



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
SERTÃO PERNAMBUCANO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, INOVAÇÃO E PÓS-GRADUAÇÃO (PROPIP)
CAMPUS PETROLINA ZONA RURAL
PÓS-GRADUAÇÃO LATO SENSU EM PÓS-COLHEITA DE PRODUTOS
HORTIFRUTÍCOLAS**

MARIA APARECIDA DOS SANTOS MORAIS

**MÉTODOS DE CONTROLE DA ANTRACNOSE EM PÓS-COLHEITA DE
MAMÃO: UMA REVISÃO DE LITERATURA**

PETROLINA- PE

2025

MARIA APARECIDA DOS SANTOS MORAIS

**MÉTODOS DE CONTROLE DA ANTRACNOSE EM PÓS-COLHEITA DE MAMÃO:
UMA REVISÃO DE LITERATURA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do curso de Pós-graduação Lato sensu em Pós-colheita de produtos hortifrutícolas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, campus Petrolina Zona Rural, como requisito parcial à obtenção do título de especialista em Pós-colheita de Produtos Hortifrutícolas.

Orientador(a): Profa. Dra. Jane Oliveira Perez

Coorientador(a): Profa. Dra. Naama Jéssica de Assis Melo

PETROLINA- PE

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

M828 Moraes, Maria Aparecida dos Santos.

Métodos de controle da antracnose em pós-colheita de mamão: Uma revisão de literatura / Maria Aparecida dos Santos Moraes. - Petrolina, 2025.
36 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. Jane Oliveira Perez.

Coorientação: Naama Jéssica de Assis Melo.

1. Pós-colheita. 2. Colletotrichum spp.. 3. Carica papaya L.. 4. Controle alternativo. I. Título.

CDD 631.56

MARIA APARECIDA DOS SANTOS MORAIS

**MÉTODOS DE CONTROLE DA ANTRACNOSE EM PÓS-COLHEITA DE MAMÃO:
UMA REVISÃO DE LITERATURA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do curso de Pós-graduação Lato Sensu em pós-colheita de produtos hortifrutícolas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Campus Petrolina Zona Rural, como requisito parcial à obtenção do título de especialista em Pós-colheita de produtos hortifrutícolas.

Aprovado em: 19/02/2025.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **JANE OLIVEIRA PEREZ**
Data: 20/02/2025 11:01:45-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Jane Oliveira Perez (Orientadora)
IFSertãoPE

Documento assinado digitalmente
 **NAAMA JESSICA DE ASSIS MELO**
Data: 20/02/2025 11:14:24-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dra. Naama Jéssica de Assis Melo (Co-orientadora)
UFERSA - Campus Mossoró

Documento assinado digitalmente
 **ALINE ROCHA**
Data: 20/02/2025 13:45:58-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra Aline Rocha
IFSertãoPF

Documento assinado digitalmente
 **ANDREA NUNES MOREIRA DE CARVALHO**
Data: 21/02/2025 10:38:17-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa.Dra Andrea Nunes Moreira de Carvalho
IFSertãoPE

PETROLINA- PE 2025

Aos meus pais, José Leandro de Moraes e Severina Cordeiro dos Santos Moraes, agricultores do sertão pernambucano, que sempre acreditaram que a educação poderia mudar minha vida, e assim me apoiam e incentivam em todas as minhas decisões estudantis.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano e a Pró-reitoria de Pesquisa, Inovação e Pós-graduação (PROPIP) pela oportunidade de me especializar na área de estudo que tanto me identifico.

A professora Jane Oliveira Perez, pelos ensinamentos, compreensão e orientação neste trabalho.

A minha coorientadora, Naama Melo pelos ensinamentos e torcida.

Aos professores participantes da banca examinadora Andrea Nunes e Aline Rocha pelas valiosas colaborações e sugestões.

Aos colegas da turma, pelas reflexões, críticas e sugestões recebidas, em especial Lucilândia Bezerra, Luiz Ferreira e Raphael Jovino.

RESUMO

O mamão (*Carica papaya* L.) é uma fruta tropical e subtropical de destaque no agronegócio brasileiro, sendo uma das principais frutas frescas exportadas pelo país. Altamente perecível, o mamão é suscetível a danos mecânicos e ao ataque de patógenos, o que compromete sua vida pós-colheita e comercialização. Entre as doenças pós-colheita, a antracnose, causada pelo fungo *Colletotrichum* spp., é a mais significativa, resultando em perdas de até 30-40% dos frutos no Brasil. Este estudo objetivou realizar um levantamento sobre métodos e tecnologias recentes para controlar a antracnose no mamão, visando melhorar a qualidade e a durabilidade dos frutos, além de avaliar os impactos ambientais e na saúde humana. A pesquisa utilizou uma metodologia abrangente e sistemática de revisão de literatura, compreendendo o período de 2017 a 2025, para analisar os métodos e tecnologias mais recentes no controle da antracnose em frutos de mamão. A análise documental incluiu uma revisão integrativa da literatura e bases de dados de periódicos, a qual verificou que, atualmente, o uso de agroquímicos como medida de controle está diminuindo e os estudos sobre tecnologias alternativas estão aumentando, devido à proibição de certos princípios ativos e aos limites de resíduos impostos pelos importadores. Métodos como controle físico (tratamento térmico e radiação UV-C), controle biológico (bactérias antagonistas), compostos antimicrobianos naturais, biofilmes, revestimentos comestíveis, sais inorgânicos e indutores de resistência foram explorados. No período de 2017 a fevereiro de 2025, os óleos essenciais se destacaram no combate à antracnose em mamão, graças à sua eficácia e aos benefícios ambientais, promovendo uma agricultura mais sustentável e segura.

Palavras-chave: *Colletotrichum* spp., *Carica papaya* L., Controle alternativo.

ABSTRACT

Papaya (*Carica papaya* L.) is a tropical and subtropical fruit that is prominent in Brazilian agribusiness and is one of the main fresh fruits exported by the country. Highly perishable, papaya is susceptible to mechanical damage and attack by pathogens, which compromises its post-harvest life and commercialization. Among the post-harvest diseases, anthracnose, caused by the fungus *Colletotrichum* spp., is the most significant, resulting in losses of up to 30-40% of fruits in Brazil. This study aimed to conduct a survey on recent methods and technologies to control anthracnose in papaya, aiming to improve the quality and durability of the fruits, in addition to assessing the environmental and human health impacts. The research used a comprehensive and systematic literature review methodology, covering the period from 2017 to 2025, to analyze the most recent methods and technologies in the control of anthracnose in papaya fruits. The documentary analysis included an integrative review of the literature and journal databases, which found that, currently, the use of agrochemicals as a control measure is decreasing and studies on alternative technologies are increasing, due to the ban on certain active ingredients and residue limits imposed by importers. Methods such as physical control (heat treatment and UV-C radiation), biological control (antagonistic bacteria), natural antimicrobial compounds, biofilms, edible coatings, inorganic salts and resistance inducers were explored. In the period from 2017 to February 2025, essential oils stood out in the fight against anthracnose in papaya, thanks to their effectiveness and environmental benefits, promoting more sustainable and safe agriculture.

Keywords: *Colletotrichum* spp., *Carica papaya* L., Alternative control.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Quantidade de artigos encontrados nas plataformas scopus, web of Science e google tradutor referentes as formas de controle da antracnose no fruto mamão.....	30
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Bases de consulta e termos de busca.....	15
---	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Trabalhos publicados nos últimos anos sobre métodos e tecnologias utilizadas no controle da antracnose no mamão.....	25
---	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVO GERAL	14
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3 METODOLOGIA	15
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	16
4.1 Controle químico para antracnose do mamão	16
4.2 Controle alternativo para antracnose do mamão	17
4.2.1 Óleos essenciais	17
4.2.2 Extrato natural	18
4.2.3 Radiação Ultravioleta (UV)	19
4.2.4 Uso de ozônio	19
4.2.5 Uso de controle biológico	20
4.2.6 Indutores de resistência	22
4.2.7 Uso combinado de revestimento biodegradável com tratamento hidrotérmico	23
4.3 Principais trabalhos e métodos encontrados	24
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	30
6 REFERÊNCIAS	31

1. INTRODUÇÃO

O mamão (*Carica papaya* L.) é uma fruta cultivada em regiões tropicais e subtropicais do mundo e ocupa posição de destaque no cenário do agronegócio brasileiro, sendo uma das principais frutas frescas exportados do país (LUCENA *et al.*, 2021). O Brasil é o segundo maior exportador mundial, com volume de US\$ 49,7 milhões (FAOSTAT, 2024). O mamão oferece diversos benefícios nutricionais, pois é rico em vitaminas, fibras, sais minerais, componentes bioativos e substâncias antioxidantes (KOUL *et al.*, 2022). No entanto, apesar da crescente demanda do mamão, sua alta perecibilidade e suscetibilidade a danos mecânicos e ataque de patógenos contribuem para uma vida pós-colheita relativamente curta, comprometendo assim sua comercialização (RASHID *et al.*, 2019).

