

INSTITUTO FEDERAL
GOIANO
Câmpus Rio Verde

ENGENHARIA AMBIENTAL

**POTENCIAL FUNGICIDA DO ÓLEO ESSENCIAL DA CASCA
DE LARANJA (CITROS): REVISÃO DE LITERATURA**

LAURIANE SOUSA SANTOS

Rio Verde, GO

2024

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO- CAMPUS RIO VERDE
ENGENHARIA AMBIENTAL**

**POTENCIAL FUNGICIDA DO ÓLEO ESSENCIAL DA CASCA DE
LARANJA (CITROS): REVISÃO DE LITERATURA**

LAURIANE SOUSA SANTOS

Trabalho de Curso apresentado ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Prof (a). Dr. Cassia Cristina Fernandes Alves

Rio Verde – GO

Abril, 2024

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

S237p Santos, Lauriane Sousa
POTENCIAL FUNGICIDA DO ÓLEO ESSENCIAL DA CASCA DE
LARANJA (CITROS): REVISÃO DE LITERATURA / Lauriane
Sousa Santos; orientadora Cassia Cristina Fernandes
Alves . -- Rio Verde, 2024.
32 p.

TCC (Graduação em Engenharia Ambiental) --
Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2024.

1. Agricultura sustentável. 2. Produtos naturais.
3. Fitopatógenos. 4. Resíduos agroindustriais. I.
Alves , Cassia Cristina Fernandes, orient. II. Título.

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, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, 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 (doutorado) | <input type="checkbox"/> Artigo científico |
| <input type="checkbox"/> Dissertação (mestrado) | <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 |

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Lauriane Sousa Santos

Matrícula:

2017102200740149

Título do trabalho:

POTENCIAL FUNGICIDA DO ÓLEO ESSENCIAL DA CASCA DE LARANJA (CITROS): REVISÃO DE LITERATURA

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 17 /05 /2024

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:

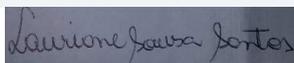
- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto 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;
- Que 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.

Rio Verde, Goiás

17 /05 /2024

Local

Data



Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:



Assinatura do(a) orientador(a)



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

Ata nº 42/2024 - DPGPI-RV/CMPRV/IFGOIANO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Ao(s) vinte e nove dia(s) do mês de abril de 2024, às 14 horas e 00 minutos, via Google Meet, reuniu-se a banca examinadora composta pelos docentes: Cassia Cristina Fernandes (orientadora), Celso Martins Belisário (membro) e Fabisleine Vieira Cabral (membro), para examinar o Trabalho de Curso intitulado “POTENCIAL FUNGICIDA DO ÓLEO ESSENCIAL DA CASCA DE LARANJA (CITROS): REVISÃO DE LITERATURA” do(a) estudante Lauriane Sousa Santos, Matrícula nº 2017102200740149 do Curso de Bacharel em Engenharia Ambiental do IF Goiano – Campus Rio Verde. A palavra foi concedida ao(a) estudante para a apresentação oral do TC, houve arguição da candidata pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela APROVAÇÃO do(a) estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora.

Cassia Cristina Fernandes

Orientador(a)

Celso Martins Belisário

Membro

Fabisleine Vieira Cabral

Membro

Patrícia Caldeira de Souza

Mediadora de TC

Documento assinado eletronicamente por:

- Fabisleine Vieira Cabral Gualberto, 2023202320140002 - Discente, em 30/04/2024 16:15:13.
- Celso Martins Belisario, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 29/04/2024 16:17:47.
- Cassia Cristina Fernandes Alves, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 29/04/2024 15:31:19.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 29/04/2024. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 596776

Código de Autenticação: 2dac0eab15



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Rio Verde

Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, 01, Zona Rural, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970

(64) 3624-1000

DEDICATÓRIA

Dedico aos meus pais Joenildo e Cleide,
que sempre incentivaram eu e minhas irmãs à
busca pelo conhecimento.

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer primeiramente a Deus por ter me sustentado até aqui, por ter me concedido força nos momentos de dificuldade, momentos esses que muitas vezes pareciam perdidos.

Agradeço aos meus pais Joenildo e Cleide, e as minhas irmãs Lidiane e Larissa, que sempre me incentivaram a estudar, e que nos momentos de dificuldade estiveram presentes com um conselho, uma palavra de ânimo, uma oração, um abraço. Meu muito obrigado, amo vocês.

A minha família, tanto materna quanto paterna, obrigada a cada um que esteve comigo me apoiando de todas as formas.

Aos meus colegas e amigas de faculdade, Aline Fernandes, Aline de Jesus, Fernanda, Ingrid, Lorryna, Pâmela, Renata, entre outros, que fizeram parte dessa trajetória. Desejo sucesso a cada uma de vocês e as levarei sempre em meu coração.

A minha orientadora maravilhosa, professora Cássia, obrigada pela paciência e por todo aprendizado durante todos esses anos de iniciação científica. Agradeço também a todos os professores do curso de Engenharia Ambiental que contribuíram para que esse objetivo fosse alcançado.

Aos meus colegas do Laboratório de Química de Produtos Naturais que estiveram presentes durante os anos de iniciação científica.

Gratidão!

RESUMO

SANTOS, Lauriane Sousa. **Potencial fungicida do óleo essencial da casca de laranja (citros): Revisão de Literatura.** 2024. 28p. Monografia (Curso de Bacharelado de Engenharia Ambiental). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Câmpus Rio Verde, Rio Verde, GO, 2024.

Com o objetivo de alcançar a sustentabilidade, os planos de gestão de resíduos buscam tanto o adequado gerenciamento quanto a redução desses resíduos no meio ambiente. Na indústria alimentícia de frutas cítricas, no processo para obtenção de sucos e polpas, uma grande quantidade de resíduos é gerada. Extratos vegetais e óleos essenciais, são exemplos de subprodutos que podem ser obtidos a partir dos resíduos agroindustriais. Estudos têm demonstrado que estes produtos naturais, têm sido utilizados com sucesso no combate a fungos fitopatogênicos. Deste modo, objetivou-se com o presente estudo realizar uma revisão bibliográfica sobre o potencial fungicida do óleo essencial da casca de laranja de diferentes espécies de citros. Foram realizadas consultas no Science Direct e Google Acadêmico, utilizando as palavras-chaves óleo essencial, atividade antifúngica, laranja, citros, fungicida. Com base nas pesquisas publicadas, foi comprovado a eficácia desses óleos essenciais no combate de fitopatógenos. Assim, a busca por alternativas sustentáveis na gestão de resíduos pode não apenas contribuir para a preservação do meio ambiente, mas também resultar em aplicações benéficas na agricultura.

Palavras-chave: agricultura sustentável, produtos naturais, fitopatógenos, resíduos agroindustriais

ABSTRACT

SANTOS, Lauriane Sousa. **Fungicidal potential of orange peel essential oil (citrus): Literature Review.** 2024. 28p. Monograph (Bachelor's Degree in Environmental Engineering). Federal Institute of Education, Science and Technology Goiano – Rio Verde Campus, Rio Verde, GO, 2024.

With the aim of achieving sustainability, waste management plans seek both adequate management and the reduction of waste in the environment. In the citrus fruit food industry, in the process to obtain juices and pulps, a large amount of waste is generated. Plant extracts and essential oils are examples of by-products that can be obtained from agro-industrial waste. Studies have shown that these natural products have been used successfully to combat phytopathogenic fungi. Therefore, the aim of this study was to carry out a bibliographical review on the fungicidal potential of orange peel essential oil from different citrus species. Queries were carried out on Science Direct and Google Scholar, using the keywords essential oil, antifungal activity, orange, citrus, fungicide. Based on published research, the effectiveness of these essential oils in combating phytopathogens has been proven. Thus, the search for sustainable alternatives in waste management can not only contribute to the preservation of the environment, but also result in beneficial applications in agriculture.

Keywords: sustainable agriculture, natural products, phytopathogens, agro-industrial waste

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. METODOLOGIA.....	8
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	8
3.1. Produtos Naturais	8
3.2. Óleos Essenciais	9
3.3. Gênero <i>Citros</i> (Laranjas)	10
3.3.1. Composição química do óleo essencial de laranja	12
3.4. Atividade antifúngica de óleos essenciais de espécies de citros (laranjas)	13
3.4.1. <i>Colletotrichum</i>	13
3.4.2. <i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	15
3.4.3. <i>Aspergillus</i>	17
3.4.4. Demais Fitopatógenos que apresentaram efeito com o óleo essencial de laranja	19
4. PERSPECTIVAS E CENÁRIOS	20
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	22
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23
APÊNDICE	29

1. INTRODUÇÃO

O clima predominante no Brasil favorece a produção de frutas cítricas, com regiões que variam de temperaturas altas a mais baixas que permitem a existência de citriculturas com diferentes características. Segundo pesquisas, o país se destaca atualmente como o segundo maior produtor mundial de frutas cítricas, atendendo diversos mercados consumidores, tanto internos quanto externos (SIMAS et al., 2017).

