

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS DE CURITIBANOS
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

Dalila Ascari

**Controle alternativo de fungos fitopatogênicos com uso de óleos essenciais de plantas
medicinais**

Curitibanos

2022

Dalila Ascari

**Controle alternativo de fungos fitopatogênicos com uso de óleos essenciais de plantas
medicinais**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em
Agronomia, do Centro de Ciências Rurais da
Universidade Federal de Santa Catarina Campus de
Curitibanos, como requisito para a obtenção do título de
Bacharel em Agronomia.

Orientadora: Profa. Dra. Adriana Terumi Itako
Coorientador: Prof. Dr. João Batista Tolentino Júnior

Curitibanos

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Ascari, Dalila

Controle alternativo de fungos fitopatogênicos com uso de óleos essenciais de plantas medicinais / Dalila Ascari ; orientador, Adriana Terumi Itako, coorientador, João Batista Tolentino Júnior, 2022.

67 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus
Curitibanos, Graduação em Agronomia, Curitibanos, 2022.

Inclui referências.

1. Agronomia. 2. Fitopatologia. 3. Volatilização. 4. Óleos essenciais . 5. Controle Alternativo. I. Itako, Adriana Terumi . II. Tolentino Júnior, João Batista . III. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Agronomia. IV. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
Coordenação do Curso de Graduação em Agronomia
Rodovia Ulysses Gaboardi km3
CP: 101 CEP: 89520-000 - Curitibanos - SC
TELEFONE (048) 3721-4174 E-mail: agronomia.cbs@contato.ufsc.br.

DALILA ASCARI

**Controle alternativo de fungos fitopatogênicos com uso de óleos essenciais de plantas
medicinais**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheiro Agrônomo, e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Agronomia.

Curitibanos, 10 de novembro de 2022.



Documento assinado digitalmente
Douglas Adams Weiler
Data: 28/11/2022 11:37:27-0300
CPF: ***.111.820-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Dr. Douglas Adams Weiler
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:



Documento assinado digitalmente
Adriana Terumi Itako
Data: 28/11/2022 10:18:08-0300
CPF: ***.130.099-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Profa. Dra. Adriana Terumi Itako
Orientadora
Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente
Leosane Cristina Bosco
Data: 28/11/2022 21:04:24-0300
CPF: ***.968.130-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Profa. Dra. Leosane Cristina Bosco
Membro da banca examinadora
Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente
Lirio Luiz Dal Vesco
Data: 28/11/2022 10:19:53-0300
CPF: ***.824.919-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Dr. Lirio Luiz Dal Vesco
Membro da banca examinadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Dedico este trabalho especialmente à minha família, que sempre esteve presente em minha vida quando precisei, me apoiando e encorajando; aos meus amigos que sempre estiveram comigo e a minha querida orientadora Adriana, que se tornou minha segunda mãe, sempre me auxiliando, incentivando e se fazendo presente nos momentos que mais precisei!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, pelo dom da vida e por sempre me cuidar, me protegendo de todos os males. Agradeço também as minhas protetoras, Nossa Senhora Aparecida e Nossa Senhora do Rosário, por me guiarem e me consolarem nas horas de dificuldade.

Agradeço em especial meus pais Izabete Cenci Ascari e Justino Luiz Ascari, e meu irmão Maikon Ascari, por toda educação, carinho, amor e apoio, durante toda minha vida. Sem vocês não seria a pessoa que me tornei hoje; também a minha cunhada Lais Campos, e ao meu namorado Djonathan Capoani, que entraram em nossa família, e sempre me incentivaram, me apoiaram e me aconselharam em toda essa etapa. Amo vocês, família!

Além disso, agradeço as minhas primeiras colegas de casa Eliane, Fernanda e Joline, que me ajudaram muito no início da faculdade e se tornaram minhas “irmãs de outra mãe”, onde compartilhei por um tempo, a minha vida com elas e vice e versa. Além disso, nossos momentos de refeição juntas, passeio (eu e Eliane) com nossas cachorrinhas, Julie e Luna, ajuda por conta da faculdade e até nos momentos de tristezas onde uma amparava a outra, enfim, são tantas coisas que sempre ficará guardado na minha memória.

Aos meus professores, principalmente a minha orientadora Adriana Itako e João Tolentino, que sempre estiveram presentes nos momentos difíceis e foram meus pais neste último ano, pois, me ajudaram, aconselharam e incentivaram por esse período, além de compartilharem um pouco da vida de vocês. Jamais vou esquecer o que fizeram por mim e sou muito grata por ter tido vocês junto comigo!

Aos meus amigos, em especial Aline Balao, Alysson Dalmas, Andressa Piccinin, Andressa Telma, Bruna Pereira, Caroline Gruber, Emilene França e Sandy Dalla Rosa que me ajudaram sempre quando precisei e fizeram com que minha vida fosse mais divertida estando presentes nos momentos de felicidade e nos momentos de tristeza, onde sempre ajudamo-nos, seja escutando ou aconselhando. Adoro vocês!

Aos demais colegas que ajudaram de certa forma, ao grupo GEFAI, a UFSC – Campus de Curitiba e a todos que contribuíram neste trabalho e também, para minha formação.

Minha infinita GRATIDÃO a todos vocês!

RESUMO

Na busca de produtos alternativos aos químicos, destaca-se o uso de óleos essenciais provenientes de plantas medicinais, que vem sendo gradativamente estudados para o controle de doenças em plantas, por apresentarem compostos com ação antifúngica/antimicrobiana. Desta forma, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o potencial dos óleos essenciais de canela-da-china, lavandin e palmarosa, na inibição do crescimento micelial dos fungos *Botrytis cinerea*, *Colletotrichum gloeosporioides* e *Fusarium* spp. O trabalho foi realizado em dois ensaios, sendo o primeiro com óleos essenciais incorporados ao meio BDA e o segundo, como potencial de volatilização. Para o primeiro ensaio utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos (0, 250, 500 e 1000 ppm) para o controle dos fungos *C. gloeosporioides* e *Fusarium* spp. e sete tratamentos (0, 50, 100, 150, 250, 500 e 1000 ppm) para o fungo *B. cinerea*, com cinco repetições. Após a solidificação do meio BDA, um disco de micélio dos fungos foi repicado ao centro da placa. As placas foram vedadas e incubadas a 25°C com fotoperíodo de 12 h e as medições do diâmetro das colônias iniciaram 24 horas após a instalação dos ensaios. A partir dos dados de diâmetro foi calculada a Área Abaixo da Curva de Crescimento Micelial e o Índice de Velocidade do Crescimento Micelial, para os quais utilizou-se a análise de regressão, para o primeiro ensaio, juntamente com a contagem de conídios. Para o segundo ensaio, utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos: óleos essenciais de canela-da-china, lavandin, palmarosa na dose de 100 µL. Este delineamento foi repetido com uma dose maior, de 200 µL dos óleos essenciais de lavandin e palmarosa para os fungos *C. gloeosporioides* e *Fusarium* spp. Um chumaço de algodão foi fixado na parte interna da tampa da placa de Petri, com o auxílio de fita adesiva e as alíquotas foram pipetadas na superfície do algodão. Após dez dias de avaliação, foi retirado o chumaço de algodão e as avaliações foram realizadas por mais sete dias. Os dados foram submetidos a análise de variância e ao teste de média de Scott-Knott ao nível 5% de probabilidade pelo software R. Em relação aos resultados, no primeiro ensaio as concentrações de 500 e 1000 ppm, os óleos de canela-da-china e palmarosa inibiram em 100% os três fungos. No segundo ensaio, na dose de 100 µL, todos os óleos inibiram o desenvolvimento de *B. cinerea*. Para o *C. gloeosporioides* o óleo de canela inibiu em 100% o crescimento na presença e ausência do algodão e, para o *Fusarium* spp., todos os óleos inibiram o seu crescimento, porém, após a retirada do algodão, somente o óleo de canela manteve a inibição. Na dosagem de 200 µL o óleo de lavandin inibiu em 100% antes e depois da retirada do algodão para o *C. gloeosporioides*. Já para o *Fusarium* spp., houve inibição total antes da retirada do algodão, e após a retirada a inibição foi de apenas 53,9%. Com a realização destes ensaios, verificou-se que há potencial do uso destes óleos para promover inibição de fungos fitopatogênicos, tanto incorporados ao meio BDA quanto pelo sistema de volatilização.

Palavras-chave: *Cinnamomum cassia*, *Cymbopogon martinii*, *Lavandula hybrida*

ABSTRACT

In the search for alternative products to chemicals, the use of essential oils from medicinal plants stands out, which has been gradually studied for the control of plant diseases, as they contain compounds with antifungal/antimicrobial action. Thus, the present study aimed to evaluate the potential of chinese cinnamon, lavandin and palmarosa essential oils in inhibiting the mycelial growth of *Botrytis cinerea*, *Colletotrichum gloeosporioides* and *Fusarium* spp. The work was carried out in two tests, the first with essential oils incorporated into the PDA medium and the second, as a potential for volatilization. For the first test, a completely randomized design was used, with four treatments (0, 250, 500 and 1000 ppm) to control the fungi *C. gloeosporioides* and *Fusarium* spp. and seven treatments (0, 50, 100, 150, 250, 500 and 1000 ppm) for the fungus *B. cinerea*, with five replications. After solidification of the PDA medium, a disc of fungal mycelium was placed in the center of the plate. The plates were sealed and incubated at 25°C with a photoperiod of 12 h and measurements of the diameter of the colonies started 24 hours after the installation of the assays. From the diameter data, the Area Under the Mycelial Growth Curve and the Mycelial Growth Velocity Index were calculated, for which regression analysis was used for the first test, together with the conidia count. For the second trial, a completely randomized design was used with three treatments: chinese cinnamon, lavandin, and palmarosa essential oils at a dose of 100 µL. This design was repeated with a higher dose of 200 µL of lavandin and palmarosa essential oils for *C. gloeosporioides* and *Fusarium* spp. A cotton swab was attached to the inside of the Petri dish lid, with the aid of adhesive tape, and aliquots were pipetted onto the cotton surface. After ten days of evaluation, the cotton pad was removed and the evaluations were carried out for another seven days. The data were subjected to analysis of variance and the Scott-Knott mean test at a 5% probability level using the R software. Regarding the results, in the first test, the concentrations of 500 and 1000 ppm, cinnamon oil china and palmarosa inhibited the three fungi by 100%. In the second test, at a dose of 100 µL, all oils inhibited the development of *B. cinerea*. For *C. gloeosporioides*, cinnamon oil inhibited growth by 100% in the presence and absence of cotton and, for *Fusarium* spp., all oils inhibited its growth, however, after removing cotton, only cinnamon oil maintained inhibition. At a dosage of 200 µL, lavandin oil inhibited *C. gloeosporioides* by 100% before and after cotton removal. As for *Fusarium* spp., there was total inhibition before cotton removal, and after removal, inhibition was only 53.9%. With the performance of these tests, it was verified that there is potential for the use of these oils to promote inhibition of phytopathogenic fungi, both incorporated into the PDA medium and by the volatilization system.

Keywords: *Cinnamomum cassia*, *Cymbopogon martinii*, *Lavandula hybrida*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Lesões acinzentadas no morango provocadas por <i>Botrytis cinerea</i>	18
Figura 2.	Sintomas do fungo <i>Botrytis cinerea</i> em morango. Fruto com sintomas iniciais, mancha encharcada (A); fruto em processo de deterioração (B); fruto apresentando crescimento fúngico em sua superfície (C).	19
Figura 3.	Ciclo do fungo <i>Botrytis cinerea</i>	19
Figura 4.	Ciclo da antracnose em goiaba-serrana, causada por <i>Colletotrichum</i> spp.	22
Figura 5.	Lesões do fungo <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> nos frutos (A, B e C); união das manchas, com característica necrosada (C).....	23
Figura 6.	Sintoma de murcha na planta adulta, causada por <i>Fusarium oxysporum</i>	25
Figura 7.	Rizoma de gengibre com a presença de micélio branco (A) e escurecimento vascular (B).....	25
Figura 8.	Flores (A), folhas (B) e tronco de <i>Cinnamomum cassia</i> (L.) J.Presl (C).	30
Figura 9.	Diferença entre lavandin (<i>Lavandula hybrida</i> [var. grosso]) e lavanda (<i>Lavandula angustifolia</i> Mill) e a <i>L. latifolia</i> Medik).	31
Figura 10.	Planta de lavandin (<i>Lavandula hybrida</i> var. grosso).....	32
Figura 11.	Planta de palmarosa (<i>Cymbopogon martinii</i>).	33
Figura 12.	Placas sendo incubadas na incubadora BOD, com um fotoperíodo de 12 horas, a 25°C.....	35
Figura 13.	Óleos essenciais utilizados no experimento. Canela-da-china (A), lavandin (B) e palmarosa (C) da marca Via Aroma®.	36
Figura 14.	Processo de repicagem do fungo. Flambagem do repicador (A); repicagem do fungo (B); retirada do disco com a alça (C); disco de micélio repicado ao centro da placa (D).....	37
Figura 15.	Medição perpendicular do crescimento micelial em placa de Petri com \varnothing de 9 cm.....	38
Figura 16.	Processo para a realização da contagem de conídios. Utilizou-se 10 mL de água (A); em seguida foi acrescentada junto ao micélio, o qual foi cuidadosamente raspado com o auxílio da alça de Drigalski de vidro (B); o líquido foi filtrado (C); e pipetado em torno de 2 gotas na câmara de Neubauer (D).....	39
Figura 17.	Imagem de uma câmara de Neubauer utilizada para a contagem de conídios. ...	39
Figura 18.	Câmara de Neubauer para contagem dos conídios (A); Câmera fotográfica acoplada ao microscópio (B).	40
Figura 19.	Retirada do óleo essencial do vidro (A) e pipetagem da alíquota do óleo sobre o chumaço de algodão (B).	41
Figura 20.	Retirada do algodão das tampas das placas de Petri no fluxo laminar	41
Figura 21.	<i>Botrytis cinerea</i> isolado de fragmentos de morango, após ser cultivado em meio de cultura BDA.	43
Figura 22.	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i> isolado de fragmentos de goiaba-serrana, após ser cultivado em meio BDA.	44
Figura 23.	<i>Fusarium</i> spp. isolado de fragmentos de gengibre, após ser cultivado em meio BDA.....	44

Figura 24. Inibição da AACCM para o <i>Botrytis cinerea</i> para os óleos essenciais de canela-da-china (A); lavandin (B); palmarosa (C).....	45
Figura 25. Inibição do IVCM para o <i>Botrytis cinerea</i> para os óleos essenciais de canela-da-china (A); lavandin (B); palmarosa (C).....	46
Figura 26. Inibição da AACCM para o <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> para os óleos essenciais de canela-da-china (A); lavandin (B); palmarosa (C).	47
Figura 27. Inibição do IVCM para o <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> para os óleos essenciais de canela-da-china (A); lavandin (B); palmarosa (C).	48
Figura 28. Inibição da AACCM para o <i>Fusarium</i> spp. para os óleos essenciais de canela-da-china (A); lavandin (B); palmarosa (C).....	49
Figura 29. Inibição do IVCM para o <i>Fusarium</i> spp. para os óleos essenciais de canela-da-china (A); lavandin (B); palmarosa (C).....	50
Figura 30. Resultados dos óleos de canela-da-china, lavandin e palmarosa, nas concentrações de 50, 100 e 150 ppm e testemunha (A); 250, 500 e 1000 ppm (B) para o fungo <i>Botrytis cinerea</i>	50
Figura 31. Resultados dos óleos de canela-da-china, lavandin e palmarosa, nas concentrações de 250, 500 e 1000 ppm e testemunha, para o fungo <i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	51
Figura 32. Resultados dos óleos de canela-da-china, lavandin e palmarosa, nas concentrações de 250, 500 e 1000 ppm e testemunha, para o fungo <i>Fusarium</i> spp.....	52

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Porcentagem de inibição de esporulação do fungo *Colletotrichum gloeosporioides* em diferentes concentrações de óleos essenciais (OE) de lavandin, palmarosa e canela-da-china.55
- Tabela 2.** Porcentagem de inibição dos fungos *Botrytis cinerea*, *Colletotrichum gloeosporioides* e *Fusarium* spp. na dosagem de 100 µL para os óleos canela-da-china, lavandin e palmarosa, antes e depois da retirada do chumaço de algodão das tampas das placas de Petri.56
- Tabela 3.** Porcentagem de inibição dos fungos *Botrytis cinerea*, *Colletotrichum gloeosporioides* e *Fusarium* spp. na dosagem de 200 µL para os óleos lavandin e palmarosa, antes e depois da retirada do algodão das placas.57

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

a.C: Antes de Cristo

BDA: Batata-Dextrose-Ágar

BOD: Biochemical Oxygen Demand (Demanda Bioquímica de Oxigênio)

min: minuto

ppm: Partes por Milhão

μL : Microlitro - unidade de volume equivalente à milionésima parte de um litro

μg : micrograma

LISTA DE SÍMBOLOS

®: Marca registrada

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	OBJETIVOS.....	16
1.1.1	Objetivo Geral	16
1.1.2	Objetivos Específicos.....	16
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	IMPORTÂNCIA DOS FUNGOS FITOPATOGÊNICOS	17
2.1.1	Mofo cinzento.....	17
2.1.2	Antracnose	21
2.1.3	Murcha e Podridão de <i>Fusarium</i>	24
2.2	PLANTAS MEDICINAIS NO CONTROLE ALTERNATIVO DE DOENÇAS	26
2.2.1	Óleos essenciais	28
2.2.1.1	<i>Óleo essencial de canela-da-china.....</i>	29
2.2.1.2	<i>Óleo essencial de lavandin.....</i>	31
2.2.1.3	<i>Óleo essencial de palmarosa.....</i>	33
3	MATERIAL E MÉTODOS	35
3.1	OBTENÇÃO DOS FUNGOS FITOPATOGÊNICOS E DOS ÓLEOS ESSENCIAIS.....	35
3.2	AVALIAÇÃO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS SOBRE O CRESCIMENTO MICELIAL DOS FUNGOS	36
3.3	CONTAGEM DE CONÍDIOS	38
3.4	EFEITO DA VOLATILIZAÇÃO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS SOBRE O CRESCIMENTO MICELIAL DOS FUNGOS	40
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
4.1	ISOLAMENTO FÚNGICO	43
4.2	INIBIÇÃO DO CRESCIMENTO MICELIAL	45
4.3	CONTAGEM DE CONÍDIOS	54
4.4	VOLATILIZAÇÃO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS.....	56
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	59
	REFERÊNCIAS	60

1 INTRODUÇÃO

Na produção agrícola, o que mais vem aumentando com o decorrer dos anos, é o problema com doenças em plantas e conseqüentemente, a resistência das mesmas com agroquímicos. Assim, o uso de fungicidas representa um dos principais métodos utilizados atualmente para o controle de doenças em plantas (AMORIM *et al.*, 2016; GHINI; KIMATI, 2002) e quando não manejados corretamente, causam problemas na saúde dos seres vivos e no meio ambiente (PORTO; SOARES, 2012).