As principais doenças pós-colheita que acometem o mamão são a antracnose, podridão-peduncular, mancha chocolate e a podridão causada por *Fusarium* spp. e/ou *Phytophthora* spp. A antracnose é uma doença causada pelo fungo *Colletotrichum gloeosporioides* (Penzig) Penzig & Sacc., ocorre em mamoeiros cultivados no mundo, causando perdas significativas aos frutos do mamão durante o transporte e armazenamento (PRAJAPATI *et al.*, 2017). No Brasil, as perdas devido a antracnose no mamão podem chegar a 30-40% dos frutos, especialmente nos períodos de colheita e pós-colheita (FERRAZ ALMEIDA; MARTINS, 2022).

Os fungos causadores da antracnose podem ser encontrados ainda em condições de campo, em folhas, pecíolos, frutos em senescência e matéria orgânica contaminada em decomposição. Mas geralmente afetam os frutos após a colheita, já que o fungo penetra a cutícula do tecido vegetal, causa infecção latente no fruto antes do amadurecimento e os sintomas só irão se apresentar na fase de amadurecimento, embalagem, transporte e comercialização, tornando os frutos impróprios para o consumo e comercialização (DICKMAN *et al.*, 1983; SANTOS FILHO; OLIVEIRA, 2021).

O fungo *Colletotrichum gloeosporioides* (Penzig) Penzig & Sacc. é o que mais ataca a cultura, ocasionando a doença denominada antracnose (DANTAS *et al.*, 2003). O patógeno pode infectar os frutos de mamão por ferimentos durante a colheita ou ainda na fase imatura durante a pré-colheita e permanecer quiescente por um período, sem sintomas visíveis da doença, aparecendo somente na fase pós-colheita.

Por muito tempo, o uso excessivo de agroquímicos foi a principal alternativa para minimizar o ataque fúngico em vegetais. Entretanto, como os agroquímicos possuem princípios ativos que podem gerar danos à saúde humana, atualmente os países importadores têm imposto uma série de restrições, estabelecendo um limite máximo de resíduo (LMR) aceitável para produtos químicos (FENG *et al.* 2019). Pesquisas indicam que há uma redução de cerca de 8.8% do comercial bilateral em função dos rigorosos LMR por parte dos importadores (HEJAZI, GRANTB; PETERSONC, 2022).

Os novos limites máximos de resíduos (LMR) estabelecidos pela União Europeia para os fungicidas thiabendazol, imazalil, imidazole e benzimidazol em mamão foram definidos em 0,01 mg/kg de fruto (Access to European Union law, 2025). Devido a isso, os produtores estão diminuindo o uso de agroquímicos e buscando métodos e tecnologias alternativos que não deixem resíduos químicos que comprometam a saúde do consumidor, tais, como, controle físico (tratamento térmico e radiação UV-C), controle biológico (bactérias antagonistas), compostos antimicrobianos naturais (extratos vegetais e óleos essenciais), biofilmes, revestimentos comestíveis, sais inorgânicos e indução de resistência (RODRIGUES *et al.*, 2021).

Neste contexto, o objetivo deste trabalho é realizar uma revisão de literatura que possa reunir os principais métodos e tecnologias utilizados nos últimos anos para o controle da antracnose em frutos de mamão, visando compreender como essas inovações atuam na qualidade e tempo de vida útil do fruto, bem como seu impacto ao meio ambiente e à saúde humana.

2. OBJETIVO GERAL

- ✓ Realizar um levantamento sobre métodos e tecnologias para controlar a antracnose no mamão em pós-colheita.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Identificar os tipos de métodos de controle da antracnose mais utilizados na pós-colheita do mamão;
- ✓ Identificar o método que propicie a melhor qualidade e durabilidade dos frutos, além de avaliar os impactos ambientais e na saúde humana

3. METODOLOGIA

A metodologia adotada nesta pesquisa consistiu em uma revisão de literatura abrangente e sistemática sobre os métodos e tecnologias utilizados nos últimos anos para o controle da antracnose em frutos de mamão. A pesquisa ocorreu mediante análise documental, no período (2017-2025), com revisão integrativa de literatura, análise de base de dados em periódicos, conforme tabela 1:

Tabela 1: Bases de consulta e termos de busca.

Base de dados	Quantidade de artigos	Termos pesquisados*
Scopus	18	anthracnose, <i>Carica papaya</i> L., postharvest, <i>Colletotrichum</i> , control
Web of Science	2	
Google acadêmico	4	

* termos de busca utilizados no inglês.

Na primeira etapa do trabalho, foram estabelecidos critérios específicos para a inclusão ou exclusão de estudos relevantes, garantindo que a revisão seja focada e direcionada. Na qual, os materiais encontrados foram analisados pelos títulos e resumos para determinar sua relevância em relação aos objetivos da pesquisa.

Critérios de Inclusão:

- ✓ Estudos publicados em revistas científicas revisadas por pares.
- ✓ Publicações entre os anos de 2017 e 2025, a fim de focar em avanços tecnológicos recentes.

- ✓ Artigos em inglês, português e espanhol.
- ✓ Pesquisas que abordam diretamente o controle da antracnose em frutos de mamão.

Critérios de Exclusão:

- ✓ Artigos que não apresentaram dados empíricos ou revisões teóricas detalhadas.
- ✓ Publicações não acessíveis em bases de dados acadêmicas reconhecidas.

Posteriormente, os artigos selecionados na etapa inicial foram avaliados detalhadamente. Cada estudo foi analisado quanto à metodologia, resultados, discussões e conclusões, destacando-se os principais métodos e tecnologias aplicados em frutos de mamão para controlar a antracnose na pós-colheita e os impactos observados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Controle químico para antracnose do mamão

O controle químico ainda é um dos métodos mais utilizados no controle da antracnose, tanto no campo, quanto em packing houses após a colheita. Os produtos tradicionalmente usados contra *Colletotrichum* spp. são os cúpricos, estrobirulinas, ditiocarbamatos, benzimidazol e compostos triazólicos, juntamente com outros produtos químicos, como procloraz, imazalil e chorotalonil (BORDOH *et al.*, 2020; CIOFINI *et al.*, 2022).

Chan-Cupul *et al.* (2024) estudando diferentes misturas de fungicidas nas concentrações de 250, 500, 750 e 1000 mg/kg para controle da antracnose verificou que após 12 dias da inoculação, a mistura de azoxistrobina + fludioxinil mostrou eficácia de 63,0% (250 mg/kg) a 77,52% (1000 mg/kg). O tiabendazol teve uma eficácia variando de 12,8% (250 mg/kg) a 74% (1000 mg/kg). Ambos os fungicidas foram mais eficazes na dose de 1000 mg/kg, superando cipronil + fludioxinil (38,5%) e boscalida + piraclostrobina (55,6%). A área sob a curva de progresso da doença foi similar para azoxistrobina + fludioxinil, cipronil + fludioxinil e boscalida + piraclostrobina, enquanto o tiabendazol teve menor área sob a curva nas concentrações de 750 e 1000 mg/kg. De acordo com esses resultados, as misturas dos fungicidas azoxistrobina + fludioxinil e tiabendazol nas concentrações de 1000 mg/kg são eficazes no controle da antracnose em mamão.

No entanto, o uso de fungicidas químicos está caindo em desuso, pois além de induzir a resistência de fitopatógenos a ingredientes ativos, alguns países importadores limitaram seu uso devido à proibição de certos princípios ativos e ao limite máximo de resíduo (LMR) aceitável. Desde 11 de dezembro de 2024, os novos valores de LMR estabelecidos pela União Europeia para os fungicidas thiabendazol, imazalil, imidazole e benzimidazol em mamão passaram a ser de 0,01 mg/kg de fruto (Access to European Union law, 2025). Isso torna o método de controle químico muito restrito, necessitando sua substituição por métodos de controle alternativos que não deixem resíduos.

