

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE CASSILÂNDIA
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIFÚNGICA DE ÓLEOS
ESSENCIAIS, *Chlorella vulgaris* e EXTRATO VEGETAL NO
CONTROLE *IN VITRO* DE *Sclerotinia sclerotiorum***

PATRÍCIA RODRIGUES DA SILVA DE ALMEIDA PAZ

CASSILÂNDIA – MS

JULHO/2026

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE CASSILÂNDIA
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIFÚNGICA DE ÓLEOS
ESSENCIAIS, *Chlorella vulgaris* e EXTRATO VEGETAL NO
CONTROLE *IN VITRO* DE *Sclerotinia sclerotiorum***

PATRICIA RODRIGUES DA SILVA DE ALMEIDA PAZ

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Haralampidou da Costa Vieira

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Sustentabilidade na Agricultura, da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia - Sustentabilidade na Agricultura.

CASSILÂNDIA – MS

JULHO/2026

P368a Paz, Patrícia Rodrigues da Silva de Almeida

Avaliação da atividade antifúngica de óleos essenciais, *Chlorella vulgaris* e extrato vegetal no controle *in vitro* de *Sclerotinia sclerotiorum* / Patrícia Rodrigues da Silva de Almeida Paz. – Cassilândia, MS: UEMS, 2026.

36 p.

Dissertação (Mestrado) – Agronomia - Sustentabilidade na Agricultura – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, 2026.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Haralampidou da Costa Vieira

1. Bioinsumos 2. Atividade antifúngica 3. *Sclerotinia sclerotiorum* I. Vieira, Gustavo Haralampidou da Costa II. Título

CDD 23. ed. - 632.44

Ficha Catalográfica elaborada pela bibliotecária da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
(UEMS)

Susy dos Santos Pereira CRB1°1783

Certificado de Aprovação

DEDICATÓRIA

Aos meus amados Eudes Henrique e João Henrique.

AGRADECIMENTOS

Ao Deus trino acima de tudo.

À Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia PGAC - Área de Concentração - Sustentabilidade na Agricultura.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Gustavo H. da Costa Vieira.

A todos os professores e professoras do PGAC.

A todos os companheiros e companheiras de turma que o PGAC me proporcionou.

A todos os meus colegas de serviço, trabalhadores e prestadores de serviço na Unidade Universitária de Cassilândia/UEMS.

A todos os meus familiares.

Minha sincera gratidão!

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	7
LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE ABREVIACÕES E SÍMBOLOS	9
1. INTRODUÇÃO.....	12
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	14
2.2.1 <i>Localização e caracterização da área experimental</i>	14
2.2.2 <i>Delineamento experimental</i>	14
2.2.3 <i>Replicagem e purificação do patógeno</i>	15
2.2.4 <i>Óleos essenciais</i>	16
2.2.5 <i>Extrato Vegetal</i>	17
2.2.6 <i>Chlorella vulgaris</i>	17
2.2.7 <i>Avaliação do crescimento micelial e análise estatística</i>	18
3. RESULTADOS	20
4. DISCUSSÃO	28
CONCLUSÃO.....	31
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Crescimento micelial (mm) *in vitro* de *Sclerotinia sclerotiorum* obtido após 24 horas de incubação em meio de cultura acrescido de diferentes tratamentos.....22

Tabela 2. Crescimento micelial (mm) *in vitro* de *Sclerotinia sclerotiorum* obtido após 48 horas de incubação em meio de cultura acrescido de diferentes tratamentos.....24

Tabela 3. Crescimento micelial (mm) *in vitro* de *Sclerotinia sclerotiorum* obtido após 72 horas de incubação em meio de cultura acrescido de diferentes tratamentos.....27

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Etapas de obtenção e preparo do inóculo de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> para os ensaios <i>in vitro</i>	15
Figura 2 – Óleos essenciais e agente emulsificante.....	16
Figura 3 – Soluções concentradas dos óleos essenciais utilizados nos ensaios experimentais	16
Figura 4 – Etapas de preparação do extrato vegetal de orégano	17
Figura 5 – Cultivo celular ativo de microalga <i>Chlorella vulgaris</i>	18
Figura 6 – Preparo dos meios de cultura	19
Figura 7 – Crescimento micelial de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> às 24h.....	21
Figura 8 – Gráfico crescimento micelial de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> às 24h.....	22
Figura 9 – Crescimento micelial de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> às 48h.....	25
Figura 10 – Gráfico crescimento micelial de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> às 48h.....	26
Figura 11 – Crescimento micelial de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> às 72h.....	28
Figura 12 – Gráfico crescimento micelial de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> às 72h.....	29

LISTA DE ABREVIACÕES E SÍMBOLOS

ppm	parte por milhão
mL	mililitros
mL L ⁻¹	mililitros por litro
g	gramas
g/m ²	gramas por metro quadrado
g L ⁻¹	gramas por litro
mm	milímetros
<	menor
>	maior
±	mais ou menos
=	igual
**	significativa a 1% de probabilidade
:	por ou para
%	porcentagem
°C	graus Celsius
h	horas
CV	coeficiente de variação ACP
m/v	massa por volume
v/v	volume por volume
®	marca registrada

RESUMO

O fungo *Sclerotinia sclerotiorum*, causador do mofo branco, é um dos principais fitopatógenos de importância agrícola, responsável por perdas expressivas na produção de diversas culturas. Através deste estudo, objetivou-se avaliar a atividade antifúngica *in vitro* de óleos essenciais, extrato vegetal e cultivo celular ativo de microalga sobre o crescimento micelial de *S. sclerotiorum*. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 5x5, com cinco repetições. Foram avaliados os óleos essenciais de breu branco (*Protium heptaphyllum*), vetiver (*Chrysopogon zizanioides*), orégano (*Origanum vulgare*), extrato vegetal de orégano (*Origanum vulgare*) e microalga *Chlorella vulgaris*. As concentrações avaliadas foram de 0, 100, 200, 400 e 800 ppm para os óleos essenciais; 0, 1.000, 2.000, 4.000 e 8.000 ppm para o extrato vegetal; e proporções por diluição seriada de 0, 1:16, 1:8, 1:4 e 1:2 para microalga. Foi utilizado Batata-Dextrose-Ágar (BDA) como meio de cultura para a condução dos bioensaios, sendo realizadas avaliações após 24, 48 e 72 horas da repicagem. A atividade antifúngica foi determinada por meio da mensuração do crescimento micelial das colônias. Foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos em todos os períodos avaliados. Conclui-se que o óleo essencial de orégano apresentou elevado potencial para o controle alternativo de *S. sclerotiorum*, constituindo alternativa promissora para o manejo sustentável desse fitopatógeno.

PALAVRAS-CHAVE: bioinsumo, atividade antifúngica, *Sclerotinia sclerotiorum*

ABSTRACT

Sclerotinia sclerotiorum, the causal agent of white mold, is one of the most important phytopathogenic fungi in agriculture, responsible for significant yield losses in several crops. This study aimed to evaluate the *in vitro* antifungal activity of essential oils, plant extract, and active microalgal cell culture on the mycelial growth of *S. sclerotiorum*. The experiment was conducted in a completely randomized design using a 5×5 factorial arrangement with five replications. The evaluated treatments included essential oils of breu branco (*Protium heptaphyllum*), vetiver (*Chrysopogon zizanioides*), oregano (*Origanum vulgare*), oregano plant extract (*Origanum vulgare*), and the microalga *Chlorella vulgaris*. Concentrations of 0, 100, 200, 400, and 800 ppm were tested for essential oils; 0, 1,000, 2,000, 4,000, and 8,000 ppm for the plant extract; and serial dilution ratios of 0, 1:16, 1:8, 1:4, and 1:2 for the microalga treatment. Potato Dextrose Agar (PDA) was used as the culture medium for bioassays, and evaluations were performed at 24, 48, and 72 hours after inoculation. Antifungal activity was determined by measuring colony mycelial growth. The results showed significant differences among treatments across all evaluation periods. It was concluded that oregano essential oil exhibited high potential for the alternative control of *S. sclerotiorum*, representing a promising strategy for the sustainable management of this phytopathogen.

KEY WORDS: bio-input, antifungal activity, *Sclerotinia sclerotiorum*.

1. INTRODUÇÃO

A doença conhecida como mofo branco é denominada desta forma em decorrência das características físicas atribuídas pelos sinais e sintomas externos que incutem às plantas, assim que são infectadas pelo fungo *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary. Um fitopatógeno de grande importância agronômica e de ocorrência global (Hossain *et al.*, 2023), sendo amplamente reconhecido no contexto da fitopatologia como um fungo necrotrófico, polífago e cosmopolita. Sua relevância decorre do acentuado potencial de agressividade, da expressiva capacidade de sobrevivência no solo e do amplo espectro de plantas hospedeiras que é capaz de infectar, ultrapassando o quantitativo de 400 espécies vegetais, distribuídas entre diferentes famílias botânicas, incluindo culturas de grande importância econômica, como soja, feijão, algodão, tomate, girassol e alface (Boland; Hall, 1994; Hossain *et al.*, 2023; Shang *et al.*, 2024).

A sintomatologia do mofo branco é composta pela formação de lesões encharcadas, de coloração bege/marrom e consistência amolecida, encobertas por micélio branco, com aspecto felpudo, semelhante a algodão (Leite, 2005). O ciclo de vida está diretamente relacionado à formação e germinação de escleródios, que são estruturas de resistência compostas por hifas aglomeradas e melanizadas, responsáveis pela sobrevivência e disseminação do fungo no ambiente. Os escleródios podem permanecer viáveis no solo por vários anos, mesmo na ausência de hospedeiros suscetíveis, constituindo-se de um importante mecanismo de persistência nas áreas agrícolas infestadas (Adams; Ayers, 1979; Leite, 2005).

A germinação dos escleródios pode ocorrer de forma miceliogênica, com emissão direta de hifas capazes de infectar tecidos vegetais, ou carpogênica, considerada epidemiologicamente mais relevante, na qual, ocorre a formação de apotécios responsáveis pela produção e liberação de ascósporos (Bolton; Thomma; Nelson, 2006). Os ascósporos são disseminados principalmente pelo vento e a infecção ocorre, geralmente, em tecidos senescentes ou feridos, sob condições de elevada umidade e temperaturas entre 15 °C e 25 °C (Adams; Ayers, 1979; Hossain *et al.*, 2023). Após a colonização dos tecidos vegetais, o fungo desenvolve o micélio branco característico da doença e, ao final do ciclo, novos escleródios são formados e retornam ao solo após a decomposição do material vegetal infectado, perpetuando o ciclo da doença em safras subsequentes.