Para amenizar a utilização do controle químico, surgem outros métodos para reduzir seu uso excessivo, entre eles podemos citar o controle físico, controle biológico e o controle cultural (VENTURA *et al.*, 2017). O controle alternativo surge com o objetivo de causar menor impacto ao meio ambiente e aos seres vivos. Para isso, novas tecnologias estão sendo utilizadas a partir do uso de extratos e óleos essenciais obtidos através de plantas medicinais, e a exploração da atividade biológica de compostos secundários presentes nos mesmos que são uma forma potencial de controle alternativo em plantas cultivadas (ITAKO *et al.*, 2009; SCHWAN-ESTRADA; STANGARLIN; CRUZ, 2000).

Os óleos essenciais são produtos obtidos de partes de plantas, como folhas, cascas, flores e frutos e, são misturas complexas de substâncias voláteis, lipofílicas, geralmente apresentam odor agradável e são líquidos (BRIZZO; HOVELL; REZENDE, 2009; MORAIS, 2009). Seu primeiro uso foi registrado no Egito Antigo, a partir de 3.000 a.C, onde foi descoberto que a sua função poderia ser direcionada a fins curativos, cosméticos e também como produtos aromáticos (SANTOS, 2011).

Para realizar a extração do óleo essencial das plantas, na maioria das vezes utiliza-se a destilação por arraste de vapor e os principais compostos que constituem os óleos essenciais pertencem às classes químicas dos monoterpenos, monoterpenos oxigenados, sesquiterpenos e sesquiterpenos oxigenados (BUSATO *et al.*, 2014; MEIRELES, 2009). Vários trabalhos realizados com a utilização de óleos essenciais, como de Steffen *et al.* (2019) e Marino (2020) ou extrato bruto, como de Celoto *et al.* (2008) e Itako *et al.* (2009) obtidos de plantas medicinais, mostraram o potencial das plantas no controle de fitopatógenos, por apresentarem ação fungitóxica direta e inibindo o crescimento micelial e a germinação de esporos (SCHWAN-ESTRADA; STANGARLIN; CRUZ, 2000).

Diante disso, vários trabalhos vêm demonstrando a eficiência dos óleos essenciais para o controle de fungos fitopatogênicos em culturas de grande importância agrícola, pois o uso

desses, através das plantas medicinais, em doses moderadas não trazem riscos ao meio ambiente e aos seres humanos, quando comparado aos produtos químicos.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Este trabalho teve por objetivo avaliar o potencial dos óleos essenciais de canela-da-china (*Cinnamomum cassia*), lavandin (*Lavandula hybrida*) e palmarosa (*Cymbopogon martinii*), para o controle alternativo dos fungos: *Botrytis cinerea*, *Colletotrichum gloeosporioides* e *Fusarium spp.*

1.1.2 Objetivos Específicos

- Isolar fungos de *Botrytis cinerea*, *C. gloeosporioides* e *Fusarium spp.* que desencadeiam doenças em plantas responsáveis por gerar perdas significativas de produção;
- Avaliar o efeito dos óleos essenciais com diferentes concentrações, na velocidade de crescimento micelial dos fungos *Botrytis cinerea*, *C. gloeosporioides* e *Fusarium spp.*;
- Realizar a contagem de conídios dos fungos avaliados, para obter informações sobre a eficiência dos óleos testados na esporulação;
- Avaliar o efeito de volatilização dos óleos essenciais no crescimento dos fungos *B. cinerea*, *C. gloeosporioides* e *Fusarium spp.*

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 IMPORTÂNCIA DOS FUNGOS FITOPATOGÊNICOS

Entre os agentes causadores de doenças em plantas presentes na natureza, os fungos ocupam lugar de destaque e, esses atingem plantas cultivadas, o que gera diminuição na produtividade. Dessa forma, todas as plantas são atacadas por algum tipo de fungo parasita existente e, esses fungos em diferentes espécies podem atacar vários tipos de plantas (AGRIOS, 2005; MASSOLA JÚNIOR, 2018). Cerca de 70 a 80% das doenças causadas em plantas são provocados por estes seres (PEREIRA; SOARES, 2012).

Os fungos fitopatogênicos possuem algumas características que os distinguem de outros seres vivos, como: talo eucariótico, heterotrofismo, absorção de nutrientes e formação de esporos, e entre as classificações, todos pertencem ao reino Fungi (MASSOLA JÚNIOR, 2018). Ressaltam assim, segundo Pereira e Soares (2012), que a distribuição dos fungos está em constante evolução e com isso, não há um esquema exato sobre a posição taxonômica dos mesmos.

Dos filos do reino Fungi, o Ascomycota é mais importante e tem o maior número de fungos descritos (BARREIRO; MARTÍN; GARCÍA-ESTRADA, 2011; PEREIRA; SOARES, 2012). Nele formam-se esporos sexuais, chamados de ascósporos, que ficam dentro de uma estrutura em forma de saco, chamada de asco. Alguns gêneros pertencentes a este filo são *Aspergillus*, *Botrytis*, *Cercospora*, *Colletotrichum*, *Fusarium*, *Penicillium* e *Sclerotinia* (MASSOLA JÚNIOR, 2018).

Algumas das doenças que acometem a produtividade agrícola estão compostas neste filo, e causam grandes prejuízos econômicos. Segundo Malta (2017), um dos fungos que mais causa prejuízos na cultura do morango é o *Botrytis* spp., e as perdas podem chegar de 80 a 90%, desde a produção até a comercialização. O *Colletotrichum* spp. causa estragos na cultura da goiaba-serrana de até 100%, se não manejado corretamente (BRIGHENTI *et al.*, 2018) e, para o *Fusarium* spp. sabe-se que ele é uma das principais doenças da cultura do gengibre, causando perdas de até 75% (AMORIM *et al.*, 2016).

2.1.1 Mofa cinzento

O fungo *Botrytis cinerea* Pers. é o agente causal da doença conhecida por mofa cinzenta e, é o principal patógeno em morangos (*Fragaria x ananassa*) na pós-colheita no

Brasil (MALTA, 2017; OLIVEIRA *et al.*, 2011). Pertence ao filo Ascomycota, classe Leotiomycetes, ordem Helotiales e Família Sclerotiniaceae (WILLIAMSON *et al.*, 2007) e pode infectar mais de 300 espécies de plantas, uma vez que no morango sua ocorrência é generalizada em todos os locais onde há o cultivo (REIS; COSTA, 2011). O maior produtor de morango no Brasil é o estado de Minas Gerais, visto que a região do Sul de Minas é a principal produtora do país. Mundialmente, quem lidera na produção é a China (SOUZA; BATISTA; MENEZES, 2022).

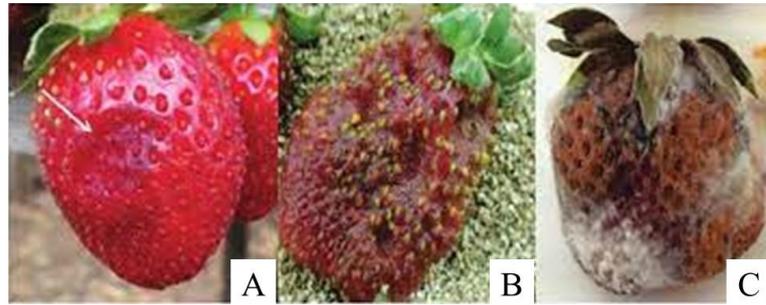
A infecção, em frutos de morango, inicia com condições ambientais favoráveis (alta umidade do ar e temperaturas moderadas) fazendo com que os esporos do fungo ataquem flores e frutos (REIS; COSTA, 2011; TOFOLI; DOMINGUES, 2006). O início da infecção geralmente começa em tecidos que estão debilitados e, conseqüentemente, alcançam tecidos saudáveis. Na maioria das vezes, os sintomas manifestam-se apenas no início do amadurecimento dos frutos e, estes rapidamente são recobertos por lesões acinzentadas (Figura 1) as quais são as estruturas do patógeno (BRAGA, 2012). Como mostrado na Figura 2, o fruto maduro demonstra sintomas do ataque, e este se desenvolve rapidamente, com lesões sobre os frutos.

Figura 1. Lesões acinzentadas no morango provocadas por *Botrytis cinerea*.



Fonte: Agrios (2005).

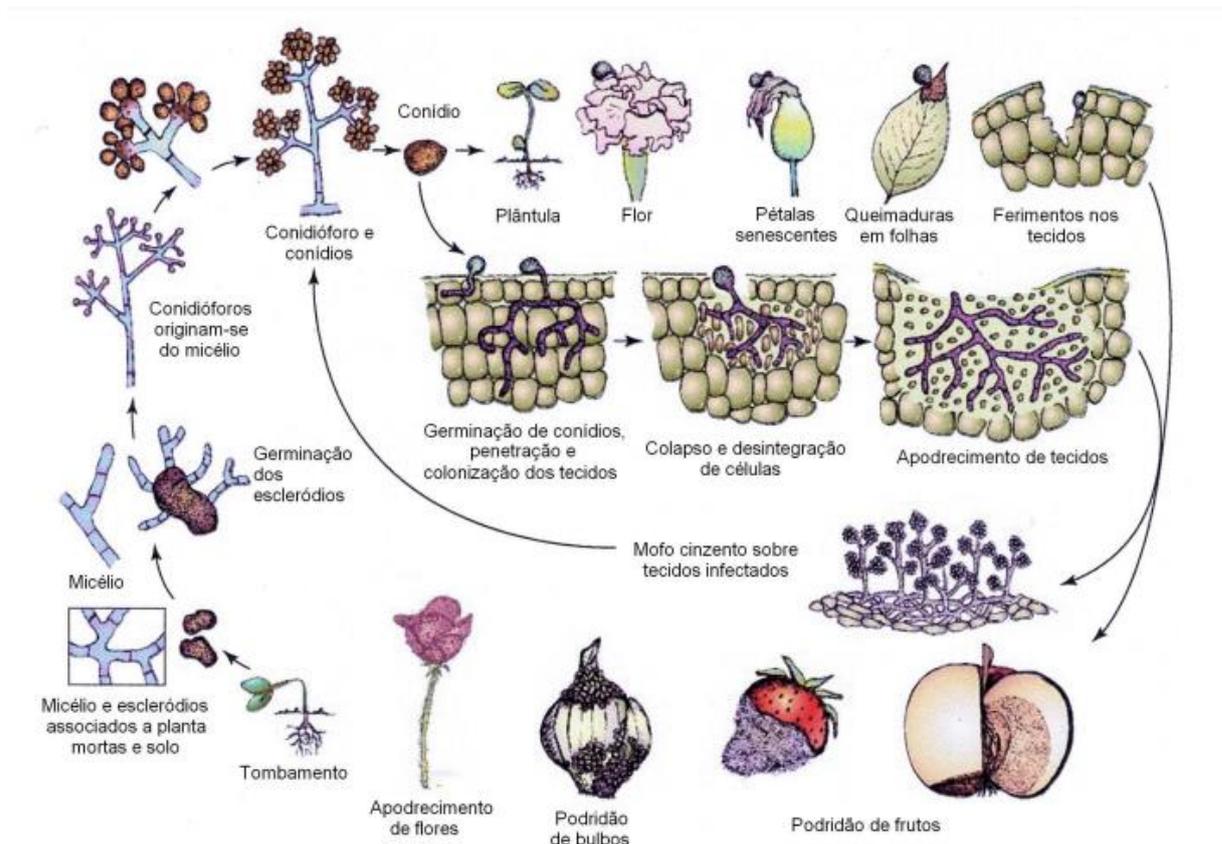
Figura 2. Sintomas do fungo *Botrytis cinerea* em morango. Fruto com sintomas iniciais, mancha encharcada (A); fruto em processo de deterioração (B); fruto apresentando crescimento fúngico em sua superfície (C).



Fonte: Silva e Marchiotti (2019).

O fungo apresenta estruturas de resistência denominadas de escleródios (Figura 3), que são estruturas enegrecidas, de tamanho irregular e achatados. Os conídios são produzidos em estruturas chamadas conidióforos, os quais apresentam forma de cacho e possui coloração acinzentada. Dentre os sintomas típicos desta doença, destacam-se a podridão de frutos, de bulbos, apodrecimento de flores e tombamento (AGRIOS, 2005).

Figura 3. Ciclo do fungo *Botrytis cinerea*.



Fonte: Tofoli *et al.* (2011).

Para sua sobrevivência, as condições adequadas são alta umidade, e temperatura em torno de 15 a 25°C, além de que, este fungo pode sobreviver em restos de culturas e permanecer em seus hospedeiros (KOSOSKI *et al.*, 2004). Pode acometer culturas de grande importância agrícola, como frutíferas (por exemplo uva, kiwi, goiaba e maçã), ornamentais (como rosa, cravo, crisântemo, gérbera, dália e orquídeas) e outras oleráceas além do morango, como tomate, pimentão, alface e cebola (TOFOLI *et al.*, 2011).

Dentre os controles recomendados para a cultura do morango na tentativa da redução da problemática da doença, é necessário fazer a limpeza e destruição semanal de folhas, flores e frutos com sintomas do mofo cinzento. Além disso, pode ser realizada a pulverização das folhas e frutos, em pré-colheita com fungicidas registrados no MAPA (REIS; COSTA, 2011). Segundo o Mapa/Agrofit (2022), atualmente há 15 produtos químicos registrados para o controle do mofo cinzento na cultura do morango, entre eles podemos citar o princípio ativo da Boscalida, Tiofanato-Metílico e o Iprodiona. Para o controle biológico há oito produtos registrados, dentre eles quatro são *Bacillus amyloliquefaciens*, dois *Bacillus subtilis*, um *Bacillus pumilus* e um fungicida microbiológico *Clonostachys rosea*.

Vários autores vêm avaliando o potencial dos óleos essenciais para o controle do mofo cinzento, como por exemplo Lorenzetti *et al.* (2011) que testaram doze óleos, entre eles alecrim (*R. officinalis*), lavandin (*L. hybrida*), laranja doce (*Citrus sinensis* var. *dulcis*) e palmarosa (*C. martinii*), nas concentrações de 125, 250, 500 e 1000 ppm para a inibição do crescimento, produção e germinação de conídios. Todos os tratamentos a base de óleos demonstraram efeito semelhante a um fungicida recomendado para a cultura, a base de tiofanato-metílico. Na concentração de 125 ppm, canela, cravo, palmarosa e capim limão, óleos ricos em eugenol, geraniol e citral, apresentaram melhor efeito em relação à testemunha, com 41, 31, 27 e 17% de controle respectivamente. Na maior dose, 1000 ppm, capim limão e palmarosa apresentaram efeito fungicida (100% de controle), impedindo o crescimento do patógeno.

Além disso, Scariot (2013) analisou a eficiência dos óleos essenciais de menta (*Mentha arvensis*), limão siciliano (*Citrus limon*), gengibre (*Zingiber officinalis*) e tomilho (*Thymus vulgaris*), na dosagem de 0 µL, 5 µL, 10 µL, 15 µL e 20 µL, para o controle de *B. cinerea* e *Rhizopus stolonifer*. Com isso, observou-se que para o teste de germinação, os esporos dos fungos não germinaram na presença dos óleos de menta, limão siciliano, gengibre e tomilho na dosagem de 20 µL. Já para o teste *in vivo* os voláteis de *Mentha arvensis* nas doses 10, 15 e 20 µL, controlaram 100% dos fungos *B. cinerea* e *R. stolonifer* inoculados em pseudofrutos de

morangos. O óleo de *Citrus limon* controlou 100% do fungo *B. cinerea* inoculados em pseudofrutos de morango na dose 20 µL.

Drawanz *et al.* (2020) avaliaram os óleos essenciais e hidrolatos de orégano (*Origanum vulgare*) e cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum*), extraídos por hidrodestilação, para controlar o crescimento micelial do fungo *B. cinerea*, isolado de morangos. Considerando, o menor rendimento de extração dos óleos essenciais, uma única concentração (10%) foi utilizada na avaliação antifúngica. Para os hidrolatos concentrações crescentes foram analisadas: 5, 15 e 30%, além da testemunha. Com isso, não houve atividade fúngica considerável nas primeiras 24 horas de experimento. Os hidrolatos mostraram-se ativos em 48 horas, na menor concentração (5%), com porcentagem de inibição do crescimento micelial de 94% (*O. vulgare*) e 84% (*S. aromaticum*). O óleo de *O. vulgare* mostrou-se mais eficiente, com inibição de crescimento de 100% por todo o experimento, de 96 horas, e o óleo de *S. aromaticum*, em 48 horas, uma inibição do crescimento em 64% que se manteve até 96 horas de experimento.

2.1.2 Antracnose

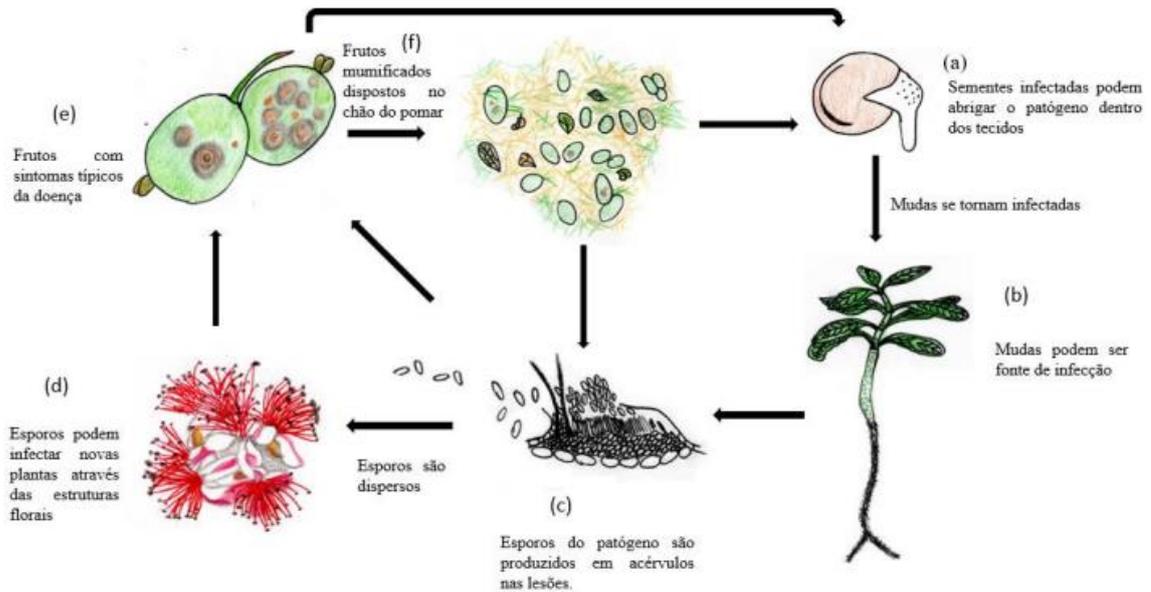
Esta doença é causada pelo fungo *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc, sendo o responsável por grandes perdas nas culturas agrícolas, além de ser considerada uma das doenças de maior importância econômica (RIBEIRO *et al.*, 2016). O fungo é pertencente ao filo Ascomycota, classe Sordariomycetes, ordem Glomerellales e família Glomerellaceae (MASSOLA JÚNIOR, 2018; PEREIRA; SOARES, 2012).