4.2 Controle alternativo para antracnose do mamão

4.2.1 Óleos essenciais

Os óleos essenciais são substâncias naturais, de misturas voláteis, lipofílicas, odoríferas e líquidas com baixo peso molecular, geralmente constituídos por moléculas de natureza terpênica, no qual a composição química depende de fatores ambientais, período de colheita, técnica de extração e de fatores genéticos (MORANDI; BETTIOL, 2009; LIMA *et al.*, 2013). Os óleos essenciais possuem grande potencial de utilização na indústria de alimentos para combater patógenos de origem alimentar e microrganismos deterioradores (RAO *et al.*, 2019).

A utilização de óleos essenciais no controle da antracnose em mamão é uma alternativa promissora, pois diversas plantas se mostraram eficazes no controle de *Colletotrichum* em mamão. Em pesquisa realizada por Monteon-Ojeda *et al.* (2024) relataram que o óleo essencial de *Eucalyptus globulus* Labill., inibiu 89% do crescimento de *C. gloeosporioides*, seguido pelo óleo de *Citrus sinensis* (71%). Em testes *in vivo*, esses óleos também reduziram os sintomas da antracnose, com uma redução de 84% para o óleo de *C. sinensis* e 85% para o óleo de *E. globulus*. Dias *et al.* (2020) constataram que os óleos essenciais de *Rosmarinus officinalis* L. Labiatae (Lamiaceae) e *Morinda citrifolia* L. reduzem de forma significativa a taxa de crescimento de *C. gloeosporioides* em mamões.

Além dos óleos essenciais utilizados de forma isolada, a combinação deles com revestimentos biodegradáveis tem demonstrado ser eficiente no controle da antracnose. A associação do óleo essencial de *Lippia sidoides* Cham. com revestimento de carboximetilcelulose mostrou eficácia no controle de *C. gloesporioides*,

quando aplicado preventivamente, e aumentou a vida útil de mamões, preservando suas características pós-colheita (ZILLO *et al.*, 2018).

A capacidade antifúngica do óleo de *L. sidoides* está relacionada à presença dos principais compostos, o timol, como predominante, e carvacrol. Esses compostos podem alterar a estrutura da parede celular do patógeno, aumentando a permeabilidade da membrana e dificultando a sobrevivência celular, por prejudicar o transporte de elétrons e reações enzimáticas (MOREIRA *et al.*, 2010; RAO *et al.*, 2010). Já o revestimento provoca um retardo na respiração da fruta e na atividade metabólica (ZILLO *et al.*, 2018). Além do aumento da vida útil dos mamões, a combinação óleo essencial + carboximetilcelulose preservou as características pós-colheita do mamão por nove dias, funcionando como uma barreira físico/química, podendo ser considerada uma alternativa viável para extensão do período de comercialização dos frutos.

O uso de cera de carnaúba associada a óleos essenciais de *Cinnamomum cassia* (L.) J.Presl e *Rosmarinus officinalis*, pois minimizaram o desenvolvimento fúngico do *Colletotrichum truncatum* em frutos de mamão. A cera de carnaúba incorporada a óleos essenciais de *Cymbopogon flexuosus* e *Cymbopogon martini* é uma alternativa para controlar a *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl. em mamão. Ambos os resultados não interferiram na qualidade dos frutos (NASCIMENTO, 2020).

A combinação de óleos essenciais com revestimento biodegradável e radiação ultravioleta demonstrou que o efeito sinérgico do uso de biorrecobrimento de quitosana com óleos essenciais e energia UV-C controlam o desenvolvimento de fungos causadores de antracnose e podridão branca em frutos de mamão Maradol (Vázquez-Ovando *et al.* (2018).

4.2.2 Extrato natural

Além dos óleos essenciais, alguns extratos naturais demonstraram eficácia contra o fungo *C. gloeosporioides* incluem natamicina, óleo essencial de cronquist, mulberrina, α -mangostina e ácido α -fenilcinâmico. Pesquisas indicam que esses compostos podem inibir o crescimento do micélio e a germinação de esporos do fungo, além de controlar eficientemente a doença da antracnose em frutos. Seus mecanismos antifúngicos abrangem a inibição da biossíntese de ergosterol, a desestabilização da membrana celular, danos à estrutura mitocondrial e ao metabolismo energético, e a supressão da biossíntese de melanina (CAO *et al.*, 2023; ZHANG *et al.*, 2022).

Herrera-Parra *et al.* (2024) estudando o efeito de extratos etanólicos da casca do caule de *Bonellia flammea* em *Colletotrichum magnum* de frutos de mamão cv. Maradol, verificaram que os extratos aquosos de *B. flammea* demonstraram ser altamente eficazes contra *C. magnum* in vitro, com concentrações de 2,35% e 3% (p/v) causando uma severidade da doença de antracnose de 0,92% a 0,97% em frutos de mamão, o que foi inferior ao fungicida comercial Tecto 60®.

O pterostilbeno (PTE), polifenol natural também é um extrato vegetal que apresenta resultados significativos para o controle da antracnose em frutos de mamão. Segundo GAO *et al.* (2025), o PTE demonstrou ser eficaz na redução da antracnose pós-colheita em frutos de mamão ao inibir o crescimento do micélio, a germinação de conídios e a formação de apressórios de *C. gloeosporioides*. Além disso, o PTE afetou significativamente as vias metabólicas de carboidratos e lipídios, essenciais para a integridade e a função normal das estruturas celulares fúngicas, como a parede celular, membrana plasmática e mitocôndrias.

4.2.3 Radiação ultravioleta

A radiação ultravioleta (UV) é uma forma não ionizada de raios gerados pelo sol ou fontes de luz artificiais, como lâmpadas de vapor de mercúrio, fluorescentes, fontes incandescentes, luzes pretas e alguns tipos de lasers, com comprimento de onda variando de 100 a 400 nm. O espectro de luz da UV é dividido em quatro, com base em seu comprimento de onda, UV-A (315–400 nm), UV-B (280–315 nm), UV-C (200–280 nm) e UV-V (100–200 nm) (RIFNA, RAMANAN e MAHENDRAN, 2019).

Na pós-colheita de frutas e vegetais, a UV-C apresenta grande potencial antifúngico, e é um método promissor, por se tratar de uma esterilização física livre de resíduos (USALL *et al.*, 2016). A radiação UV-C apresentou resultado favorável no controle da podridão peduncular a partir da dose de 0,5 kJ m⁻², com dose ótima entre 0,5 e 1,5 kJ m⁻², demonstrando ser um método alternativo ao uso de fungicidas químicos e mostrando sua potencialidade para compor um manejo integrado de podridão peduncular no tratamento pós-colheita de mamão (TERÃO *et al.*, 2019).

Entretanto, para a antracnose ainda existe poucos trabalhos usando a radiação UV-C, já que como a epiderme do mamão é sensível à luz UV-C, e pode causar queimadura. Morais *et al.* (2024) aplicaram em mamões, diferentes de radiações de luz ultravioleta pulsada mais baixas que as testadas por Terão *et al.* (2019) em mamões formosa 'Tainung I', e observaram que além de não apresentar queimadura nos frutos,

a dose de $0,9 \text{ J.cm}^{-2}$ foi capaz de controlar ser a incidência de fungos fitopatogênicos que acometem tanto o pedúnculo, como o corpo do mamão. Moraes *et al.* (2024) aplicaram doses de radiação ultravioleta pulsada mais baixas do que as testadas por Terão *et al.* (2019) em mamões formosa 'Tainung I'. Eles observaram que, além de não causar queimaduras nos frutos, a dose de $0,9 \text{ J.cm}^{-2}$ foi eficaz no controle da incidência de fungos fitopatogênicos que afetam tanto o pedúnculo quanto o corpo do mamão.

4.2.4 Uso de ozônio

A utilização do gás ozônio (O_3) no controle físico de doenças pós-colheita é uma técnica que possui potencial. Avaliando o controle da antracnose em mamão com a utilização do ozônio, Silva Neto *et al.* (2019) observaram que concentrações de 0,6 e 3,3 ppm de ozônio foram eficazes, com a maior concentração apresentando as melhores reduções de lesões e sintomas da antracnose, mas causando estresse oxidativo. O tratamento com as menores concentrações de ozônio (0,6 e 1,5 ppm) aumentaram a vida útil dos mamões de 6 para até 14 dias, sendo tão eficaz quanto fungicidas comerciais.

Além da forma gasosa o ozônio apresenta potencial na forma líquida, Costa *et al.* (2021) constataram que a aplicação de ozônio dissolvido em água $0,8 \text{ mg L}^{-1}$ por até 160 min controla a severidade da antracnose em mamão pós-colhido da variedade Golden, sem comprometer a qualidade dos frutos.