No Brasil, mais da metade da produção de citros é direcionada para a preparação de sucos industrializados, principalmente de laranja. No processo para obtenção desses produtos são gerados resíduos, tais como cascas e sementes. Esses resíduos quando lançados no meio ambiente demoram meses para se decomporem, gerando poluição ambiental (AMORIM, 2016). A Política Nacional de Resíduos Sólidos Lei n.º 12.305/2010, apresenta o conceito de rejeito mais popularmente conhecido como lixo, como sendo aquele resíduo em que foram utilizadas todas as possibilidades de tratamento e reaproveitamento, e que não apresente outras alternativas de uso, que não seja a disposição final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010).

Diante disto, alternativas que permitem o descarte correto dos resíduos, tanto como a diminuição dos mesmos no meio ambiente são relevantes. Folhas, raízes, talos, cascas, sementes são exemplos de resíduos agroindustriais resultantes da atividade agrícola ou industrial. Estes resíduos possuem substâncias passíveis de reutilização e grande potencial econômico, podendo ser reaproveitados após a obtenção de seus produtos principais, agregando valor a matéria prima que seria destinada a aterros, e gerando novos produtos (PUGA, 2015). Óleos essenciais e extratos vegetais, são exemplos de subprodutos oriundos da laranja, com diversas aplicações nas indústrias de tintas, cosméticos, fármacos e de alimentos (BENELLI, 2010; SIMAS et al., 2017).

A casca dos frutos de citros possui diversos metabólitos secundários, encarregados por sua proteção contra fatores bióticos e abióticos, como terpenoides, carotenoides, cumarinas, furanocumarinas e flavonoides. Esses compostos estão presentes em extratos e óleos essenciais de citros, e em virtude disso têm despertado interesse dos pesquisadores por possuírem atividades antibacteriana, antifúngica, antioxidante, dentre outras (GERHARDT et al., 2012).

A utilização de extratos e óleos essenciais como controle alternativo de fungos fitopatogênicos na agricultura vem sendo estudados, visto que são utilizadas substâncias obtidas de fontes naturais, método que vem sendo bem sucedido por se utilizar produtos mais sustentáveis (SOUSA; SERRA; MELO, 2012). Como método de controle destes fungos são

utilizados fungicidas, que apesar de apresentarem certa eficiência, podem gerar problemas ambientais e a saúde humana.

Dentre os fungos fitopatógenos que são utilizados fungicidas convencionais em seu controle, se encontra o *Sclerotinia sclerotiorum*, que acomete a soja causando na mesma uma doença chamada mofo branco, ou podridão branca da haste. Diante de todos os fatores que reduzem a produção de alimentos, as doenças causadas por fungos são de grande impacto nas lavouras. O uso constante de agroquímicos na agricultura, aumentam a resistência do fitopatógeno aos mesmos. Além disso, causam contaminação no solo, água, entre outros (SILVA, 2020).

Diante do exposto, torna-se importante o estudo e a elaboração de produtos obtidos de fontes naturais no combate a estes e outros fungos. Sendo assim, objetivou-se com o presente estudo realizar uma revisão bibliográfica sobre o potencial fungicida do óleo essencial da casca de laranja de diferentes espécies de citros: *Fortunella* e *Citrus*.

2. METODOLOGIA

As bases de dados utilizadas foram o Science Direct e o Google Acadêmico. As pesquisas foram realizadas utilizando as seguintes palavras-chave, combinadas com o operador booleano "and": “óleo essencial”, “atividade antifúngica”, “laranja”, “citros”, “fungicida”. Após a coleta de dados e realização das buscas, procedeu-se à análise de cada estudo identificado, visando destacar aqueles com informações significativas relacionadas ao tema do estudo em questão. Para a elaboração deste trabalho de conclusão de curso, foram consultados trabalhos acadêmicos abrangendo um período de 27 anos, enquanto os resultados apresentados se baseiam em fontes dos últimos 16 anos.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Produtos Naturais

Até a metade do século XIX os produtos naturais foram utilizados para o controle de pragas e doenças agrícolas em lavouras. Já no início do século XX começaram a ser adotados produtos com maior toxidez. Neste período não havia ainda a preocupação sobre o uso constante destes produtos para o meio ambiente, apesar de que já havia estímulos para substituição desses por produtos com menor toxicidade ao homem. Ao longo da Segunda

Guerra Mundial, extensas áreas usadas para cultivar plantas utilizadas como defensivos naturais foram extintas ou tiveram suas atividades encerradas (DE MORAIS, 2009).

Sendo assim, os produtos sintéticos para o controle fitossanitário começaram a ser utilizados na substituição dos naturais. Com o passar dos anos problemas começaram a ocorrer, devido a utilização desenfreada destes produtos. Os produtores notaram que a utilização de agrotóxicos causava a erradicação de microrganismos benéficos, aumentava a resistência dos patógenos aos mesmos, o que requeria maiores aplicações desses produtos e até mesmo a substituição por novos quando eles perdiam a eficiência, gerando um maior desequilíbrio no ambiente. Na década de 1970 foi necessário resgatar o uso de substâncias naturais, bem como a utilização do controle biológico. E desde então, pesquisadores buscam por práticas agrícolas sustentáveis que substituem os métodos convencionais de controle (DE MORAIS, 2009).

Os produtos naturais estão sendo utilizados na agricultura como alternativa ao controle de fungos fitopatogênicos. Pesquisas envolvendo a procura de fungicidas obtidos de plantas vem se ampliando nos últimos 20 anos. Tem-se constatado na literatura, que o uso de extratos vegetais pode servir como método de controle para diversos patógenos, como o controle de *Fusarium proliferatum* por extratos de alho e capim santo, *Colletotrichum gloeosporioides* por extratos de melão-de-são-caetano e eucalipto e *Bipolaris sorokiniana*, por extrato de cânfora (SANTOS et al., 2013). Dongre (2023) citou em seus estudos que os óleos essenciais obtidos de seis variedades diferentes de *Citrus sinensis*, apresentaram potencial antifúngico contra *Penicillium digitatum*, *Penicillium italicum*, *Penicillium expansum*, *Fusarium proliferatum* e *Mucor hiemalis*.

As plantas possuem compostos bioativos que têm como função protegê-las de ataques microbiológicos, eles podem ser extraídos na forma de óleos essenciais de diferentes partes da mesma, tais como folhas, caule, raízes, sementes, flores e frutos. Os produtos naturais têm função importante no desenvolvimento dos medicamentos, essas substâncias químicas apresentam também propriedades medicinais benéficas ao homem, como ação anti-inflamatória, antibacteriana, antifúngica e antioxidante (HOU et al., 2022).

3.2. Óleos Essenciais

Não é dos dias de hoje em que se utiliza os óleos essenciais extraídos de plantas, essa atividade já era exercida na idade média por alquimistas. Contudo, essa prática teve aumento significativo com o surgimento da análise espectroscópica, que identificam com mais eficiência a composição química dos óleos essenciais. Devido a essas novas técnicas de análise, é possível

que muitos estudos abordem o uso dos óleos essenciais e extratos vegetais, principalmente no desenvolvimento de produtos alternativos (BERLINCK et al., 2017; MORAES, 2022).

Óleos essenciais são misturas de compostos orgânicos voláteis produzidos como metabólitos secundários pelas plantas, que atuam em seu sistema de defesa e proteção. Eles são extraídos a partir de diversas partes da planta através de vários métodos de extração, tais como hidrodestilação (BURT, 2004; REZENDE, 2020).

Os métodos de extração dos óleos essenciais são normalmente agrupados em técnicas convencionais e não tradicionais. Além da hidrodestilação, são também métodos convencionais a destilação a vapor, a extração por solvente, a coação, a maceração, entre outros. Apesar dessas técnicas citadas serem as mais utilizadas, elas apresentam algumas limitações como pouca eficácia, longo tempo de extração, perda de compostos voláteis, degradação de compostos insaturados e resquícios de solventes tóxicos. Diante disso, foram desenvolvidas técnicas alternativas e avançadas, como métodos de fluido supercrítico (SCF), extração assistida por micro-ondas e extração assistida por ultrassom (EAU) (HOU et al., 2022; WANG; WELLER, 2006).