Para a goiaba-serrana (*Feijoa sellowiana*), também conhecida por feijoa ou goiaba do campo (LORENZI, 2008), essa que tem grande relevância cultural na região sul, este fungo, e outros deste mesmo gênero, se não manejado corretamente pode acarretar em perdas de até 100% (BRIGHENTI *et al.*, 2018) e, considerando em fitossanidade, para esta cultura trará maiores prejuízos na produção (ARAÚJO; PINTO, 2018).

Além da goiaba-serrana, este fungo pode infectar pelo menos 470 hospedeiros de gêneros diferentes. Entre os produtores de goiaba-serrana, a Colômbia é o país que se destaca como maior produtor e, no Brasil, sua maior ocorrência se dá nos biomas Pampa e Mata Atlântica (MORETTO; NODARI; NODARI, 2022).

É conhecido por causar podridão em frutas, estejam elas no campo ou na pós-colheita e, quando atinge outras partes das plantas causa sintomas como: podridão da flor, da coroa, mancha e necrose das folhas, desfolha e além disso, pode atingir as sementes. A fase sexual do *C. gloeosporioides* chama-se *Glomerella cingulata* (FERRARI *et al.*, 2011) (Figura 4).

Figura 4. Ciclo da antracnose em goiaba-serrana, causada por *Colletotrichum* spp.



Fonte: Fantinel (2020).

Os sintomas causados na goiaba-serrana variam desde a sementeira, que pode ocasionar a perda das plântulas se não utilizado sementes tratadas, e oriundas de frutos infectados pela doença, até as plantas adultas (ANDRADE; DUCROQUET, 1994 apud ARAÚJO; PINTO, 2018). Quando o fungo atinge as plantas adultas, os sintomas iniciam-se com uma leve murcha, a qual progride em seca das folhas e logo, a desfolha. Os ramos que são infectados ficam secos e, caso não haja medida de controle, pode ocasionar na morte da planta. Nos frutos, ocorrem pequenas lesões com coloração escura em formato circular ou ovalado, que aumentam de tamanho (Figura 5). As manchas podem se unir e formar grandes áreas, com característica de tecido necrótico (ARAÚJO; PINTO, 2018).

Figura 5. Lesões do fungo *Colletotrichum gloeosporioides* nos frutos (A, B e C); união das manchas, com característica necrosada (C).



Fonte: Adaptado de Araujo e Pinto (2018).

Em um estudo realizado por Hellwig e Ueno (2009), foi realizado a identificação dos principais agentes fitopatogênicos que ocorrem em frutíferas nativas da região do Rio Grande do Sul, entre elas a goiaba-serrana. No isolamento *in vitro*, constatou o crescimento de colônias do fungo *C. gloeosporioides*, tanto nos materiais retirados de frutos, como em ramos e nisso, observaram nas lâminas a presença de estruturas reprodutivas, os chamados conídios que são típicos deste fungo. Com isso, concluiu que o fungo causador desta doença é o responsável por atingir os frutos e causar a seca dos ramos da goiaba-serrana.

O controle recomendado para este fungo, visto que sua disseminação pode ser rápida quando não controlada, pode se dar pelo método cultural, onde realiza-se a remoção de flores e frutos doentes para que não haja o contágio em plantas sadias (FANTINEL, 2020), por controle químico, porém, segundo Araújo e Pinto (2018), utiliza-se produtos fungicidas registrados para a cultura da macieira, visto que não há produtos descritos para a cultura da goiaba-serrana. Atualmente há 11 produtos registrados como controle biológico, sendo que oito são produtos à base de *B. amyloliquifaciens* e três produtos à base de *B. subtilis* (MAPA/AGROFIT, 2022).

Além disso, vem sendo testados métodos alternativos, como o uso de extratos e óleos essenciais para o controle deste fungo como mostra no trabalho de Celoto *et al.* (2008) que obtiveram o extrato de vinte e duas plantas, entre elas arruda (*Ruta graveolens*), beldroega (*Portulaca oleracea*), serralha (*Emilia sonchifolia*), capim cidreira (*Cymbopogon citratus*) e hortelã (*Mentha spicata x suaveolens*), e testaram o efeito fungitóxico sobre o crescimento micelial e a germinação de esporos de *C. gloeosporioides*. Como resultados, os extratos aquosos de bucha (*Luffa acutangula*), eucalipto (*Eucalyptus citriodora*), erva-santa-maria (*Chenopodium ambrosioides*) e unha-de-vaca (*Bauhinia* spp.), e os extratos hidroetanólicos de arruda (*R. graveolens*), eucalipto (*Eucalyptus citriodora*), gengibre (*Z. officinale*) e erva-santa-maria (*Chenopodium ambrosioides*) inibiram mais de 90% da germinação de esporos.

Outros trabalhos como Carnelossi *et al.* (2009), que testaram o óleo essencial de capim-limão (*C. citratus*), eucalipto (*E. citriodora*), menta (*Mentha arvensis*) e estragão (*Artemisia dracuncululus*) para o controle de *C. gloeosporioides* na cultura do mamoeiro, mostraram que todos os óleos testados inibiram em 100% o crescimento micelial do fungo na alíquota de 50 mL. O óleo de *C. citratus* foi o mais eficiente, pois causou inibição de 100% a partir da alíquota de 10 mL. Além disso, Souza, Vieira e Neves (2019), também avaliaram o uso de óleos essenciais, tais como, palmarosa (*C. martinii*), cravo (*Eugenia caryophyllata*), canela (*Cinnamomum zeylanicum*), capim limão (*C. citratus*) e alecrim (*R. officinalis*), em seis concentrações 0, 100, 200, 400 e 800 $\mu\text{L L}^{-1}$. Os óleos essenciais de canela e cravo nas concentrações de 400 e 800 $\mu\text{L L}^{-1}$ apresentaram eficiência no controle do fungo *C. gloeosporioides*.

2.1.3 Murcha e Podridão de *Fusarium*

A doença fusariose pode ser causada por espécies do fungo *Fusarium* spp. No Brasil esta doença pode afetar diversas culturas, entre elas a cultura do gengibre (*Z. officinale*), causada pelo fungo *Fusarium oxysporum* Schltdl. É um fungo considerado como principal causador por ocasionar perdas significativa no campo e em pós-colheita, devido a murcha vascular e podridão de rizomas (CARRASCO, 2016; MOREIRA *et al.*, 2016). Este pertence ao filo Ascomycota, classe Sordariomycetes, ordem Hypocreales e Família Nectriaceae (PEREIRA; SOARES, 2012; MASSOLA JÚNIOR, 2018).

O gengibre tem grande valor comercial por conta do seu rizoma, o qual é muito apreciado na culinária, tanto seco como *in natura* (CONCI, 2009). O maior produtor nacional e exportador de gengibre é o Espírito Santo, e seu cultivo está localizado na região central serrana do estado, onde as altitudes variam de 500 a 800 metros. O produto é reconhecido no país e no exterior, por conta do excelente padrão comercial dos rizomas (WOELFFEL; RAMOS; COLNAGO, 2015). No ano de 2019, os três maiores produtores de gengibre eram Índia, China e Nigéria, sendo que nos dias atuais, a Índia continua na primeira colocação (JOSHI; KHANAL, 2021). Quando o fungo atinge a planta, inicialmente elas ficam infectadas e apresentam amarelecimento de folhas inferiores, o que conseqüentemente causará a murcha da planta, como mostra a Figura 6.

Figura 6. Sintoma de murcha na planta adulta, causada por *Fusarium oxysporum*.



Fonte: Costa e Ventura (2015).

Os rizomas exibem um escurecimento vascular e há presença de micélio de coloração branca (Figura 7), o que pode gerar podridão dos mesmos. Para que haja o desenvolvimento do fungo, as condições ideais são temperaturas entre 24°C e 28°C, pH do solo entre 5,5 e 6,0, baixos teores de matéria orgânica e ainda estresse hídrico e a disseminação através de implementos agrícolas, mudas infectadas e da água utilizada na irrigação (COSTA; VENTURA, 2015).

Figura 7. Rizoma de gengibre com a presença de micélio branco (A) e escurecimento vascular (B).



Fonte: Autora (2022).

Para o controle, a principal medida é evitar a entrada de patógenos nos campos de produção, uma vez que o fungo desenvolve vários clamidósporos, o quais são as estruturas de resistência do fungo que podem sobreviver no solo de 15 a 30 anos. A dispersão ocorre por meio de água, ferramentas, implementos, rizoma-semente contaminados, ou até mesmo, pelo vento. Além disso, outro controle relevante é a rotação de culturas com espécies que não são hospedeiras do patógeno (MOREIRA *et al.*, 2016).

Além disso, para o controle químico não foi encontrado nenhum produto registrado para esta doença para a cultura do gengibre, porém, há recomendação de três produtos à base de controle biológico: *B. subtilis*, *Trichoderma harzianum* e *Trichoderma asperellum* (MAPA/AGROFIT, 2022). No controle alternativo, há trabalhos em que demonstram a eficiência do uso de óleos essenciais sobre o fungo *F. oxysporum*. Salgado *et al.* (2003) avaliaram o efeito de óleos essenciais de três espécies de eucalipto, *Eucalyptus camaldulensis*, *E. citriodora* e *E. urophylla* para o controle de *F. oxysporum*, *B. cinerea* e *Bipolaris sorokiniana* nas concentrações de 5, 50 e 500 mg/Kg, sendo que nas concentrações de 500 mg/Kg dos óleos, observou-se inibição significativa no crescimento micelial das espécies fúngicas analisadas, após um período de sete dias. Porém, o óleo de *E. urophylla* foi o que apresentou maior ação fungitóxica.

Zacaroni *et al.* (2009) analisaram *in vitro* o efeito do óleo essencial das folhas de pimenta longa (*Piper hispidinervum*), sobre os fungos *B. sorokiniana*, *F. oxysporum* e *C. gloeosporioides*, nas concentrações de 100, 200, 500, 1000, 1500 e 2000 µg. mL⁻¹ do óleo essencial, e observou que na concentração de 200 µg. mL⁻¹ teve a inibição total do fungo *B. sorokiniana*, enquanto para os fungos *F. oxysporum* e *C. gloeosporioides*, a inibição ocorreu na concentração de 1000 µg. mL⁻¹.

Além disso, Costa *et al.* (2011) testaram o efeito do óleo essencial de cravo-da-índia (*S. aromaticum*) para o controle do crescimento micelial *in vitro* de quatro fungos fitopatogênicos, incluindo *F. oxysporum*, sendo que, o óleo apresentou atividade fungicida na concentração de 0,15% sobre o crescimento de *F. oxysporum* e *Fusarium solani*. Ainda assim, para mostrar a eficácia dos óleos essenciais, Russiano (2020) testou o efeito do expurgo com óleos essenciais, entre eles a melaleuca (*M. alternifolia*), citronela (*Cymbopogon winterianus*) e lavanda (*Lavandula stoechas*) em sementes de tomate cereja contaminados com *F. oxysporum*, e notou que, o óleo de melaleuca pôde inibir o crescimento micelial de *F. oxysporum*, sem prejudicar a germinação das sementes de tomate cereja. Os testes posteriores com este óleo, demonstraram que houve redução de plântulas anormais em comparação com a testemunha.

2.2 PLANTAS MEDICINAIS NO CONTROLE ALTERNATIVO DE DOENÇAS

Na busca da diminuição dos impactos na agricultura e também da contaminação por resíduos de agrotóxicos, em alimentos, seres vivos ou então no meio ambiente, há novas

técnicas de controles que estão sendo estudadas para a atenuação de químicos, as quais podemos destacar o uso de controle biológico, sejam eles naturais ou com a introdução de uma agente de controle e também, o uso do controle alternativo, a base de plantas medicinais (MORANDI; BETTIOL, 2009).

As plantas medicinais, aromáticas e condimentares podem ser consideradas de múltiplas funções, pois apresentam várias utilidades, sejam elas para alimentação, em cosméticos e até mesmo na ação farmacológica (SENAR, 2017; VIDAL; PEREIRA, 2012). Muitas das espécies vegetais, que são utilizadas na medicina popular, podem ter outras funções, como por exemplo, plantas que apresentam ação de repelir insetos e contribuir para a polinização e controle natural. Também há plantas que inibem ou então que de certa forma promovem o desenvolvimento de outras plantas, atuando como espécie antagônica ou então, companheira, respectivamente. Além disso, as plantas quando extraídas, produzem seu extrato, que compõem caldas utilizadas como herbicidas, fungicidas ou até mesmo inseticidas (BORSATO; FEIDEN, 2011).

As plantas produzem metabólitos primários, os quais estão diretamente envolvidos no crescimento e também no desenvolvimento das plantas, e são encontrados em todo reino vegetal. Já os metabólitos secundários, também conhecidos por produtos secundários ou produtos naturais, diferem do anterior por apresentarem distribuição restrita no reino vegetal, ou seja, são restritos a uma espécie vegetal ou a um grupo de espécies relacionadas (TAIZ; ZEIGER, 2009; TAIZ *et al.* 2017).

Por muito tempo, os metabólitos secundários eram desconhecidos, porém, seus estudos começaram através de químicos orgânicos do século XIX e início do século XX, que estavam interessados na importância dessas substâncias para uso em drogas medicinais, venenos, aromatizantes e materiais industriais. Recentemente, foi apontado que muitos produtos derivados do metabolismo secundário apresentam funções ecológicas importantes nos vegetais, dentre elas a proteção das plantas contra herbivoria e contra a infecção por microrganismos patogênicos e também podem ser atrativos dando cor, sabor ou odor para animais polinizadores e dispersores de sementes (TAIZ; ZEIGER, 2009; VIZZOTTO; KROLOW; WEBER, 2010).

Os metabólitos secundários são divididos em três grupos: terpenos, compostos fenólicos e compostos nitrogenados. Os terpenos constituem a maior classe de produtos secundários e diversas substâncias desta classe são insolúveis em água. Todos os terpenos são derivados do isopreno (C₅) e quando há presença de duas unidades de C₅, ou seja, dez carbonos,

são chamados de monoterpenos; quando tem 15 carbonos (três unidades de C₅) são os sesquiterpenos, 20 carbonos são os diterpenos e assim sucessivamente (MARTINS, 2012; TAIZ; ZEIGER, 2009).

Os compostos fenólicos formam um grupo que apresenta um ou mais anéis aromáticos hidroxilados, e são responsáveis pela atividade antioxidante de vegetais. Sua classificação se dá pelos fenólicos simples ou ácidos fenólicos, flavonoides, estilbenos, lignanas e taninos. Os compostos nitrogenados, tem sua maioria sintetizados a partir dos aminoácidos e, como exemplo de compostos presentes neste grupo são os alcaloides (MARTINS, 2012; VIZZOTTO; KROLOW; WEBER, 2010).

2.2.1 Óleos essenciais

Algumas plantas apresentam compostos bioativos, os quais tem a capacidade em controlar várias doenças. Estes compostos podem agir de forma direta sobre os patógenos, inibindo a germinação e o crescimento, ou então de forma indireta, ativando o sistema de defesa natural das plantas. Os bioativos estão presentes em extratos e óleos essenciais, os quais são obtidos a partir das plantas (VIDAL; PEREIRA, 2012).

Os óleos essenciais também chamados de óleos voláteis, constituem um dos mais importantes grupos de matérias primas para a indústria. Podem ser encontrados nas folhas, flores, cascas, madeira, raízes, frutos e sementes das plantas (MARTINS, 2012). São compostos, frequentemente, por uma mistura complexa de monoterpenos e sesquiterpenos, os quais são de ocorrência mais comum na natureza, sendo os mais facilmente encontrados, porém, os diterpenos também podem estar presentes. Além destes, podem ter alguns óleos essenciais derivados do fenilpropanóides (MORAIS, 2009; SHARIFI-RAD *et al.*, 2017).

Quando presentes em temperatura ambiente, apresentam aspecto oleoso, e tem como principal característica a volatilidade. Isto faz com que diferenciem dos óleos fixos, que são misturas de substâncias lipídicas, geralmente provenientes de sementes (MORAIS, 2009). Há diferentes métodos de extração para isolar óleos essenciais de plantas aromáticas, tais como a hidrodestilação, a destilação a vapor, a extração por solventes orgânicos, a extração com fluido supercrítico, dentre outros (SILVEIRA *et al.*, 2012).

Por apresentarem uma constituição hidrofóbica, os óleos atravessam a parede celular e a membrana plasmática, alterando a estrutura de polissacarídeos, ácidos graxos e fosfolípidios

e podem causar lise celular (MARQUES, 2014). A presença dos componentes majoritários nos óleos essenciais, podem ser responsáveis pelo efeito fungicida e/ou efeito fungistático (LORENZETTI, 2012).

Alguns dos mecanismos de ação causados pelos óleos vegetais e extratos em fungos incluem o rompimento da integridade da parede celular pela inibição da síntese de quitina e β -glucanas, as quais fazem parte da composição da parede celular do fungo; ruptura da membrana celular, seja por ligação ou inibição da biossíntese de ergosterol, que é um esteroide e um dos principais componentes da membrana plasmática dos fungos e a inibição de ácido ribonucleico, ácido desoxirribonucleico ou síntese de proteínas (LAGROUH; DAKKA; BAKRI, 2017 apud SEEPE; NXUMALO; AMOO, 2021).

2.2.1.1 Óleo essencial de canela-da-china

A canela-da-china (*Cinnamomum cassia* (L.) J.Presl) é originária do sul da China e do Vietnã (RAVINDRAN; NIRMAL-BABU; SHYLAJA, 2003 apud LAVINIKI, 2013) e, foi introduzida na Europa e, até os dias atuais, é utilizada como substituta, porém de qualidade menor, à canela verdadeira. Pertence à família Lauraceae, é uma árvore sempre verde que pode atingir até 7 metros de altura, com casca branca aromática, e apresenta a sinonímia científica da *C. aromaticum* (BRASIL, 2010; GRANDI, 2014). As partes da planta que são utilizadas, geralmente são as cascas do caule, porém pode-se utilizar também as folhas e os ramos (Figura 8).

Sua constituição química é formada por resina, tanino, lignina, bassorina, substância corante e, além disso, há presença do óleo essencial, com cerca de 1,0%, (GRANDI, 2014). O principal componente ativo do óleo essencial de canela é trans-cinamaldeído, o qual constituído de aproximadamente 78,4%, seguido por metoxicinamaldeído (9,4%), acetato de cinnamila (3,1%), entre outros (VIA AROMA, 2021). Além disso, apresenta um odor aromático característico (BRASIL, 2010). Este composto majoritário tem propriedades terapêuticas, como ação antimicrobiana, anti-inflamatória, hipoglicemiante, entre outros (MOTA, 2017).

Figura 8. Flores (A), folhas (B) e tronco de *Cinnamomum cassia* (L.) J.Presl (C).



Fonte: PlantNet (2022).

A utilização do óleo essencial de *C. cassia* L., vem sendo testada para vários microrganismos, entre eles bactérias como *Escherichia coli* (SOUZA *et al.*, 2016), nematoides como *Meloidogyne incognita* (JARDIM *et al.*, 2018) e para fungos, por exemplo, onde o estudo de Thanaboripat *et al.* (2007) analisaram o efeito de dezesseis óleos essenciais, entre eles a canela-da-china para a inibição do crescimento do fungo *Aspergillus flavus*, na dose de 250 μ L para cada óleo. Dentre os resultados, destaca-se que a inibição de seu crescimento em maior intensidade se dá pelo óleo da planta madeira branca (*Melaleuca cajuputi*), seguida pela canela (*C. cassia*) e alfazema (*Lavandula officinalis*), respectivamente.