4.2.5 Controle biológico

Vários microrganismos antagônicos têm sido estudados para o controle de doenças pós-colheita. Entre eles, as leveduras frequentemente relatadas como agentes de biocontrole pós-colheita e são amplamente desenvolvidos em produtos registrados (DROBY *et al.*, 2009). Hernandez-Montiel *et al.* (2018) ao utilizar levedura *Debaryomyces hansenii* como controle biológico para antracnose no mamão verificaram que todas as concentrações de *D. hansenii* que estudadas inibiram significativamente o crescimento de *C. gloeosporioides*. Observou-se que quanto maior a concentração da levedura, menor o crescimento do fungo. O fruto inoculado com a maior concentração (1×10^8 células/MI) testada de *D. hansenii* não apresentou incidência de antracnose e manteve-se livre da doença durante todo o período de avaliação (10 dias a 25°C). Além desses resultados promissores, os autores deste estudo observaram que o controle exercido pela levedura em todas as concentrações

testadas foi superior ao do fungicida comercial Tecto 60. *D. hansenii* é uma levedura presente na superfície das frutas, atuando como antagonista de diversos fitopatógenos (HERNANDEZ-MONTIEL *et al.*, 2018).

Outra levedura com potencial de controle da antracnose no mamoeiro é a *Trichosporon asahii*. Essa levedura diminuiu a germinação de esporos de *C. gloeosporioides* significativamente, de 90% para 30%, com o aumento da sua concentração de 5×10^4 para 5×10^8 células/mL (HASSAN *et al.*, 2021). Além disso, o crescimento micelial de *C. gloeosporioides* foi completamente inibido por substâncias antifúngicas difusíveis produzidas pela levedura na concentração de 5×10^8 células/mL. Leveduras geralmente absorvem nutrientes mais rapidamente do que os patógenos, devido à ligação direta (DROBY *et al.*, 1989), o que pode ter inibido a germinação de esporos e o crescimento micelial de *C. gloeosporioides*. Após oito dias de armazenamento, o fruto tratado com *T. asahii* mostrou severidade significativamente menor do que o controle, que foi de 50% de redução, embora não tenha conseguido evitar a incidência da doença significativamente. Além da produção de substâncias antifúngicas difusíveis, o sucesso na competição por espaço e nutrientes e o parasitismo direto, por ligação às hifas de *C. gloeosporioides*, são possíveis mecanismos de ação de *T. asahii* (HASSAN *et al.*, 2021).

Além dos *Debaryomyces* spp., os gêneros *Beauveria*, *Metarhizium* e *Trichoderma* também se destacam como fungos potencialmente usados no biocontrole de doenças agrícolas. *Trichoderma* spp. é um dos fungos mais comumente utilizados na agricultura como agente de controle biológico. Espécies desse fungo são comercializados como biopesticidas, biofertilizantes, intensificadores de crescimento e estimulantes de resistência natural (SUTTHISA *et al.*, 2024).

Avaliando diferentes métodos de controle da antracnose no mamão, Monteon-Ojeda *et al.* (2024) constataram que a aplicação pré-colheita de *Trichoderma harzianum* reduziu a incidência da doença em 30% e a severidade dos sintomas em 85% em mamões. No manejo pós-colheita, *T. harzianum* foi tão eficaz quanto o controle químico (piraclostrobina + epoxiconazol), com 90% e 93% de eficácia, respectivamente, além de apresentar menor incidência (28%) e severidade (4,6%) da antracnose. Esse agente biológico combate fitopatógenos por meio da competição por nutrientes e espaço, produção de metabólitos antimicrobianos, micoparasitismo e indução de resistência no hospedeiro (LI *et al.*, 2025).

Outra importante fonte de biocontrole são as bactérias. As bactérias biocontroladoras exercem seu efeito através de várias estratégias, como a produção de metabólitos antimicrobianos, a competição por recursos, a indução de resistência sistêmica e a produção de enzimas líticas. (RAAIJMAKERS *et al.*, 2010). As mais estudadas incluem *Bacillus* spp., *Pseudomonas* spp., *Streptomyces* spp. e *Stenotrophomonas* spp. Chiquito-Contreras *et al.* (2019) avaliaram as bactérias marinhas *Stenotrophomonas rhizophila* e *Bacillus amyloliquefaciens* na proteção do mamão contra *C. gloeosporioides*. *S. rhizophila* inibiu o crescimento micelial em 72%, enquanto *B. amyloliquefaciens* inibiu menos de 60%. Ambas foram mais eficientes que fungicidas sintéticos. A inibição da germinação de esporos por *S. rhizophila* e *B. amyloliquefaciens* foi de 73% e 65%, respectivamente, devido ao rápido consumo de sacarose, glicose e frutose pelas bactérias.

De acordo com Chiquito-Contreras *et al.* (2019), as bactérias marinhas foram mais eficazes na redução da incidência da doença e no diâmetro da lesão do que o fungicida e a alga marinha avaliada. *S. rhizophila* reduziu a incidência em 80% e o diâmetro da lesão em 97%. As bactérias competem por espaço e nutrientes com o patógeno e possuem mecanismos antagonistas, como a produção de enzimas líticas (β -1,3-glucanases, quitinases, proteases) capazes de degradar a parede celular do fungo (SHAFI; TIAN; MINGSHAN, 2017), compostos orgânicos voláteis e antibióticos, que inibem o crescimento de fungos e estimulam a resistência do hospedeiro, sendo eficazes no biocontrole *in vivo* de doenças pós-colheita.

4.2.6 Indutores de resistência

Atualmente muitos compostos naturais têm sido utilizados para induzir resistência nas plantas contra fitopatógenos, tanto na fase pré quanto na pós-colheita, denominados de indutores ou elicitores de resistência em plantas (COSTA *et al.*, 2022). Dentre os compostos naturais com potencial de indutores de resistência, temos fosfito de potássio e compostos a base de silício.

Demartelaere *et al.* (2017) ao avaliarem elicitores no controle de antracnose e seu efeito na qualidade pós-colheita de mamão verificaram que fosfito de potássio, Rocksil®, Ecolife® e o fungicida comercial procloraz levaram aos menores diâmetros de lesão (11,50, 12,60, 13,50 e 8,10 mm, respectivamente), às menores áreas abaixo da curva de progresso da doença (1,17, 1,30, 1,47 e 1,15, respectivamente) e aos maiores percentuais de proteção (82,25, 79,15, 77,65 e 84,65%, respectivamente)

contra *C. gloesporioides*. Além disso, verificou-se que os elicitores não alteraram a aparência dos frutos, mantendo sua qualidade pós-colheita. Os elicitores são eficazes no combate a patógenos em frutas devido a diferentes mecanismos de ação que bloqueiam infecções. O fosfito de potássio ativa defesas, aumentando a produção de proteínas, compostos sinalizadores e fitoalexinas. O Rocksil®, contendo silício, aumenta a resistência das plantas ao ataque de patógenos e ativa enzimas de defesa. O Ecolife® possui bioflavonoides, ácido ascórbico e fitoalexinas cítricas, oferecendo proteção aos frutos pela ação conjunta de seus componentes (DEMARTELAERE *et al.* 2017).

O silício por possuir atividade antifúngica foi estudado por Vidal-Vergara *et al.* (2022) contra a antracnose do mamão causada por *Colletotrichum brevisporum*, nas formas de silicato de potássio e silicato de sódio, em diferentes concentrações (0,30; 0,60; 0,80; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 e 3,0% *in vitro*) e (0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 e 3,0% *in vivo*). Os autores verificaram que SP a 3,0 e 2,5% foram as concentrações mais eficazes para inibir o crescimento micelial de *C. brevisporum* (93 e 91%, respectivamente) *in vitro*, e SS nessas mesmas concentrações inibiram totalmente o crescimento micelial do fungo. *In vivo*, SP a 1,5% e SS a 1,0% preveniram consistentemente a incidência de antracnose (6,3 e 0,0%, respectivamente) e todos os tratamentos com silicato de sódio reduziram consistentemente a severidade da antracnose (de 0,0-1,4 mm de diâmetro da lesão). Mergulhos preventivos com silicato de potássio a 1,5% por 60 s e silicato de sódio a 1,0% por 90 s, a 20 °C, reduziram significativamente a incidência de antracnose (6,7 e 0,0%, respectivamente).