Mais de 20 compostos diferentes podem ser identificados na composição dos óleos essenciais, eles são representados pelos seus compostos majoritários. Hidrocarbonetos, aldeídos, cetonas, óxidos, ésteres e ácidos orgânicos são algumas das diversas classes de compostos que são encontrados. Os componentes dos óleos essenciais das plantas pertencem a dois grupos químicos distintos, os terpenos mais numerosos e os fenilpropanóides menos abundantes. É notável que sempre que os fenilpropanóides são encontrados, os terpenos também são. Biogeneticamente, os fenilpropanóides e os terpenóides têm sua origem em uma variedade de processos metabólicos primários, e aqueles que antecedem são formados mediante a utilização de muitos caminhos biossintéticos (HOU et al., 2022; REZENDE, 2020).

Devido às propriedades biológicas dos óleos essenciais (antimicrobianas, antifúngicas, antioxidantes, antiparasitárias), pesquisas atuais estão utilizando os óleos essenciais oriundos de plantas no controle de pragas na agricultura (REZENDE, 2020).

3.3. Gênero *Citros* (Laranjas)

Tem relatos de que os cítricos tiveram origem no Sudeste Asiático, com uma maior concentração no sopé do Himalaia. O cultivo das plantas cítricas foi inserido no Brasil quando ele era colônia de Portugal. A diversidade de climas predominante no País e outras condições melhores disponíveis para o crescimento do vegetal do que no país de origem, favoreceram a produção de frutas cítricas em todos os estados brasileiros, com diferentes peculiaridades

(LOPES et al., 2011; SIMAS et al., 2017; ZAHR et al., 2023). Segundo a Organização para a Alimentação e Agricultura, o cultivo das frutas cítricas se encontra atualmente em mais de 80 países. Devido as incontáveis vantagens na saúde, aroma e sabor agradável, essas frutas conquistaram popularidade (ZAHR et al., 2023).

Os citros englobam as plantas do gênero *Citrus*, *Fortunella* e *Poncirus* ou híbridos da família Rutaceae (LOPES et al., 2011). *Citrus* é um gênero de plantas pertencente à família Rutaceae, que apresenta mais de 2000 espécies divididas em 150 gêneros identificados no mundo. No Brasil, encontra-se 200 espécies e 33 gêneros dessa família (REZENDE, 2020). Laranjas, limas, toranjas, tangerinas, mandarinas e limões compõem as frutas dos gêneros *Citrus*. São consideradas as frutas mais plantadas mundialmente (SHARMA et al., 2017).

A espécie *Fortunella margarita* pertence ao gênero *Fortunella* e caracteriza-se por frutos que apresentam aroma, sabor ácido e uma menor quantidade de gomos. A casca possui compostos aromáticos pertencentes à classe dos óleos essenciais e é utilizada na forma in natura e na produção de doces em caldas e cristalizados (DE MENEZES FILHO e DE SOUZA CASTRO, 2019).

Dentre os *citros* mais relevantes para a economia brasileira encontra-se a laranja. A produção dessa fruta é responsável por fornecer empregos direta e indiretamente em campos rurais. 31% da produção mundial de laranja e 63,4% do volume global de suco de laranja, foram os resultados que o Brasil alcançou na safra de 2020/2021. Em relação a produção mundial de suco de laranja, o país obteve mais de 70% (LOPES et al., 2011; VIDAL, 2023).

O gênero *Citrus* é um dos mais conhecidos da família Rutaceae e engloba quase todas as laranjas disponíveis no mercado. É dividido entre as espécies que fazem parte do grupo *Citrus sinensis* e *Citrus aurantium*. Fazem parte das espécies *C. sinensis* a maior parte das laranjas e são consideradas as mais doces, como a laranja-lima, laranja-pêra, laranja-bahia e a laranja seleta. Enquanto as laranjas pertencentes a espécie *C. aurantium*, são conhecidas como sendo as laranjas mais amargas (SPODE, 2020).

A laranja (*C. sinensis*) é a principal cultura desse gênero, e uma das principais frutas que compõem a pauta de exportação do agronegócio brasileiro (ASSUNÇÃO, 2013; DUARTE et al., 2018). Em janeiro de 2021/2022 aproximadamente 48 milhões de toneladas de *C. sinensis* (laranja) foram produzidas em todo o mundo. Brasil, China, Estados Unidos, México e União Europeia foram os principais produtores. Muitos países estão utilizando essa fruta para fabricação de suco, foram usados 1,7 milhões de toneladas de laranja para essa atividade, no ano de 2021/2022 (DONGRE et al., 2023).

Em uma indústria de alimentos, no processo para obtenção de sucos, polpas congeladas e outros, são gerados resíduos como cascas e sementes. Estima-se que quase a metade da massa húmida dos frutos sejam resíduos oriundos de cascas dos citros. Esses resíduos possuem valor econômico, visto que apresentam muitos compostos, como flavonóides, carotenóides, fibra alimentar, açúcares, polifenóis, ácido ascórbico, oligoelementos e também açúcares que podem ser utilizados para fermentação na produção de bioetanol. Como forma de dar destinação a esses resíduos que seriam descartados no meio ambiente, diversas pesquisas vêm se desenvolvendo para melhorar a aplicação desses resíduos agroindustriais. A laranja, por exemplo, tem como produto principal o suco. Entretanto, óleos essenciais, extratos vegetais, farelo de polpa cítrica são subprodutos que podem ser obtidos (BENELLI, 2010; GERHARDT et al., 2012).

Além disso, as frutas cítricas de *C. sinensis* possuem bastante compostos com ações antibacterianas, antifúngicas, antioxidante, inseticida, antimicrobiana, antiparasitária e também no controle de doenças, como colesterol (DONGRE et al., 2023).

3.3.1. Composição química do óleo essencial de laranja

Divididas em duas partes: a não volátil e a volátil, o óleo essencial da casca da laranja é uma mistura complexa em que pode ser identificado em sua composição até 300 constituintes químicos. Carotenoides, flavonoides e coumarinas representam a fração não volátil, enquanto que a parte volátil é formada por aldeídos, cetonas, hidrocarbonetos terpênicos, como o limoneno, mirceno, valenceno e linalol, álcoois e ésteres, e representa 94 a 96% do total de óleo. Mais de 100 compostos em traços podem ser detectados na parte volátil do óleo essencial da casca de laranja (AZEVEDO, 2020).

Araújo Júnior (2009) identificou a composição química do óleo essencial da casca de três variedades de laranja: Perá, Lima e Mimo do Céu. Através da Cromatografia Gasosa acoplada a Espectrometria de Massas (CG/EM) foi identificado como componente majoritário o limoneno (38,9% a 86,1%).

Velázquez-Nuñez et al. (2013), também analisaram a composição química do óleo essencial da casca de laranja e identificaram o limoneno (96,6%) como o principal, seguido por outros terpenos, como mirceno (1,72%) e β - pineno (0,53%).

Rezende (2020) verificou a composição química do óleo essencial das duas variedades de *C. sinensis*, utilizando cromatografia gasosa, com detector por ionização de chama (CG-FID) e cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG-MS). Foi identificado 13 constituintes químicos no óleo essencial da casca de laranja-bahia e dez compostos no óleo

essencial da casca de laranja lima. O limoneno foi o principal monoterpeneo identificado nos óleos essenciais das cascas de laranja- lima (95,2%) e laranja-bahia (93,2%).

3.4 Atividade antifúngica de óleos essenciais de espécies de citros (laranjas)

3.4.1 Colletotrichum

São produzidas cerca de 800 milhões de toneladas de frutas anualmente no mundo. O Brasil é um dos principais países que contribuem para esses dados, entretanto a produção e qualidade da fruticultura é comprometida por fungos fitopatogênicos que atacam as lavouras tanto na pré -colheita quanto na pós colheita. Um desses fitopatógenos são os fungos do gênero *Colletotrichum*, agente infectante da antracnose (PEREIRA, 2016; REIS; BOITEUX; HENZ, 2009). Segundo pesquisas metade das perdas que ocorrem na agricultura são em alimentos frescos contaminados com a antracnose e diante disso é relevante que sejam adotados métodos de controle mais sustentáveis (BORDOH et al., 2020; PAULL et al., 1997).

Fitopatógenos podem afetar todas as partes do vegetal: frutos, ramos, folhas, panículas e flores. Nos frutos, a antracnose atinge em qualquer etapa de desenvolvimento. Além da perda da qualidade e quantidade, a doença também reduz a validade dos frutos devido à destruição do tecido, tornando-os menos atrativos para o mercado nacional e também para a exportação (PEREIRA, 2016; SERRA et al., 2011).

O gênero *Colletotrichum*, inclui várias espécies que causam antracnose, sendo o *Colletotrichum gloeosporioides* o principal agente etiológico. Monocotiledôneas e dicotiledôneas são espécies de plantas que são infectadas pela espécie *Colletotrichum gloeosporioides*, patógeno ubíquo e cosmopolita. Associada a uma enorme categoria de vegetais, esta doença é encontrada no mundo todo. Culturas de caju, mamões, uvas, citrinos, abacates, mangas, goiabas, pimentas, pitayas são infestadas por essa doença (ALI et al., 2016; AZEVEDO, 2020; BORDOH et al., 2020).