No contexto global, esse fitopatógeno se destaca como um dos principais fatores limitantes à produtividade em áreas produtoras de soja, sendo reconhecido como a segunda causa mais relevante da redução na produção mundial deste grão. (Savary *et al.*, 2019). Os prejuízos decorrem não apenas da morte precoce das plantas e da redução no enchimento de

grãos, mas também dos elevados custos envolvidos no manejo da doença, incluindo aplicações sucessivas de fungicidas e adoção de práticas complementares de controle (Webster *et al.*, 2021). No Brasil, a relevância econômica também é amplamente reconhecida, especialmente nas culturas da soja e do feijão. Em lavouras de feijoeiro irrigado no estado de Goiás, perdas médias de produtividade em torno de 50% já foram estimadas em decorrência da ocorrência do mofo branco, existindo relatos de perdas totais em áreas severamente infestadas (Ricardo *et al.*, 2009).

Outro aspecto relevante refere-se ao impacto econômico do mofo branco, uma vez que seu manejo demanda elevado investimento em fungicidas, pulverizações e outras práticas agrícolas, aumentando os custos de produção (Ricardo *et al.*, 2009). Nesse contexto, o manejo de *Sclerotinia sclerotiorum* é considerado complexo, sendo recomendada a integração de métodos culturais, biológicos e químicos (Bolton; Thomma; Nelson, 2006). Entre as práticas culturais destacam-se a rotação de culturas, utilização de sementes saudáveis e manejo adequado da irrigação e densidade de plantas, reduzindo condições favoráveis ao patógeno (Leite, 2005; Webster *et al.*, 2021). O controle biológico por meio de microrganismos como *Trichoderma* e *Bacillus*, também vem se destacando como alternativa sustentável (Pimenta Neto *et al.*, 2020).

Entretanto, o controle químico ainda é amplamente utilizado, especialmente com fungicidas como fluazinam, procimidona e tiofanato-metílico (Ricardo *et al.*, 2009). Contudo, o uso contínuo desses compostos pode favorecer o surgimento de populações resistentes e de promover impactos ambientais (Figueiredo; Silva; Morais, 2023; Pimenta Neto *et al.*, 2020). Estudos com isolados de *S. sclerotiorum* no Brasil evidenciaram resistência ao tiofanato-metílico associada à mutação genética, reforçando a necessidade de métodos alternativos de controle mais sustentáveis e eficazes (Silva *et al.*, 2024).

Nesse contexto, observa-se um aumento no interesse pelo emprego de compostos naturais de origem vegetal, os quais se apresentam como uma alternativa compatível com práticas de manejo agrícola mais seguras e ambientalmente sustentáveis (Santos *et al.*, 2015; Gwinn, 2018). A facilidade de obtenção, menor toxicidade e maior segurança ambiental em comparação às moléculas sintéticas tradicionalmente utilizadas (Marques; Monteiro; Pereira, 2004; Pimenta Neto *et al.*, 2020), fazem dos biofungicidas à base de óleos essenciais e extratos vegetais, importantes aliados para o contexto da agricultura sustentável, destacando-se que a sua utilização já é uma realidade, sendo possível encontrar esses tipos de produtos no mercado agrícola (Reuveni; Cohen, 2020).

Diversos estudos têm demonstrado o potencial fungicida e fungistático dos compostos de origem vegetal (Fonseca *et al.*, 2015; Pimenta Neto *et al.*, 2020; Figueiredo; Silva; Morais,

2023), uma vez que os terpenos e fenóis, que são compostos voláteis presentes nos óleos essenciais (Felipe; Bicas, 2017; Pimenta Neto *et al.*, 2020), são capazes de comprometer a integridade da membrana celular dos fungos e de interferir em processos enzimáticos essenciais ao seu desenvolvimento (Nazzaro *et al.*, 2017), justificando assim, o destaque desses produtos entre os biofungicidas de origem vegetal, demonstrando sua relevância como alternativa no manejo de fitopatógenos.

Dado o benefício sustentável da utilização de compostos vegetais e possível potencial fungicida e fungistático, a hipótese desta pesquisa é de que os óleos essenciais de breu branco (*Protium heptaphyllum*), vetiver [*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty] e orégano (*Origanum vulgare* L.), o extrato vegetal de orégano (*Origanum vulgare* L.) e a microalga *Chlorella vulgaris*, apresentem atividade antifúngica no controle de *Sclerotinia sclerotiorum*.

Deste modo, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito antifúngico de substâncias alternativas (óleos essenciais, extrato vegetal e microalga *Chlorella vulgaris*) no controle *in vitro* de *Sclerotinia sclerotiorum*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização

Os ensaios *in vitro* foram conduzidos no Laboratório de Fitossanidade da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), na Unidade Universitária de Cassilândia (UUC), localizada no município de Cassilândia-MS.

2.2 Delineamento experimental

Foi adotado o delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial, composto por cinco tratamentos e quatro níveis de concentração, além de um controle negativo único (0), totalizando 21 combinações experimentais. Para cada combinação, foi preparado 100 mL de meio de cultura Batata-Dextrose-Ágar (BDA). Após a incorporação e a homogeneização dos tratamentos no meio de cultura autoclavado, o conteúdo foi distribuído em placas de Petri medindo 90 × 15 mm, totalizando 105 unidades experimentais.

Os tratamentos consistiram na utilização das seguintes substâncias: óleo essencial de breu branco (*Protium heptaphyllum*), óleo essencial de vetiver (*Chrysopogon zizanioides*), óleo essencial de orégano (*Origanum vulgare* L.), extrato vegetal de orégano (*Origanum vulgare* L.) e cultivo celular ativo de microalga *Chlorella vulgaris*. Cada unidade experimental correspondeu a uma placa de Petri contendo meio de cultura Batata-Dextrose-Ágar (BDA),

acrescido das substâncias nas seguintes concentrações: óleos essenciais (0, 100, 200, 400 e 800 ppm); extrato vegetal (0, 1.000, 2.000, 4.000 e 8.000 ppm); organismo vivo microalga (0, 1:2, 1:4, 1:8 e 1:16 proporção por diluição seriada).

2.3 Repicagem e purificação do patógeno

O isolado de *Sclerotinia sclerotiorum* utilizado foi obtido a partir do fornecimento de colônia ativa do fungo pela indústria de bioinsumos Solubio®. Em câmara de fluxo laminar, no ambiente laboratorial asséptico, realizou-se a repicagem e purificação do isolado, no total de 5 placas de Petri, onde extraiu-se da periferia da colônia original um escleródio para cada placa, sendo inoculados em novo meio BDA autoclavado e suplementado com oxitetraciclina (Figura 1A). As placas, posteriormente, foram vedadas com filme plástico e acondicionadas em câmara climatizada para Demanda Bioquímica de Oxigênio (B.O.D), à 25 ± 2 °C e fotoperíodo de 12 horas de luz e 12 horas sem luz, até o desenvolvimento pleno do micélio fúngico. Após 7 dias da inoculação dos escleródios, o fungo apresentou crescimento micelial completo, ocupando toda a extensão do meio de cultura (Figura 1B). Com 14 dias da inoculação das colônias puras, discos miceliais com 8 ± 1 mm foram retirados com o auxílio de um furador biológico esterilizado em chama, sendo esses discos utilizados como fonte de inóculo para os ensaios experimentais *in vitro* do presente estudo (Figura 1C).

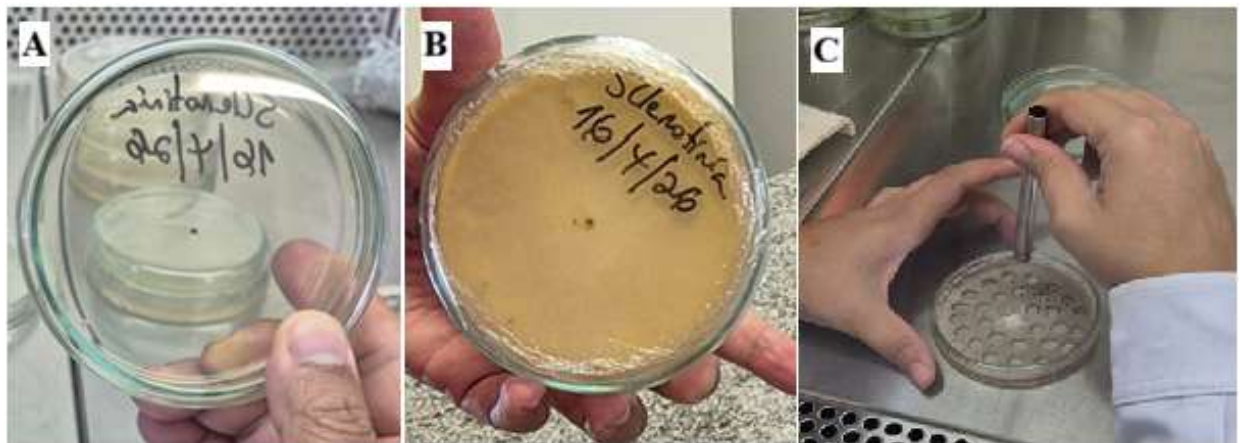


Figura 1. Etapas de obtenção e preparo do inóculo de *Sclerotinia sclerotiorum* para os ensaios *in vitro*. (A) Placa contendo escleródio inoculado, extraído da colônia original. (B) Desenvolvimento micelial da colônia purificada após sete dias de incubação. (C) Retirada de discos miceliais das colônias purificadas com auxílio de furador biológico esterilizado. (Fonte: própria autora).

2.4 Óleos essenciais

Os óleos essenciais de breu branco (*Protium heptaphyllum*), vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) e orégano (*Origanum vulgare* L.) (Figura 2A), foram adquiridos de fornecedor comercial especializado (dōTERRA®), cujos produtos possuem Certificado de Pureza Testada e Garantida (CPTG®), assegurando a autenticidade e padronização dos compostos voláteis. Os óleos foram diluídos com o auxílio do agente emulsificante Tween 80 (0,1%) (Figura 2B), para posterior incorporação ao meio de cultura nas concentrações de 0, 100, 200, 400 e 800 ppm.



Figura 2. (A) Óleos essenciais de breu-branco (*Protium heptaphyllum*), orégano (*Origanum vulgare* L.) e vetiver (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty). (B) Tween 80 P.S. agente emulsificante (Fonte: própria autora).