4.2.7 Uso combinado de revestimento biodegradável com tratamento hidrotérmico

O uso combinado de revestimento biodegradável com outras técnicas de controle pós-colheita da antracnose no mamão tem sido avaliado, como a imersão em água quente seguida de revestimento com quitosana (VILLAPLANA *et al.*, 2020), os mamões tratados com a combinação de água quente e 20 g/L de quitosana aumentou a vida útil dos frutos. Possivelmente isso ocorreu porque a imersão em água quente inibe o crescimento do tubo germinativo do fungo estabelecido na superfície do fruto (FALLIK, 2004) e o revestimento de quitosana apresenta propriedades antifúngicas (ELSABEE; ABDOL, 2013).

Villaplana *et al.* (2020) ainda relataram que os mamões apresentaram redução de 62,8% da antracnose após 7 dias de vida útil a 20°C, enquanto frutos pulverizados com procloraz apresentaram redução de 37,9% da doença. As outras combinações de quitosana estudadas neste trabalho apresentaram maior redução de antracnose do que mamões tratados apenas com imersão em água quente e frutos não tratados. No entanto, após o período de vida útil, o melhor tratamento no controle do crescimento do patógeno foi a concentração de 20 g/L de quitosana, além de manter os parâmetros físico-químicos e sensoriais durante os períodos de armazenamento refrigerado e de vida útil.

De acordo com López-Zazueta *et al.* (2023), o peso molecular da quitosana pode influenciar seus efeitos fungicidas em comparação com o tiabendazol. Quitosana de 55 kDa reduziu a incidência e severidade da antracnose, além de manter os parâmetros de qualidade pós-colheita do mamão, as quitosanas de 55 kDa e 13 kDa favoreceram a síntese de ácido ascórbico, fenóis totais e capacidade antioxidante. Portanto, a quitosana de 55 kDa é uma alternativa eficaz para a proteção contra *C. gloeosporioides* e atua como estimulante do sistema antioxidante não enzimático em frutos de mamão durante o armazenamento.

4.3 Principais trabalhos e métodos encontrados

De acordo com os resultados obtidos na presente pesquisa, observou-se que atualmente, o uso de agroquímicos como medida de controle para a antracnose em mamão está diminuindo, e os estudos sobre tecnologias alternativas estão aumentando, devido à proibição de certos princípios ativos e aos limites de resíduos. Métodos como controle biológico (bactérias antagonistas), controle físico (tratamento térmico e radiação UV-C), compostos antimicrobianos naturais (óleos essenciais), biofilmes, revestimentos comestíveis, uso de ozônio, sais inorgânicos e indutores de resistência foram explorados. No período de 2017 a 2025, os óleos essenciais e o controle biológico se destacaram como as principais estratégias no combate à antracnose em mamão, conforme ilustrado no quadro 1.

Quadro 1. Trabalhos publicados no período ente 2017-2025 sobre métodos e tecnologias utilizadas no controle da antracnose no mamão.

Tecnologia aplicada	Referências	Título	Principais resultados
Extrato natural (pterostilbeno-PTE)	Gao <i>et al.</i> (2025)	Efficacy of pterostilbene inhibition of postharvest anthracnose on papaya fruit and antifungal mechanisms against <i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	O pterostilbeno (PTE) inibiu o crescimento do micélio, a germinação de conídios e a formação de apressórios de <i>C. gloeosporioides</i> . Além disso, afetou significativamente as vias relacionadas ao metabolismo de carboidratos e lipídios, que são essenciais para a integridade e a função normal da parede celular, da membrana plasmática e das mitocôndrias das células fúngicas. Desta forma, o PTE foi eficaz na redução da antracnose pós-colheita em frutos de mamão.
Controle químico	Chan-Cupul <i>et al.</i> (2024)	Efficacy of chemical fungicides against the anthracnose disease caused by <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> in <i>Carica papaya</i> fruits	Após 12 dias da inoculação, a mistura de azoxistrobina + fludioxinil mostrou eficácia de 63,0% (250 mg/kg) a 77,52% (1000 mg/kg). O tiabendazol teve uma eficácia variando de 12,8% (250 mg/kg) a 74% (1000 mg/kg). Ambos os fungicidas foram mais eficazes na dose de 1000 mg/kg, superando cipronil + fludioxinil (38,5%) e boscalida + piraclostrobina (55,6%). A área sob a curva de progresso da doença foi similar para azoxistrobina + fludioxinil, cipronil + fludioxinil e boscalida + piraclostrobina, enquanto o tiabendazol teve menor área sob a curva nas concentrações de 750 e 1000 mg/kg.
Extratos natural	Herrera-Parra <i>et al.</i> (2024)	Antifungal effect of <i>Bonellia flammea</i> extracts against <i>Colletotrichum magnum</i> in postharvest fruits of <i>Carica papaya</i> cv. Maradol	Os extratos aquosos e etanólicos da casca do caule de <i>B. flammea</i> mostraram-se altamente eficazes na inibição do crescimento micelial (91,53–94,49%), inibição da esporulação (99,32–99,65%) e inibição da germinação de esporos (91,65–100%) de <i>C. magnum</i> na concentração de 3% (p/v). Uma diluição em série do extrato aquoso de <i>B. flammea</i> demonstrou que as concentrações de 2,35% e 3% (p/v) foram extremamente eficazes contra <i>C. magnum</i> in vitro, e ambas as concentrações foram aplicadas aleatoriamente em mamões Maradol pós-colheita através de imersão.
Óleos essenciais e controle biológico	Monteon-Ojeda <i>et al.</i> (2024)	Evaluación de estrategias de manejo ecológico de	Inibição do crescimento In Vitro: O tratamento atingiu os maiores níveis de inibição, seguido pelo óleo essencial de <i>C.</i>

		antracnosis de la papaya en campo y poscosecha	<i>sinensis</i> e pelo extrato de <i>A. mexicana</i>. Fase de campo: <i>T. harzianum</i>: 80,7% de eficiência e 8% de incidência. Óleo essencial de <i>E. globulus</i>: 73% de eficiência. Óleo essencial de <i>C. sinensis</i>: 66% de eficiência. Pré-colheita: Aplicações sucessivas de <i>T. harzianum</i> reduziram a severidade em 81% e a incidência em frutos de peito em 30%. Óleo essencial de <i>E. globulus</i>: 64% de eficiência. Óleo essencial de <i>C. sinensis</i>: 68% de eficiência. Fase de armazenamento: <i>T. harzianum</i>: 89% de eficiência de controle. Óleo essencial de <i>C. sinensis</i>: 84% de eficiência. Óleo essencial de <i>E. globulus</i>: 85% de eficiência. Extrato de <i>A. mexicana</i>: 76,46% de inibição.
Radiação Ultravioleta	Morais <i>et al.</i> (2024)	Efeito de diferentes doses de UV pulsada no controle de fungos em fruto de mamão destinados à exportação	Observou-se que aos 35 dias de armazenamento, os frutos de mamão tratados com a dose 0.9 J.cm ⁻² , não apresentaram incidência fúngica.
Tratamento hidrotérmico	Alias <i>et al.</i> (2023)	Use of hot water treatment in papaya cultivation (<i>Carica papaya</i> L. cv. Exótica II) to elucidate disease resistance and maintain post-harvest quality	O tratamento com água quente em frutos de mamão resultou em uma maior redução na incidência e gravidade de doenças. Além disso, preservou as propriedades físico-químicas, prolongou a vida útil e aumentou os níveis de fenólicos e flavonoides, regulando metabólitos envolvidos na tolerância ao estresse.
Revestimento comestível combinado com óleos essenciais	García-Mateos <i>et al.</i> (2023)	Recubrimiento biodegradable antifúngico a base de quitosano y aceite esencial de cítricos para la conservación de papaya (<i>Carica papaya</i> L.) en poscosecha	A quitosana contendo óleos essenciais usada como revestimento melhorou significativamente a vida útil do mamão e diminuiu os danos causados pela antracnose em 80%.
Revestimento comestível	López-Zazueta <i>et al.</i> (2023)	Effect of chitosan with different molecular weights on the antifungal activity against <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> and activation of the non-enzymatic antioxidant	A quitosana com pesos moleculares Ch-55, Ch-25 e 13 kDa inibiram o desenvolvimento de <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> , demonstrando efeitos fungicidas comparáveis ao tiabendazol. Ch-55 kDa reduziu a incidência e severidade da antracnose e manteve a qualidade pós-colheita dos mamões. Além disso, Ch-55 e Ch-13 kDa aumentaram a síntese de ácido ascórbico,