A antracnose tem início com um ou poucos patógenos específicos, seguida por uma grande infestação de patógenos secundários que surgem após a primeira infecção. Estes patógenos atacam os tecidos das plantas, afetam principalmente os frutos e os sintomas ocorrem tanto em campo como na pós colheita, como pequenos traços de cor marrom até preto, que aumentam de tamanho e causam necrose no fruto por completo (AZEVEDO, 2020; REIS; BOITEUX; HENZ, 2009).

Como método de controle da antracnose são utilizados frequentemente os fungicidas convencionais. No entanto, constatou-se no Brasil que a aplicação desses agroquímicos em

muitas plantas infectadas por espécies de *Colletotrichum*, já não apresentam mais efeito ou pode causar problemas a saúde humana, como no caso dos fungicidas contendo o princípio ativo Procloraz, utilizados no controle da antracnose em mamão. Diante da perda de eficácia no combate da doença e do potencial dano ao aparelho reprodutor humano, sua utilização foi suspensa no país (MORAES, 2022).

Além disso, temperaturas amenas, umidade alta e chuvas intensas e constantes são elementos ambientais que colaboram para que o controle químico utilizados em lavouras apresente resultados insuficientes na eliminação da doença. Outra dificuldade encontrada no combate da antracnose é a existência de uma gama de espécies e/ou raças de *Colletotrichum* que pode infectar simultaneamente a mesma planta ou até o mesmo tecido (SERRA et al., 2011). Como exemplo disso, encontra-se a pimenta que é exposta a uma ou mais espécies de *Colletotrichum* (ALI et al., 2016).

No controle pré-colheita da antracnose, vêm sendo utilizados fungicidas sintéticos como propiconazol, difenoconazol, carbendazim, benomil, manebe e capitão. Problemas oftalmológicos, dificuldades relacionadas ao nascimento e outros distúrbios na saúde são consequências da utilização dos fungicidas sintéticos mencionados acima. Além disso, o uso prolongado desses fungicidas causa problemas adversos ao meio ambiente. Devido a esses impactos pelo uso desses agroquímicos e presando por qualidade nos alimentos, muitos membros do setor de exportação e importação de alimentos informaram os governos para proibir a utilização desses fungicidas, enquanto são estudadas alternativas que não sejam tóxicas para a saúde humana e que combatem doenças pós-colheitas (ALI et al., 2016; BORDOH et al., 2020). Os óleos essenciais são exemplos de produtos que vem sendo estudados e testados para este objetivo. Diversos experimentos comprovaram o potencial antifúngico dos produtos naturais extraídos de plantas (AZEVEDO, 2020).

Araújo Júnior (2009) avaliou os óleos essenciais da casca da laranja, de três variedades de Citrus: Pêra (*Citrus sinensis* Osbeck var. Pêra); Lima (*Citrus aurantium* L.) e Mimo do Céu (*Citrus sinensis* Osbeck var. Mimo), a atividade antifúngica contra o crescimento micelial de *Colletotrichum gloeosporioides*. Todas as espécies das laranjas estudadas apresentaram 100% de inibição.

Cruz et al. (2010), avaliou *in vivo* o efeito fungicida do óleo essencial da laranja *Citrus sinensis*, no controle da antracnose em frutos de manga, pós colheita. Com base nos resultados encontrados, o óleo essencial da laranja controlou a doença e manteve a qualidade da fruta.

Combrinck, Regnier e Kamatou (2011) evidenciou o efeito *in vitro* de dezoito óleos essenciais, incluído a laranja *Citrus sinensis*, contra cinco fungos pós colheita. Dentre esses, o

Colletotrichum gloeosporioides. Conforme os autores, o limoneno, composto majoritário da casca da laranja apresentou menor eficiência antifúngica quando comparado com os resultados obtidos dos testes realizados com os outros dezessete óleos essenciais. Apesar do óleo essencial da laranja ter demonstrado efeito contra o fungo *Colletotrichum gloeosporioides*, não foi tanto expressivo como nos resultados obtidos por Araújo Júnior (2009) citado anteriormente, em que a eliminação foi total.

Ambos foram utilizados o mesmo fitopatógeno, a mesma espécie e parte da laranja, porém fatores como clima, região geográfica, período de colheita, oscilações genéticas e quimiotípicas e métodos de extração, são fatores que podem influenciar na composição química dos óleos essenciais e interferir no resultado (GUO et al., 2018; VAN VUUREN, 2008).

Moura et al. (2017), avaliou *in vitro* o potencial dos óleos essenciais da casca da laranja (*Citrus vulgaris*) na redução do crescimento micelial e esporulação dos patógenos *Colletotrichum musae* e *Colletotrichum gloeosporioides*. Além disso, também realizou um experimento *in vivo* utilizando os óleos essenciais da casca da laranja, na aplicação em frutos de banana e pimentão contaminados com antracnose, doença causada pelos fungos citados acima. Foram obtidos bons resultados no teste *in vitro*. Entretanto, no teste *in vivo* não teve resultado considerável na diminuição dos sintomas da doença, no fruto pimentão.

Azevedo (2020), encontrou 56,1 % de inibição do crescimento micelial contra o fungo *Colletotrichum gloeosporioides*, utilizando o óleo essencial puro da casca da laranja (*Citrus aurantium*).

Santos (2021) analisou a ação antifúngica do óleo essencial da laranja (*Citrus aurantium dulcis*), contra o fungo *Colletotrichum dematium* var. *truncata*, agente causador da doença antracnose na soja (*Glycine max* L.). Com os resultados do experimento foi verificado que para eliminar totalmente o crescimento micelial do fungo foi necessário 50 µL mL⁻¹ de óleo essencial da laranja.

Moraes (2022) estudou o óleo essencial da laranja doce e do composto principal presente no óleo, o limoneno, sobre os fitopatógenos *Colletotrichum okinawense* e *Colletotrichum gloeosporioides*.

3.4.2 *Sclerotinia sclerotiorum*

Sclerotinia sclerotiorum, outro fitopatógeno que ataca importantes culturas para a economia brasileira como soja e feijão, apresentam perdas anuais expressivas em decorrência de infestações da doença chamada mofo branco. Estima-se que as perdas na produção de soja,

por causa das infestações dessa doença podem reduzir 70% da produtividade e está presente em cerca de 28% da área de produção de cultura no país (MEYER et al., 2020).

Monocotiledôneas e dicotiledôneas são espécies de plantas que são infectadas por esse patógeno. Os primeiros relatos de infestações por mofo branco em lavouras brasileiras foram em 1921 no estado de São Paulo, em plantações de batata. Em relação à soja, a primeira ocorrência dessa doença foi em 1976, concentrando – se no Centro - Sul do Paraná por ser uma região conhecida por produzir e exportar sementes para outras regiões. A partir de 2003, já havia registros da doença nas regiões Centro-Oeste e Nordeste. O uso de sementes oriundas de áreas infectadas com o patógeno, introdução do inóculo em cultivos de nabo forrageiro, cultivo de plantas que também são hospedeiras do fungo, tais como girassol, feijão e canola, entre outras formas de disseminação, foram os fatores que contribuíram para a rápida expansão da doença em diversas partes do Brasil (XIMENES, 2013).

Este patógeno produz estruturas de resistência denominados escleródios, que permanecem no solo durante longo tempo. O mesmo pode entrar em contato com a planta em qualquer estágio de desenvolvimento, principalmente em períodos próximos a colheita e floração. Umidade (acima de 75%), temperatura (13 a 22° C), e presença de um hospedeiro são elementos que levam ao surgimento da doença. Com essas condições favoráveis e os escleródios camuflados no solo, ocorre a germinação e a reprodução dos mesmos por forma miceliogênica ou carpogênica (SILVA, 2020).

Escleródio é uma estrutura composta por aglomerados de hifas, de consistência firme que permitem a sobrevivência do fungo no solo, durante a entressafra. Os escleródios podem ficar retidos no solo até 11 anos, conservando intacto sua patogenicidade. Essa durabilidade mesmo na ausência de espécies hospedeiras, se deve a presença de melanina que fornece resistência aos mesmos permitindo que sobrevivam às condições adversas (GÖRGEN, 2009).

