

Efeito do óleo essencial de palmarosa (*Cymbopogon martinii*) sobre fungos fitopatogênicos em sementes de soja
Effect of the essential oil of palmarosa (*Cymbopogon martinii*) on fungos phitopatogenic in soybean seeds

Efecto del aceite esencial de palmarosa (*Cymbopogon martinii*) sobre fungos fitopatogenicos en semillas de soja

Recebido: 21/09/2020 | Revisado: 29/09/2020 | Aceito: 01/10/2020 | Publicado: 04/10/2020

Alda Leaby dos Santos Xavier

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7204-8773>

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

E-mail: alda_leaby_15@hotmail.com

Kevison Romulo da Silva França

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0180-1021>

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

E-mail: kevsfranca@hotmail.com

Tiago Augusto Lima Cardoso

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5067-0545>

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

E-mail: tiagoipj@yhao.com.br

Resumo

Esta pesquisa avalia os efeitos fungitóxicos *in vitro* e *in vivo* do óleo essencial de palmarosa (*Cymbopogon martinii*) sobre fungos fitopatogênicos que infectam a cultura da soja. No teste *in vitro*, os fungos foram cultivados em meio de cultura BDA suplementado com óleo essencial puro em diferentes concentrações (0,0125; 0,025; 0,05; 0,1; e 0,2%), controle negativo (0%) e controle positivo (fungicida comercial Thiram 1 mL⁻¹). As placas foram inoculadas com os fungos *Phomopsis sp.*, *Fusarium solani*, *Sclerotium rolfsii* e *Macrophomina phaseolina*, durante sete dias a 27 ± 2 ° C. No teste *in vivo*, sementes de soja foram imersas em soluções com diferentes concentrações de óleo essencial de palmarosa (0,05; 0,1; 0,2; 1,0; e 5,0%). Após o tratamento, as sementes foram infectadas artificialmente com os fungos em estudo, por meio do contato com colônias fúngicas por 24 horas. As

sementes foram submetidas ao teste de sanidade e avaliadas individualmente, em microscópio estereoscópico. Em condições *in vitro*, o óleo essencial nas concentrações de 0,05 a 0,1% impediu o crescimento de todos os fungos estudados. No teste *in vivo*, os tratamentos com concentrações de 1% e 5% reduziram a porcentagem de sementes infectadas por *S. rolfisii*, *M. phaseolina* e *Phomopsis sp.* mas não tiveram sucesso contra *F. solani*. O óleo essencial de palmarosa é uma alternativa promissora ao uso de fungicidas convencionais em sementes de soja.

Palavras-chave: Biotecnologia; Inibição fúngica; Controle de pragas.

Abstract

This research evaluates the fungitoxic *in vitro* and *in vivo* effects of palmarosa essential oil (*Cymbopogon martinii*) on phytopathogenic fungi that infect soybean culture. In the *in vitro* test, the fungi were grown in PDA culture medium supplemented with pure essential oil in different concentrations (0.0125; 0.025; 0.05; 0.1; and 0.2%), the negative control (0%), and positive control (commercial fungicide Thiram 1 mL⁻¹). The plates were inoculated with the fungi *Phomopsis sp.*, *Fusarium solani*, *Sclerotium rolfisii*, and *Macrophomina phaseolina*. All plates were incubated for seven days at 27±2°C. In the *in vivo* test, soybean seeds were immersed in solutions with different palmarosa essential oil concentrations (0.05; 0.1; 0.2; 1.0; and 5.0%). After treatment, the seeds were artificially infected with the fungi under study, through contact with fungal colonies for 24 hours. The seeds were submitted to the sanity test and evaluated individually, using a stereoscopic microscope. Under *in vitro* conditions, the essential oil in concentrations from 0.05 to 0.1% precluded all studied fungi' growth. In the *in vivo* test, the treatments with concentrations of 1% and 5% reduced the percentage of seeds infected by *S. rolfisii*, *M. phaseolina* e *Phomopsis sp.* but were unsuccessful against *F. solani*. The essential oil of palmarosa is a promising alternative to the use of conventional fungicides in soybean seeds.

Keywords: Biotechnology; Fungal inhibition; Pest Control.