Para a obtenção das concentrações empregadas no presente estudo, preparou-se inicialmente uma solução concentrada de cada óleo essencial, na proporção de 1 mL de óleo essencial para 100 mL de água destilada, correspondendo à relação 1:100 (v/v), acrescida do agente emulsificante (Figura 3A). A partir dessa solução concentrada, homogeneizada manualmente, foram obtidas, por diluição, as diferentes doses utilizadas no ensaio.



Figura 3. Soluções concentradas dos óleos essenciais utilizados nos ensaios experimentais. (Fonte: própria autora).

2.5 Extrato Vegetal

Para a obtenção do extrato vegetal aquoso de orégano (*Origanum vulgare* L.) e das concentrações utilizadas, realizou-se inicialmente o preparo do extrato bruto, em condições assépticas laboratoriais, utilizando-se a proporção de 100 g de massa seca pulverizada para 1000 mL de água destilada, correspondendo à relação 1:10 (m/v). As folhas secas de orégano, adquiridas no comércio local (Figura 4A), foram previamente trituradas em moinho de facas (Figura 4B). Após a pesagem do material vegetal triturado (Figura 4C), adicionou-se água destilada (Figura 4D), e, a mistura foi submetida à turbólise em liquidificador por 30 minutos (Figura 4E). Posteriormente, o material foi filtrado em papel filtro de celulose com gramatura de 54 g/m², obtendo-se o extrato aquoso bruto. A partir dessa solução, foram preparadas por diluição as concentrações de 0, 1000, 2000, 4000 e 8000 ppm, utilizadas nos ensaios experimentais.



Figura 4. (A) Material vegetal seco adquirido no comércio local. (B) Trituração da massa seca em moinho de facas. (C) Pesagem do material vegetal pulverizado. (D) Adição de água destilada ao pó vegetal para preparo do extrato bruto. (E) Processo de turbólise da mistura em liquidificador para obtenção do extrato aquoso. (Fonte: própria autora).

2.6 *Chlorella vulgaris*

O cultivo celular ativo da microalga *Chlorella vulgaris* utilizado neste estudo foi fornecido pelo Laboratório de Microalgas e Biotecnologia do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Bolsão Sul-Mato-Grossense, vinculado à Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade Universitária de Cassilândia/MS. A amostra, com volume aproximado de 500

mL (Figura 5A), foi disponibilizada no dia anterior à realização dos ensaios *in vitro*, apresentando densidade celular correspondente a 52,75 milhões de células mL⁻¹.

Para os ensaios, as doses foram obtidas por diluição seriada do cultivo celular da microalga *Chlorella vulgaris*, considerando frações do cultivo original nas proporções 0 (controle), 1:2, 1:4, 1:8 e 1:16, correspondendo a 0, 1/2, 1/4, 1/8 e 1/16 da concentração inicial (Figura 5B). As diluições foram preparadas incorporando a microalga ao meio BDA fundente, de modo a completar o volume final padronizado de 100 mL de meio. A incorporação da microalga ao meio foi realizada após o resfriamento do BDA até aproximadamente 42 °C ($\pm$ 2 °C), visando preservar a viabilidade celular e garantir adequada homogeneização antes do vertimento nas placas de Petri.

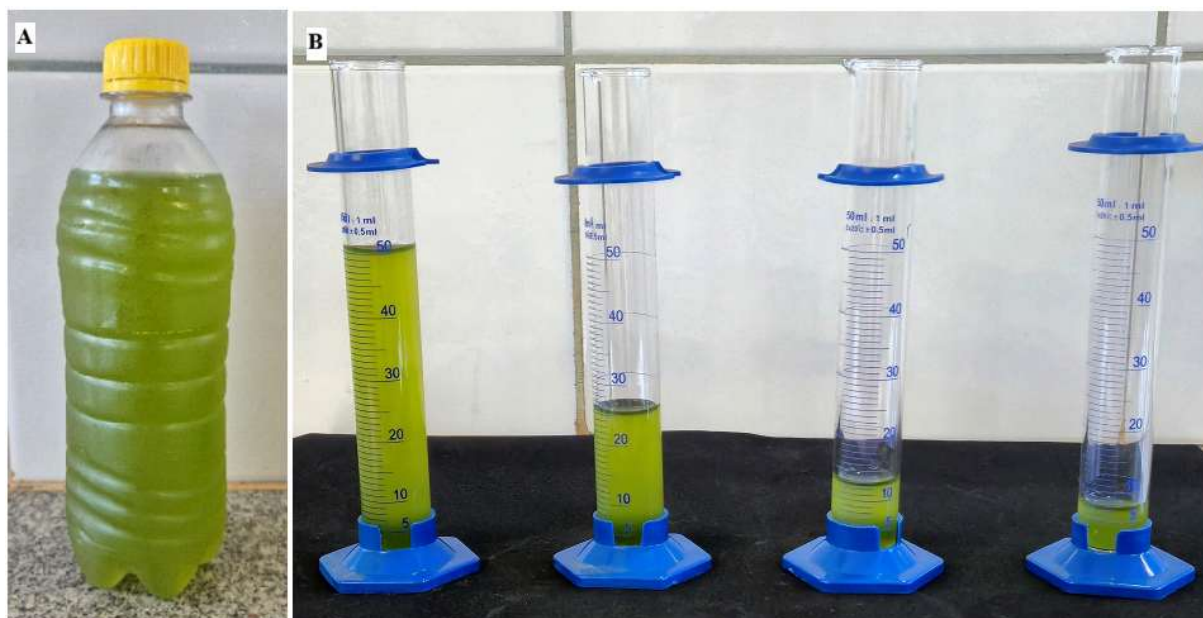


Figura 5. Cultivo celular ativo da microalga *Chlorella vulgaris* (A) Suspensão celular fornecida pelo Laboratório de Microalgas e Biotecnologia da UEMS/Cassilândia-MS. (B) Diluições da suspensão celular em diferentes proporções para utilização nos ensaios experimentais. (Fonte: própria autora).

2.7 Avaliação do crescimento micelial e análise estatística

Cada tratamento e respectiva dosagem foi preparado individualmente, totalizando-se 21 combinações experimentais (Figura 6A), utilizou-se meio BDA comercial na quantidade de 3,9 g para a obtenção do volume total final correspondente a 100 mL. A incorporação das respectivas substâncias e doses ocorreu após os meios serem devidamente autoclavados (Figura 6B). Após a solidificação dos meios (Figura 6C), os discos miceliais com 8 ± 1 mm de *Sclerotinia sclerotiorum* foram inoculados centralmente, em contato direto com o meio BDA tratado.

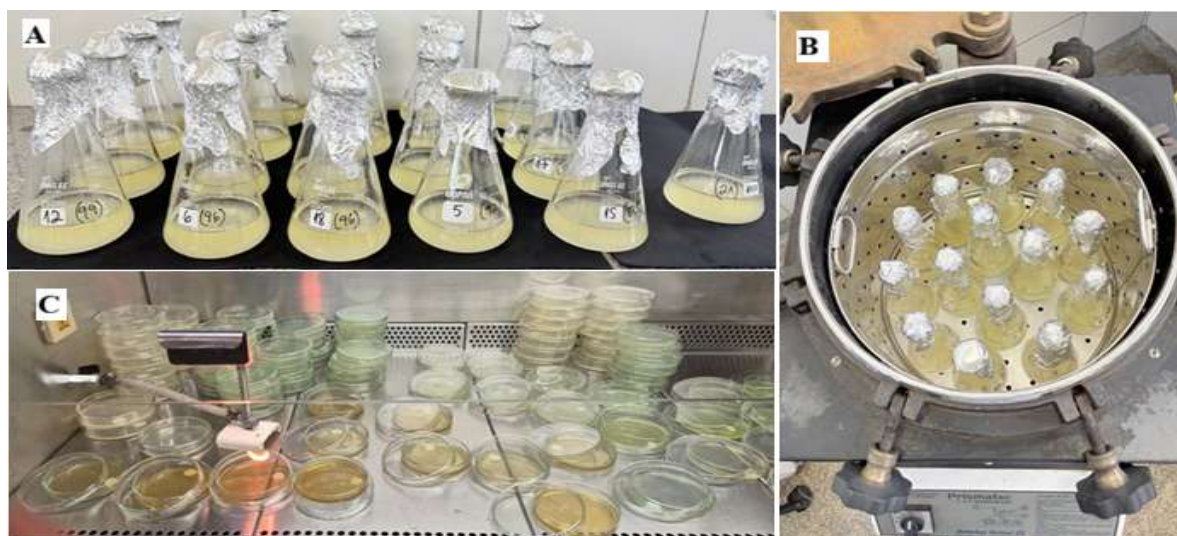


Figura 6. Preparo dos meios de cultura (A) Preparação individual dos tratamentos em frascos Erlenmeyer contendo meio BDA. (B) Autoclavagem dos meios BDA. (C) Vertimento dos meios tratados em placas de Petri estéreis. (Fonte: própria autora).

Posteriormente, as placas foram armazenadas em câmara B.O.D. a 25 ± 2 °C, sob fotoperíodo de 12 horas de luz e 12 horas sem luz, avaliadas a cada 24h, até que a colônia do tratamento controle atingiu completamente o diâmetro da placa. Todos os materiais e instrumentos utilizados foram previamente esterilizados em autoclave a 120 °C por 20 minutos, assegurando condições assépticas durante a condução do experimento.

As avaliações do crescimento micelial foram realizadas em intervalos de 24, 48 e 72 horas, quando houve a estabilização do crescimento fúngico do controle em toda a extensão da placa de Petri. O diâmetro das colônias foi mensurado em duas direções perpendiculares com auxílio de paquímetro digital.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, quando significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para as variáveis quantitativas relacionadas às diferentes concentrações dos tratamentos, realizou-se a análise de regressão, ajustando-se modelos adequados de dose-resposta. As análises estatísticas e a elaboração dos gráficos foram realizadas com auxílio dos softwares SISVAR (Ferreira, 2011) e R (R Development Core Team, 2019).

3. RESULTADOS

As substâncias estudadas apresentaram diferenças significativas na atividade antifúngica *in vitro* sobre *Sclerotinia sclerotiorum* no primeiro período de avaliação, correspondente a 24 horas após a repicagem. Para a menor concentração testada, equivalente a 100 ppm para os óleos essenciais, 1000 ppm para o extrato vegetal e à proporção de 1:16 para o cultivo celular vivo de microalga, as maiores eficiências foram observadas nos tratamentos com óleo essencial de orégano e óleo essencial de vetiver, que inibiram completamente o crescimento micelial do fungo, seguidos pelo tratamento com óleo essencial de breu branco, que também diferiu dos demais tratamentos. O tratamento com extrato de orégano apresentou a menor eficiência, diferindo do tratamento com a microalga *Chlorella vulgaris* (Tabela 1). Resultados semelhantes foram observados nas concentrações de 400 ppm para os óleos essenciais, 4000 ppm para o extrato vegetal e na proporção de 1:4 para *Chlorella vulgaris*, mantendo-se o mesmo padrão de eficiência antifúngica entre os tratamentos (Tabela 1).

