-57. (Série em Ciência e Tecnologia de Alimentos: Desenvolvimentos em Tecnologia de Alimentos, v.1).

OLIVEIRA, R. F.; COSTA, L. M. A.; MELO, M. R. L. Biofilmes biodegradáveis como alternativa aos conservantes sintéticos. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial.**, v. 10, n. 4, p. 345-352, 2020.

OLIVEIRA, R. F.; COSTA, L. M. A.; MELO, M. R. L. Uso de biofilmes na conservação de alimentos e redução do impacto ambiental. **Revista da Associação Brasileira de Nutrição**, v. 25, n. 6, p. 512-520, 2018.

PARISI, M. C. M.; HENRIQUE, C. M.; PRATI, P. Perdas pós-colheita: um gargalo na produção de alimentos. **Revista de Pesquisa Tecnológica.**, v. 9, n. 2, jul./dez. 2012.

PEREIRA, L. F. **Aplicação de revestimento comestível em abacaxi minimamente processado**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Uberlândia, Patos de Minas, 2017.

PEREIRA, M. C.; RAMOS, A. C.; SILVA, J. L. Propriedades e aplicações dos biofilmes na conservação de frutas tropicais. **Journal of Food Science and Technology**, v. 18, n. 2, p. 95-103, 2020.

RAMOS A. M; BENEVIDES S. D; STRINGHETA P. C; CASTRO V. C. Qualidade da manga e polpa da manga Ubá. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 28, n. 3,p. 571-578, 2020.

RAMOS, A. C.; MELO, M. R. L.; OLIVEIRA, R. F. Aplicação de biofilmes de quitosana na conservação pós-colheita de frutas. **Revista Tecnologia de Alimentos.**, v. 16, n. 3, p. 123-131, 2019.

RINALDI, M. M. **Perdas pós-colheita devem ser consideradas**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2011. Disponível em: <http://www.cpac.embrapa.br/artigosmidia/publicados/306/>. Acesso em: 21 mar. 2025.

RODRIGUES, A. A. M.; SILVA, S. D. M.; DANTAS, A. L.; SILVA, A. F. D.; SANTOS, L. D. S.; MOREIRA, D. D. N. Physiology and postharvest conservation of 'Paluma' guava under coatings using Jack fruit seed-based starch. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, n. 2, 2014.

RODRIGUES, D. C.; CÁCERES, C. A.; RIBEIRO, H. L.; ABREU, R. F.; CUNHA, A. P.; AZEREDO, H. M. C. Influence of cassava starch and carnaúba wax on physical properties of cashew tree gum-based films. **Food Hydrocolloids**, 38, 147- 151, 2019.

ROSSO, A. C; VICENZI, R; DINON, P; TIECHER, A; DALLA CORTE, D; SCHÖFFER, J. N; PEREIRA, M. H. Aplicação de revestimentos comestíveis em abacaxi minimamente processado. In: **SIAL 2009 – Trabalhos técnicos**. Santa Rosa: Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ, 2009. p. 57–62.

SAKANAKA, L. S. **Confecção de filmes biodegradáveis por extrusão de blendas de amido termoplástico e polibutileno succinato co-adipato (PBSA)**. Dissertação (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2007.

SANTACRUZ, S; RIVANDANEIRA, C; CASTRO, M. Edible films based on starch and chitosan, Effect of starch source and concentration, plasticizer, surfactant's hydrophobic tail and mechanical treatment. **National Agricultural Library. Food hydrocolloids**, v. 49 pp. 89-90, 2015.

SANTOS, V. S.; SANTOS, V. S.; FERNANDES, R. S.; FERREIRA JÚNIOR, C. R. Avaliação e caracterização de biofilme comestível de carboximetilcelulose contendo nanopartículas de quitosana e *Curcuma longa*. **Matéria (Rio J.)**, v. 26, 2021.

SILVA, E. M. **Produção e caracterização de filmes biodegradáveis de amido do pinhão**. Dissertação (Graduação). Universidade do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Química. Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2011.

SILVA, J. L.; ALMEIDA, M. P. Inovações tecnológicas no cultivo do abacaxi no Brasil. **Revista Agricultura e Desenvolvimento Sustentável**, v. 15, n. 4, p. 210-220, 2020.

SILVA, R.A.; CAVALCANTE, L.F.; HOLANDA, J.S.; PEREIRA, W.E.; MOURA, M.F.; FERREIRA NETO, M. Qualidade de frutos do coqueiro-anão verde fertirrigado com nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 2, p. 310-313, 2021.

SILVA, R. F.; PEREIRA, M. C.; RAMOS, A. C. Aplicação de biofilmes biodegradáveis na pós-colheita de frutas tropicais. **Journal of Agricultural Sciences.**, v. 30, n. 1, p. 34-42, 2019.

SIMÃO, S. O abacaxizeiro. In: SIMÃO, S. **Tratado de fruticultura**. Piracicaba: FEALQ, 1998. p.249-288.

SOUZA, R. T.; VIANA, M. C.; ALVES, L. R. Competitividade do mercado de exportação de abacaxi. **Revista de Economia Agrícola.**, v. 29, n. 4, p. 312-320, 2021.

TOĞRUL, H.; ARSLAN, N. Extending shelf-life of peach and pear by using CMC from sugar beet pulp cellulose as a hydrophilic polymer in emulsions. **Food Hydrocolloids**, v. 18, n. 2, p. 215-226, 2004.

VAILLANT, F.; MILLAN, A.; DORNIER, M.; DECLoux, M.; REYNES, M.. Strategy for economical optimization of the clarification of pulpy fruit juices using crossflow microfiltration. **Journal of Food Engineering**, v.48, p.83-90, 2001.

VARGAS, M. G.; RAMOS, J. T.; SILVA, J. L. Aplicação de biofilmes na conservação de alimentos. **Food Science Journal.**, v. 18, n. 3, p. 156-165, 2018.

VIANA, M. C.; SOUZA, R. T.; ALMEIDA, L. R. Impactos das condições climáticas na produção de abacaxi. **Revista Agroclimatologia**, v. 11, n. 2, p. 87-93, 2019.

VIÉGAS, L. P. **Preparação e caracterização de filmes biodegradáveis a partir de amido com quitosana para aplicação em embalagens de alimentos.** 2016. Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Rio de Janeiro, 2016.

WANG, Z.; ZAHEDI, Y. The effects of ultrasonic/microwave assisted treatment on the water vapor barrier properties of soybean protein isolate-based oleic acid/stearic acid blend edible films. **Food Hydrocolloidis**, v. 35, p. 51-58, 2014.

WINTER, M. A. A.; BANHARA, M; KLEIN, C. Conservação de abacaxi em função de diferentes embalagens: relato de aula prática. **Anuário Pesquisa e Extensão Unoesc São Miguel do Oeste**, São Miguel do Oeste, v. 2022, p. 1–12, 2022. Disponível em: <https://portal.unoesc.edu.br>. Acesso em: 15 maio 2025.

ZHU, Y.; CHEN, W.; LIU, Z. Biofilm applications in the food industry. **Food Preservation Journal J.**, v. 25, n. 6, p. 294-301, 2019.