		system on infected papaya	fenólicos totais e a capacidade antioxidante. Assim, Ch-55 kDa é uma alternativa eficaz para proteção contra <i>C. gloeosporioides</i> e estimula o sistema antioxidante não enzimático durante o armazenamento dos mamões.
Indutor de resistência	Nasahi <i>et al.</i> (2022)	Effect of calcium chloride on reducing <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> (Penz.) Sacc.	No décimo dia após a aplicação, a intensidade do ataque da doença não mostrou resultados significativos. No entanto, o ensaio <i>in vivo</i> indicou que a concentração de 8% de cloreto de cálcio (CaCl ₂) pode inibir o crescimento de <i>C. gloeosporioides</i> em até 20,93%. Os mamões tratados com 8% de CaCl ₂ foram totalmente infectados no quinto dia, enquanto aqueles tratados com concentrações de 2%, 4%, 6% e o controle foram infectados no terceiro dia. O tratamento com 8% de CaCl ₂ suprime a incidência e a gravidade da antracnose.
Indutor de resistência (silício nas formas silicato de potássio e silicato de sódio)	Vidal-Vergara <i>et al.</i> (2022)	Antifungal effect of silicon against anthracnose on fruit in Papaya Maradol	O silicato de potássio nas concentrações de 3,0 e 2,5% foram mais eficazes para inibir o crescimento micelial de <i>C. brevisporum</i> (93 e 91%, respectivamente) <i>in vitro</i> , e o silicato de sódio nessas mesmas concentrações inibiram totalmente o crescimento micelial do fungo. <i>In vivo</i> , silicato de potássio a 1,5% e silicato de sódio a 1,0% preveniram consistentemente a incidência de antracnose (6,3 e 0,0%, respectivamente) e todos os tratamentos com silicato de sódio reduziram consistentemente a severidade da antracnose.
Ozônio na forma líquida	Costa <i>et al.</i> (2021)	Use of ozonated water to control anthracnose in papaya (<i>Carica papaya</i> L.) and its effect on fruit quality	A aplicação de ozônio dissolvido em água a 0,8 mg L ⁻¹ por até 160 min é uma alternativa viável para controlando a severidade da antracnose em mamão pós-colhido da variedade Golden, sem afetando negativamente a qualidade dos frutos.
Combinação de revestimento comestível com óleo essencial	Landi <i>et al.</i> (2021)	Changes in gene expression and postharvest decay inhibition of papaya (<i>Carica papaya</i> L.) treated with chitosan and <i>Ruta graveolens</i> L. essential oil alone and in combination	A junção da quitosana com o óleo essencial de <i>Ruta graveolens</i> L foram capazes de reduzir a deterioração pós-colheita e afetar a expressão gênica em mamão.
Controle biológico com <i>Trichosporon asahii</i>	Hassan <i>et al.</i> (2021)	Selecting antagonistic yeast for postharvest biocontrol of <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> in papaya fruit and possible	Das 110 cepas isoladas, cinco cepas mostraram mais de 55% de inibição do crescimento radial de <i>C. gloeosporioides</i> . A cepa F001, identificada como <i>Trichosporon asahii</i> , demonstrou a maior atividade biocontroladora, com reduções de 66,7% na

		mechanisms involved	incidência da doença e 25% na severidade da doença em testes <i>in vivo</i> .
Óleo essencial em combinação com cera de carnaúba	Nascimento (2020)	Cobertura enriquecida com óleos essenciais no controle de <i>Colletotrichum truncatum</i> e <i>Alternaria alternata</i> em mamão	A cera de carnaúba incorporada com óleo essencial de <i>Cymbopogon flexuosus</i> e de <i>Cymbopogon martini</i> a 0,25% controlou a antracnose em frutos de mamão.
Combinação de revestimento biodegradável com tratamento hidrotérmico	Villaplana <i>et al.</i> (2020)	Combination of hot water treatment and chitosan coating to control anthracnose in papaya (<i>Carica papaya</i> L.) during the postharvest period	O tratamento combinado de imersão em água quente e revestimento de quitosana a 20g L ⁻¹ (HW-CH20) foi mais eficaz do que a imersão em água quente isoladamente ou o tratamento com fungicida sintético. Este método reduziu a severidade da antracnose e manteve os parâmetros físico-químicos e sensoriais dos mamões durante o armazenamento refrigerado e a vida útil.
Radiação ultravioleta	Terão <i>et al.</i> (2019)	Aplicação da radiação ultravioleta-C para controle da podridão peduncular do mamão	Em frutos, doses $\geq 0,5$ kJ m ⁻² prolongaram o período de incubação e diminuíram a taxa de progresso da podridão peduncular, sendo ótima a dose considerada entre 0,5 e 1,5 kJ m ⁻² . A epiderme do mamão é sensível à radiação UV-C, portanto a aplicação desta radiação deve ser direcionada apenas ao pedúnculo, e o restante do fruto dever ser protegido.
Ozônio na forma gasosa	Silva Neto <i>et al.</i> (2019)	Ozone slows down anthracnose and increases shelf life of papaya fruits	O uso de ozônio reduziu a severidade da antracnose a curto prazo (3,3 ppm) e a longo prazo (1,5 ppm), demonstrando eficácia comparável ao fungicida comercial. Além disso, o ozônio prolongou a vida útil dos frutos de mamão em sete dias e manteve sua qualidade pós-colheita.
Controle biológico com <i>Stenotrophomonas rhizophila</i> e <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	Chiquito-Contreras <i>et al.</i> (2019)	Effect of marine bacteria and ulvan on the activity of antioxidant defense enzymes and the bio-protection of papaya fruit against <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> .	As bactérias marinhas <i>S. rhizophila</i> e <i>B. amyloliquefaciens</i> inibiram o crescimento <i>in vitro</i> de <i>C. gloeosporioides</i> ; Além disso, a aplicação de bactérias marinhas e raios UV na mamão protege contra a antracnose.
Controle biológico com <i>Debaryomyces hansenii</i>	Hernandez-Montiel <i>et al.</i> (2018)	Mechanisms employed by <i>Debaryomyces hansenii</i> in biological control of anthracnose disease on papaya fruit	A <i>D. hansenii</i> tem um grande potencial como agente de biocontrole contra a antracnose causada por <i>C. gloeosporioides</i> em frutos de mamão Maradol. Os modos potenciais de ação podem incluir a produção de compostos orgânicos voláteis e enzimas líticas e competição por nutrientes e espaço.

Controle biológico integrado ao indutor de resistência (bicarbonato de sódio)	Ferreira <i>et al.</i> (2018)	A safe method to control the anthracnose in papaya	A levedura apresentou redução de severidade da doença em 93,7%, o bicarbonato de sódio em 100%, e o controle biológico integrado ao bicarbonato de sódio demonstrou redução de 84,4%.
Combinação de radiação ultravioleta, revestimento biodegradável e óleo essencial	Vázquez-Ovando <i>et al.</i> (2018)	Uso combinado de radiación UV-C y biorecubrimiento de quitosán con aceites esenciales para el control de hongos en papaya Maradol	O efeito sinérgico do uso de biorrecobrimento de quitosana com óleos essenciais e energia UV-C controlam o desenvolvimento de fungos causadores de antracnose e podridão branca em frutos de mamão Maradol.
Óleo essencial combinado com revestimento biodegradável	Zillo <i>et al.</i> (2018)	Carboxymethylcellulose coating associated with essential oil can increase papaya shelf life	O óleo essencial de <i>L. sidoides</i> apresentou atividade antifúngica dose-dependente <i>in vitro</i> e sua associação com carboximetilcelulose foi eficiente na redução da severidade da antracnose em mamões, quando aplicado de forma preventiva.
Indutor de resistência	Demartelaere <i>et al.</i> (2017)	Elicitors on the control of anthracnose and post-harvest quality in papaya fruits	Os elicitores fosfito de potássio, Rocksil® e Ecolife® foram eficazes em reduzir os sintomas da antracnose em frutos de mamoeiro após 12 dias de armazenamento.
Tratamento hidrotérmico combinado com indutor de resistência (cloreto de cálcio)	Ayón-Reyna <i>et al.</i> (2017)	Effect of the Combination Hot Water - Calcium Chloride on the <i>In vitro</i> Growth of <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> and the Postharvest Quality of Infected Papaya	<i>In vitro</i> , os conídios tratados com HW-Ca mostraram crescimento micelial e germinação reduzidos. <i>In vivo</i> , o tratamento com HW-Ca no mamão infectado atrasou em 5 dias o início dos sintomas de antracnose e preservou a qualidade pós-colheita do mamão. O tratamento combinado HW-Ca foi mais eficaz do que qualquer um dos tratamentos individuais tanto para inibir o desenvolvimento <i>in vitro</i> de <i>C. gloeosporioides</i> quanto para reduzir os efeitos negativos da antracnose do mamão. Esses resultados demonstram a eficácia do tratamento combinado HW-Ca na redução da antracnose e na melhoria da qualidade pós-colheita do mamão.