Além disso, Lorini, Bonaldo e Mendes (2016) avaliaram o efeito volátil dos óleos essenciais de cravo-da-índia (*S. aromaticum*), canela (*C. cassia*), alecrim (*R. officinalis*) e eucalipto (*Corymbia citriodora*), na dose de 100 μ L no desenvolvimento de fungos em amêndoas de castanhas-do-Brasil. Os fungos testados foram *Aspergillus niger*, *A. flavus*, *Rhizopus* spp. e *Penicillium* spp. Como resultado, o óleo de eucalipto foi eficaz na inibição de *Penicillium* spp., enquanto o óleo de cravo obteve maior inibição no *Rhizopus* spp. Já a canela, inibiu *A. niger*, *A. flavus*, *Rhizopus* spp. e *Penicillium* spp., ou seja, todos os fungos. Para o alecrim, não houve eficácia no controle do crescimento dos fungos.

Com isso, Marino (2020) testou a eficácia da volatilização de óleos essenciais de eucalipto citriodora (*E. citriodora*), alecrim (*R. officinalis*) e canela-da-china (*C. cassia*), para o controle de *B. cinerea*, nas concentrações de 100, 250 e 500 ppm, por períodos de 1, 2, 3, 6 e 24 horas. Resultou-se que nas concentrações a partir de 100 ppm e com o tempo de volatilização de 6h, os óleos de canela-da-china e alecrim inibiram em 100% o crescimento do fungo. Nos

tempos menores de exposição da volatilização, o crescimento foi retardado, nos três óleos. Com isso, nota-se que óleo de canela-da-china foi eficiente e teve efeito fungicida no fungo, a partir da concentração de 100 ppm.

2.2.1.2 Óleo essencial de lavandin

A variedade lavandin ou grosso (*Lavandula hybrida* E.Rev. ex Briq.) é ocorre naturalmente no sul da França, mas é cultivado em várias partes do mundo, como Espanha e Argentina (MASON, 2014). Esta planta pertence à família Lamiaceae e o gênero *Lavandula* compreende cerca de 39 espécies (SALES, 2015). Como seu nome científico indica, é um híbrido natural entre a *Lavandula angustifolia* Mill e a *L. latifolia* Medik (MASON, 2014). Sua base semelhante a *L. angustifolia*, porém é mais desenvolvida e, as hastes florais são mais longas (Figura 9). Além disso, sua altura pode variar de 0,80 a 1,00 m e as flores, com coloração azul-violeta (O LAVANDÁRIO, 2022) (Figura 10).

Figura 9. Diferença entre lavandin (*Lavandula hybrida* [var. grosso]) e lavanda (*Lavandula angustifolia* Mill) e a *L. latifolia* Medik).



Fonte: Wanke (2017).

Figura 10. Planta de lavandin (*Lavandula hybrida* var. grosso).



Fonte: O lavandário (2022).

O lavandin, apresenta um rendimento de óleo essencial cerca de cinco vezes maior que a *L. angustifolia* (JIANU *et al.* 2013). Os principais constituintes do óleo essencial desta planta são o linalol, com cerca de 31,9%, acetato de linalila (27,7%) e cânfora (15,9%), sendo esse último um composto com odor desagradável, que faz com que o óleo essencial não seja usado para fins terapêuticos (JIANU *et al.* 2013; VIA AROMA, 2019).

Estudos vêm sendo analisados para a utilização deste óleo no controle de doenças fitopatogênicas, como mostra Moumni *et al.* (2021), que analisaram sete óleos essenciais, entre eles capim limão (*C. citratus*), lavanda (*Lavandula dentada*), lavandin (*L. hybrida*) e louro (*Laurus nobilis*) para a inibição do crescimento dos principais patógenos se sementes de cucurbitáceas, como a *Alternaria alternata* e o *Stagonosporopsis cucurbitacearum*. Nos resultados, o óleo essencial de *C. citratus* inibiu completamente o crescimento micelial de *S. cucurbitacearum* e *A. alternata* em 0,6 e 0,9 mg/mL, respectivamente. Já com 1 mg/mL, *L. hybrida* inibiu em 71% o crescimento micelial de *A. alternata*. Para o *S. cucurbitacearum* os óleos essenciais de *Lavandula*, tiveram resultados promissores com inibição de aproximadamente 74% a 1 mg/mL.

Como já citado anteriormente, Lorenzetti *et al.* (2011) testaram doze óleos, e entre eles o lavandin (*L. hybrida*) nas concentrações de 125, 250, 500 e 1000 ppm para a inibição do crescimento, produção e germinação de conídios. No crescimento micelial, o óleo não foi tão eficiente, porém, teve melhor efeito se comparado com a testemunha. Para a produção de conídios, o óleo estimulou a esporulação, ou seja, foi maior que a testemunha e na germinação o óleo não teve efeito positivo, sendo que apresentou 97% de germinação e a testemunha 100%.

2.2.1.3 Óleo essencial de palmarosa

A palmarosa (*Cymbopogon martinii* (Roxb.) W.Watson) tem sua origem na região mediterrânea. Pertence à família Palmaceae e é uma planta do tipo gramínea. É uma planta perene, com colmos tufados de até 3 metros de altura, folhas lanceoladas, com coloração verde escura na face adaxial e verde-clara na face abaxial (SANTOS, 2011; SOORYA, 2021) (Figura 11).

Figura 11. Planta de palmarosa (*Cymbopogon martinii*).



Fonte: Artisan Aromatics (2022).

Seus principais constituintes são o geraniol, com aproximadamente 78%, seguido por acetato de geranila (10,4%), entre outros (SANTOS, 2011; VIA AROMA, 2019). Na medicina, tanto a planta quanto o óleo, são utilizados para tratar, por exemplo, reumatismos, queda de cabelo, artrite e espasmos. Além disso, o óleo essencial de palmarosa é um forte fungicida, sendo que em testes de laboratórios foi mais eficaz que vários fungicidas sintéticos, contra fungos, incluindo o *Aspergillus* spp. (SOORYA, 2021).

Hillen *et al.* (2012) observaram o efeito dos óleos essenciais extraídos de candeia (*Eremanthus erythropappus*), palmarosa (*C. martinii*) e de alecrim (*R. officinalis*) no crescimento micelial de alguns fitopatógenos fúngicos e no tratamento de sementes de milho, soja e feijão. No teste *in vitro*, utilizou-se alíquotas de 20, 40, 60, 100, 200, 500 e 1000 µL de cada óleo, para os fungos: *Alternaria carthami*, *Alternaria* spp. e *Rhizoctonia solani*. No crescimento micelial, o óleo de palmarosa inibiu completamente todos os patógenos fúngicos, independentemente da concentração. Já os óleos de candeia e alecrim foram melhores quando foram adicionadas alíquotas superiores a 200 µL.

Além disso, Guerra *et al.* (2015), testaram o óleo de palmarosa (*C. martinii*) no desenvolvimento do fungo *Sclerotium rolsii* *in vitro* e em plantas de amendoim, e observaram que na dose de 300 ppm e 400 ppm ocorreu uma redução de 55% do crescimento do fungo *in vitro* e na incidência da doença, respectivamente.

Neves e Vieira (2017), avaliaram o efeito dos óleos essenciais de alecrim (*R. officinalis*), basilicão (*Ocimum basilicum*), bergamota (*Citrus bergamia*), cravo (*S. aromaticum*), lemongrass (*Cymbopogon citratus*) e palmarosa (*C. martinii*), no controle *in vitro* do fungo *S. sclerotiorum* isolado do feijoeiro, bem como na germinação, sanidade e desenvolvimento inicial das plântulas de feijoeiro, e obtiveram que, os óleos e concentrações com melhor efeito inibitório foram lemongrass, na concentração de 40 $\mu\text{L.L}^{-1}$; cravo e palmarosa a 80 $\mu\text{L.L}^{-1}$ e basilicão a 160 $\mu\text{L.L}^{-1}$. Para o teste de sanidade, os óleos mais eficientes foram o de cravo e o de palmarosa a 80 $\mu\text{L.L}^{-1}$, que inibiram totalmente o fungo. Esses óleos nas respectivas dosagens inibiram o crescimento micelial e o desenvolvimento do fungo *S. sclerotiorum* em sementes e não interferiram na sua germinação, sendo potencialmente promissores para o tratamento desse fungo em sementes de feijão.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 OBTENÇÃO DOS FUNGOS FITOPATOGÊNICOS E DOS ÓLEOS ESSENCIAIS

O experimento foi realizado na Universidade Federal de Santa Catarina - Campus de Curitibanos no Laboratório de Fitopatologia, no período de dezembro de 2021 a agosto de 2022. Os fungos foram obtidos da Micoteca do laboratório e isolados em meio BDA (Batata-Dextrose-Ágar). Para a realização do isolamento fúngico, utilizou-se fragmentos de frutos doentes, sendo que para o fungo *C. gloeosporioides* foi isolado do fruto de goiaba-serrana contaminada, provenientes do município de São Joaquim, SC. O fungo *Fusarium* spp., foi isolado de rizomas de gengibre infectado e o fungo *B. cinerea* foi isolado de fragmentos de morango doente, ambos coletados no município de Curitibanos.

Todos os fungos foram obtidos através da retirada de fragmentos doentes, o quais foram desinfetados superficialmente em álcool 70% por 1 min., hipoclorito de sódio a 2% por 1 min., e em seguida, enxaguados com água destilada (ALFENAS *et al*, 2007). Os fragmentos foram cultivados em meio BDA sob incubação a 25°C e fotoperíodo de 12 horas (Figura 12).

Figura 12. Placas sendo incubadas na incubadora BOD, com um fotoperíodo de 12 horas, a 25°C.



Fonte: Autora (2022).

Os óleos essenciais das plantas medicinais de canela-da-china (*Cinnamomum cassia* L.), lavandin (*Lavandula hybrida* grosso) e palmarosa (*Cymbopogon martinii*) foram

adquiridos comercialmente da marca Via Aroma® em frascos âmbar, contendo 10 mL cada, os quais foram armazenados em temperatura ambiente (Figura 13).

Figura 13. Óleos essenciais utilizados no experimento. Canela-da-china (A), lavandin (B) e palmarosa (C) da marca Via Aroma®.

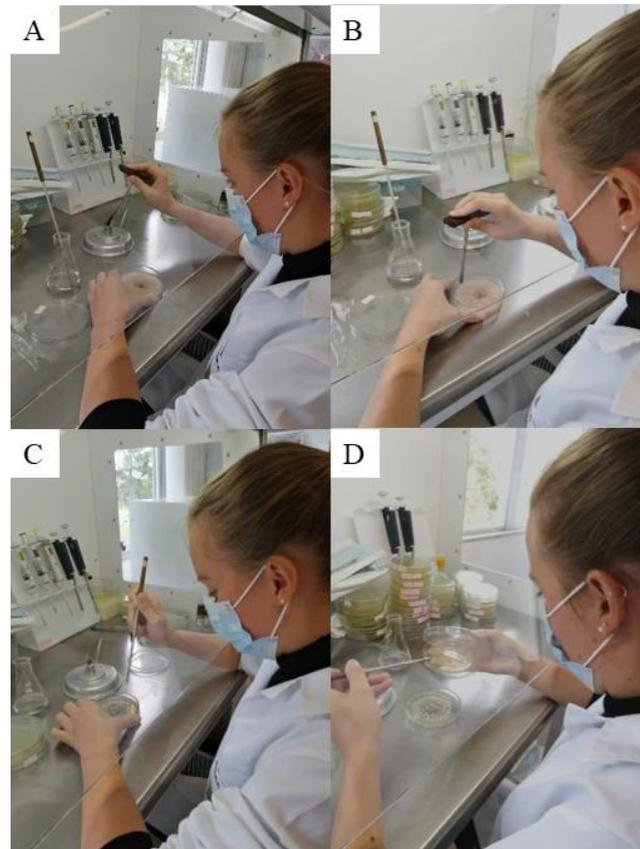


Fonte: Via Aroma (2022).

3.2 AVALIAÇÃO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS SOBRE O CRESCIMENTO MICELIAL DOS FUNGOS

Na avaliação do crescimento micelial *in vitro* foram utilizadas concentrações crescentes de 0, 250, 500 e 1000 ppm dos óleos essenciais de canela-da-china, lavandin e palmarosa para os fungos *C. gloeosporioides* e *Fusarium* spp., e para o fungo *B. cinerea* foram utilizadas as concentrações de 0, 50, 100, 150, 250, 500 e 1000 ppm dos mesmos óleos essenciais. As alíquotas dos óleos foram adicionadas em meio de cultura BDA fundente, juntamente com antibiótico estreptomicina e penicilina (500 mg.L⁻¹) e Tween20® a 0,5%. Após a solidificação do meio de cultura um disco de micélio do fungo foi repicado ao centro da placa (Figura 14). As placas foram vedadas e incubadas 25°C com fotoperíodo de 12 horas.

Figura 14. Processo de repicagem do fungo. Flambagem do repicador (A); repicagem do fungo (B); retirada do disco com a alça (C); disco de micélio repicado ao centro da placa (D)



Fonte: Autora (2022).

As avaliações iniciaram após 24 horas da instalação do ensaio e as medições foram perpendiculares do diâmetro da colônia (Figura 15) e foram diárias até que no tratamento testemunha atingisse 90% do crescimento na placa ou sua totalidade. Com os dados das avaliações foi calculado a área abaixo da curva de crescimento micelial (AACCM) através da fórmula (1) e o índice de velocidade de crescimento micelial do fungo (IVCM) através da fórmula (2), ambas descrita por Campbell e Madden (1990):

$$AACCM = \sum \left(\frac{y_{i+1} + y_i}{2} \right) \cdot (t_{i+1} - t_i) \quad (1)$$

Em que y_i e y_{i+1} são os valores de crescimento da colônia observados em duas avaliações consecutivas, t_{i+1} e t_i são os intervalos das avaliações.

Para o cálculo do índice de velocidade do crescimento micelial (IVCM) foi aplicada a fórmula:

$$IVCM = \sum (x_{i+1} - x_i) \cdot (t_{i+1} - t_i) \quad (2)$$

Em que x_i e x_{i+1} são os valores de crescimento micelial da colônia em duas avaliações consecutivas e t_{i+1} e t_i é o intervalo entre estas avaliações. Tanto a AACCM quanto o IVCM, foram convertidos em porcentagem de inibição e porcentagem de redução do crescimento.

Figura 15. Medição perpendicular do crescimento micelial em placa de Petri com \varnothing de 9 cm.



Fonte: Autora (2022).

Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado (DIC) com quatro tratamentos: 4 doses dos óleos essenciais (0, 250, 500 e 1000 ppm) para os fungos *C. gloeosporioides* e *Fusarium* spp., e sete tratamentos/doses (0, 50, 100, 150, 250, 500 e 1000 ppm) para o fungo *B. cinerea*, com cinco repetições. Cada placa de Petri foi considerada uma repetição e os dados foram submetidos a análise de regressão utilizando o software R.

3.3 CONTAGEM DE CONÍDIOS

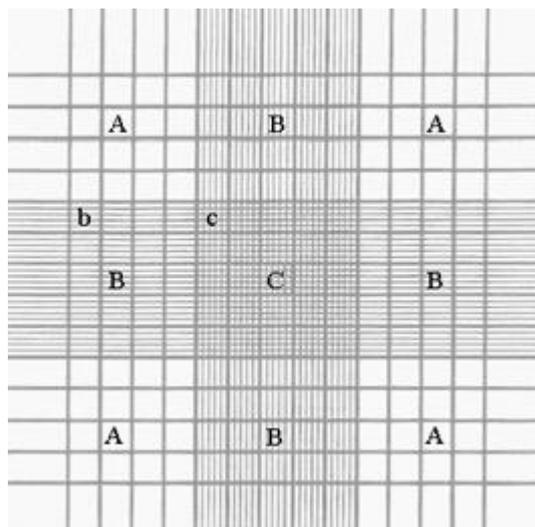
No último dia de avaliação/medição dos experimentos foi realizada a contagem de conídios dos fungos avaliados. Para a contagem de conídios (Figura 16) utilizou-se 10 mL de água em cada placa. O micélio foi cuidadosamente raspado, com o auxílio da alça de Drigalski de vidro (ALFENAS; ZAUZA; MAFIA, 2007). Em seguida, este líquido foi filtrado em gaze, com ajuda de um funil, para o vidro Erlenmeyer. Com uma pipeta de plástico foi colocado em torno de 2 gotas na câmara de Neubauer (Figura 17).

Figura 16. Processo para a realização da contagem de conídios. Utilizou-se 10 mL de água (A); em seguida foi acrescentada junto ao micélio, o qual foi cuidadosamente raspado com o auxílio da alça de Drigalski de vidro (B); o líquido foi filtrado (C); e pipetado em torno de 2 gotas na câmara de Neubauer (D).



Fonte: Autora (2022).

Figura 17. Imagem de uma câmara de Neubauer utilizada para a contagem de conídios.

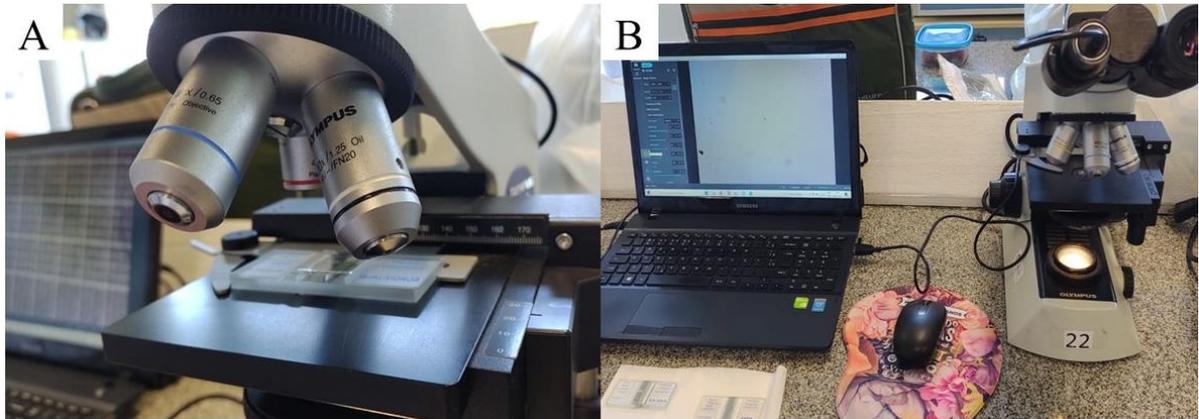


Fonte: Alfenas, Zauza e Mafia (2007).

A câmara de Neubauer foi acoplada ao microscópio para visualização em conjunto com um sistema de fotografia para captura das imagens da câmara (Figura 18). Na contagem, considerou-se o quadrante C' da câmara de Neubauer (ALFENAS; ZAUZA; MAFIA, 2007) e

as imagens foram processadas com o pacote EBImage do software R, para possibilitar na contagem dos conídios.

Figura 18. Câmara de Neubauer para contagem dos conídios (A); Câmera fotográfica acoplada ao microscópio (B).