Quando comparados os resultados entre os tratamentos para as concentrações equivalente a 200 ppm, para os óleos essenciais, 2000 ppm para o extrato vegetal e à proporção de 1:8 para o cultivo celular vivo de microalga, a menor eficiência foi mantida para o extrato vegetal de orégano, que se diferiu dos tratamentos com microalga *Chlorella vulgaris* e óleo essencial de breu branco. Sendo as maiores eficiências apresentadas nos tratamentos com óleo essencial de orégano e óleo essencial de vetiver (Tabela 1).

Para as maiores concentrações testadas correspondentes a 800 ppm, para os óleos essenciais, 8000ppm para o extrato vegetal e à proporção de 1:2 para o cultivo celular vivo de microalga, as maiores eficiências foram observadas para os óleos essenciais sendo, orégano, vetiver e breu branco (Figura 7), seguidos pelo tratamento com cultivo celular vivo de microalga *Chlorella vulgaris* que apresentou o segundo melhor efeito inibitório e finalizando com o tratamento com extrato vegetal de orégano que foi o menos significativo entre todos os tratamentos testados (Tabela 1).

Tabela 1. Crescimento micelial (mm) *in vitro* de *Sclerotinia sclerotiorum* obtido após 24 horas de incubação em meio de cultura acrescido de diferentes tratamentos. Cassilândia-MS, 2026

TRATAMENTOS	Crescimento Micelial (mm) (médias)				
	CONCENTRAÇÕES				
	0 ppm	100 ppm	200 ppm	400 ppm	800 ppm
Óleo essencial de Orégano	20,96a	8,54a	8,41a	8,46a	8,43a
Óleo essencial de Vetiver	20,96a	8,99a	8,81a	8,65a	8,60a
Óleo essencial de Breu Branco	20,96a	15,53b	14,93b	12,24b	9,18a
	proporção 0:0	proporção 1:16	proporção 1:8	proporção 1:4	proporção 1:2
Microalga <i>Chlorella vulgaris</i>	20,96a	19,56c	15,77b	16,35c	14,24b
	0 ppm	1000 ppm	2000 ppm	4000 ppm	8000 ppm
Extrato vegetal de Orégano	20,96a	26,11d	27,60c	26,54d	23,75c

F(Tratamento) = 431.250 **

CV (%) = 8,78% Médias originais seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p < 0,05$). ** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$).

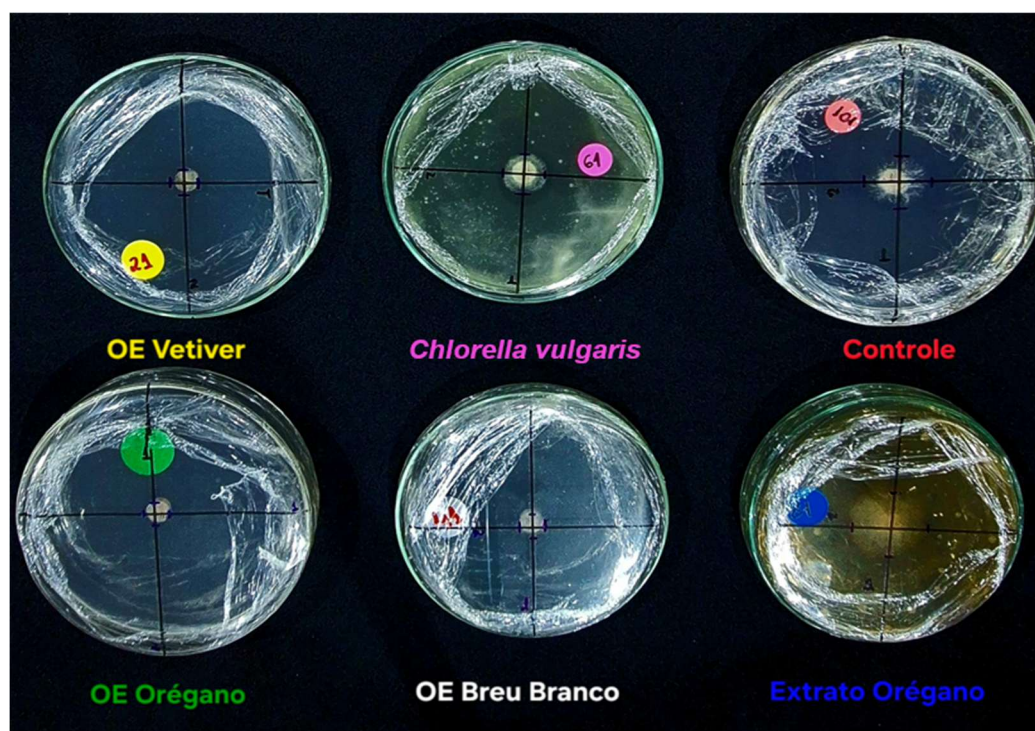


Figura 7. Crescimento micelial de *Sclerotinia sclerotiorum* às 24 h após inoculação sob diferentes tratamentos nas maiores concentrações. (Fonte: própria autora).

Avaliando-se os resultados de cada substância separadamente em relação às concentrações testadas, observou-se no primeiro período de avaliação, realizado 24 horas após a inoculação, que o óleo essencial de breu branco apresentou aumento gradual da atividade

antifúngica com o incremento da concentração, promovendo redução progressiva do crescimento micelial, alcançando seus melhores resultados na maior concentração testada (800 ppm). De forma semelhante, a microalga *Chlorella vulgaris* também apresentou efeito inibitório dependente da concentração, embora com menor intensidade quando comparada aos óleos essenciais, sendo os melhores resultados observados nas maiores proporções avaliadas (Figura 8). O extrato de orégano apresentou baixa eficiência no controle do fungo, não promovendo redução do crescimento micelial em nenhuma das concentrações avaliadas. Por outro lado, os óleos essenciais de orégano e de vetiver foram os tratamentos mais eficientes, inibindo o crescimento micelial já na menor concentração testada. Para ambos os óleos, as concentrações equivalentes a 100 ppm mantiveram elevada atividade antifúngica, e o aumento da concentração não resultou em ganhos expressivos de eficiência, indicando que a máxima resposta foi alcançada já na menor dose avaliada.

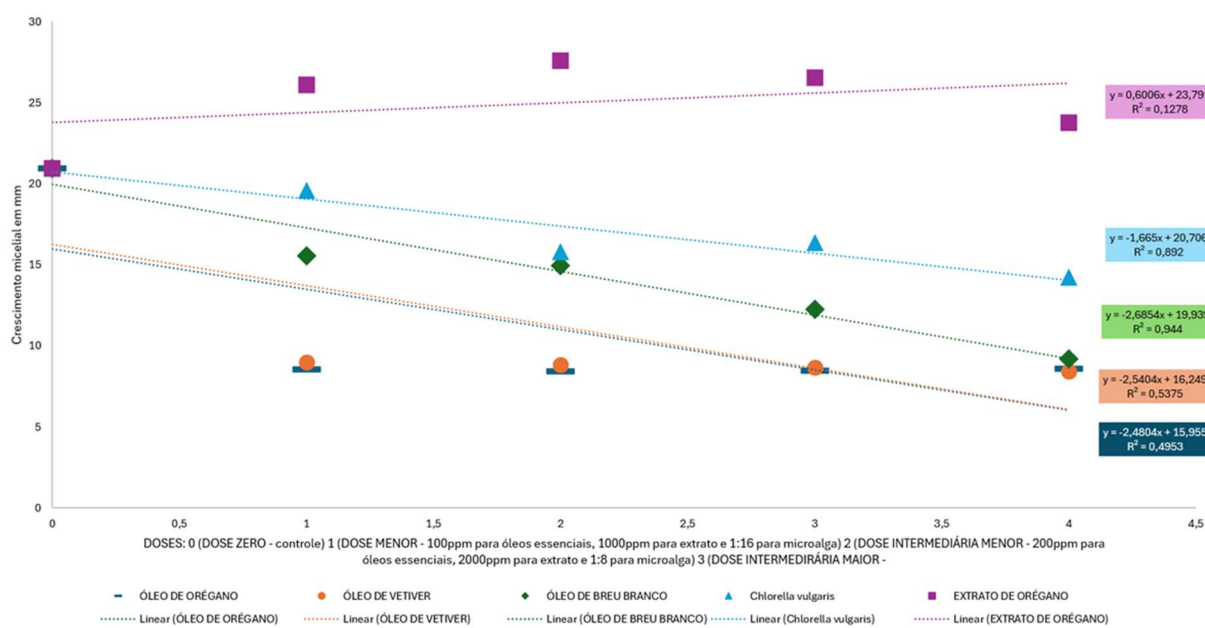


Figura 8. Crescimento micelial (mm) *in vitro* de *Sclerotinia Sclerotiorum* submetido à diferentes tratamentos, após 24 horas da repicagem. Cassilândia-MS, 2026. (Fonte: própria autora).

Para o segundo período de avaliação, correspondente a 48 horas após a repicagem, na menor concentração testada, equivalente a 100 ppm para os óleos essenciais, 1000 ppm para o extrato vegetal e à proporção de 1:16 para o cultivo celular vivo de microalga, o maior efeito inibitório foi observado para o óleo essencial de orégano, que promoveu a completa inibição do crescimento micelial, diferindo-se do tratamento com óleo essencial de vetiver que apresentou o segundo melhor efeito inibitório. Seguidos dos tratamentos com *Chlorella*

vulgaris e óleo essencial de breu branco, enquanto o extrato vegetal de orégano apresentou a menor eficiência, diferindo significativamente dos demais tratamentos (Tabela 2).

Na concentração intermediária correspondente a 200 ppm para os óleos essenciais, 2000 ppm para o extrato vegetal e à proporção de 1:8 para o cultivo celular vivo de microalga, os tratamentos com óleo essencial de orégano e óleo essencial de vetiver mantiveram as maiores eficiências antifúngicas, sem diferirem entre si. O tratamento com *Chlorella vulgaris* apresentou efeito intermediário, enquanto o óleo essencial de breu branco demonstrou menor eficiência. Novamente, o extrato vegetal de orégano apresentou os maiores valores de crescimento micelial, evidenciando baixa atividade antifúngica nessa condição experimental (Tabela 2).