A reprodução dos escleródios por forma miceliogênica ocorre quando o próprio escleródio gera o micélio que infecta o hospedeiro. Já a carpogênica, ocorre a produção de apotécios que produzem os ascósporos que atingem o hospedeiro através de correntes do ar, causando a infecção. A germinação carpogênica é provavelmente a mais comum na cultura da soja. Como *S. sclerotiorum* apresenta uma ampla gama de hospedeiros, não há um sintoma específico da doença. No entanto, o patógeno apresenta sinais específicos, tais como a formação de micélio cotonoso, de cor branca, escleródios pretos de tamanho e formato irregulares. O fungo é capaz de infectar qualquer parte da planta de soja, entretanto, o sintoma começa com mais frequência a partir das inflorescências, das axilas dos pecíolos e dos ramos laterais, o patógeno pode alcançar toda a parte aérea da planta. Quando em contato com a planta

hospedeira, o *S. sclerotiorum* secreta ácido oxálico e enzimas, que degradam os tecidos e parede celular da planta (XIMENES, 2013).

Vários estudos têm comprovado o potencial de metabólitos extraídos de plantas, como os óleos essenciais e extratos vegetais, que podem atuar como fungicidas naturais inibindo fungos fitopatogênicos, incluindo o *S. sclerotiorum* (SILVA, 2020).

Siega (2015) estudou o efeito do óleo essencial da Laranja Perá sobre os escleródios por meio das germinações miceliogênica e carpogênica. Foi identificado resultados positivos, tanto na forma miceliogênica quanto carpogênica.

De Menezes Filho e De Souza Castro (2019) analisaram a atividade antifúngica dos óleos essenciais extraídos das cascas verde e madura dos frutos da laranja- kinkan (*Fortunella margarita*), no combate de *Sclerotinia sclerotiorum*. Além disso, os autores também investigaram seu efeito sobre *Colletotrichum acutatum* e *Colletotrichum gloeosporioides*. Foi encontrado nesta pesquisa que os óleos essenciais da casca verde quanto da madura apresentaram resultados promissores. Para os frutos verde, os melhores desempenhos foram vistos nas maiores concentrações (25, 50 e 100 µL) para ambos os fungos, com percentuais de inibição entre 48,91% a 100%. Em relação ao óleo essencial das cascas maduras, novamente os melhores percentuais de inibição foram encontrados nas maiores concentrações, com uma faixa de 52,20% a 90,14%. O fungo *S. sclerotiorum* foi o que obteve melhores resultados em relação aos demais, com taxas de inibição de 100% e 90,14%, nos frutos verdes e maduros, respectivamente.

3.4.3 *Aspergillus*

As espécies do gênero *Aspergillus* spp. são encontrados em diversos locais, como no meio ambiente, recursos hídricos, solo, alimentos, plantas ornamentais, partículas contaminadas em suspensão no ar, hospitais, sistemas de ventilação. *Aspergillus* spp. podem emitir diversos esporos por dia, nos quais eles permanecem bastante tempo no ambiente e caso as condições estejam favoráveis ocorre o seu desenvolvimento. Esses fungos afetam os seres humanos através da inalação, e por apresentarem compostos extremamente tóxicos alteram a sua saúde, causando alergias, asma, problemas respiratórios e outros problemas adversos na saúde. São também conhecidos como síndrome do edifício doente. Além disso, *Aspergillus* spp. alcançam as plantas por contato direto (NGUYEN et al., 2019; ZABKA; PAVELA; PROKINOVA, 2014). Foi verificado que houve um aumento na concentração desses esporos perigosos suspensos no ar, principalmente em locais húmidos e sem ventilação, como exemplo

residências que foram atingidas por alagamento e armazenamentos com sistema de ventilação de baixa qualidade (RAO et al., 2007; ZABKA; PAVELA; SLEZAKOVA, 2009).

Aspergillus niger é um fungo e uma das espécies mais conhecidas do gênero *Aspergillus*. Esse fungo contamina muitos alimentos como uvas, cebolas e amendoins, causa uma doença chamada mofo preto. *A. niger* é comum em muitos solos e ambientes. Esse gênero libera uma micotoxina chamada ocratoxina A (OTA), que já foi vista em muitos alimentos e bebidas, principalmente uvas e produtos obtidos a partir dela. Essa micotoxina possui propriedades carcinogênicas, nefrotóxicas, imunotóxicas, genotóxicas, neurotóxicas e teratogênicas (CHIOTTA et al., 2013; JAHANI; PIRA; AMINIFARD, 2020)

Como método de eliminação desses fungos, de modo mais seguro e sustentável, estão sendo desenvolvidas pesquisas em que envolvem a aplicação de óleos essenciais. Óleos essenciais de plantas têm sido estudados como fontes alternativas para tratamento antifúngico (KUMAR et al., 2010; SINGH et al., 2009; ZABKA; PAVELA; SLEZAKOVA, 2009)

Viuda - Martos et al. (2008) estudaram a ação do óleo essencial da laranja (*Citrus sinensis* L.) sobre o crescimento dos fungos *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus*. Dentre esses dois fungos analisados, o que apresentou melhor atividade foi *A. niger*. Em relação a este fungo, o seu crescimento foi erradicado 100% quando foi utilizada a concentração mais alta (0,94%). 29,5%, 36,4% e 48,1%, foram os percentuais de inibição encontrados nesta pesquisa, para as demais concentrações de 0,27%, 0,47% e 0,71% respectivamente.

Zabka, Pavela e Prokinova (2014) estudaram a aplicação do óleo essencial da casca da laranja *Citrus aurantium* contra o fungo *Aspergillus niger*. Foi encontrado que o óleo essencial de *Citrus*, exibiram menos eficiência quando comparados com as demais plantas também analisadas no experimento. Dentre 20 óleos essenciais obtidos de plantas analisadas no estudo, apenas 07 apresentaram resultado superior a 50% na concentração inicial $1 \mu\text{L mL}^{-1}$, contra *A. niger*.

Brahmi et al. (2021) estudaram os óleos essenciais das cascas de duas variedades de laranja: Umbigo (*Citrus sinensis*) e (*Citrus aurantium*) laranja amarga. As espécies analisadas, apresentaram significativa redução contra *Aspergillus niger*.

Embora os compostos fenólicos presentes nos óleos essenciais sejam reconhecidos como substâncias seguras e que podem ser utilizados como controle alternativo na agricultura, a eficiência antimicrobiana dos óleos essenciais nos alimentos são normalmente atingidas em maiores concentrações, o que leva a modificação do odor e sabor original dos alimentos. Sendo assim, uma das opções pode ser o uso do óleo essencial por contato com vapor em vez de sua execução direta sobre o fitopatógeno (VELÁZQUEZ-NUÑEZ et al., 2013). A exposição ao

vapor é uma alternativa viável quando os óleos essenciais e microrganismos são inseridos separadamente em um ambiente fechado. Assim, o efeito antimicrobiano é alcançado a distância, sem a proximidade imediata do agente antimicrobiano e o alimento (AVILA-SOSA et al., 2012; VELÁZQUEZ-NUÑEZ et al., 2013).

Pesquisas conduzidas por Avila-Sosa et al. (2012), Bluma, Landa e Etcheverry (2009), Caccioni et al. (1998), Gómez-Sánchez, Palou e López- Malo (2011), Inouye (2003), Inouye et al. (2006), López et al.(2007), Nedorostova et al. (2009) e Velázquez-Nuñez et al. (2013), concluíram que os melhores resultados de atividade antifúngica foram vistos em estudos nos quais o óleo essencial foi utilizado na fase de vapor, em vez de em solução aquosa ou em contato com o meio de cultura.

Velázquez-Nuñez et al. (2013) estudaram o potencial antifúngico do óleo essencial da casca da laranja (*Citrus sinensis* var. Valencia) na aplicação por ação direta e contato com vapor na inibição do fungo *A. flavus*. Em ambos os métodos foram atingidos resultados positivos, o crescimento do fitopatógeno em questão apresentou diminuição conforme o aumento da concentração do óleo essencial da laranja. Entretanto, resultados mais rápidos foram vistos quando se utilizou o óleo essencial aplicando o diretamente sobre o fungo, e resultados mais eficientes quando foram utilizados o contato com vapor de óleo essencial, uma vez que precisou de concentrações mais baixas de óleo essencial para inibir o crescimento dos fungos.

3.4.4 Demais Fitopatógenos que apresentaram efeito com o óleo essencial de laranja

Viuda - Martos et al. (2008) estudaram a ação do óleo essencial da laranja (*Citrus sinensis* L.) sobre o crescimento dos fungos *Penicillium chrysogenum* e *Penicillium verrucosum*. Em relação ao *P. verrucosum* o óleo essencial da laranja em estudo apresentou inibições baixas, quando comparados com o óleo essencial de outros citrus estudados neste experimento. Entretanto na maior concentração de 0,94% o óleo essencial apresentou total eliminação. O mesmo ocorreu com o fungo *P. chrysogenum*.

Araújo Júnior (2009) avaliou os óleos essenciais da casca da laranja, de três variedades de Citrus: Pêra (*Citrus sinensis* Osbeck var. Pêra); Lima (*Citrus aurantium* L.) e Mimo do Céu (*Citrus sinensis* Osbeck var. Mimo), a atividade antifúngica contra o crescimento micelial de *Fusarium solani* f. sp. *glycines*. Foi detectado 97,11% de inibição utilizando a laranja pêra e laranja mimo, e 98,55% para a laranja lima.