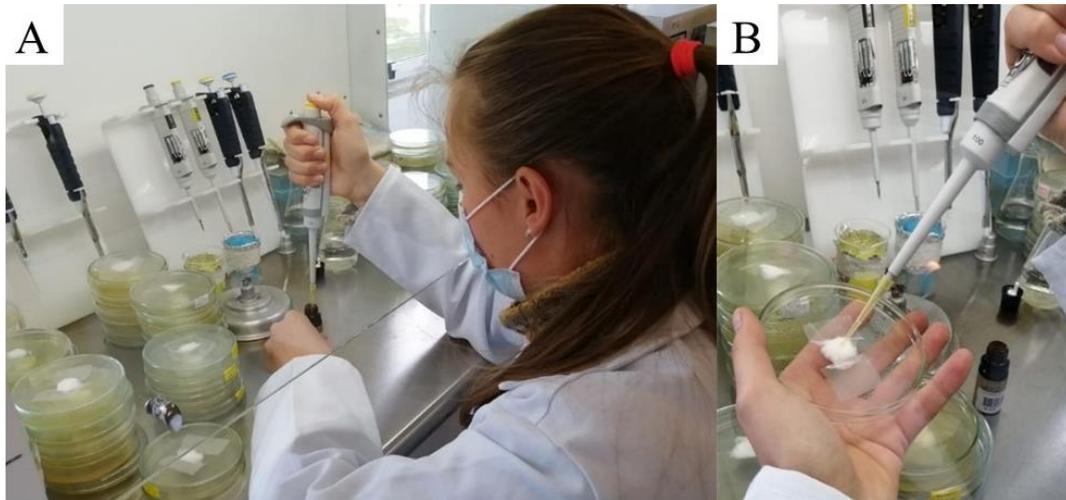
Fonte: Autora (2022).

3.4 EFEITO DA VOLATILIZAÇÃO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS SOBRE O CRESCIMENTO MICELIAL DOS FUNGOS

No ensaio de volatilização, para avaliar o efeito volátil de óleos essenciais, um chumaço de algodão foi fixado na parte interna da tampa da placa de Petri, com o auxílio de fita adesiva. Após este procedimento, as placas foram autoclavadas e secadas em estufa, de 45 a 50°C. Na avaliação do efeito de volatilização dos óleos essenciais, primeiramente foi utilizado alíquota de 100 μL dos três óleos essenciais (canela-da-china, lavandin e palmarosa) para os três fungos (Figura 19). As alíquotas foram pipetadas na superfície do algodão como mostra a Figura 19B.

O meio de cultura BDA fundente foi vertido em placas e após sua solidificação, seguiu o mesmo procedimento descrito ao item 3.2, a partir do momento da repicagem dos fungos. As placas foram vedadas e incubadas 25°C com fotoperíodo de 12 horas. Após a verificação dos resultados, outra dose foi utilizada, de 200 μL , para os fungos que cresceram na dosagem anterior de 100 μL .

Figura 19. Retirada do óleo essencial do vidro (A) e pipetagem da alíquota do óleo sobre o chumaço de algodão (B).



Fonte: Autora (2022).

As avaliações iniciaram após 24 horas da instalação do ensaio e as medições foram perpendiculares do diâmetro da colônia. As avaliações foram diárias até que o tratamento testemunha atingisse 100% do crescimento na placa. Após o crescimento total da placa testemunha, os chumaços de algodão foram retirados da tampa dentro do fluxo laminar, conforme a Figura 20.

Figura 20. Retirada do algodão das tampas das placas de Petri no fluxo laminar.



Fonte: Autora (2022).

O desenho experimental foi num delineamento inteiramente casualizado (DIC) com três tratamentos: óleos essenciais de canela-da-china, lavandin, palmarosa na dose de 100 μ L e

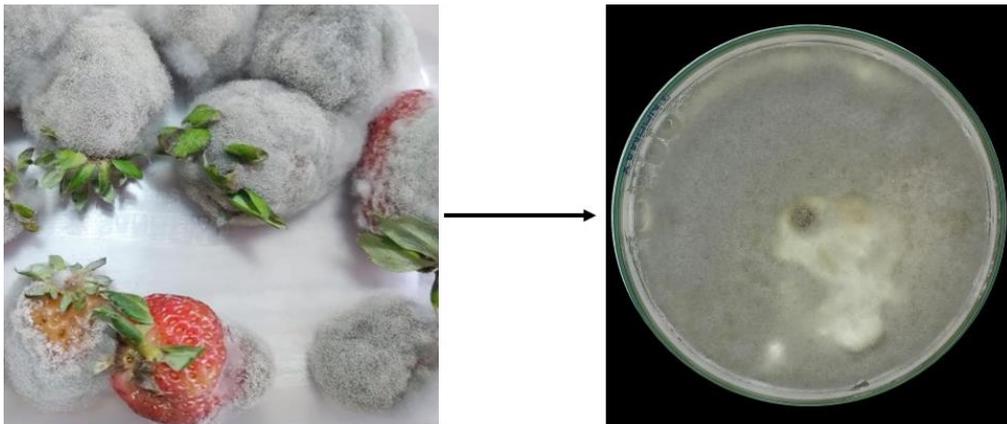
utilizou-se uma testemunha para cada um dos três fungos. Este delineamento foi repetido com uma dose maior, de 200 μL , para os óleos essenciais de lavandin e palmarosa para o controle dos fungos *C. gloeosporioides* e *Fusarium* spp. Foram utilizadas cinco repetições para ambos os ensaios e, cada placa de Petri foi considerada uma repetição. Os dados foram submetidos a análise de variância e ao teste de Scott-Knott ao nível 5% de probabilidade pelo software R.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ISOLAMENTO FÚNGICO

Os fungos fitopatogênicos isolados, quando cultivados em meio BDA, foram identificados como *Botrytis cinerea* (Figura 21), *Colletotrichum gloeosporioides* (Figura 22) e *Fusarium* spp. (Figura 23), utilizando a consulta em literatura de Amorim *et al.* (2016) e Massola Júnior (2018). Observou-se que, o *B. cinerea* cultivado em meio BDA apresenta aspecto cotonoso mais espesso, com colônias de coloração cinza claro, e que produzem conidióforos e conídios de coloração cinza escuro (Figura 21). Os conídios são elípticos e podem medir até 10 µm de diâmetro (PAUL *et al.*, 1998).

Figura 21. *Botrytis cinerea* isolado de fragmentos de morango, após ser cultivado em meio de cultura BDA.



Fonte: Autora (2022).

Para o *C. gloeosporioides*, há uma grande variação quanto a coloração, a qual pode ser marrom-claro, cinza-escuro, cinza-claro, salmão ou branco. No presente trabalho, a coloração que predominou foi a cinza-escuro, com presença de manchas alaranjadas no centro da placa, característica da massa de conídios. Os conídios são diversificados em relação a forma e ao tamanho, os quais podem ser cilíndricos, retos e fusiformes (BILIENKI JUNIOR; AUER; WOLF II, 2021) (Figura 22).

Figura 22. *Colletotrichum gloeosporioides* isolado de fragmentos de goiaba-serrana, após ser cultivado em meio BDA.



Fonte: Vezzani (2019); Autora (2022).

Segundo Moreira (2016), o *Fusarium* spp. cultivado em meio BDA apresenta micélio aéreo de coloração branca, e produção de pigmento violeta ou rosado. Além disso, pode apresentar alterações na coloração das colônias, podendo variar de branco a violeta claro na frente da placa; violeta claro, róseo e creme a violeta escuro no verso da placa (Figura 23).

Figura 23. *Fusarium* spp. isolado de fragmentos de gengibre, após ser cultivado em meio BDA.



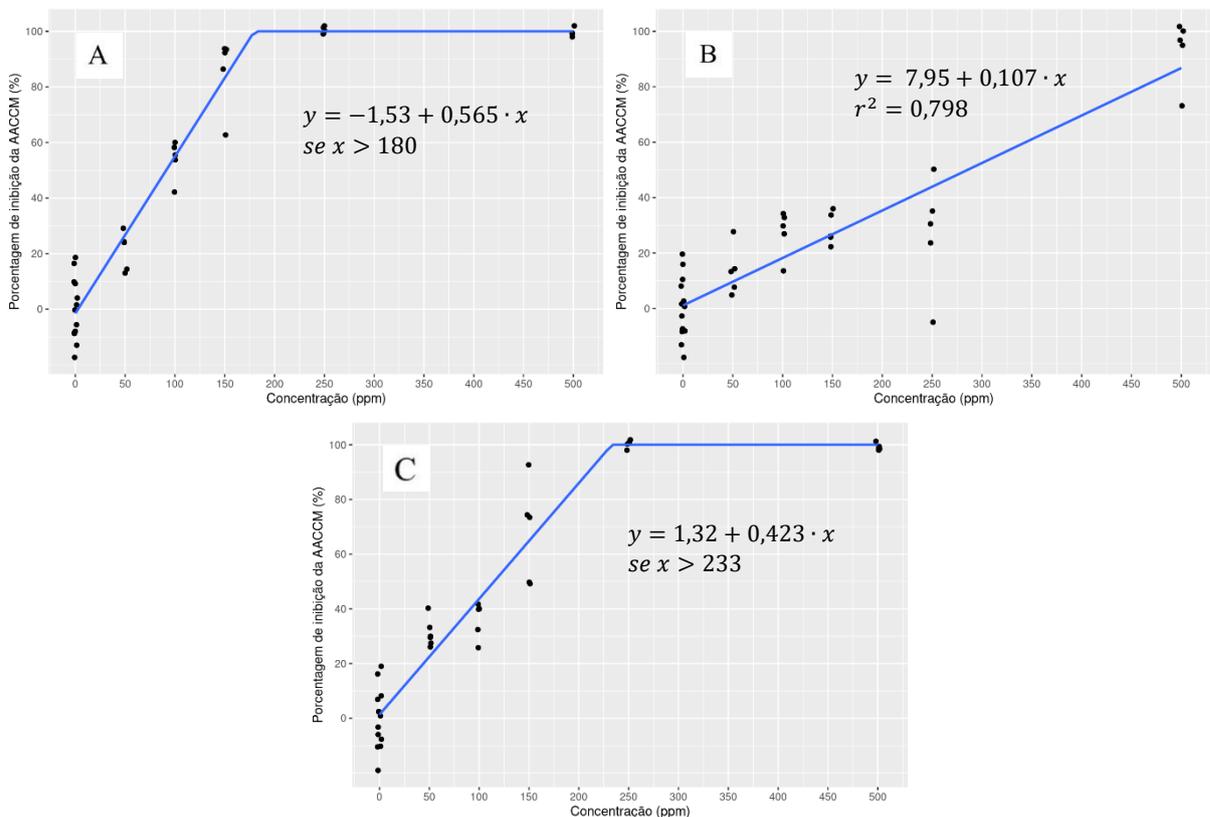
Fonte: Autora (2022).

Após o isolamento dos três fungos, os mesmos foram mantidos em meio BDA e incubados a 25°C com fotoperíodo de 12 horas. Também foi realizado a preservação dos fungos pelo método Castellani. Este método consiste em armazenar discos miceliais cultivados em meio BDA em água autoclavada. Os discos são mantidos em frasco de vidro do tipo penicilina fechados hermeticamente com tampas de borracha e armazenados em temperatura ambiente (GONÇALVES; ALFENAS; MAFIA, 2007).

4.2 INIBIÇÃO DO CRESCIMENTO MICELIAL

Em relação à porcentagem de inibição da AACCM de *Botrytis cinerea*, os tratamentos com o óleo essencial de canela-da-china apresentaram inibição total a partir da concentração de 180 ppm, como pode ser observado pelo ajuste da regressão platô (Figura 24A). Para o óleo de lavandin, o ajuste foi linear, sendo observado um aumento na inibição do fungo proporcional ao aumento da concentração (Figura 24B), sendo que na concentração de 500 ppm, a inibição foi de aproximadamente 93%. No óleo de palmarosa, o ajuste foi para a equação platô, onde a concentração de inibição total foi a partir de 233 ppm (Figura 24C).

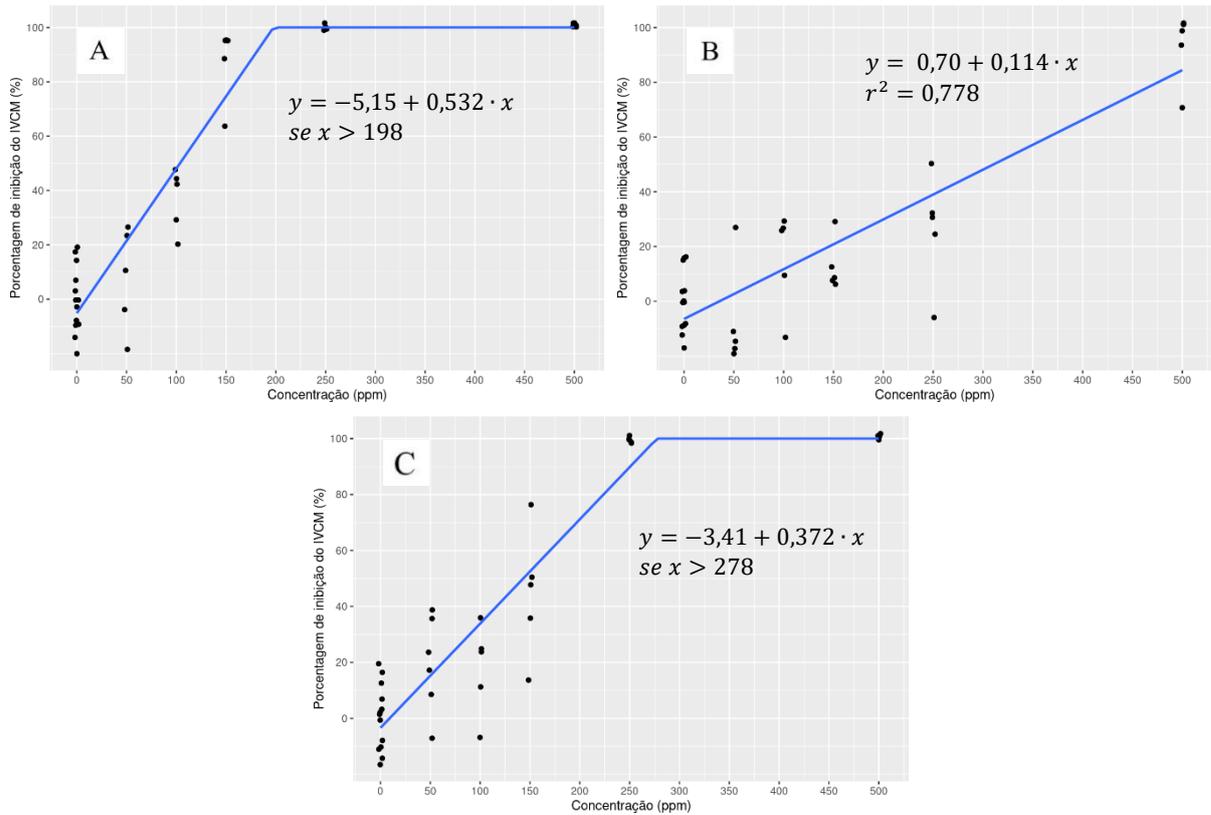
Figura 24. Inibição da AACCM para o *Botrytis cinerea* para os óleos essenciais de canela-da-china (A); lavandin (B); palmarosa (C).



Fonte: Autora (2022).

Quanto aos resultados obtidos para o IVCAM de *Botrytis cinerea*, os tratamentos com o óleo essencial de canela-da-china apresentaram ajuste de regressão platô (Figura 25A) e, apresentou inibição completa a partir da concentração de 198 ppm. Assim como o óleo anterior, para palmarosa o mesmo comportamento foi observado, porém, a inibição total ocorreu a partir da concentração de 278 ppm (Figura 25C). Para o óleo de lavandin, o IVCAM foi semelhante ao AACCM (Figura 25B).

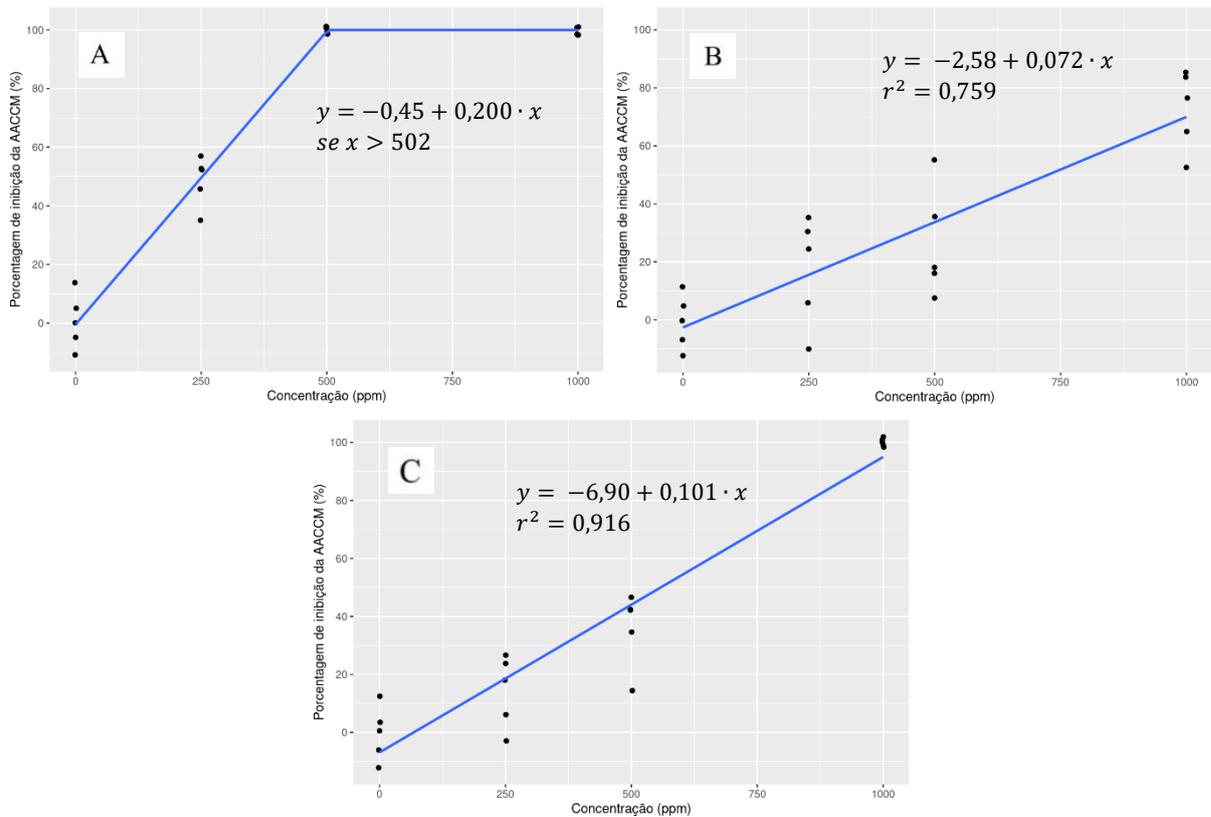
Figura 25. Inibição do IVCM para o *Botrytis cinerea* para os óleos essenciais de canela-da-china (A); lavandin (B); palmarosa (C).



Fonte: Autora (2022).