Para a concentração de 400 ppm nos óleos essenciais, 4000 ppm no extrato vegetal e a proporção de 1:4 para *Chlorella vulgaris*, o padrão observado foi semelhante ao da concentração anterior. Os tratamentos com óleo essencial de orégano e óleo essencial de vetiver mantiveram elevada atividade antifúngica, seguidos pelo óleo essencial de breu branco. O tratamento com *Chlorella vulgaris* apresentou redução na eficiência inibitória nessa concentração, enquanto o extrato vegetal de orégano permaneceu como o tratamento de menor eficiência (Tabela 2).

Na maior concentração testada, correspondente a 800 ppm para os óleos essenciais, 8000 ppm para o extrato vegetal e à proporção de 1:2 para o cultivo celular vivo de microalga, os melhores resultados foram observados para os tratamentos com óleo essencial de orégano e óleo essencial de vetiver (Figura 9), que mantiveram os menores valores de crescimento micelial e não diferiram estatisticamente entre si. O óleo essencial de breu branco apresentou efeito intermediário, seguido pela microalga *Chlorella vulgaris*. Por sua vez, o extrato vegetal de orégano continuou apresentando os maiores valores de crescimento micelial, caracterizando-se como o tratamento menos eficiente no controle do patógeno após 48 horas de incubação (Tabela 2).

Tabela 2. Crescimento micelial (mm) *in vitro* de *Sclerotinia sclerotiorum* obtido após 48 horas de incubação em meio de cultura acrescido de diferentes tratamentos. Cassilândia-MS, 2026

TRATAMENTOS	Crescimento Micelial (mm) (médias)				
	CONCENTRAÇÕES				
	0 ppm	100 ppm	200 ppm	400 ppm	800 ppm
Óleo essencial de Orégano	57,11a	8,54a	8,41a	8,46a	8,60a
Óleo essencial de Vetiver	57,11a	19,12b	8,81a	9,86a	10,66a
Óleo essencial de Breu Branco	57,11a	48,69c	45,81c	40,59b	23,92b
	proporção 0:0	proporção 1:16	proporção 1:8	proporção 1:4	proporção 1:2
Microalga <i>Chlorella vulgaris</i>	57,11a	46,31c	33,65b	50,15c	28,01b
	0 ppm	1000 ppm	2000 ppm	4000 ppm	8000 ppm
Extrato vegetal de Orégano	57,11a	64,97d	69,25d	66,62d	60,28c

F(Tratamento) = 785.980**

CV (%) = 8.77% Médias originais seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey sa 5% de probabilidade ($p < 0,05$). ** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$).

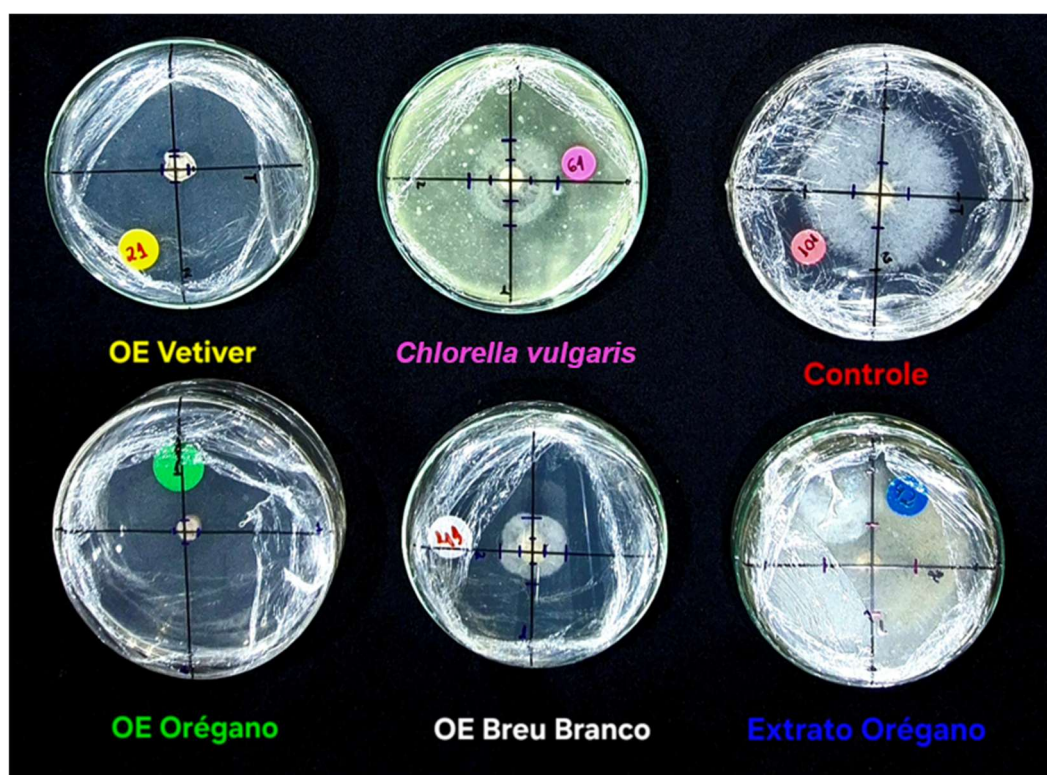


Figura 9. Crescimento micelial de *Sclerotinia sclerotiorum* às 48 h após inoculação sob diferentes tratamentos nas maiores concentrações. (Fonte: própria autora)

Para este período de avaliação, a análise de regressão demonstrou tendência de redução do crescimento micelial com o aumento das concentrações para o tratamento com óleo essencial de breu branco, evidenciando resposta dependente da dose e maior eficiência nas concentrações mais elevadas. Para *Chlorella vulgaris*, observou-se comportamento variável entre as concentrações avaliadas, com redução do crescimento micelial até a proporção de 1:8, seguida do aumento na proporção de 1:4 e de nova redução na maior concentração testada. O extrato vegetal de orégano apresentou tendência de incremento do crescimento micelial nas concentrações intermediárias, atingindo os maiores valores em 2000 ppm e 4000 ppm, o que confirma sua baixa eficiência antifúngica durante esse período de avaliação. Por outro lado, os óleos essenciais de orégano e de vetiver mantiveram-se como os tratamentos mais eficientes, promovendo expressiva redução do crescimento micelial já na menor concentração testada. Para ambos os óleos, as concentrações a partir de 200 ppm mantiveram elevada atividade antifúngica, sendo observadas apenas pequenas variações no crescimento micelial com o aumento da dose, indicando que a máxima eficiência foi alcançada nas menores concentrações avaliadas (Figura 10).

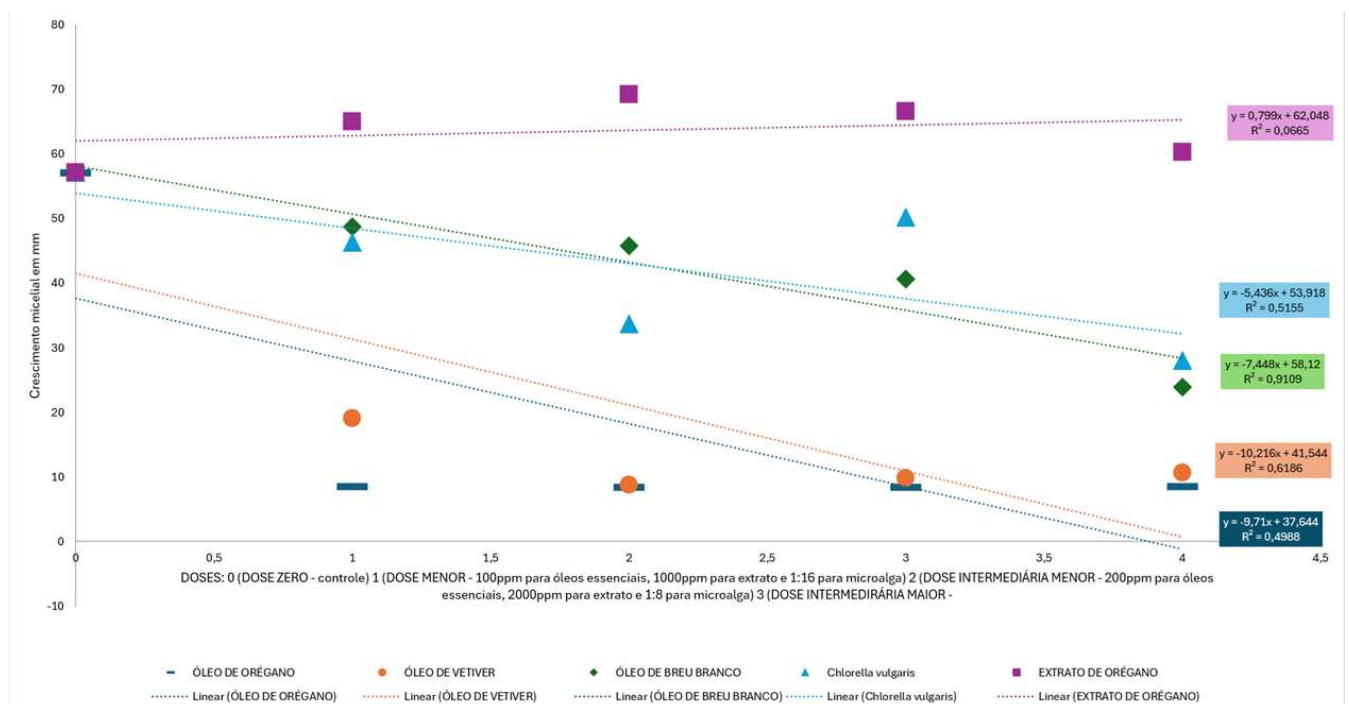


Figura 10. Crescimento micelial (mm) in vitro de *Sclerotinia Sclerotiorum* submetido à diferentes tratamentos, após 48 horas da repicagem. Cassilândia-MS, 2026

Para o terceiro período de avaliação, correspondente a 72 horas após a repicagem, na menor concentração testada, equivalente a 100 ppm para os óleos essenciais, 1000 ppm para o extrato vegetal e à proporção de 1:16 para o cultivo celular vivo de microalga, o maior efeito inibitório foi observado para o óleo essencial de orégano, que manteve a completa inibição do crescimento micelial do fungo, diferindo significativamente dos demais tratamentos. O óleo essencial de vetiver, juntamente com o tratamento com *Chlorella vulgaris*, apresentaram o segundo melhor efeito inibitório. Os tratamentos com óleo essencial de breu branco e extrato vegetal de orégano apresentaram as menores eficiências antifúngicas, não diferindo entre si (Tabela 3).