De acordo com o quadro 1, verificou-se que o uso de óleos essenciais, controle biológico e indutores de resistência são as formas de controle mais estudadas nos últimos 7 anos. Observa-se que o controle químico está deixando de ser a principal fonte de controle do fungo *Colletotrichum* spp. em frutos de mamão (Figura 1), representando apenas 4.2% dos resultados encontrados na presente revisão de literatura.

Entre 2017 e 2025, os óleos essenciais foram amplamente adotados para controlar a antracnose em frutos de mamão representado 25% de todos os trabalhos analisados (Figura 1), esse resultado se deve provavelmente à sua eficácia no combate a antracnose e aos benefícios adicionais, como a redução do impacto ambiental e a promoção de uma agricultura mais saudável e segura.

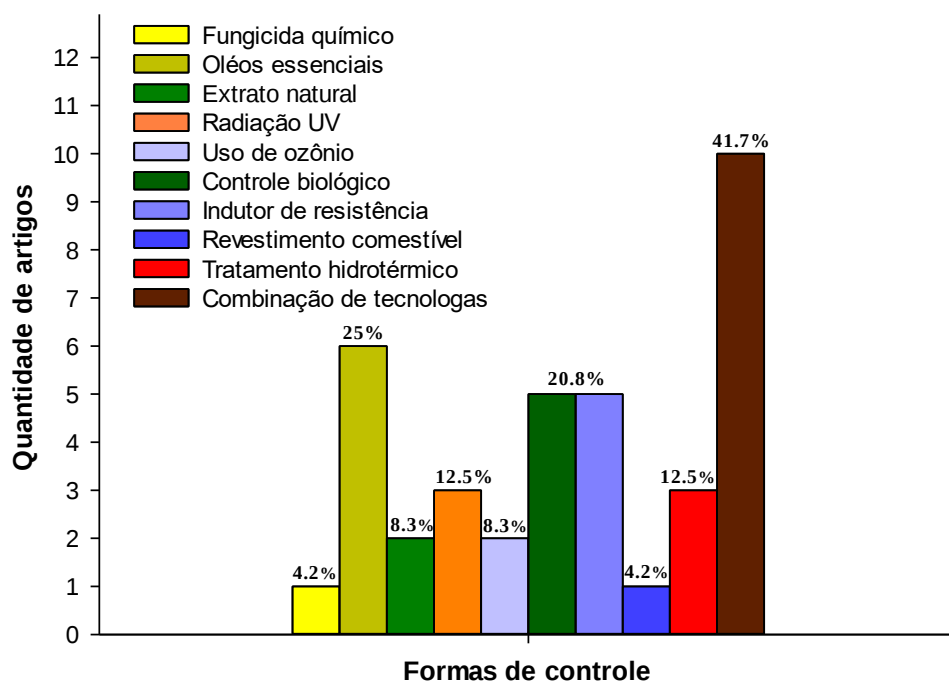


Figura 1. Quantidade de artigos encontrados nas plataformas Scopus, Web of Science e google acadêmico referentes sobre as formas de controle da antracnose em frutos de mamão no período de 2017-2025. Fonte: elaborado pelo autor, 2025.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A revisão sobre métodos de controle para antracnose foi essencial, pois essa doença, causada por fungos do gênero *Colletotrichum* spp., afeta diversas culturas agrícolas, resultando em grandes perdas de produção.

A identificação de métodos mais eficazes contribui para o desenvolvimento de estratégias de manejo mais eficientes e sustentáveis na pós-colheita em mamões.

Os dados obtidos evidenciaram que o uso de óleos essenciais podem ser uma excelente alternativa para minimizar as doenças pós-colheita que comprometem os frutos do mamão e por não deixar resíduos que comprometam a saúde do consumidor. Entretanto faz-se necessário e importante o desenvolvimento de produtos comerciais à base destes óleos e ou dos extratos naturais, para o incremento e aprimoramento do uso mais expressivo para o controle da doença.

A utilização da combinação de diferentes tecnologias mostrou-se como uma das estratégias mais representativas no controle da antracnose em pós-colheita de mamão.

6 REFERÊNCIAS

Access to European Union law. Regulation (EC) No 396/2005 of the European Parliament and of the Council. Disponível em: <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32005R0396>>. Acesso em: 27 fev. 2025.

ALIAS, S.R. *et al.* Utilização do tratamento com água quente na cultura do mamão (*Carica mamão* L. cv. Exótica II) para elucidar a resistência a doenças e manter a qualidade pós-colheita. **Revista Internacional de Pesquisa, Alimentar**, v.30, n. 3, p. 577 – 590, 2023.

AYÓN-REYNA L. E. *et al.* Effect of the Combination Hot Water - Calcium Chloride on the *In Vitro* Growth of *Colletotrichum gloeosporioides* and the Postharvest Quality of Infected Papaya. **Plant Pathol J.** 2017 Dec;33(6):572-581.

BORDOH, P. K. *et al.* A review on the management of postharvest anthracnose in dragon fruits caused by *Colletotrichum* spp. **Crop Protection**, v. 130, p.105067, 2020.

CAO, Y. *et al.* Study on the antifungal activity and potential mechanism of natamycin Against *Colletotrichum fructicola*. **J. Agric. Food Chem.** v.71, 2023.

CHAN-CUPUL, W. *et al.* Efficacy of chemical fungicides against the anthracnose disease caused by *Colletotrichum gloeosporioides* in *Carica papaya* fruits. **Agro Productividad**, v. 17, n. 4, p. 35-45, 2024.

CHQUITO-CONTRERAS, R. G. *et al.* Effect of marine bacteria and ulvan on the activity of antioxidant defense enzymes and the bio-protection of papaya fruit against *Colletotrichum gloeosporioides*. **Antioxidants**, v. 8, n. 12, p. 580, 2019.

CIOFINI, A. *et al.* Management of post-harvest anthracnose: current approaches and future perspectives. **Plants**, v. 11, n. 14, p. 1856, 2022.

COSTA, D. S. *et al.* Extension of Solanaceae food crops shelf life by the use of elicitors and sustainable practices during postharvest phase. **Food and Bioprocess Technology**, v. 15, n. 2, p. 249-274, 2022.

COSTA, A. R. *et al.* Use of Ozonized Water to Control Anthracnose in Papaya (*Carica papaya* L.) and its Effect on the Quality of the Fruits, **Ozone: Science & Engineering**, v. 43, n. 4, p. 384–393, 2021.

DANTAS S. A. F. *et al.* Postharvest fungal diseases in papayas and oranges sold at the Recife Supply Center. **Brazilian Plant Pathology**, v. 28, n. 5, p.528-533. 2003.

DEMARTELAERE A.C.F. *et al.* Elicitors on the control of anthracnose and post-harvest quality in papaya fruits. **Pesquisa Agropecuaria Tropical**, v. 47, p. 211-217, 2017.

DIAS, B. L. *et al.* Control of papaya fruits anthracnose by essential oils of medicinal plants associated to different coatings. **Journal of Medicinal Plants Research**, v. 14, n. 6, p. 239-246, 2020.

DICKMAN, M. B.; ALVAREZ, A. M. Latente infection of papaya caused by *Colletotrichum gloeosporioides*. **Plant Disease**, v. 67, p. 748-750, 1983.

DROBY, S. *et al.* Characterization of the biocontrol activity of *Debaryomyces hansenii* in the control of *Penicillium digitatum* on grapefruit. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 35, n. 8, p. 794-800, 1989.

DROBY, S. *et al.* Twenty years of postharvest biocontrol research: Is it time for a new paradigm? **Postharvest biology and technology**, v. 52, n. 2, p. 137-145, 2009.

ELSABEE, M. Z.; ABDON, E. S. Chitosan based edible films and coatings: A review. **Materials science and engineering: C**, v. 33, n. 4, p. 1819-1841, 2013.

FALLIK, E. Prestorage hot water treatments (immersion, rinsing and brushing). **Postharvest biology and technology**, v. 32, n. 2, p. 125-134, 2004.

FAOSTAT. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/>>. Acesso em: 01 out. 2024.

FENG G. *et al.* Fungicidal activities of camptothecin semisynthetic derivatives against *Colletotrichum gloeosporioides* in vitro and in mango fruit. **Postharvest Biol. Technol**, v. 147, p.139-147, 2019.

FERRAZ ALMEIDA, R., MARTINS, J. C. C. Pontos de perdas de produção do Mamão Papaya (*Carica papaya* L.) na cadeia de pós-colheita na região de Linhares, Espírito Santo. **Revista de Extensão e Estudos Rurais**, v.11, n.1, 2022.