Nestes resultados, para a AACCM de *Colletotrichum gloeosporioides*, apenas o óleo de canela-da-china apresentou ajuste de regressão platô, onde sua inibição ocorre a partir da concentração de 502 ppm (Figura 26A). Os óleos de lavandin e palmarosa, apresentaram ajuste de forma linear, sendo que o aumento na inibição do fungo se dá conforme o aumento da concentração (Figura 26B e Figura 26C). Para ambas, a inibição se dá na concentração de 1000 ppm e, a inibição foi de aproximadamente 73% e 100%, respectivamente.

Figura 26. Inibição da AACCM para o *Colletotrichum gloeosporioides* para os óleos essenciais de canela-da-china (A); lavandin (B); palmarosa (C).

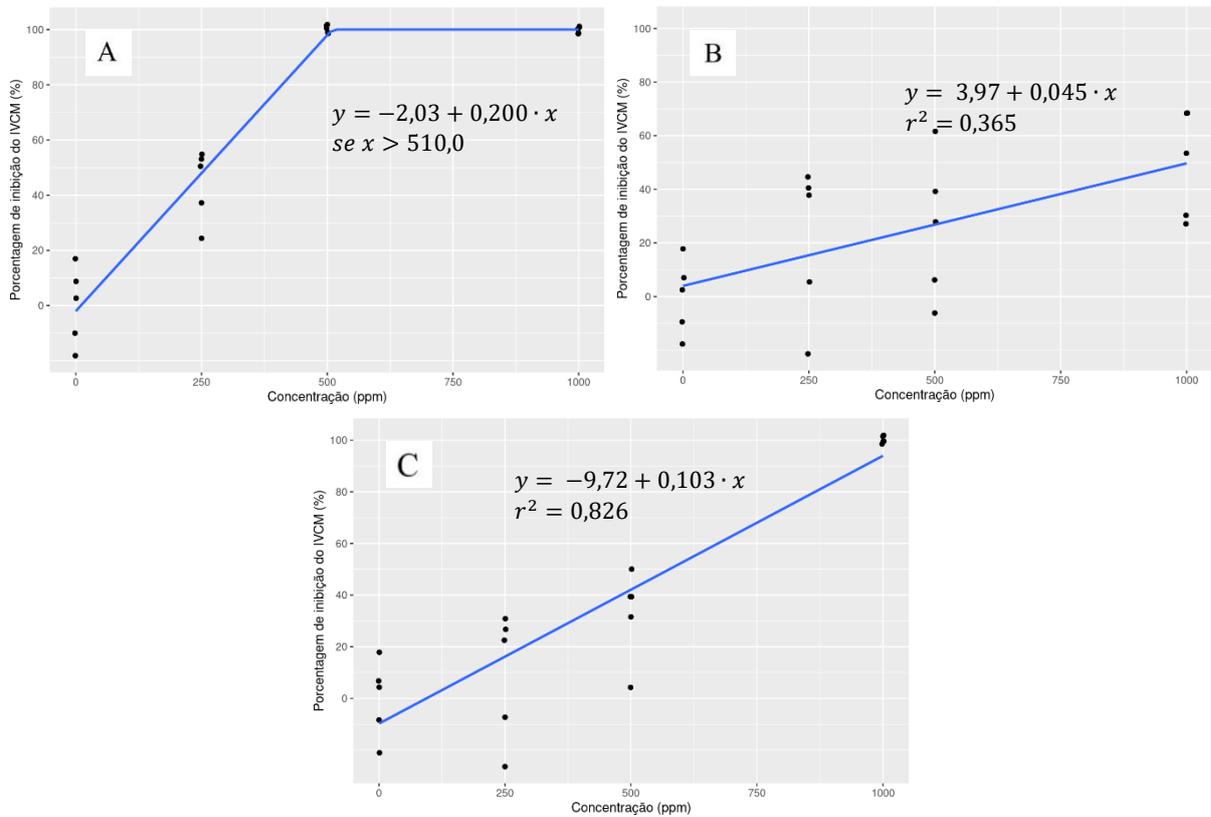


Fonte: Autora (2022).

O óleo de canela-da-china inibiu em até 100% com uma boa ação antifúngica, ou seja, para este fungo, apresentou inibição a partir da concentração intermediária testada, com maiores componentes ativos em sua composição, se comparado com os demais óleos, no entanto para o fungo *C. gloeosporioides*, o óleo de lavandin e palmarosa também apresentam boa ação, porém, necessitam de maiores concentrações para atingir a mesma eficiência que o óleo de canela-da-china tem, com menores concentrações, para o controle deste fungo.

Para o IVCAM de *Colletotrichum gloeosporioides* os resultados foram semelhantes ao AACCM, onde apenas o óleo de canela-da-china apresentou ajuste de regressão platô. Sua inibição se dá a partir da concentração de 510 ppm (Figura 27A). Como mencionado anteriormente, os óleos de lavandin e palmarosa apresentaram ajuste de forma linear (Figura 27B e Figura 27C), e a inibição se dá na concentração de 1000 ppm e, com aproximadamente 48,7% e 100%, respectivamente.

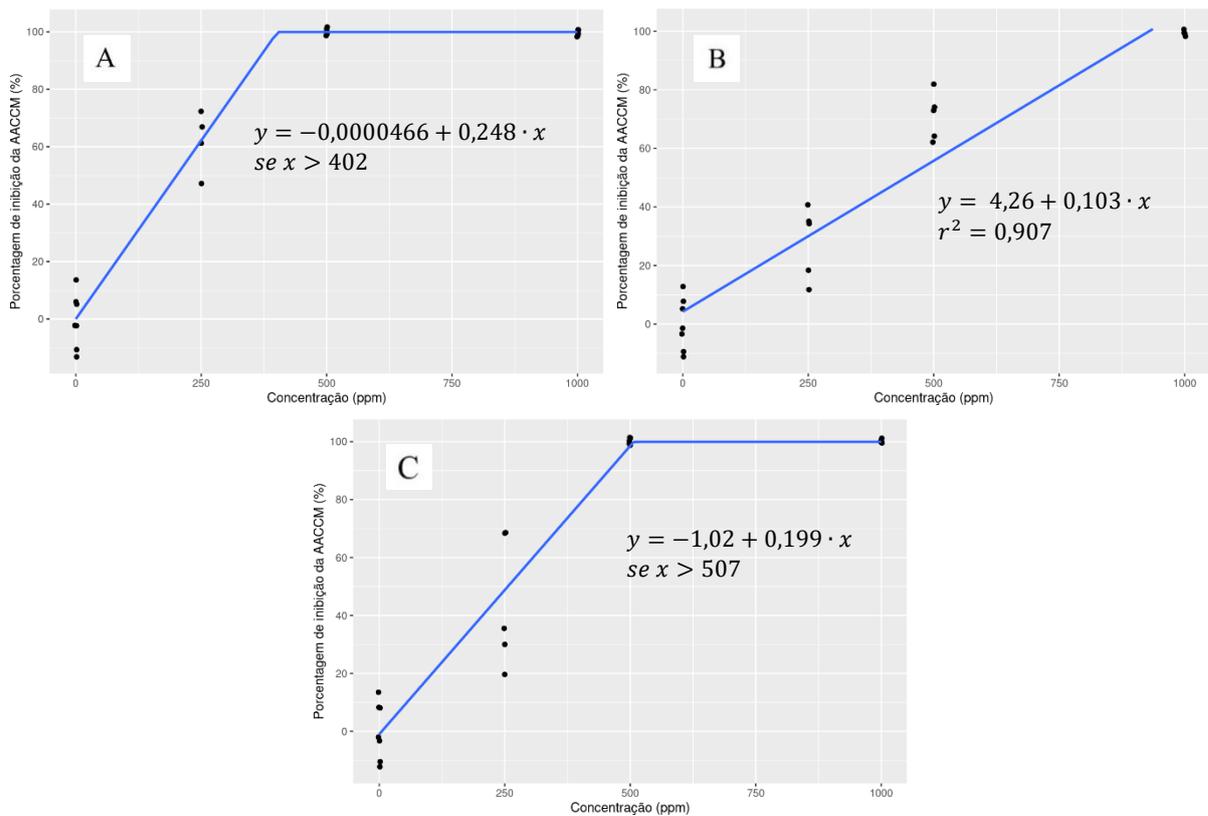
Figura 27. Inibição do IVCM para o *Colletotrichum gloeosporioides* para os óleos essenciais de canela-da-china (A); lavandin (B); palmarosa (C).



Fonte: Autora (2022).

De acordo com os resultados, para o fungo *Fusarium spp.*, nota-se que para os óleos de canela-da-china e palmarosa, o ajuste foi de regressão platô, e a inibição ocorre a partir da concentração de 402 ppm (Figura 28A) e 507 ppm (Figura 28C), respectivamente. O óleo de lavandin apresenta ajuste de forma linear, (Figura 28B), e apresenta aproximadamente 100% de inibição, na concentração de 1000 ppm.

Figura 28. Inibição da AACCM para o *Fusarium* spp. para os óleos essenciais de canela-da-china (A); lavandin (B); palmarosa (C).

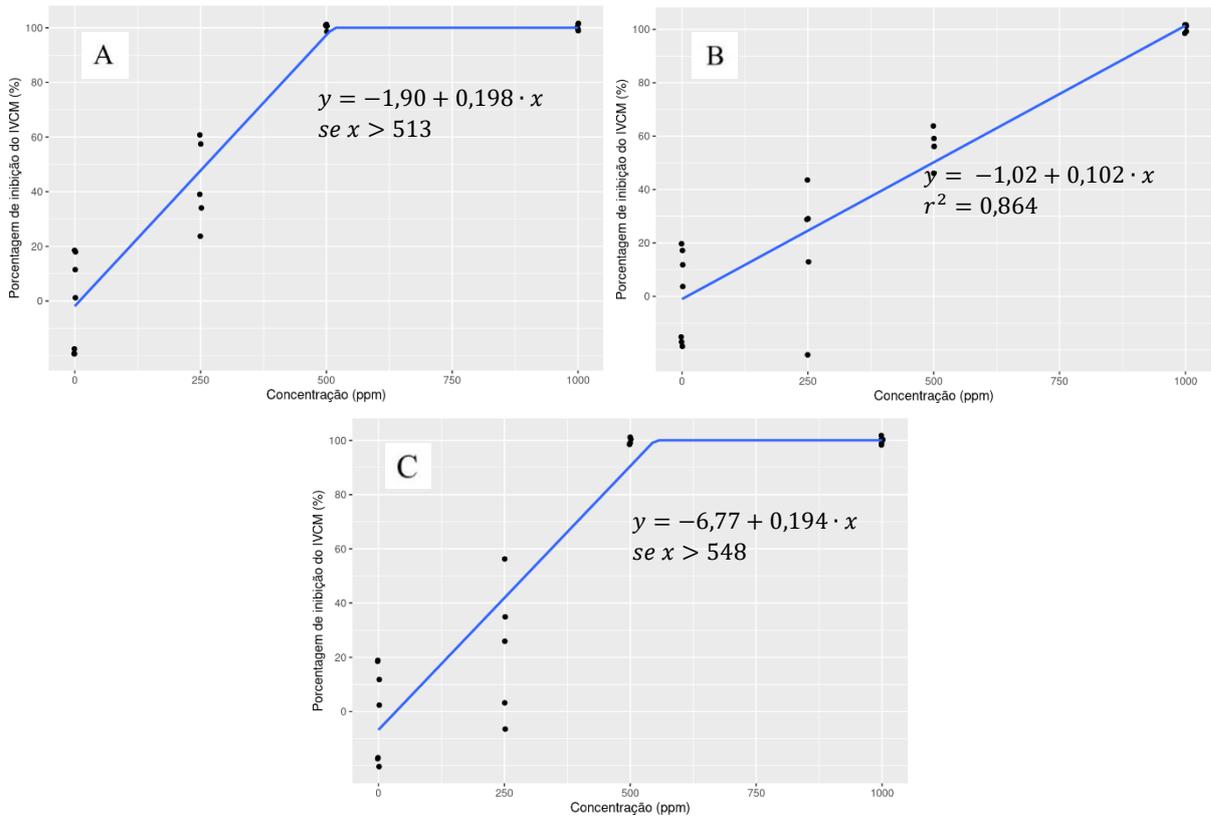


Fonte: Autora (2022).

Para este fungo, o óleo de palmarosa apresentou inibição total na concentração próxima ao do óleo essencial de canela. Tanto para *Fusarium* spp., quanto *B. cinerea* os óleos apresentaram redução no crescimento parecido, e com isso, percebe-se que estes fungos são mais sensíveis aos componentes dos óleos do que o *C. gloeosporioides*.

O óleo de lavandin apresentou ajuste de forma linear (Figura 29B), semelhante ao anterior. Novamente, nota-se que para os óleos de canela-da-china e palmarosa, o ajuste foi de regressão platô, e a inibição ocorre a partir da concentração de 513 ppm (Figura 29A) e 548 (Figura 29C), respectivamente.

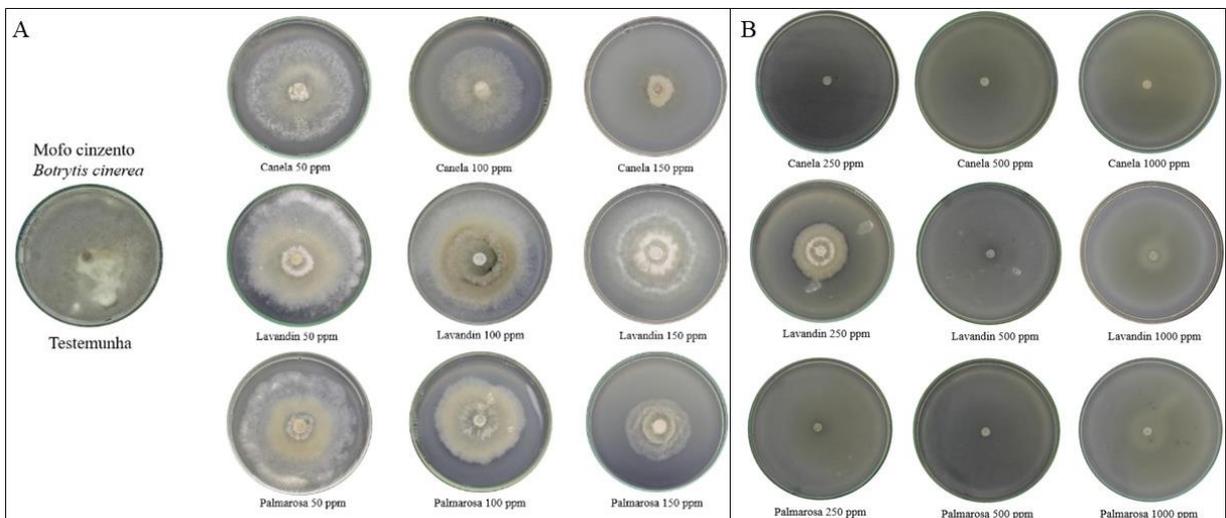
Figura 29. Inibição do IVCM para o *Fusarium* spp. para os óleos essenciais de canela-da-china (A); lavandin (B); palmarosa (C).



Fonte: Autora (2022).

Na Figura 30 demonstra o resultado das sete concentrações (0, 50, 100, 150, 250, 500 e 1000 ppm) para o fungo *Botrytis cinerea*.

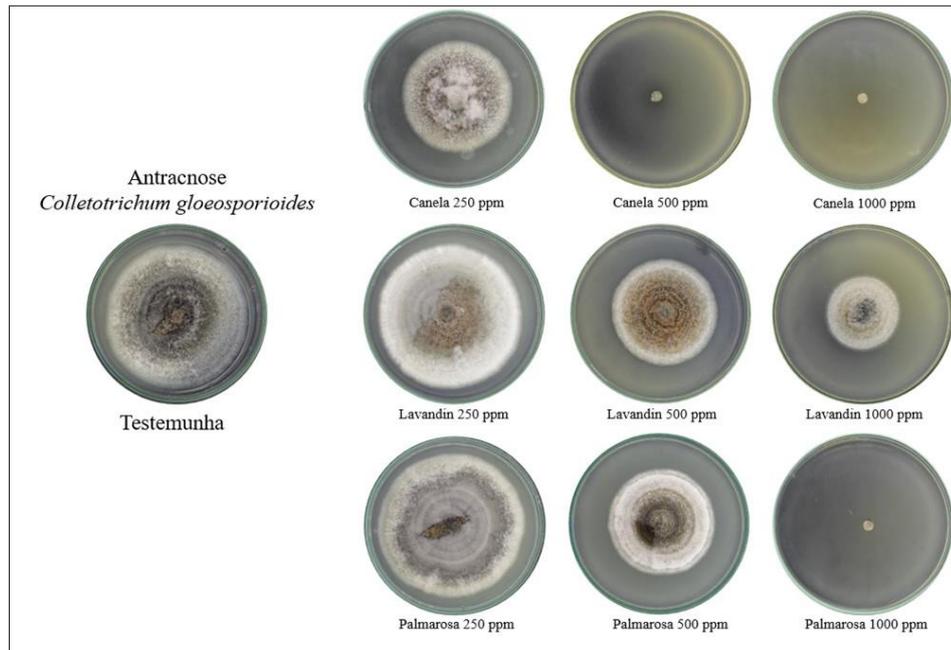
Figura 30. Resultados dos óleos de canela-da-china, lavandin e palmarosa, nas concentrações de 50, 100 e 150 ppm e testemunha (A); 250, 500 e 1000 ppm (B) para o fungo *Botrytis cinerea*.



Fonte: Autora (2022).

Para o *Colletotrichum gloeosporioides* os resultados obtidos pelos óleos de canela-da-china, lavandin e palmarosa, nas concentrações 250, 500 e 1000 ppm, são demonstrados na Figura 31.

Figura 31. Resultados dos óleos de canela-da-china, lavandin e palmarosa, nas concentrações de 250, 500 e 1000 ppm e testemunha, para o fungo *Colletotrichum gloeosporioides*.



Fonte: Autora (2022).

Além disso, para o *Fusarium* spp. os resultados obtidos pelos três óleos, nas concentrações 250, 500 e 1000 ppm, são demonstrados na Figura 32.

Figura 32. Resultados dos óleos de canela-da-china, lavandin e palmarosa, nas concentrações de 250, 500 e 1000 ppm e testemunha, para o fungo *Fusarium* spp.



Fonte: Autora (2022).

Nas pesquisas de Salgado *et al.* (2003) observaram o efeito de três óleos essenciais de eucalipto em *B. cinerea* e *F. oxysporum*, sendo que para o *B. cinerea* houve ação fungitóxica na concentração de 500 mg/L para os óleos *Eucalyptus urophylla* e *E. camaldulensis*, e para o *F. oxysporum* os três óleos testados tiveram efeito fungitóxico. Fonseca *et al.* (2015) também testaram o efeito dos óleos essenciais no crescimento de *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* nas concentrações de 250, 500, 1000 e 3000 mg/L. Como respostas, obteve-se que o óleo de alecrim-do-campo reduziu fortemente o crescimento, a partir da concentração de 500 mg/L. Com isso, estes estudos corroboram com o presente trabalho, indicando a eficiência de óleos essenciais para o controle dos fungos *B. cinerea* e *F. oxysporum*.