Na concentração intermediária correspondente a 200 ppm para os óleos essenciais, 2000 ppm para o extrato vegetal e à proporção de 1:8 para o cultivo celular vivo de microalga, os tratamentos com óleo essencial de orégano e óleo essencial de vetiver mantiveram as maiores eficiências antifúngicas, sem diferirem estatisticamente entre si. O tratamento com *Chlorella vulgaris* apresentou efeito intermediário, diferindo dos tratamentos com óleo essencial de breu branco e extrato vegetal de orégano, que apresentaram os maiores valores de crescimento micelial e, conseqüentemente, menor atividade antifúngica (Tabela 3).

Para a concentração de 400 ppm nos óleos essenciais, 4000 ppm no extrato vegetal e a proporção de 1:4 para *Chlorella vulgaris*, o padrão observado foi semelhante ao das concentrações anteriores. O óleo essencial de orégano permaneceu como o tratamento mais eficiente, diferindo-se do tratamento com óleo essencial de vetiver. Os tratamentos com óleo essencial de breu branco, *Chlorella vulgaris* e extrato vegetal de orégano apresentaram os maiores valores de crescimento micelial, não diferindo entre si e demonstrando baixa eficiência no controle do patógeno nessa condição experimental (Tabela 3).

Já na maior concentração testada, correspondente a 800 ppm para os óleos essenciais, 8000 ppm para o extrato vegetal e à proporção de 1:2 para o cultivo celular vivo de microalga, os melhores resultados continuaram sendo observados para o óleo essencial de orégano, que manteve a completa inibição do crescimento micelial do fungo (Figura 11). O óleo essencial de vetiver e a microalga *Chlorella vulgaris*, não diferiram estatisticamente entre si, apresentado o segundo melhor desempenho, seguido pelo óleo essencial de breu branco. O extrato vegetal de orégano apresentou os maiores valores de crescimento micelial, caracterizando-se como o tratamento menos eficiente após 72 horas de incubação (Tabela 3).

Tabela 3. Crescimento micelial (mm) *in vitro* de *Sclerotinia sclerotiorum* obtido após 72 horas de incubação em meio de cultura acrescido de diferentes tratamentos. Cassilândia-MS, 2026

TRATAMENTOS	Crescimento Micelial (mm) (médias)				
	CONCENTRAÇÕES				
	0 ppm	100 ppm	200 ppm	400 ppm	800 ppm
Óleo essencial de Orégano	98,05a	8,54a	8,41a	8,46a	8,60a
Óleo essencial de Vetiver	98,05a	57,53b	17,32a	21,83b	27,41b
Óleo essencial de Breu Branco	98,05a	87,05c	82,16c	90,99c	63,01c
	proporção 0:0	proporção 1:16	proporção 1:8	proporção 1:4	proporção 1:2
Microalga <i>Chlorella vulgaris</i>	98,05a	64,95b	46,77b	82,23c	32,44b
	0 ppm	1000 ppm	2000 ppm	4000 ppm	8000 ppm
Extrato vegetal de Orégano	98,05a	93,00c	86,25c	85,25c	77,12d

F(Tratamento) = 369.114 **

CV (%) = 11.08% Médias originais seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey sa 5% de probabilidade ($p < 0,05$). ** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$).

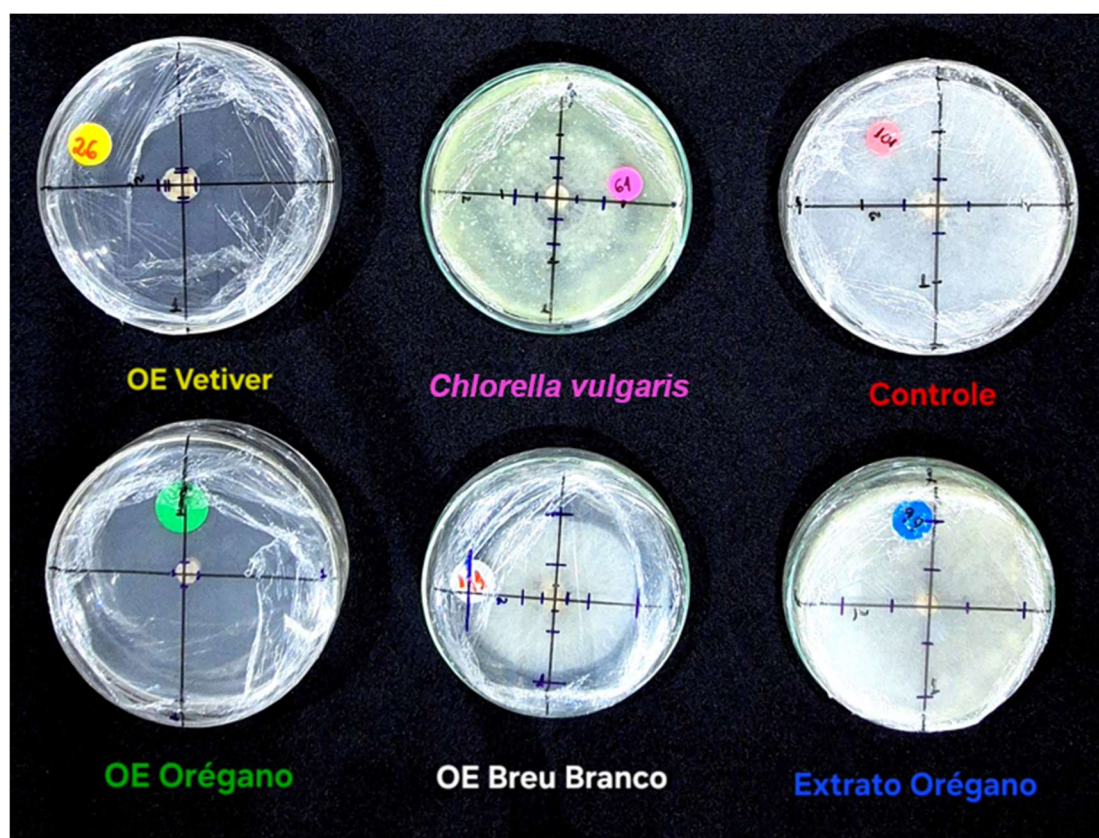


Figura 11. Crescimento micelial de *Sclerotinia sclerotiorum* às 72 h após inoculação sob diferentes tratamentos nas maiores concentrações. (Fonte: própria autora).

A análise de variância evidenciou efeito significativo dos tratamentos sobre o crescimento micelial de *Sclerotinia sclerotiorum* ($F = 369,114$; $p < 0,01$), demonstrando diferenças expressivas entre as substâncias avaliadas. De modo geral, o óleo essencial de orégano foi o tratamento mais eficiente durante todo o período de avaliação, mantendo a completa inibição do desenvolvimento fúngico, independentemente da concentração utilizada. O óleo essencial de vetiver apresentou elevada atividade antifúngica, especialmente nas concentrações de 200 ppm ou superiores. Em contrapartida, o extrato vegetal de orégano e o óleo essencial de breu branco apresentaram baixa eficiência no controle do patógeno, enquanto *Chlorella vulgaris* demonstrou efeito intermediário, com resposta variável entre as concentrações testadas (Figura 12).

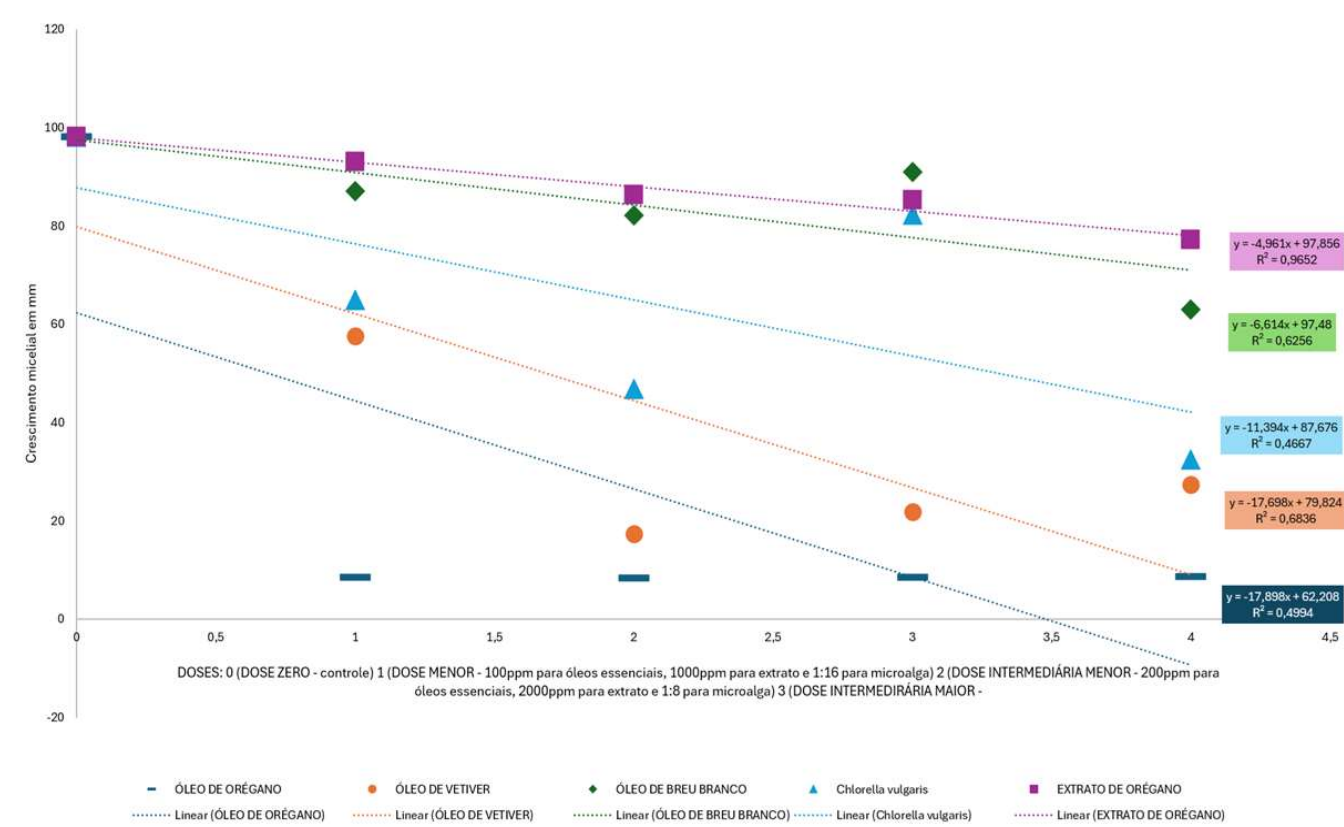


Figura 12. Crescimento micelial (mm) *in vitro* de *Sclerotinia Sclerotiorum* submetido à diferentes tratamentos, após 72 horas da repicagem. Cassilândia-MS, 2026.