Resumen

Esta investigación evalúa los efectos fungitóxicos *in vitro* e *in vivo* del aceite esencial de palmarosa (*Cymbopogon martinii*) sobre hongos fitopatógenos que infectan los cultivos de soja. En la prueba *in vitro*, los hongos se cultivaron en medio de cultivo BDA suplementado con aceite esencial puro en diferentes concentraciones (0.0125; 0.025; 0.05; 0.1; y 0.2%), control negativo (0%) y control positivo (fungicida comercial Thiram 1 mL⁻¹). Las placas se

inocularam con los hongos *Phomopsis sp.*, *Fusarium solani*, *Sclerotium rolfsii* y *Macrophomina phaseolina*, durante siete días a 27 ± 2 ° C. En la prueba in vivo, las semillas de soja se sumergieron en soluciones con diferentes concentraciones de aceite esencial de palmarosa (0.05; 0.1; 0.2; 1, 0; y 5,0%). Después del tratamiento, las semillas se infectaron artificialmente con los hongos en estudio, a través del contacto con colonias de hongos durante 24 horas. Las semillas se sometieron a la prueba de cordura y se evaluaron individualmente, bajo un microscopio estereoscópico. En condiciones in vitro, el aceite esencial en concentraciones de 0.05 a 0.1% impidió el crecimiento de todos los hongos estudiados. En la prueba in vivo, los tratamientos con concentraciones de 1% y 5% redujeron el porcentaje de semillas infectadas por *S. rolfsii*, *M. phaseolina* y *Phomopsis sp.* pero no triunfaron contra *F. solani*. El aceite esencial de palmarosa es una alternativa prometedora al uso de fungicidas convencionales en semillas de soja.

Palabras clave: Biotecnología; Inhibición de hongos; Control de plagas.

1. Introdução

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é um dos mais importantes produtos do agronegócio brasileiro, sendo sua cadeia de produção responsável por gerar emprego e renda. Com uma produção estimada de 113.462 milhões de toneladas e área plantada de 35.819 milhões de hectares na safra de 2018/2019 (Conab, 2019), o Brasil é o maior exportador e segundo maior produtor deste grão no mundo. A maior parte da produção de soja tem como destino a China com cerca de 35.9 milhões de toneladas, seguidos da União Européia e Ásia (3.9 e 2.5 milhões de toneladas, respectivamente) (Abiove, 2018).

Apesar da alta produção, uma série de problemas fitossanitários afetam negativamente a qualidade e a produtividade da soja (Soares *et al.*, 2019). Para manter o alto rendimento, algumas medidas preventivas devem ser adotadas no cultivo, visto que cerca de 40 doenças causadas por fungos, bactérias, nematóides e vírus contaminam a soja no Brasil (Finoto *et al.*, 2011). Dentre os microrganismos fitopatogênicos, os fungos *Phomopsis sp.*, *Fusarium solani*, *Sclerotium rolfsii* e *Macrophomina phaseolina* estão entre os causadores de perdas na produtividade, qualidade das sementes e prejuízos econômicos (Conceição *et al.*, 2014).

As sementes estão entre os principais veículos de disseminação e sobrevivência dos fitopatógenos, sendo responsáveis pela contaminação de áreas e reintrodução nos locais onde os patógenos haviam sido controlados (Gonçalves, 2015). Além disso, a presença de fungos no solo infecta as sementes ocasionando a deterioração e morte de plântulas (Silva *et al.*,

2016). Por esse motivo, o tratamento fitossanitário é um fator determinante no manejo integrado das doenças que afetam a soja. Essa prática tem como objetivo o controle, ou erradicação dos patógenos nas sementes, o que favorece uma semeadura de qualidade e garante o sustento da cadeia produtiva (Coppo *et al.*, 2017).

Dada a necessidade de um controle fitossanitário, os fungicidas sintéticos tem sido utilizado como tratamento convencional, as sementes são tratadas com diferentes formulações, evitando o ataque de possíveis patógenos presentes no solo ou na superfície das próprias sementes. Esse tratamento garante defesa à cultura principalmente na fase inicial do seu desenvolvimento, que é o período em que a planta está mais suscetível a danos ou a morte (Alves *et al.*, 2017). Embora essa técnica seja bastante difundida entre os produtores, seus efeitos podem ocasionar graves problemas, devido à alta toxicidade e à contaminação do meio ambiente por substâncias sintéticas.

Medidas alternativas ao uso convencional de produtos sintéticos têm sido pesquisadas com o intuito de oferecer proteção e garantir a segurança fitossanitária das sementes. Esses produtos devem apresentar características superiores ou iguais aos fungicidas sintéticos, quando comparados a sua eficácia, riscos de contaminação ao meio ambiente e à saúde de produtores e consumidores (Neto *et al.*, 2010).