Romero *et al.* (2012) avaliaram o efeito do óleo de orégano (*O. vulgare*) sobre a germinação de esporos e crescimento micelial de alguns fungos, entre eles o *Fusarium* spp. e o *C. gloeosporioides*, nas concentrações de 250, 500, 1000 e 2000 ppm. Como resultados obteve-se que a partir da concentração de 500 ppm, houve a inibição do crescimento micelial e da germinação de esporos dos fungos, e com isso, este estudo mostrou a eficiência da utilização de óleo essencial, apesar de ter sido óleo de orégano, mas com concentrações semelhantes ao que foi utilizado neste trabalho, no controle de fungos fitopatogênicos.

Souza, Vieira e Neves (2019) determinaram o potencial fungicida de cinco óleos essenciais, entre eles palmarosa (*C. martinii*), cravo (*E. caryophyllata*), canela (*C. zeylanicum*), capim-limão (*C. citratus*) e alecrim (*R. officinalis*), para o controle de *C. gloeosporioides*, nas doses crescente de 100 $\mu\text{L.L}^{-1}$, 200 $\mu\text{L.L}^{-1}$, 400 $\mu\text{L.L}^{-1}$ e 800 $\mu\text{L.L}^{-1}$. Com isso, resultou que a partir da concentração de 100 $\mu\text{L.L}^{-1}$, a canela começou a retardar o crescimento, sendo que na dose de 400 $\mu\text{L.L}^{-1}$, houve inibição total do crescimento. Na dose de 800 $\mu\text{L.L}^{-1}$ o cravo apresentou inibição total, e para os demais, o crescimento foi menor. Neste trabalho, o óleo de canela apresentou efeito com doses menores do que os apresentados no presente estudo.

Ferreira *et al.* (2020) estudaram o efeito de óleos de citronela (*C. winterianus*), de orégano (*O. vulgare*) e melaleuca (*M. alternifolia*), e eugenol obtido de cravo-da-índia (*S. aromaticum*) no controle de fungos fitopatogênicos, entre eles *B. cinerea*, *C. gloeosporioides* e *Fusarium* spp. A metodologia se deu através do halo de inibição e os resultados obtidos foram que o óleo de citronela foi mais eficiente que o fungicida Captan®, evidenciando potencial antifúngico nos fungos de *B. cinerea* e *Fusarium* spp, os quais tiveram controle de 8 e 7,5 cm, respectivamente. Já o *C. gloeosporioides* obteve controle apenas de 0,4 cm.

Itako *et al.* (2021) avaliaram o efeito dos óleos essenciais de cravo-da-índia (*S. aromaticum*), capim-limão (*C. citratus*), eucalipto (*E. citriodora*) e alecrim (*R. officinalis*) no desenvolvimento micelial do fungo *Colletotrichum* spp. em fragmentos de frutos de goiaba-serrana (*F. sellowiana*). Utilizou-se as concentrações de 250, 500 e 1000 ppm, e o fungicida fluazinam e obteve-se que na concentração a partir de 500 ppm, para o óleo de capim-limão, houve inibição do crescimento micelial, e para o cravo-da-índia, o mesmo efeito ocorreu na concentração de 1000 ppm. Para os demais óleos, alecrim e eucalipto, na concentração de 1000 ppm a inibição foi de 49,1 e 70,6%, respectivamente. Através dos resultados obtidos pelos autores, mostra-se a eficiência do óleo de capim-limão (gênero *Cymbopogon*), para o controle de *C. gloeosporioides* em concentrações menores que a estudada, neste trabalho.

Como mostra no trabalho anterior, o óleo de capim-limão teve melhor eficiência para o controle de *Colletotrichum* spp., do que o óleo de palmarosa, utilizado no presente trabalho. Apesar dos óleos serem do mesmo gênero, pode haver diferença na concentração de inibição, pois, segundo Rosa *et al.* (2010), há fatores que podem influenciar no efeito do óleo essencial, alterando sua composição e, dentre eles, pode-se citar o horário da colheita das plantas, pois cada espécie há um momento em que o aroma está mais acentuado, e com isso, acredita-se que seja quando há maior efeito de óleo essencial.

Observa-se que nos resultados obtidos no presente estudo, o óleo de canela-da-china apresentou maior efeito inibitório sobre fungos fitopatogênicos. O trabalho de Souza, Vieira e Neves (2019) corrobora com esses resultados, pois eles verificaram que na menor dose o óleo de canela-da-china começou a retardar o crescimento, diferenciando-se dos demais. Um dos motivos que pode ter levado a isso, é que o óleo de canela-da-china tem maiores componentes ativos na sua composição, e o componente majoritário trans-cinamaldeído tem grande ação antifúngica e antimicrobiana, se comparada com os demais óleos testados no presente trabalho.

Além disso, os óleos de plantas do gênero *Cymbopogon*, como a palmarosa, dependendo da forma de extração do óleo essencial, pode influenciar na quantificação dos componentes majoritários. No óleo de palmarosa, sua composição apresenta grande quantidade de geraniol, o qual apresenta boa ação fungitóxica para determinados fungos como foi demonstrado nos resultados de inibição do crescimento micelial, sendo que apresenta controle satisfatório (100%) nos fungos *B. cinerea* e *Fusarium* spp, a partir da concentração de 233 ppm e 507 ppm, respectivamente.

4.3 CONTAGEM DE CONÍDIOS

No último dia de avaliação, realizou-se a contagem de conídios dos ensaios com os fungos, que foram cultivados nas concentrações de 250, 500 e 1000 ppm para os fungos *C. gloeosporioides* e *Fusarium* spp. e concentrações de 50, 100 e 150 ppm para o *B. cinerea*. Para os fungos *B. cinerea* e *Fusarium* spp. não foi observado a formação de conídios, em nenhuma das repetições, dos tratamentos analisados. Segundo Moreira *et al.* (2016), a produção abundante dos microconídios de algumas espécies de *Fusarium* ocorre em meio SNA (Sacarose-Nutriente-Ágar), fator que pode ter influenciado a não produção de conídios, uma vez que o meio utilizado no ensaio foi o BDA.

Para o *B. cinerea*, Marcuzzo e Harbs (2018) utilizaram o fungo *Botrytis squamosa*, e verificaram que a temperatura influenciou na esporulação dos conídios, os quais apresentaram melhor desenvolvimento entre as temperaturas de 15 e 20°C. Considerando que o fungo é do mesmo gênero, isso pode ter sido um fator que influenciou na produção dos conídios pois, a temperatura utilizada no trabalho foi de 25°C.

Portanto, as análises foram realizadas apenas para o fungo *C. gloeosporioides* e os dados constam na Tabela 1. O óleo de canela-da-china, nas concentrações de 500 e 1000 ppm e palmarosa, somente na concentração de 1000 ppm, inibiram em 100% a esporulação do fungo.

Porém, o óleo de palmarosa, na concentração de 250 ppm, estimulou a esporulação, ou seja, houve produção de mais conídios quando comparado com a testemunha. O óleo de lavandin inibiu parcialmente a esporulação quando comparado com a testemunha, com uma inibição de 32% para a concentração máxima.

Tabela 1. Porcentagem de inibição de esporulação do fungo *Colletotrichum gloeosporioides* em diferentes concentrações de óleos essenciais (OE) de lavandin, palmarosa e canela-da-china.

Concentração dos OE	Lavandin	Palmarosa	Canela-da-china
0 ppm	0,0b	0,0b	0,0b
250 ppm	27,0a	**	2,0b
500 ppm	13,0b	36,0b	100,0a
1000 ppm	32,0a	100,0a	100,0a

*Letras iguais na coluna não diferem entre si, pelo Teste Scott-Knott ($p > 5\%$)

** Estimulou a esporulação.

Fonte: Autora (2022).

Carnelossi *et al.* (2009) testaram alguns óleos para a inibição da esporulação de *C. gloeosporioides* e concluíram que o capim-limão (*C. citratus*) destacou-se, apresentando 100% de inibição na esporulação a partir da alíquota de 10 μL . Vale ressaltar que o *C. citratus* pertence ao mesmo gênero que a planta palmarosa (*C. martinii*) e com isso, seus óleos apresentam o mesmo componente que é o citral, o qual é uma mistura isomérica de neral e geranial, sendo que o último representa cerca de 55-70%, e é obtido pela oxidação do geraniol, este encontrado como componente majoritário no óleo essencial de palmarosa (GUIMARÃES *et al.*, 2011; SANTOS, 2011).

Nos trabalhos de Souza Júnior, Sales e Martins (2009) a partir da dose de 1 $\mu\text{L/mL}$ dos óleos testados, houve efeito sobre a germinação dos conídios do fungo *C. gloeosporioides* com inibição de 100%. Já nas pesquisas de Lorenzetti *et al.* (2011) os óleos de capim limão, palmarosa, e canela, na concentração de 1000 ppm, inibiram completamente a esporulação do fungo *B. cinerea*, impedindo sua produção de conídios e a sua germinação.

Através destes resultados, nota-se que há óleos que estimulam a esporulação e inibem o crescimento, como os dados obtidos pelo óleo de palmarosa, mas há também, óleos que inibem concomitantemente o crescimento micelial e a esporulação, como é o caso da canela-da-china. Para os demais fungos, os fatores como meio de cultura e temperatura podem ter influenciado na produção de conídios.

4.4 VOLATILIZAÇÃO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS

Com os dados obtidos no primeiro ensaio, na dosagem de 100 μL (Tabela 2) para o fungo *B. cinerea* os óleos essenciais influenciaram no seu crescimento e não houve crescimento fúngico, ou seja, a inibição foi total, tanto antes quanto depois da retirada do algodão. O óleo essencial de canela-da-china, inibiu em 100% o crescimento micelial dos três fungos utilizados nos ensaios mesmo após a retirada do chumaço de algodão, contendo a alíquota dos óleos.

Tabela 2. Porcentagem de inibição dos fungos *Botrytis cinerea*, *Colletotrichum gloeosporioides* e *Fusarium* spp. na dosagem de 100 μL para os óleos canela-da-china, lavandin e palmarosa, antes e depois da retirada do chumaço de algodão das tampas das placas de Petri.

Óleos essenciais	<i>Botrytis cinerea</i>		<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>		<i>Fusarium</i> spp.	
	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
Canela-da-china	100,0a	100,0a	100,0a	100,0a	100,0a	100,0a
Lavandin	100,0a	100,0a	100,0a	9,4b	100,0a	63,0a
Palmarosa	100,0a	100,0a	25,4b	0,0b	100,0a	20,2b
Testemunha	0,0b	0,0b	0,0b	0,0b	0,0b	0,0b

*Letras iguais na coluna não diferem entre si, pelo Teste Scott-Knott ($p > 5\%$)

Fonte: Autora (2022).

A partir dos resultados obtidos, realizou-se outro ensaio com uma dose maior, de 200 μL . Neste ensaio, utilizou-se os fungos *C. gloeosporioides* e *Fusarium* spp., e os óleos de lavandin e palmarosa. O óleo de lavandin inibiu o crescimento do fungo *C. gloeosporioides* antes e depois da retirada do algodão e para o *Fusarium* spp., seu crescimento foi interrompido apenas com a presença do óleo, sendo que após a retirada do algodão, houve inibição de apenas 53,9%. Para o palmarosa, esta dose inibiu o crescimento micelial em 36,7% para o *C. gloeosporioides*, mas para o *Fusarium* spp. enquanto o óleo estava presente, 86,5% do crescimento foi inibido (Tabela 3).

Tabela 3. Porcentagem de inibição dos fungos *Botrytis cinerea*, *Colletotrichum gloeosporioides* e *Fusarium* spp. na dosagem de 200 μ L para os óleos lavandin e palmarosa, antes e depois da retirada do algodão das placas.

Óleos	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>		<i>Fusarium</i> spp.	
	Antes	Depois	Antes	Depois
essenciais				
Lavandin	100,0a	100,0a	100,0a	53,9a
Palmarosa	36,7b	5,7b	86,5a	25,2b
Testemunha	0,0c	0,0b	0,0b	0,0b

*Letras iguais na coluna não diferem entre si, pelo Teste Scott-Knott ($p > 5\%$)

Fonte: Autora (2022).

O óleo de lavandin inibiu o crescimento do fungo *C. gloeosporioides* antes e depois da retirada do algodão e para o *Fusarium* spp., seu crescimento foi interrompido apenas com a presença do óleo, sendo que após a retirada do algodão, houve inibição de apenas 53,9%. Para o palmarosa, esta dose inibiu o crescimento micelial em 36,7% para o *C. gloeosporioides*, mas para o *Fusarium* spp. enquanto o óleo estava presente, 86,5% do crescimento foi inibido.

Marino (2020) testou a eficácia da volatilização de óleos essenciais de eucalipto citriodora (*Eucalyptus citriodora*), alecrim (*R. officinalis*) e canela-da-china (*C. cassia*), por períodos de 1, 2, 3, 6 e 24 horas para o controle de *B. cinerea*, nas concentrações de 100, 250 e 500 ppm, e obteve-se que nas concentrações a partir de 100 ppm e com o tempo de volatilização de 6 h, o óleo de canela-da-china inibiu em 100% o crescimento do fungo. O resultado deste trabalho corrobora com o presente estudo, visto que a utilização da volatilização do óleo de canela-da-china, para o controle de *B. cinerea* foi eficiente.

Soylu, Kurt e Soyly (2010) avaliaram *in vitro* e *in vivo* a ação antifúngica dos óleos de orégano (*Origanum syriacum* L. var. *bevanii*), lavanda (*Lavandula stoechas* L. var. *stoechas*) e alecrim (*R. officinalis* L.) para o controle do *B. cinerea* na cultura do tomate, e verificaram o efeito da volatilização e crescimento do fungo. O óleo de orégano se destacou na dose de 0,2 μ g/mL inibindo completamente o crescimento do fungo. Além da avaliação do efeito da volatilização, os autores também estudaram a germinação e as características morfológicas do fungo, através da microscopia eletrônica de varredura (MEV). Foi observado que os óleos essenciais causaram degenerações morfológicas nas hifas, tais como coagulação citoplasmática, enrugamento de hifas e vazamento do protoplasma.

Os resultados encontrados neste trabalho confirmam a eficiência dos óleos essenciais na inibição do crescimento de fungos fitopatogênicos devido ao potencial fungistático e

fungicida, como observado por Soylu, Kurt e Soylu (2010). Estes autores verificaram que os óleos causaram efeitos negativos ao crescimento fúngico, prejudicando seu desenvolvimento, sendo uma hipótese para os fungos estudados neste trabalho que não tiveram crescimento após a retirada do algodão. Contudo, para alguns fungos com a retirada do óleo/algodão, o crescimento foi reestabelecido, e isso demonstra que não houve morte do mesmo (efeito fungicida).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O óleo essencial de canela-da-china apresentou resultados na inibição do crescimento dos fungos, tanto em contato direto (incorporado ao meio), quanto por meio da volatilização. Sua eficiência foi notada nas concentrações menores quando comparado com os outros óleos. Uma das suposições da eficiência do óleo essencial de canela-da-china em relação aos outros óleos é pelo fato de que, neste óleo, há a presença, em maior quantidade, de compostos ativos em sua composição. Provavelmente, esta composição apresenta efeitos antifúngicos e antimicrobianos, que corrobora com diversos relatos de literaturas.

O óleo de palmarosa, quando em contato direto com o fungo, apresentou em sua maioria, inibição dos fungos nas menores concentrações analisadas (<550 ppm). Para o estudo de volatilização, apenas o fungo *B. cinerea* foi controlado na menor dose (100 µL). Para os demais fungos, mesmo com o aumento da dose, não foi observado controle satisfatório de 100%.

Para o óleo de lavandin, quando incorporado ao meio, em contato direto com o fungo, necessitou da máxima concentração para atingir um bom efeito de inibição.

REFERÊNCIAS

- AGRIOS, G.N. **Plant pathology**. 2.ed. San Diego: Academic Press, 2005. 635p.
- ALFENAS, A.C. *et al.* Isolamento de fungos fitopatogênicos. *In*: ALFENAS, A.C; MAFIA, R.G. **Métodos em fitopatologia**. Viçosa: UFV, 2007. p. 53-90.
- ALFENAS, A.C; ZAUZA, E.A.V; MAFIA, R.G. Produção, determinação e calibração da concentração de inóculo em suspensão. *In*: ALFENAS, A.C; MAFIA, R.G. **Métodos em fitopatologia**. Viçosa: UFV, 2007. p. 103-116.
- AMORIM, L. *et al.* **Manual de Fitopatologia**. 5.ed. Ouro Fino, MG: Agronômica Ceres, 2016. 810 p.
- ARAÚJO, L.; PINTO, F.A.M.F. Principais doenças e seu controle. *In*: CIOTTA, M N.; ARIOLI, C.J.; PINTO, F.A.M.F.; SANTOS, K. dos; ARAÚJO, L.; PASA, M. da S. (Orgs.). **A cultura da goiabeira-serrana**. Florianópolis: Epagri, 2018. p. 147-166.
- ARTISAN AROMATICS. **Palmarosa Essential Oil**. 2022. Disponível em: <https://artisanaromatics.com/shop/palmarosa-essential-oil/>. Acesso em: 17 out. 2022.
- BARREIRO, C; MARTÍN, J.F; GARCIA-ESTRADA, C. Proteomics shows new faces for the old Penicillin producer *Penicillium chrysogenum*. **Journal of Biomedicine and Biotechnology**, Leon: Spain, v.2012, p.1-15, 2011.
- BILIENKI JUNIOR, V.; AUER, C.G; WOLF II, N.I. Características morfológicas e fisiológicas de isolados de *Colletotrichum* associados à antracnose da erva-mate. **BIOFIX Scientific Journal**, v.6, n.2, p.120-126, 2021.
- BORSATO, A.V; FEIDEN, A. **Biodiversidade Funcional e as Plantas Medicinais, Aromáticas e Condimentares**. Corumbá, MS: Embrapa Pantanal. 2011. 12p. (Documentos, 119).
- BRAGA, D.O. **Qualidade pós-colheita de morangos orgânicos tratados com óleos essenciais na pré-colheita**. 2012. 74p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos alimentos) – Programa de Pós Graduação, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Farmacopeia brasileira.5 ed. Brasília: Anvisa, v.2, 5 ed. 718-720, 1.448p. 2010.
- BRIGHENTI, A.F. *et al.* **A cultura da goiabeira-serrana**. 1.ed. *In*: CIOTTA, M N.; ARIOLI, C.J.; PINTO, F.A.M.F.; SANTOS, K. dos; ARAÚJO, L.; PASA, M. da S. (Orgs.). **A cultura da goiabeira-serrana**. Florianópolis: Epagri, p.147-162, 2018.
- BRIZZO, H.R; HOVELL, A.M.C; REZENDE, C.M. Óleos essenciais no Brasil: aspectos gerais, desenvolvimento e perspectivas. **Química Nova**, v.32, n.3, p.588-594, 2009.
- BUSATO, N.V. *et al.* Estratégias de modelagem da extração de óleos essenciais por hidrodestilação e destilação a vapor. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.9, p.1574-1582, 2014.
- CARNELOSSI, P.R *et al.* Óleos essenciais no controle pós-colheita de *Colletotrichum gloeosporioides* em mamão. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Botucatu, v.11, n.4, p.399-406, 2009.