4. DISCUSSÃO

O óleo essencial de orégano destacou-se como o tratamento de maior atividade antifúngica, promovendo completa inibição do crescimento micelial desde a menor concentração testada e mantendo elevada eficiência durante todo o período experimental. Esses

resultados corroboram com os observados por Bayar *et al.* (2023), que verificaram a alta atividade antifúngica do óleo essencial de *Origanum acutidens* sobre *S. sclerotiorum*, com inibição completa do crescimento micelial em doses a partir de 4,8 µL/Petri que correspondem a 4,8 ppm.

A elevada eficiência observada no presente estudo pode ser explicada pela composição química do óleo essencial utilizado. A análise por Cromatografia Gasosa Acoplada à Espectrometria de Massas (CG-EM) revelou como constituinte majoritário o carvacrol (66,23%), acompanhado por γ -terpineno (6,40%), p-cimeno (6,04%), linalol (4,81%), β -bisaboleno (2,20%), mirceno (1,96%), α -terpineno (1,80%), timol (1,47%) e β -cariofileno (1,46%). O predomínio de carvacrol é particularmente relevante, uma vez que esse monoterpene fenólico possui reconhecida atividade antifúngica, atuando na desestruturação da membrana plasmática, alteração da permeabilidade celular e inibição do crescimento micelial (Kordali *et al.*, 2008).

A concentração de carvacrol do óleo essencial de orégano utilizado neste estudo (66,23%) foi superior à relatada por Bayar *et al.* (2023) para *Origanum acutidens* (49,4%). Embora diferenças metodológicas impeçam comparações diretas entre os estudos, o elevado teor desse composto, associado à presença de outros constituintes bioativos, pode ter contribuído para a elevada atividade antifúngica observada contra *S. sclerotiorum*. Dessa forma, os resultados reforçam o potencial deste óleo essencial, como alternativa promissora para o manejo sustentável do mofo branco.

O óleo essencial de vetiver, por sua vez, apresentou elevada inibição do crescimento micelial de *S. sclerotiorum* em comparação à testemunha, especialmente nas avaliações realizadas às 24 e 48 horas após a inoculação, demonstrando potencial atividade fungistática. A análise por Cromatografia Gasosa Acoplada à Espectrometria de Massas (CG-EM) revelou uma ampla diversidade de compostos químicos, tendo como constituinte majoritário o trans-isovalencenol (14,15%), seguido por khusimol (12,62%), vetiselinol (5,81%), α -vetivona (5,31%), zizanol (5,00%), β -vetivona (4,10%), junenol (3,71%), vetiver sesquiterpenoid 11 (3,65%), α -cadinol (2,64%), eudesmenol (2,22%), vetivenic acid + nootkatone isomer (2,22%), nootkatol isomer (2,06%) e juniper camphor (1,93%). O predomínio de trans-isovalencenol apresenta relevância particular, uma vez que esse composto, juntamente com o khusimol e as vetivonas, integra a fração sesquiterpênica característica do óleo essencial de vetiver, frequentemente associada às propriedades biológicas e ao perfil aromático típico dessa espécie. A predominância de compostos sesquiterpênicos observada neste perfil químico corrobora com os resultados relatados por Fernandes, Trevisan e Santos (2026), que descreveram composição

semelhante para óleos essenciais de *Chrysopogon zizanioides*. Segundo esses autores, as atividades biológicas desses óleos estão relacionadas, entre outros fatores, à presença de metabólitos como sesquiterpenos oxigenados, frequentemente associados à atividade antimicrobiana. Esses compostos podem atuar alterando a integridade das membranas celulares e comprometendo processos fisiológicos essenciais ao desenvolvimento fúngico (Fernandes; Trevisan; Santos, 2026).

A microalga *Chlorella vulgaris* apresentou efeito intermediário e comportamento não linear sobre o crescimento micelial do patógeno, não sendo observada uma relação direta entre o aumento da concentração aplicada e a inibição do crescimento fúngico (Figura 12). Verificou-se, após o período de 72h da repicagem, que a concentração intermediária maior, correspondente à proporção de 1:4, promoveu uma menor inibição em comparação à concentração intermediária menor, correspondente à proporção de 1:8, evidenciando ausência de resposta dose-dependente. Esse comportamento pode estar relacionado à complexidade da composição bioquímica da microalga, cuja atividade antifúngica pode ser influenciada pela interação entre diferentes metabólitos bioativos, como compostos fenólicos, pigmentos, polissacarídeos e ácidos graxos. Estudos, como o de Al-Nazwani *et al.* (2021), que utilizou o extrato metanólico bruto da microalga, revelam potencial antifúngico, atribuindo sua atividade à presença desses compostos bioativos. Entretanto, a variação observada entre as concentrações sugere que fatores como composição metabólica, densidade celular, estabilidade dos compostos ativos e forma de aplicação podem interferir na eficiência antifúngica, indicando a necessidade de estudos adicionais para melhor compreensão dos mecanismos envolvidos no controle de *S. sclerotiorum*. (Al-Nazwani *et al.*, 2021).

Para o óleo essencial de breu branco, as análises de regressão evidenciaram resposta dependente da dose, com redução progressiva do crescimento micelial de *Sclerotinia sclerotiorum* à medida que as concentrações aumentaram. O tratamento apresentou efeito inibitório consistente nas duas primeiras avaliações, principalmente nas maiores concentrações avaliadas e apresentou baixa eficiência antifúngica e resposta não linear na última avaliação, o que evidencia efeito fungistático dessa substância. Esse comportamento pode estar relacionado à composição química do óleo essencial, uma vez que a análise por CG-EM revelou como constituinte majoritário o p-cimeno (52,05%), seguido por 2-para-menteno (9,46%), α -pineno (5,20%), α -felandreno (3,64%) e β -felandreno (3,34%). De forma semelhante, Silva *et al.* (2021), ao avaliarem o óleo essencial de *Protium hebetatum*, identificaram como principais constituintes os monoterpenos α -felandreno, α -pineno e p-cimeno, além dos sesquiterpenos E-cariofileno e D-germacreno. Assim, a predominância de monoterpenos observada no presente

estudo sugere que esses compostos possam ter contribuído para a atividade fungistática verificada (Silva *et al.*, 2021).

Por sua vez, o extrato vegetal de orégano apresentou a menor eficiência entre todos os tratamentos avaliados. Embora seja obtido da mesma espécie vegetal que originou o óleo essencial mais eficiente, os diferentes métodos de extração resultam em composições químicas distintas. Enquanto o óleo essencial concentra compostos voláteis lipofílicos, como carvacrol e timol, reconhecidos por sua elevada atividade antifúngica, o extrato vegetal apresenta predominância de compostos hidrossolúveis, que nem sempre possuem o mesmo potencial fungitóxico. Essa diferença na composição química provavelmente explica o contraste observado entre a elevada eficiência do óleo essencial e a baixa atividade antifúngica do extrato vegetal de orégano.

CONCLUSÃO

O óleo essencial de orégano possui efeito fungicida sobre *Sclerotinia Sclerotiorum*, podendo ser indicado como tratamento alternativo no controle deste fungo fitopatogênico.

O extrato vegetal de orégano não possui efeito fungicida sobre *S. sclerotiorum*.

A microalga *Chlorella vulgaris* e os óleos essenciais de breu branco e vetiver apresentaram baixa eficiência fungicida sobre o fungo *S. sclerotiorum*, não sendo indicado no tratamento deste patógeno.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, P. B.; AYERS, W. A. Ecology of *Sclerotinia* species. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 69, n. 8, p. 896–899, 1979.

AMALRAJ, A.; PIUS, A.; GOPI, S.; GOPI, S. Biological activities of curcuminoids, other biomolecules from turmeric and their derivatives: a review. **Journal of Traditional and Complementary Medicine**, Amsterdam, v.7, n.2, p.205–233, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtcme.2016.05.005>.

AL-NAZWANI, M. S.; ABOSHOSHA, S. S.; EL-SAEDY, M. A. M.; GHAREEB, R. Y.; KOMEIL, D. A. Antifungal Activities of *Chlorella vulgaris* Extract on Black Scurf, Growth Performance, and Potato Quality. **Archives of Phytopathology and Plant Protection**, v. 54, n. 17–18, p. 2171–2190, 2021. DOI: 10.1080/03235408.2021.1925434.

BAYAN, L.; KOULIVAND, P. H.; GORJI, A. Garlic: a review of potential therapeutic effects. **Avicenna Journal of Phytomedicine**, Mashhad, v. 4, n. 1, p. 1–14, 2014.

BAYAR, Y; AKŞIT, H; ŞİMŞEK, S; KANDEMİR, A. Chemical Composition and Antifungal Activity of *Origanum acutidens* Essential Oil Against *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary

and *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. **Black Sea Journal of Agriculture**, [s. l.], v. 6, n. 5, p. 439–443, 2023.

BOLAND, G. J.; HALL, R. Index of plant hosts of *Sclerotinia sclerotiorum*. **Canadian Journal of Plant Pathology**, Ottawa, v. 16, n. 2, p. 93–108, 1994.

BOLTON, M. D.; THOMMA, B. P. H. J.; NELSON, B. D. *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary: biology and molecular traits of a cosmopolitan pathogen. **Molecular Plant Pathology**, Oxford, v. 7, n. 1, p. 1–16, 2006.

BONTEMPO, C. R.; MENDES, L. S. Controle químico e biológico de *Sclerotinia sclerotiorum* in vitro. **Perquirere**, Patos de Minas, v. 21, n. 2, p. 67–72, 2024.

BRASIL. Decreto nº 10.375, de 26 de maio de 2020. Institui o Programa Nacional de Bioinsumos e o Conselho Estratégico do Programa Nacional de Bioinsumos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 27 maio 2020. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/d10375.htm. Acesso em: 15 mai. 2026.

CHEN, C.; LONG, L.; ZHANG, F.; CHEN, Q.; CHEN, C.; YU, X.; LIU, Q.; BAO, J.; LONG, Z. Antifungal activity, main active components and mechanism of *Curcuma longa* extract against *Fusarium graminearum*. **PLoS One**, San Francisco, v. 13, n. 3, e0194284, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194284>.