Combrinck, Regnier e Kamatou (2011), avaliou o efeito in vitro de dezoito óleos essenciais, incluído a laranja *Citrus sinensis*, contra quatro fungos pós colheita. Os patógenos *Lasiodiplodia theobromae*, *Alternaria citrii*, *Botrytis cinereae* e *Penicillium digitatum*, foram isolados de frutas. O óleo de *C. sinensis* apresentou boa atividade contra *B. cinérea*.

Zabka, Pavela e Prokinova (2014) estudaram a aplicação do óleo essencial da casca da laranja *Citrus aurantium* contra os fungos *Alternaria alternata*, *Stachybotrys chartarum* e *Cladosporium cladosporioides* que foram isolados de material vegetal contaminado armazenado. O óleo essencial da laranja não conseguiu eliminar nem a metade dos fitopatógenos analisados. Dentre esses fungos analisados, o que apresentou melhor atividade foi *C. cladosporioides*, com aproximadamente 46,6%.

De Oliveira Fialho e Papa (2015) pesquisou a atividade antifúngica in vitro do óleo essencial da casca de *Citrus aurantium*, sobre o crescimento micelial e a germinação de esporos de *Sphaceloma ampelinum*. O óleo essencial da casca da laranja apresentou melhor resultado na inibição da germinação de esporos.

De Almeida, De Almeida e Gherardi (2020) citaram em seus estudos, a pesquisa de Lima et al. (2016). Utilizando o óleo essencial da espécie *Citrus sinensis*, foi encontrada atividade antifúngica eficiente para o controle de *Alternaria alternata* e *Alternaria dauci*.

Rezende (2020) analisou a atividade antifúngica do óleo essencial extraído da casca da laranja – lima e laranja - bahia, gênero *Citrus sinensis*, no controle de *Rhizopus stolonifer*. Foi encontrado 91,95% e 80,05% de inibição do crescimento micelial, respectivamente. Esse resultado foi visto na concentração mais elevada (100 µL).

De Figueiredo, Da Silva e De Moraes (2023) estudaram o efeito antifúngico in vitro de óleos essenciais da casca da laranja *Citrus sinensis*, sobre o crescimento micelial de *Macrophomina phaseolina*. Foi evidenciado nesta pesquisa, inibição inferior de 40% do crescimento micelial.

4 PERSPECTIVAS E CENÁRIOS

De acordo com os dados levantados e no exposto, observa-se a perspectiva promissora da utilização de fungicidas botânicos como parte integrante das estratégias de combate a pragas na agricultura. No entanto, deve-se ampliar as pesquisas com óleos essenciais de outras espécies de citros e sua atividade antifúngica com outros fitopatógenos. Também é importante pesquisas que investiguem os mecanismos antimicrobianos e a toxicologia dos óleos essenciais, bem como estudos que envolvam a utilização desses produtos em campo (GUO et al., 2018). Além

disso, são necessários bastante estudos para entender o mecanismo de ação de cada composto e determinar sua durabilidade antes de serem incluídos como aditivos nos alimentos (ZAHR et al., 2023). O desenvolvimento dos óleos essenciais é determinado pelo potencial dos compostos bioativos neles identificados (HOU et al., 2022).

O óleo essencial da laranja e seu respectivo uso como fungicida na agricultura apresenta significativo potencial. Foi evidenciado que os óleos essenciais apresentam relevância atividade antisséptica, antimicrobiana, antiviral, antifúngica e inseticida. Várias pesquisas relataram a eficácia dos óleos essenciais contra impurezas patogênicas e alimentares, sugerindo sua aplicação em diferentes indústrias (HOU et al., 2022). Contudo, seu uso apresenta desafios devido o óleo essencial apresentar sensibilidade a condições ambientais adversas, sendo volátil e suscetível de oxidação por elementos como temperatura, luz e oxigênio (ARAÚJO, 2019).

Diante desse cenário, os óleos essenciais podem ser investigados para serem utilizados no combate de pragas em ambientes fechados, como em casas de vegetação, estufas, armazéns e colmeias, e no desenvolvimento de formulações para serem aplicados em ambientes abertos (ARAÚJO JÚNIOR, 2009).

Outra tecnologia emergente que permite proteção aos compostos bioativos dos óleos essenciais, é a microencapsulação. Em pesquisa realizada por Araújo (2019), a utilização da técnica de microencapsulação resultou no alcance de microesferas de óleo essencial de laranja doce com bastante valor expressivo. Essas microesferas demonstraram maior resistência aos fatores externos, exibindo uma redução na taxa de volatilização. Além disso, sua manipulação tornou-se mais efetiva e segura, facilitando o transporte, armazenamento e inclusão em substratos alimentares.

Custos de aplicação, aroma forte e potencial toxicidade, são também alguns dos desafios que limitam o uso dos óleos essenciais na conservação de alimentos. A inserção direta de óleos essenciais nos alimentos pode prejudicar a percepção sensorial dos produtos. Além disso, do mesmo modo que acontece com os fungicidas químicos, ocorre o risco de os patógenos desenvolverem resistência aos produtos naturais, o que pode restringir sua eficácia ao longo do tempo. Nesse contexto, uma alternativa promissora para diminuir as doses de óleos essenciais e manter a eficiência do produto natural, seria incorporá-los na formulação de filmes e revestimentos comestíveis (HOU et al., 2022).

Em busca de tecnologias “verdes” os óleos essenciais tornaram se alvos de estudos. Considerados como sendo a força vital das plantas, os óleos essenciais, são caracterizados por não conterem produtos químicos, consistindo apenas na essência pura do vegetal. A hidrofobicidade é um elemento essencial dos óleos essenciais e de seus compostos, pois permite

que ocorra interação com as gorduras presentes nas membranas celulares de micróbios e mitocôndrias. Esse processo torna as membranas mais maleáveis, interferindo as estruturas celulares, levando ao seu vazamento (BURT, 2004; HOU et al., 2022)

O desempenho dos altos níveis de produtividade agrícola atual depende do uso dos fungicidas sintéticos, o que significa que esses continuarão a serem utilizados futuramente em programas de manejo integrado de pragas. É utópico acreditar que os produtos naturais consigam substituir integralmente o uso dos agroquímicos, é certo que eles contribuirão para reduzir o uso excessivo desses produtos e, por conseguinte, diminuir os efeitos adversos no meio ambiente e promover a agricultura sustentável (FREIRES, 2022).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A revisão bibliográfica evidenciou que os óleos essenciais obtidos dos resíduos agroindustriais como a casca da laranja apresentam potencial fungicida, oferecendo alternativas viáveis e sustentáveis no combate a pragas na agricultura. Entretanto, estudos sobre mecanismos de ação, toxicologia, aplicação desses produtos em campo, entre outros assuntos, ainda são indispensáveis, para garantir uma integração definitiva e responsável desses produtos naturais no mercado.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALI, A. et al. Post-harvest development of anthracnose in pepper (*Capsicum* spp): Etiology and management strategies. **Crop Protection**, v. 90, p. 132–141, 1 dez. 2016.

AMORIM, Q. S. **Resíduos da indústria processadora de polpas de frutas: capacidade antioxidante e fatores antinutricionais**. 2019. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Bahia, 2016.

ARAÚJO, J. S. F. DE. **Micropartículas de óleo essencial de laranja doce (*Citrus aurantium* var. *dulcis*) em matriz de gelatina e maltodextrina**. 2019. 40f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) – Programa de Pós – Graduação em Sistemas Agroindustriais, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, Paraíba, 2019.

ARAÚJO JÚNIOR, C. P. DE. **Composição química e atividade biológica dos óleos essenciais de frutas cítricas**. 2009. 95f. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009.

ASSUNÇÃO, G. V. DE. **Caracterização química e avaliação da atividade larvicida frente ao *Aedes aegypti* do óleo essencial da espécie *Citrus sinensis* L. Osbeck (laranja doce)**. 2013. 97f. Dissertação (Mestrado em Química) – Programa de Pós- Graduação em Química, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2013.

AVILA-SOSA, R. et al. Antifungal activity by vapor contact of essential oils added to amaranth, chitosan, or starch edible films. **International Journal of Food Microbiology**, v. 153, n. 1–2, p. 66–72, 1 fev. 2012.

AZEVEDO, P.T.M. DE. **Atividade antifúngica de óleos essenciais de citrus e associações sobre *Colletotrichum gloeosporioides***. 2020. 58f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) - Programa de Pós - Graduação em Sistemas Agroindustriais, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, Paraíba, 2020.