FERREIRA, M. E. S. *et al.* safe method to control the anthracnose in papaya. **Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal**, v. 40, n. 3, p.1-6, 2018.

GAO, J. Efficacy of pterostilbene inhibition of postharvest anthracnose on papaya fruit and antifungal mechanisms against *Colletotrichum gloeosporioides*. **Postharvest Biology and Technology**, v. 221, p. 1-16, 2025.

HASSAN, H. *et al.* Selecting antagonistic yeast for postharvest biocontrol of *Colletotrichum gloeosporioides* in papaya fruit and possible mechanisms involved. **Agronomy**, v. 11, n. 4, p. 760, 2021.

HEJAZI, M.; GRANTB, J. H.; PETERSONC, E. Trade impact of maximum residue limits in fresh fruits and vegetables. **Food Policy**, v. 106, p. 1-12, 2022.

HERRERA-PARRA, E. *et al.* Antifungal effect of *Bonellia flammea* extracts against *Colletotrichum magnum* in postharvest fruits of *Carica papaya* cv. Maradol. **Journal of Plant Diseases and Protection**, v. 131, p. 1685–1694, 2024.

HERNANDEZ-MONTIEL, L. G. *et al.* Mechanisms employed by *Debaryomyces hansenii* in biological control of anthracnose disease on papaya fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 139, p. 31-37, 2018.

LI, X. *et al.* The use of *Trichoderma* species for the biocontrol of postharvest fungal decay in fruits and vegetables: Challenges and opportunities. **Postharvest Biology and Technology**, v. 219, p. 113236, 2025.

LANDI, L. *et al.* Chitosan Coating Enriched With *Ruta graveolens* L. Essential Oil Reduces Postharvest Anthracnose of Papaya (*Carica papaya* L.) and Modulates Defense-Related Gene Expression. **Frontiers in Plant Science**, v. 12, p. 1-14, 2021.

LIMA, G. P. *et al.* Influência dos Fatores Abióticos na Produção e Variabilidade de Terpenóides em Plantas. **Floresta e Ambiente**, v.10, n.2, p.71-77. 2013.

LÓPEZ-ZAZUETA, B. A. *et al.* Effect of chitosan with different molecular weights on antifungal activity against *Colletotrichum gloeosporioides* and activation of the non-enzymatic antioxidant system in infected papaya, **J. Food Sci.** v. 88, p.1979–1993, 2023.

LUCENA, C. C. *et al.* **Aspectos socioeconômicos**. In: OLIVEIRA, A. M. G.; MEISSNER FILHO, P. E. A cultura do mamoeiro. Ed. 1, Brasília-DF, Editores Técnicos – EMBRAPA, p. 9- 40, 2021.

KOUL, B. *et al.* *Carica papaya* L.: A Tropical Fruit with Benefits beyond the Tropics. **Diversity**, v. 14, n. 8, 2022.

MORANDI, M. A. B; BETTIOL, W. **Controle Biológico de Doenças de Plantas no Brasil**. In: Biocontrole de Doenças de Plantas: Uso e Perspectivas. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, cap. 9, p. 140, 2009.

MORAIS, M. A. S. *et al.* **Efeito de diferentes doses de UV pulsada no controle de fungos em fruto de mamão destinados à exportação**. Resumo apresentado no III CBPC – Congresso Brasileiro de Processamento Mínimo e Pós-Colheita de Frutas, Flores e Hortaliças, Piracicaba – SP, 2024.

MOREIRA, A. C. P. *et al.* Chemical composition and antifungal activity of *Hyptis suaveolens* (L.) poit leaves essential oil against *Aspergillus* species. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 41, p. 28-33, 2010.

MONTEON-OJEDA, A. *et al.* Evaluación de estrategias de manejo ecológico de antracnosis de la papaya en campo y poscosecha. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v. 27, n. 98, 2024.

NASCIMENTO, M. T. A. **Cobertura enriquecida com óleos essenciais no controle de *Colletotrichum truncatum* e *Alternaria alternata* em mamão**. 42f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Mossoró-RN, 2020.

NASAHI, C. *et al.* Effect of calcium chloride on reducing *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. infection on post-harvest fruits of *Carica papaya* L.. **Res. Crop.** v.23, p.608-612, 2022.

PRAJAPATI *et al.* Studies on biochemical changes and changes in cell wall degrading enzymes in papaya fruit inoculated with *colletotrichum demetium*

International Journal of Current, Microbiology and Applied Sciences v.6, n.7, p.1953-1961, 2027.

RAAIJMAKERS, J. M.; BRUIJN, I.; NYBROE, O.; ONGENA, M. Natural functions of lipopeptides from *Bacillus* and *Pseudomonas*: more than surfactants and antibiotics. **FEMS Microbiol Ver**, n. 34, p. 1037–1062, 2010.

RASHID, M.H.A. *et al.* Effects of non-chemical treatments on postharvest diseases, shelf life and quality of papaya under two different maturity stages: maturity stage and shelf-life extension of papaya. **J. Bangladesh Agric. Univ.**, v.17 n.1, p. 4-25, 2019.

RIFNA, E. J., RAMANAN, K. R., & MAHENDRAN, R. Emerging technology applications for improving seed germination. **Trends in Food Science & Technology**, v. 86, p. 95–108., 2019.

RAO, A. *et al.* Mechanism of antifungal activity of terpenoid phenols resembles calcium stress and inhibition of the TOR pathway. **Antimicrobial agents and chemotherapy**, v. 54, n. 12, p. 5062-5069, 2010.

RAO, J.; CHEN, B.; McClements, D. J. *et al.* Improving the efficacy of essential oils as antimicrobials in foods: mechanisms of action. **Annual Review of Food Science and Technology**, v. 10, n. 1, 2019.

RODRIGUES, J. P. *et al.* Current technologies to control fungal diseases in postharvest papaya (*Carica papaya* L.). **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v.36, 2021.

SANTOS FILHO, H. P.; OLIVEIRA, A. A. R. **Doenças causadas por fungos, oomicetos e bactérias**. In: OLIVEIRA, A. M. G.; MEISSNER FILHO, P. E. A cultura do mamoeiro. Ed. 1, Brasília-DF, Editores Técnicos – EMBRAPA, p. 237-275, 2021.

SHAFI, J., TIAN, H., MINGSHAN, J. I. *Bacillus* species as versatile weapons for plant pathogens: a review. **Biotechnology & Biotechnological Equipment**, v. 31, n. 3, p. 446-459, 2017.

SILVA NETO, O. P. *et al.* Ozone slows down anthracnose and increases shelf life of papaya fruits. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 41, p. e-439, 2019.

SUTTHISA, W. *et al.* Development of *Trichoderma* formulation and application to control durian anthracnose disease. **Trends in Sciences**, v. 21, n. 1, p. 7276-7276, 2024.

TEODOSIO, A. E. M. M. **Qualidade pós-colheita do mamão “Golden” (Carica papaya L.) utilizando recobrimentos biodegradáveis.** Trabalho de conclusão de curso – Curso de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa . 2014. 50f.

TERAO, D. *et al.* **Aplicação da radiação ultravioleta-C para controle da podridão peduncular do mamão.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2019. 20 p. il. color. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Meio Ambiente, 1516-4675; 81)

USALL, J. *et al.* Physical treatments to control postharvest diseases of fresh fruits and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, v. 122, p. 30-40, 2016.

VÁZQUEZ-OVANDO, A. *et al.* Uso combinado de radiación UV-C y biorecubrimiento de quitosán con aceites esenciales para el control de hongos en papaya Maradol. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, 2018, v. 40, n. 3, p.1-12, 2018.

VIDAL-VERGARA, A. A. *et al.* Antifungal effect of silicon against anthracnose on fruit in Papaya Maradol. **Silicon**, v. 14, p. 8243-8254, 2022.

VILAPLANA, R. *et al.* Combination of hot water treatment and chitosan coating to control anthracnose in papaya (*Carica papaya* L.) during the postharvest period. **Crop Protection**, v. 128, p. 105007, 2020.

ZHANG, B. *et al.* Integrated application of transcriptomics and metabolomics provides insights into the antifungal activity of α -phenylcinnamic acid against *Colletotrichum gloeosporioides*. **Postharvest Biol. Technol**, v. 186, 111834, 2022.

ZILLO, R. R. *et al.* Carboxymethylcellulose coating associated with essential oil can increase papaya shelf life. **Scientia Horticulturae**, v. 239, p. 70-77, 2018.