FELIPE, L. O.; BICAS, J. L. Terpenos, aromas e a química dos compostos naturais. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 39, n. 2, p. 120–130, 2017. DOI: <https://doi.org/10.21577/0104-8899.20160068>.

FERNANDES, V. J.; TREVISAN, H.; SANTOS, C. E. R. Óleo essencial de *Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty como inibidor do fungo xilófago *Rhodonia placenta* e do térmita *Coptotermes gestroi*. **Revista do Instituto Florestal**, v. 38, e979, 2026. DOI: 10.24278/rif.2026.38e979.

FERREIRA, D. F. *SISVAR: sistema de análise de variância*. Versão 5.3. Lavras: UFLA, 2010.

FIGUEIREDO, A. R.; SILVA, L. R.; MORAIS, L. A. S. Atividade antifúngica de óleos essenciais frente a *Macrophomina*. **Nativa**, Sinop, v. 11, n. 1, p. 75–81, 2023. DOI: <https://doi.org/10.31413/nativa.v11i1.13811>.

FONSECA, M. C. M.; LEHNER, M. S.; GONÇALVES, M. G.; PAULA JÚNIOR, T. J.; SILVA, A. F.; BONFIM, F. P. G.; PRADO, A. L. Potencial de óleos essenciais de plantas medicinais no controle de fitopatógenos. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Botucatu, v. 17, n. 1, p. 45–50, 2015.

GWINN, K. D. Bioactive natural products in plant disease control. In: ATTA-UR-RAHMAN (ed.). **Studies in Natural Products Chemistry**. Amsterdam: Elsevier, 2018. v. 56, p. 229–246.

HOSSAIN, M. M.; SULTANA, F.; LI, W.; TRAN, L.-S. P.; MOSTOFA, M. G. *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary: insights into the pathogenomic features of a global pathogen. **Cells**, Basel, v. 12, n. 7, 1063, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/cells12071063>.

JOKEL, M.; SALAZAR, J.; CHOVANCEK, E.; SIRIN, S.; ALLAHVERDIYEVA, Y. Screening of several microalgae revealed biopesticide properties of *Chlorella sorokiniana* against *Phytophthora cactorum*. **Journal of Applied Phycology**, Dordrecht, v. 35, p. 2675–2687, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10811-023-03015-x>.

KANDSI, F.; ABDNIM, R.; BENKHAIRA, N.; LAFDIL, F. Z.; BNOUHAM, M.; YAMANI, B.; MRABTI, H. N.; WONDME, G. F.; BIN JARDAN, Y. A.; IBENMOUSSA, S.; EL HACHLAFI, N. Integrated assessment of phytochemicals and biological properties of *Vetiveria zizanioides* (L.) Nash. **International Journal of Food Properties**, Philadelphia, v. 27, n. 1, p. 1150–1166, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1080/10942912.2024.2387435>.

KORDALI, S.; CAKIR, A.; OZER, H.; CAKMAKCI, R.; KESDEK, M.; METE, E. Antifungal, phytotoxic and insecticidal properties of essential oil isolated from Turkish *Origanum acutidens* and its three components, carvacrol, thymol and p-cymene. **Bioresource Technol**, v. 99, p. 8788–8795, 2008.

LAMBERT, R. J. W.; SKANDAMIS, P. N.; COOTE, P. J.; NYCHAS, G. J. E. A study of the minimum inhibitory concentration and mode of action of oregano essential oil, thymol and carvacrol. **Journal of Applied Microbiology**, Oxford, v. 91, n. 3, p. 453–462, 2001.

LEE, S. M.; TAE, H. S.; KONG, H. G.; CHANG, Y. K.; RYU, C. M. Foliar application of *Chlorella* supernatant protects turfgrass against *Clarireedia jacksonii*. **The Plant Pathology Journal**, Suwon, v. 41, n. 2, p. 210–224, 2025. DOI: <https://doi.org/10.5423/PPJ.FT.01.2025.0009>.

LEITE, R. M. V. B. C. Ocorrência de doenças causadas por *Sclerotinia sclerotiorum* em girassol e soja. Londrina: Embrapa Soja, 2005.

MAZARO, S. M.; SILVA, J. C.; MEYER, M. C.; BUENO, A. F. Desafios na adoção de bioinsumos. In: MEYER, M. C. *et al.* (ed. téc.). **Bioinsumos na cultura da soja**. Brasília, DF: Embrapa, 2022. p. 75–84.

MARQUES, R. P.; MONTEIRO, A. C.; PEREIRA, G. T. Crescimento, esporulação e viabilidade de fungos entomopatogênicos em meios contendo óleo de nim. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1675–1680, 2004.

MOBIN, M.; LIMA, S. G.; ALMEIDA, L. T. G.; TAKAHASHI, J. P.; TELES, J. B.; SZESZS, M. W.; MARTINS, M. A.; CARVALHO, A. A.; MELHEM, M. S. C. MDGC-MS analysis of essential oils from *Protium heptaphyllum* and antifungal activity. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Botucatu, v. 18, n. 2, p. 531–538, 2016.

NAZZARO, F.; FRATIANNI, F.; COPPOLA, R.; FEO, V. Essential oils and antifungal activity. **Pharmaceuticals**, Basel, v. 10, n. 4, p. 86, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3390/ph10040086>.

PIMENTA NETO, A. A.; GONÇALVES, G. D.; BENJAMIN, C. S.; COSTA, L. C. B.; OLIVEIRA, R. A.; OLIVEIRA, S. M. A.; LUZ, E. D. M. N. Bioatividade de óleos essenciais no controle de doenças em solanáceas. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 46, n. 3, p. 267–272, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-5405/215960>.

POLICARPO, M. A.; SAMBUICHI, R. H. R.; ALVES, F.; GUALDANI, C.; PACÍFICO, D. A. **O Programa Nacional de Bioinsumos no âmbito da Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica: origem, contribuições e potencialidades**. Rio de Janeiro: Ipea, 2023. 70 p. (Texto para Discussão, n. 2933). DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/td2933-port>.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. *R: a language and environment for statistical computing*. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2019.

RICARDO, T. R.; WANDER, A. E.; LOBO JÚNIOR, M.; PICANÇO FILHO, A. F. Custos associados ao mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) em feijoeiro comum. In: **Congresso Da Sober**, 47., 2009, Porto Alegre. *Anais..* Porto Alegre: SOBER, 2009.

REUVENI, M.; COHEN, Y. R. Essential tea tree oil activity against *Bremia lactucae*. **Agronomy**, Basel, v. 10, n. 6, e836, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy10060836>.

SANTOS, N. O.; MARIANE, B.; LAGO, J. H. G.; ROSA, W.; SOARES, M. G.; SILVA, A. M.; LORENZI, H.; VALLIM, M. A.; PASCON, R. C. Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils from Brazilian plants. **Molecules**, Basel, v. 20, n. 5, p. 8440–8452, 2015. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules20058440>.

SARFRAZ, M.; NASIM, M. J.; JACOB, C.; GRUHLKE, M. C. H. Efficacy of allicin against plant pathogenic fungi. **Applied Sciences**, Basel, v. 10, n. 7, e2563, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/app10072563>.

SAVARY, S.; WILLOCQUET, L.; PETHYBRIDGE, S. J. The global burden of pathogens and pests on major food crops. **Nature Ecology and Evolution**, London, v. 3, p. 430–439, 2019.

SILVA, A. G.; SOUZA, A. C.; LOPES, B. G.; SILVA, E. M.; VIEIRA, G. H. C. Essential oil of *Mentha spicata* reduces the initial growth of *Corynespora cassiicola* *in vitro*. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 8, n. 4, e6375, out./dez. 2021. DOI: <https://doi.org/10.32404/rean.v8i4.6375>.

SILVA, K. L.; CEZAROTTO, G. S.; SOUZA, R. R.; CARVALHO, C. E. G.; OLIVEIRA, J. P. R.; CARVALHO, C. M.; MARQUES, D. D. Composição química e atividade antibacteriana do óleo essencial da resina de *Protium hebetatum* Daly (Burseraceae). **South American Journal of Basic Education, Technical and Technological (SAJEBTT)**, v. 8, n. 2, p. 245–252, 2021.

SILVA, R. A.; LEHNER, M. S.; PAULA JÚNIOR, T. J.; MIZUBUTI, E. S. G. Fungicide sensitivity of isolates of *Sclerotinia sclerotiorum* from different hosts and regions in Brazil and phenotypic instability of thiophanate-methyl resistant isolates. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 49, n. 1, p. 93–103, 2024.

SHANG, Q.; JIANG, D.; XIE, J.; CHENG, J.; XIAO, X. O estilo de vida esquizotrófico de *Sclerotinia sclerotiorum*. **Molecular Plant Pathology**, Oxford, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1111/mpp.13423>.

SOARES DE LIMA, A. L.; FERREIRA LUCAS, E. M.; OLIVEIRA GOMES, F. C.; BINATTI, I.; UXA JACOB WERNECK ROCHA, M. Perfil de compostos polifenólicos

extraídos do orégano (*origanum vulgare*) em diferentes períodos de decocção. **Recima21 - revista científica multidisciplinar - issn 2675-6218**, São Paulo, v. 5, n. 6, p. e565311, 2024. DOI: [10.47820/recima21.v5i6.5311](https://doi.org/10.47820/recima21.v5i6.5311).

TUNÇ, M.; PIANCATELLI, S.; MAKAU, S. M.; D'ORTENZIO, A. L.; MOUMNI, M.; SIMONETTI, S.; PAPI, L.; GRASSI, E.; BUCCI, F.; ROMANAZZI, G. *In vitro* assessment of essential oils as sustainable antifungal agents against *Sclerotinia sclerotiorum* causing lettuce drop. **Molecules**, Basel, v. 31, n. 4, art. 682, 2026.

WEBSTER, R.; ROTH, M.; MUELLER, B.; MUELLER, D.; CHILVERS, M.; WILLBUR, J.; MOURTZINIS, S.; CONLEY, S.; SMITH, D. Integration of row spacing, seeding rates, and fungicide application for management of *Sclerotinia* stem rot in *Glycine max*. **Plant Disease**, Saint Paul, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS-09-21-1931-RE>.

ZHAO, J.; TANG, J.; WANG, Z.; MUNIR, S.; JIAO, R.; LI, J.; CHAO, K.; WAN, Q.; WANG, L.; YE, C. Extraction and antifungal activity of algae compounds. **PLoS One**, San Francisco, v. 20, n. 5, e0319853, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0319853>.