BENELLI, P. **Agregação de valor ao bagaço de laranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck) mediante obtenção de extratos bioativos através de diferentes técnicas de extração**. 2010. 233f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, 2010.

BERLINCK, R. G. S. et al. A química de produtos naturais do Brasil do século XXI. **Química Nova**, v. 40, p. 706–710, 2017.

BLUMA, R.; LANDA, M. F.; ETCHEVERRY, M. Impact of volatile compounds generated by essential oils on *Aspergillus* section *Flavi* growth parameters and aflatoxin accumulation. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 89, n. 9, p. 1473–1480, jul. 2009.

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, 1 abr. 2020.

BRAHMI, F. et al. Chemical and biological characterization of essential oils extracted from citrus fruits peels. **Materials Today: Proceedings**, v. 45, p. 7794–7799, 1 jan. 2021.

BRASIL. **Lei nº 12.305**, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Site do Planalto. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: 29/01/2024.

BURT, S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. **International Journal of Food Microbiology**, v. 94, n. 3, p. 223–253, 1 ago. 2004.

CACCIONI, D. R. L. et al. Relationship between volatile components of citrus fruit essential oils and antimicrobial action on *Penicillium digitatum* and *Penicillium italicum*. **International Journal of Food Microbiology**, v. 43, n. 1–2, p. 73–79, 18 ago. 1998.

CHIOTTA, M. L. et al. Biodiversity of *Aspergillus* section *Nigri* populations in Argentinian vineyards and ochratoxin A contamination. **Food Microbiology**, v. 36, n. 2, p. 182–190, 1 dez. 2013.

COMBRINCK, S.; REGNIER, T.; KAMATOU, G. P. P. In vitro activity of eighteen essential oils and some major components against common postharvest fungal pathogens of fruit. **Industrial Crops and Products**, v. 33, n. 2, p. 344–349, 1 mar. 2011.

CRUZ, M. J. DA S. et al. Efeito dos compostos naturais bioativos na conservação pós-colheita de frutos de manga cv. Tommy Atkins. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, p. 428–433, 2010.

DE ALMEIDA, J. C.; DE ALMEIDA, P. P.; GHERARDI, S. R. M. Potencial antimicrobiano de óleos essenciais: uma revisão de literatura de 2005 a 2018. **Nutr. Time**, v. 17, n. 01, p. 8623–8633, 2020.

DE FIGUEIREDO, A. R.; DA SILVA, L. R.; DE MORAIS, L. A. S. Atividade antifúngica de óleos essenciais frente a *Macrophomina phaseolina*. **Nativa**, v. 11, n. 1, p. 75–81, 2023.

DE MENEZES FILHO, A. C. P.; DE SOUZA CASTRO, C. F. Caracterização química e atividade antifúngica dos óleos essenciais de laranja-kinkan (*Fortunella margarita* (Lour.) Swingle). **Folia Amazônica**, v. 28, n. 2, p. 185–198, 2019.

DE MORAIS, L.A.S. Óleos essenciais no controle fitossanitário. In: BETTIOL, W.; MORANDI, M.A.B. (Eds.). **Controle biológico de doenças de plantas**. Brasília, DF: Centro Nacional de Pesquisa de Defesa da Agricultura da Embrapa, 2009.p. 137.

DE OLIVEIRA FIALHO, R.; PAPA, M. DE F. S. Atividade antifúngica in vitro de óleos essenciais sobre *Sphaceloma ampelinum*. **Revista Cultura Agronômica**, Ilha Solteira, v. 24, n. 1, p. 63–70, 2015.

DONGRE, P. et al. “Botanical description, chemical composition, traditional uses and pharmacology of *Citrus sinensis*: An updated review”. **Pharmacological Research - Modern Chinese Medicine**, v. 8, p. 100-272, 1 set. 2023.

DUARTE, V. M. et al. **Qualidade de laranjas ‘pêra’ produzidas sob sistemas de cultivo orgânico e convencional em Juazeiro-BA.** Anais do Congresso Técnico Científico de Engenharia e da Agronomia (CONTECC), 2018, Maceió, Alagoas, páginas 1 – 5.

FREIRES, S. T. DOS S. **Utilização de inseticidas naturais na agricultura: uma revisão.** 2022, 38 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Petrolina, Pernambuco, 2022.

GERHARDT, C. et al. Aproveitamento da casca de citros na perspectiva de alimentos: prospecção da atividade antibacteriana. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 15, p. 11–17, 2012.

GÓMEZ-SÁNCHEZ, A.; PALOU, E.; LÓPEZ-MALO, A. Antifungal Activity Evaluation of Mexican Oregano (*Lippia berlandieri* Schauer) Essential Oil on the Growth of *Aspergillus flavus* by Gaseous Contact. **Journal of Food Protection**, v. 74, n. 12, p. 2192–2198, 1 dez. 2011.

GÖRGEN, C. A. **Manejo do mofo branco da soja com palhada de *Brachiaria ruziziensis* e *Trichoderma harzianum* 1306.** 2009. 78f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal) - Programa de Pós- Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Jataí, Goiás, 2009.

GUO, J. JING et al. Comparative analysis of chemical composition, antimicrobial and antioxidant activity of citrus essential oils from the main cultivated varieties in China. **LWT**, v. 97, p. 825–839, 2018.

HOU, T. et al. Essential oils and its antibacterial, antifungal and anti-oxidant activity applications: A review. **Food Bioscience**, v. 47, p. 101-716, 2022.

INOUYE, S. Laboratory evaluation of gaseous essential oils (Part 1). **International Journal of Aromatherapy**, v. 13, n. 2–3, p. 95–107, 1 jan. 2003.

INOUYE, S. et al. A novel method to estimate the contribution of the vapor activity of essential oils in agar diffusion assay. **Nippon Ishinkin Gakkai Zasshi**, v. 47, n. 2, p. 91–98, 2006.

JAHANI, M.; PIRA, M.; AMINIFARD, M. H. Antifungal effects of essential oils against *Aspergillus niger* in vitro and in vivo on pomegranate (*Punica granatum*) fruits. **Scientia Horticulturae**, v. 264, p. 109188, 5 abr. 2020.

KUMAR, A. et al. Efficacy of extract and essential oil of *Lantana indica* Roxb. against food contaminating moulds and aflatoxin B1 production. **International journal of food science & technology**, v. 45, n. 1, p. 179–185, 2010.

LOPES, J. M. S. et al. Importância econômica dos citros no Brasil. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, v. 20, n. 1, 2011.

LÓPEZ, P. et al. Vapor-phase activities of cinnamon, thyme, and oregano essential oils and key constituents against foodborne microorganisms. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 55, n. 11, p. 4348–4356, 2007.

MEYER, M. C. et al. Eficiência de fungicidas para controle de mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) em soja, na safra 2019/2020: resultados sumarizados dos experimentos cooperativos. **Embrapa Soja**, Londrina, PR, Circular Técnica n°165, 2020.

MORAES, C. R. DE. O. **Óleos essenciais cítricos como manejo alternativo da antracnose causada pelos fungos *Colletotrichum okinawense* e *Colletotrichum gloeosporioides* em frutos de mamoeiro**. 2022. 52f. Dissertação (Mestrado em Agroecologia) – Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, Alegre, Espírito Santo, 2022.

MOURA, G. S.; SCHEFFER, D. C.; FRANZENER, G.; JASKI, J. M. Efeito de óleos essenciais de Citrus spp. no controle pós-colheita da antracnose em banana e pimentão. **Revista Cultivando o Saber**, v. 10, n. 3, p. 73–87, julho./setembro. 2017.

NEDOROSTOVA, L. et al. Antimicrobial properties of selected essential oils in vapour phase against foodborne bacteria. **Food Control**, v. 20, n. 2, p. 157–160, 1 fev. 2009.

NGUYEN, H. N. et al. Cellular and metabolic approaches to investigate the effects of graphene and graphene oxide in the fungi *Aspergillus flavus* and *Aspergillus niger*. **Carbon**, v. 143, p. 419–429, 1 mar. 2019.

PAULL, R. E. et al. Postharvest handling and losses during marketing of papaya (*Carica papaya* L.). **Postharvest Biology and Technology**, v. 11, n. 3, p. 165–179, 1 jul. 1997.

PEREIRA, F. D. **Caracterização morfo-cultural e molecular de isolados de *Colletotrichum* spp. provenientes de diferentes frutas tropicais**. 2016,34f. Tese Doutorado em Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas), Universidade Estadual Paulista - UNESP, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, São Paulo.

PUGA, I. T. **Obtenção de produtos naturais a partir da casca do fruto do jatobá (*Hymenaea courbaril*)**. 2015, 55f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Tecnológica) - Instituto de Química da Universidade de Brasília, Brasília – DF, 2015.