- CARRASCO, N.F. **Melhoramento participativo e seleção de genótipos de gengibre (*Zingiber officinale*) com resistência a Fusariose (*Fusarium oxysporum*)**. 2016. 87p. Tese (Doutora em Ciências) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP. 2016.
- CELOTO, M.I.B. *et al.* Atividade antifúngica de extratos de plantas a *Colletotrichum gloeosporioides*. **Acta. Sci. Agron**, Maringá, v.20, n.1, p.1-5, 2008.
- CONCI, L.G.A. **Efeito do hidrolisado de peixe na supressividade do solo para o controle do amarelo (*Fusarium oxysporum* f. sp. *zingiberi*) do gengibre em experiência agroecológica em Tapiraí-SP**. 2009. 71 f. Dissertação (Mestre em agroecologia e desenvolvimento rural) – Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. 2009.
- COSTA, A.R.T *et al.* Ação do óleo essencial de *Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & L.M. Perry sobre as hifas de alguns fungos fitopatogênicos. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 13, n. 2, p. 240-245, 2011.
- COSTA, H.; VENTURA, J.A. Doenças do gengibre. *In*: CARMO, C.A.S do; BALBINO, J.M.S (orgs.), **Gengibre**. Vitória, ES: Incaper, 2015. p. 65- 67.
- DRAWANZ, B.B *et al.* Óleos essenciais e hidrolatos de orégano e cravo-da-índia sobre o desenvolvimento micelial de *Botrytis cinerea* isolado de morangos. **Revista Verde**, Pombal-PB, v.15, n.4, p.341-345, 2020.
- FANTINEL, V.S. **Caracterização do patossistema goiabeira-serrana/*Colletotrichum* spp.** 2020. 171 p. Tese (Doutor em Engenharia Florestal) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. 2020.
- FERRARI, J.T *et al.* **Antracnose associada às fruteiras**. São Paulo, SP: Instituto Biológico, Centro de PeD de Sanidade Vegetal. 2011. 7p. (Comunicado técnico, 163).
- FERREIRA, C.F *et al.* Óleos essenciais e eugenol no controle *in vitro* de fungos fitopatogênicos de pós-colheita. **Revista Biociências**, v.26, n.2, p. 1-12, 2020.
- FONSECA, M.C.M *et al.* Potencial de óleos essenciais de plantas medicinais no controle de fitopatógenos. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Campinas, v. 17, n.1, p. 45-50, 2015.
- GHINI, R; KIMATI, H. **Resistência de fungos a fungicidas**. 2.ed. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2002. 78p.
- GRANDI, T. S. M. **Tratado das Plantas Mediciniais Mineiras, Nativas e Cultivadas**. 1. ed. Belo Horizonte: Adaequatio Estúdio, 2014.
- GUIMARÃES, L.G.L. *et al.* Atividades antioxidante e fungitóxica do óleo essencial de capim-limão e do citral. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 464-472, 2011.
- HELLWIG, T.C; UENO, B. Levantamento de Fitopatógenos Causadores de Doenças em Frutíferas Nativas na Região Sul do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.4, n.2, p. 1560-1564, 2009.
- HILLEN, T. *et al.* Atividade antimicrobiana de óleos essenciais no controle de alguns fitopatógenos fúngicos *in vitro* e no tratamento de sementes. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.14, n.3, p.439-445, 2012.

- GONÇALVES, R.C.; ALFENAS, A.C.; MAFIA, R.G. Armazenamento de microrganismos em cultura com ênfase em fungos fitopatogênicos. *In: ALFENAS, A.C.; MAFIA, R. G. Métodos em Fitopatologia*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2007. 386p.
- GUERRA, Y.L *et al.*, Control of *Sclerotium rolfsii* in peanut by using *Cymbopogon martinii* essential oil. **African Journal of Microbiology Research**. v. 9, n. 27, p. 1684-1691, 2015.
- ITAKO, A.T. *et al.* Controle de *Cladosporium fulvum* em tomateiro por extratos de plantas medicinais. **Instituto Biológico**, São Paulo, v. 76, n. 1, p.75-83, 2009.
- ITAKO, A.T *et al.* Effect of essential oils on the development of *Colletotrichum* sp. fungus in fragments of *Feijoa sellowiana* fruits. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 43, n. 1, p. 1-8, e53055, 2021.
- JARDIM, I.N. *et al.* (E)-cinnamaldehyde from the essential oil of *Cinnamomum cassia* controls *Meloidogyne incognita* in soybean plants. **Journal of Pest Science**, n.91, p.479-487, 2018.
- JIANU, C. *et al.* Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils of lavender (*Lavandula angustifolia*) and lavandin (*Lavandula x intermedia*) grown in Western Romania. **International Journal of Agriculture & Biology**, v.15, n.4, p. 772-776, 2013.
- JOSHI, P; KHANAL, S. Production status, export analysis, and future prospects of ginger in Nepal. **Archives of Agriculture and Environmental Science**, v.6, n.2, p.202-209, 2021.
- KOSOSKI, A.R *et al.*, **Palestras do II Simpósio Nacional do Morango; I Encontro de Pequenas Frutas e Frutas Nativas**. Pelotas, RS: Embrapa Clima Temperado. 2004. 296p. (Documentos, 124).
- LAVINIKI, V. **Atividade antimicrobiana *in vitro* dos óleos essenciais de canela-da-china (*Cinnamomum cassia*), orégano (*Origanum vulgare*), pimenta negra (*Piper nigrum*) e tomilho (*Thymus vulgaris*) branco frente a amostras de *Salmonella enterica* isoladas de aves**. 2013. 51 f. Dissertação (Mestre em Ciências Veterinárias, especialidade na área de Patologia Aviária) – Programa de Pós-graduação em Ciências Veterinárias, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. 2013.
- LORENZETTI, E.R. **Controle de doenças do morangueiro com óleos essenciais e *Trichoderma spp.*** 2012. 106p. Tese (Doutor em fitopatologia) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. 2012.
- LORENZETTI, E.R *et al.* Bioatividade de óleos essenciais no controle de *Botrytis cinerea* isolado de morangueiro. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.13, especial, p.619-627, 2011.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. 5.ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2008.
- LORINI, A; BONALDO, S.M; MENDES, B.L. Efeito volátil de óleos essenciais no desenvolvimento de patógenos em amêndoas de castanhas-do-brasil. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v.15, n.2, p.121-126, 2016.
- MALTA, B.M. **Epidemiologia e manejo do mofo cinzento no morango**. 2017. 44f. Dissertação (Mestre em Fitopatologia) - Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE. 2017.

- MAPA/AGROFIT. Secretaria de Defesa Agropecuária - SDA/CGAA. Consulta aberta. Disponível em: https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 08 out. 2022.
- MARCUZZO, L.L; HARBS, S.C. Efeito da temperatura e do fotoperíodo na esporulação *in vitro* de *Botrytis squamosa*, agente causal da queima das pontas das folhas da cebola. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.44, n.4, p.404-405, 2018.
- MARINO, A.K. **Volatilização de óleos essenciais para controle de *Botrytis cinerea* em morangos**. 2019. 39p. Dissertação (Mestre em Agronomia – Produção Vegetal), Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2019.
- MARQUES, J.S. **Compostos ativos de folhas de *Eugenia uniflora* e seus efeitos contra mofo branco causado por *Sclerotinia sclerotiorum* em plantas de feijoeiro**. 2014. 81f. Dissertação (Mestre em Biologia) - Programa de Pós-Graduação em Biologia do Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO. 2014.
- MARTINS, C.M. **Estudo químico, atividade antioxidante, atividade antimicrobiana e análise do óleo essencial da espécie *Kielmeyera coriacea* Mart. & Zucc (pau-santo) do cerrado**. 2012. 116 f. Dissertação (Mestre em Química) – Programa de Pós-graduação em Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG. 2012.
- MASON, J. **Growing e Knowing Lavender**. Queensland: ACS Distance Education, [s.d], 117p.
- MASSOLA JÚNIOR, N.S. Fungos Fitopatogênicos. *In*: BERGAMIN FILHO, A. *et al.*, **Manual de Fitopatologia**. Minas Gerais: Agronômica Ceres, 2018. p. 107-141.
- MEIRELES, M.A.A. **Extracting bioactive compounds for food products: theory and applications**. Boca Ranton: CRC, 2009. 464p.
- MORAIS, L.A.S de. Óleos essenciais no controle fitossanitário. *In*: BETTIOL, W; MORANDI, M.A.B. **Biocontrole de doenças em plantas: uso e perspectivas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2009. p. 139-152.
- MORANDI, M.A.B; BETTIOL, W. Controle Biológico de Doenças de Plantas no Brasil. *In*: BETTIOL, W; MORANDI, M.A.B. **Biocontrole de doenças em plantas: uso e perspectivas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2009. p. 7-14.
- MOREIRA, S.I *et al.* Doenças do Gengibre. *In*: AMORIM, L *et al.* **Manual de Fitopatologia**. Ouro Fina, MG: Agronômica Ceres, 2016. p. 433-438
- MORETTO, S. P.; NODARI, E. S.; NODARI, R. O. Fruit frontiers: research on feijoa cultivation in Brazil and Colombia. **Diálogos Latinoamericanos**, v. 30, 2022.
- MOTA, A.P.P. **Atividade antimicrobiana do óleo essencial de *Cinnamomum zeylanicum* e do trans-cinamaldeído e suas associações com rifampicina e isoniazida**. 2017. 79f. Dissertação (Mestre em Patologia) – Programa de Pós-graduação em Patologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE. 2017.
- MOUMNI, M *et al.* Antifungal activity and chemical composition of seven essential oils to control the main seedborne fungi of cucurbits. **Antibiotics**, v.10, n.104, 2021.

- NEVES, L.M; VIEIRA, G.H.C. Efeito de óleos essenciais isolados de feijão sobre *Sclerotinia sclerotiorum* e determinação dessas substâncias na qualidade fisiológica e sanitária das sementes. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, São Paulo, v.19, n.2, p.197-204, 2017.
- NOZAKI, M. *et al.*, Controle alternativo de *Colletotrichum gloeosporioides* em frutos de goiaba com óleos essenciais. **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v.17, n.2, p. 63-69, 2013.
- O LAVANDÁRIO. **Lavandas**. Disponível em: <https://lavandario.com.br/o-lavandario-lavandas/>. Acesso em: 02 out. 2022.
- OLIVEIRA, A. V *et al.* Biocontrole *in vitro* de *Botrytis cinerea* por Leveduras *killer* Visando Aplicação em Morangos Pós-colheita. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v.13, n.3, p. 353-364, 2011.
- PAUL, B *et al.* Biological control of *Botrytis cinerea* causing grey mould disease of grapevine and elicitation of stilbene phytoalexin (resveratrol) by a soil bacterium. **FEMS Microbiology Letters**, v. 165, n.1, p.65-70, 1998.
- PEREIRA, O.L; SOARES, D.J. Fungos fitopatogênicos. *In*: ZAMBOLIM, L; JESUS JÚNIOR, W.C.de; PEREIRA, O.L. **O essencial da Fitopatologia: Agentes causais**. Viçosa, MG: UFV, 2012. p.225-308.
- PLANTNET. **Cinnamomum cassia (L.) J.Presl**. Disponível em: [https://identify.plantnet.org/sr/the-plant-list/species/Cinnamomum%20cassia%20\(L.\)%20J.Presl/data](https://identify.plantnet.org/sr/the-plant-list/species/Cinnamomum%20cassia%20(L.)%20J.Presl/data). Acesso em: 09 out. 2022.
- PORTO, M.F; SOARES, W.L. Modelo de desenvolvimento, agrotóxico e saúde: um panorama da realidade agrícola brasileira e propostas para uma agenda de pesquisa inovadora. **Revista brasileira de Saúde ocupacional**, São Paulo, v.37, n.125, p.17-31, 2012.
- REIS, A; COSTA, H. **Principais doenças do morangueiro no Brasil e seu controle**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2011, 9 p. (Circular Técnica, 96).
- RIBEIRO, J.G *et al.* Uso de produtos naturais no controle de antracnose causado por *Colletotrichum gloeosporioides* em mamão. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.42, n.2, p.160-164, 2016.
- ROMERO, A.L *et al.* Composição química e atividade do óleo essencial de *Origanum vulgare* sobre fungos fitopatogênicos. **UNOPAR Científica. Ciências biológicas e da saúde**, v.14, n.4, p. 231-235, 2012.
- ROSA, Y.R.S. *et al.* Influência do horário de colheita no óleo essencial de diferentes partes da planta de dois genótipos de palmarosa (*Cymbopogon martinii*). **Scientia Plena**, v.6, n.10, 2010.
- RUSSIANO, C. G. S. **Volatilidade de óleos essenciais no controle de *Fusarium oxysporum* em sementes de tomate cereja**. 2020. 56f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2020.
- SALGADO, A. P. S. P. *et al.* Avaliação da atividade fungitóxica de óleos essenciais de folhas de *Eucalyptus* sobre *Fusarium oxysporum*, *Botrytis cinerea* e *Bipolaris sorokiniana*. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n. 2, p. 249-254, 2003.
- SANTOS, A.S. **Óleos essenciais: uma abordagem econômica e industrial**. 1.ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.

- SCARIOT, G.N. **Óleos essenciais no controle de mofo cinzento e de podridão mole e seus efeitos na qualidade pós-colheita de morango**. 2013. 41p. Dissertação (Mestre em Ciências) - Programa de Pós - Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR. 2013.
- SCHWAN-ESTRADA, K.R.F; STANGARLIN, J.R; CRUZ, M.E.S. Uso de extratos vegetais no controle de fungos fitopatogênicos. **Floresta**, v.30, n.1/2, p.129-137, 2000.
- SEEPE, H.A; NXUMALO, W; AMOO, S.O. Natural Products from Medicinal Plants against Phytopathogenic *Fusarium* Species: Current Research Endeavours, Challenges and Prospects. **Molecules**, Basel, v.26, n.21, p.6539, 2021.
- SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL (SENAR). **Plantas medicinais, aromáticas e condimentares**: produção e beneficiamento. 2017. 124p. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/213-PLANTAS-MEDICINAIS.pdf>. Acesso em: 16 out. 2022.
- SHARIFI-RAD, J. *et al.* Biological activities of essential oils: From plant chemoecology to traditional healing systems. **Molecules**, v. 22, n. 1, p. 02-55, 2017.
- SILVA, C.P; MARCHIOTTI, R.C.B. Extratos de plantas no controle biológico do fungo *Botrytis cinerea* na cultura do morangueiro. **Revista Agrária Acadêmica**, v.2, n.1, p. 1-13, 2019.
- SILVEIRA, J.C. *et al.* Levantamento e análise de métodos de extração de óleos essenciais. **Enciclopédia biosfera**, Goiânia, v.8, n.15, p.2038, 2012.
- SOORYA, C. *et al.* Profile of bioactive phyto-compounds in essential oil of *Cymbopogon martinii* from Palani Hills, Western Ghats, INDIA. **Journal of Drug Delivery and Therapeutics**, v. 11, n. 4, p. 60-65, 2021.
- SOUZA, A.A *et al.* Composição química e concentração mínima bactericida de dezesseis óleos essenciais sobre *Escherichia coli* enterotoxigênica. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Campinas, v.18, n.1, p. 105-112, 2016.
- SOUZA, A.C. de; VIEIRA, G.H.C; NEVES, L.M. Uso de óleos essenciais no controle do *Colletotrichum gloeosporioides* causador da antracnose no caju. **Enciclopédia biosfera**, Goiânia, v.16, n.29, p.1079, 2019.
- SOUZA, M.A; BATISTA, E.J; MENEZES, A.F.T. Panorama Nacional da produção de morangos. *In*: Morango. **Campo & Negócios – Hortifruti**, abril 2022 (Informe técnico)
- SOUZA JÚNIOR, I.T; SALES, N.L.P; MARTINS, E.R. Efeito fungitóxico de óleos essenciais sobre *Colletotrichum gloeosporioides*, isolado do maracujazeiro amarelo. **Revista Biotemas**, v.22, n.3, p.77-83, 2009.
- SOYLU, E.M; KURT, S.; SOYLU, S. *In vitro* and *in vivo* antifungal activities of the essential oils of various plants against tomato grey mould disease agent *Botrytis cinerea*. **International Journal of Food Microbiology**, v. 143, n.3, p.183-189, 2010.
- STEFFEN, G.P.K *et al.* Controle de *Sclerotinia sclerotiorum* e *Fusarium* sp. com óleo essencial de melaleuca. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Goiânia, v.16, n.30, p.682, 2019.
- TAIZ, L *et al.* **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858p.

- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848p.
- THANABORIPAT, D *et al.*, Inhibitory effect of essential oils on the growth of *Aspergillus flavus*. **KMITL Sci. Tech. J.**, v.7, n.1, p. 1-7, 2007.
- TOFOLI, J. G.; DOMINGUES, R. J. **Morango controle adequado**. São Paulo: Instituto Biológico, 2006, 9 p. (Comunicado técnico, 38)
- TOFOLI, J.G *et al.* *Botrytis* sp. em espécies hortícolas: hospedeiros, sintomas e manejo. **Instituto Biológico**, São Paulo, v.73, n.1, p.11-20, 2011.
- VENTURA, J.A *et al.* Impacto e manejo das doenças na propagação das fruteiras. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.39, s.n, p.173-197, 2017.
- VEZZANI, L. **Catálogo Ilustrado de doenças fúngicas em espécies arbóreas encontradas na Serra Catarinense, SC**. 2019. 51p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Florestal) - Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos, SC. 2019.
- VIA AROMA. **Óleo essencial de canela-da-china**. 2021. Laudo cromatográfico. Disponível em: <http://www.viaaroma.com.br/oleo-essencial-10ml-lavandin/>. Acesso em: 17 out. 2022.
- VIA AROMA. **Óleo essencial de lavandin**. 2019. Laudo cromatográfico. Disponível em: <http://www.viaaroma.com.br/oleo-essencial-10ml-lavandin/>. Acesso em: 17 out. 2022.
- VIDAL, M.C; PEREIRA, R.B. **Trabalho com plantas medicinais e aromáticas visam o controle alternativo de doenças e pragas no sistema de produção de hortaliças orgânicas**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, Hortaliças em revista, n.5 p.9, 2012.
- VIZZOTTO, M.; KROLOW, A. C.; WEBER, G. E. B. **Metabólitos Secundários Encontrados em Plantas e sua Importância**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado. p. 16. 2010.
- WANKE, A. **Lavanda e Lavandin**. 2017. Disponível em: <https://anawanke.com/2017/02/14/lavanda-e-lavandin/>. Acesso em: 17 out. 2022.
- WILLIAMSON, B *et al.* *Botrytis cinerea*: a causa da doença do mofo cinzento. **Molecular Plant Pathology**, v.8, p. 561-580, 2007.
- WOELFFEL, A.T.; RAMOS, J.P; COLNAGO, E.S. A introdução da cultura do gengibre no estado do Espírito Santo. *In*: CARMO, C.A.S do; BALBINO, J.M.S (orgs.), **Gengibre**. Vitória, ES: Incaper, 2015. p. 15- 22.
- ZACARONI, L.M *et al.* Potencial fungitóxico do óleo essencial de *Piper hispidinervum* (pimenta longa) sobre os fungos fitopatogênicos *Bipolaris sorokiniana*, *Fusarium oxysporum* e *Colletotrichum gloeosporioides*. **Acta Amazonica**, v.39, n.1, p. 193-198, 2009.