RAO, C. Y. et al. Characterization of airborne molds, endotoxins, and glucans in homes in New Orleans after Hurricanes Katrina and Rita. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 73, n. 5, p. 1630–1634, 2007.

REIS, A.; BOITEUX, L. S.; HENZ, G. P. Antracnose em hortaliças da família solanacea. **Embrapa Hortaliças**, Brasília, DF, Circular Técnica n° 79, 2009.

REZENDE, J. L. **Composição química e atividades biológicas dos óleos essenciais das cascas de duas variedades de *Citrus sinensis* e das flores de *Psidium guajava***. 2020.65f. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) – Programa de Pós-Graduação em Agroquímica, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, Goiás, 2020.

SANTOS, P. L. et al. Utilização de extratos vegetais em proteção de plantas. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 17, 2013.

SANTOS, L. H. N.D. **Avaliação do efeito antifúngico de diferentes óleos essenciais sobre o fungo *Colletotrichum dematium* var. *truncata***. 2021, 29f. Trabalho de Conclusão de Curso

(Graduação em Agronomia), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, Paraná, 2021.

SERRA, I. M. R.S. et al. Diversidade fenotípica e patogênica de *Colletotrichum*, agente causal da antracnose em mangueira, e identificação de espécie. **Summa phytopathologica**, v. 37, n.1, p. 42–51, 2011.

SHARMA, K. et al. Converting citrus wastes into value-added products: Economic and environmently friendly approaches. **Nutrition**, v. 34, p. 29–46, 1 fev. 2017.

SIEGA, T.D.C. **Efeito de óleos essenciais sobre a germinação miceliogênica e carpogênica de *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary**. 2015,57f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, Paraná, 2015.

SILVA, E. A. J. DA. **Composição química e atividade antifúngica do óleo essencial das folhas de *Psidium guajava* no controle de *Sclerotinia sclerotiorum***. 2020, 37f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, Goiás,2020.

SIMAS, D. L. R. et al. Caracterização dos óleos essenciais de frutas cítricas. **Citrus Research & Technology**, v. 36, n. 1, p. 15–26, 2017.

SINGH, P. et al. Essential oil of Aegle marmelos as a safe plant-based antimicrobial against postharvest microbial infestations and aflatoxin contamination of food commodities. **Journal of food science**, v. 74, n. 6, p. M302–M307, 2009.

SOUSA, R. M. S. DE; SERRA, I. M. R. DE S.; MELO, T. A. DE. Effect of essential oils as an alternative in the control of *Colletotrichum gloesporioides* in pepper. **Summa Phytopathologica**, v. 38, p. 42–47, 2012.

SPODE, E. F. **Estudo da degradação e propriedades físico-químicas do extrato aquoso da casca de laranja das espécies *Citrus sinensis* e *Citrus aurantium***. 2020.79f. Dissertação (Mestrado em Processos Químicos e Biotecnológicos) – Programa de Pós- Graduação em Processos Químicos e Biotecnológicos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, Paraná, 2020.

VAN VUUREN, S. F. Antimicrobial activity of South African medicinal plants. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 119, n. 3, p. 462–472, 28 out. 2008.

VELÁZQUEZ-NUÑEZ, M. J.; SOSA, R. A.; PALOU, E.; LÓPEZ - MALO, A. Antifungal activity of orange (*Citrus sinensis* var. Valencia) peel essential oil applied by direct addition or vapor contact. **Food Control**, v. 31, n. 1, p. 1–4, 1 maio. 2013.

VIDAL, M. DE F. 2023. **Agropecuária: fruticultura**. Caderno Setorial Etene, Ano 8, N° 280, 2023, páginas 1 -18.

VIUDA-MARTOS, M. et al. Antifungal activity of lemon (*Citrus lemon* L.), mandarin (*Citrus reticulata* L.), grapefruit (*Citrus paradisi* L.) and orange (*Citrus sinensis* L.) essential oils. **Food Control**, v. 19, n. 12, p. 1130–1138, 1 dez. 2008.

WANG, L.; WELLER, C. L. Recent advances in extraction of nutraceuticals from plants. **Trends in Food Science & Technology**, v. 17, n. 6, p. 300–312, 1 jun. 2006.

XIMENES, L. R. **Importância e manejo de *Sclerotinia sclerotiorum* (mofo branco) nos cultivos de feijão e soja**. 2013, 59f. Monografia – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

ZABKA, M.; PAVELA, R.; PROKINOVA, E. Antifungal activity and chemical composition of twenty essential oils against significant indoor and outdoor toxigenic and aeroallergenic fungi. **Chemosphere**, v. 112, p. 443–448, 1 out. 2014.

ZABKA, M.; PAVELA, R.; SLEZAKOVA, L. Antifungal effect of Pimenta dioica essential oil against dangerous pathogenic and toxinogenic fungi. **Industrial Crops and Products**, v. 30, n. 2, p. 250–253, 1 set. 2009.

ZAHR, S. et al. Phytochemistry and biological activities of *Citrus sinensis* and *Citrus limon*: an update. **Journal of Herbal Medicine**, v. 41, p. 100-737, 2023.

APÊNDICE

Quadro 1. Família e espécies de laranjas testadas contra as pragas de importância na agricultura.

FAMÍLIA	ESPÉCIE	OBTENÇÃO	FUNGO TESTADO	AUTORES/ANO
RUTACEAE	<i>Citrus sinensis</i> <i>Osbeck</i> var. <i>Pêra</i>); <i>Lima</i> (<i>Citrus</i> <i>aurantium</i> L.); <i>Mimo do Céu</i> (<i>Citrus sinensis</i> <i>Osbeck</i> var. <i>Mimo</i>	CASCAS	<i>Colletotrichum</i> <i>gloeosporioides</i> ; <i>Fusarium solani</i> <i>f. sp. glycines</i>	Araújo Júnior (2009)
	<i>Citrus sinensis</i>		<i>Colletotrichum</i> <i>gloeosporioides</i>	Cruz et al. (2010)
	<i>Citrus sinensis</i>		<i>Colletotrichum</i> <i>gloeosporioides</i> ; <i>Lasiodiplodia</i> <i>theobromae</i> ; <i>Alternaria citrii</i> ; <i>Botrytis</i> <i>cinerea</i> ; <i>Penicillium</i> <i>digitatum</i>	Combrinck, Regnier e Kamatou (2011)
	<i>Citrus vulgaris</i>		<i>Colletotrichum</i> <i>musae</i> ; <i>Colletotrichum</i> <i>gloeosporioides</i> .	Moura et al. (2017)
	<i>Citrus</i> <i>aurantium</i>		<i>Colletotrichum</i> <i>gloeosporioides</i>	Azevedo (2020)
	<i>Citrus</i> <i>aurantium</i> <i>dulcis</i>		<i>Colletotrichum</i> <i>dematium</i> var. <i>truncata</i>	Santos (2021)
	Laranja doce		<i>Colletotrichum</i> <i>okinawense</i> ; <i>Colletotrichum</i> <i>gloeosporioides</i> .	Moraes (2022)

RUTACEAE	Laranja Perâ	CASCAS	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (Escleródios)	Siega (2015)
	Cascas verde e madura dos frutos da laranja- kinkan (<i>Fortunella margarita</i>)		<i>Colletotrichum acutatum</i> ; <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> ; <i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	De Menezes Filho e De Souza Castro (2019)
	<i>Citrus sinensis</i> L.		<i>Aspergillus niger</i> ; <i>Aspergillus flavus</i> <i>Penicillium chrysogenum</i> ; <i>Penicillium verrucosum</i>	Viuda - Martos et al. (2008)
	<i>Citrus aurantium</i>		<i>Aspergillus niger</i> ; <i>Alternaria alternata</i> ; <i>Stachybotrys chartarum</i> ; <i>Cladosporium cladosporioides</i>	Zabka, Pavela e Prokinova (2014)
	Umbigo (<i>Citrus sinensis</i>) e (<i>Citrus aurantium</i>) laranja amarga.		<i>Aspergillus niger</i>	Brahmi et al. (2021)
	<i>Citrus sinensis</i> var. Valencia (aplicação por ação direta e contato com vapor)		<i>Aspergillus flavus</i>	Velázquez - Nuñez et al. (2013)
	<i>Citrus aurantium</i>		<i>Sphaceloma ampelinum</i>	De Oliveira Fialho e Papa (2015)
	<i>Citrus sinensis</i>		<i>Alternaria alternata</i> ; <i>Alternaria dauci</i>	De almeida, De almeida e Gherardi (2020)

RUTACEAE	Laranja – lima e laranja – bahia (<i>Citrus sinensis</i>)	CASCAS	<i>Rhizopus stolonifer</i>	Rezende (2020)
	<i>Citrus sinensis</i>		<i>Macrophomina phaseolina</i>	De Figueiredo, Da Silva e De Morais (2023)