Como forma mitigadora ao uso de produtos sintéticos o controle biológico, o uso de extratos vegetais e os óleos essenciais apresentam-se como alternativas por possuírem características como baixa toxicidade e rápida degradação. Os óleos essenciais são evidenciados como potenciais produtos para o tratamento seguro de sementes de diversas culturas, incluindo a soja (Bezerra *et al.*, 2017).

O óleo essencial de palmarosa (*C. martinii*) é extraído da palmarosa uma planta herbácea de ciclo perene, de fácil adaptação aos mais diversos climas e solos, possui atividades antifúngicas, antibacteriana e inseticida comprovadas por diversos estudos (Neto *et al.*, 2019e Hillen *et al.*, 2012e Nascimento, 2017e Naveenkumar *et al.*, 2017) é um produto acessível à compra no mercado industrial de essências botânicas. Este óleo apresenta em sua composição química o geraniol (82%), acetato de geranila (9%), linalol (2%) e trans beta ocimene (1%). Como constituinte majoritário é o geraniol, estudos químicos comprovam sua eficácia associado à defesa das plantas, contribuindo para a inibição do crescimento micelial dos fungos (Martins, 2014).

No presente estudo, foi avaliada a atividade antifúngica do óleo essencial de palmarosa (*C.martinii*) na inibição do crescimento micelial dos fungos fitopatogênicos

Phomopsis sp., *F. solani*, *S. rolfsii* e *M. phaseolina*, bem como, a eficiência desse óleo na manutenção da qualidade sanitária das sementes de soja tratadas.

2. Metodologia

2.1 Local dos experimentos e obtenção dos materiais

A pesquisa foi desenvolvida no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA/UFPE), Campus Pombal e os experimentos foram conduzidos no laboratório de Fitopatologia sendo adotados métodos indutivos de natureza quantitativos (Pereira A.S. et al. 2018). O óleo essencial utilizado foi o de palmarosa (*C. martinii*), obtido pelo processo de extração por destilação a vapor, segundo as técnicas adotadas pela FERQUIMA – Indústria e Comércio Limitada, Vargem Grande, São Paulo.

Para a realização dos experimentos foram utilizadas as cepas 1451 de *Phomopsis* sp., 3826 *F. solani*, 3085 *S. rolfsii*, 2726 *M. phaseolina*, cedidas pela coleção de cultura de fungos fitopatogênicos da Prof. Maria Menezes da Universidade Federal Rural de Pernambuco. As cepas foram preservadas em água destilada estéril pelo método Castellani até a realização do ensaio (Castellani, 1967).

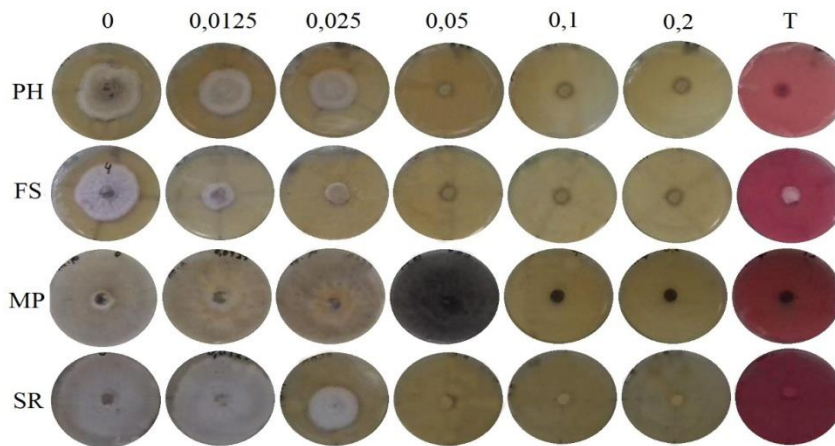
As sementes de soja foram do híbrido TMG 133RR para experimento *in vivo*, obtidas da coleção do laboratório de fitopatologia da universidade supracitada.

2.2 Efeito *in vitro* do óleo essencial de palmarosa (*Cymbopogon martinii*) sobre fungos fitopatogênicos

2.2.1 Condução do experimento

O experimento foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC) (Figura 1) com sete tratamentos (5 concentrações do óleo, 1 testemunha negativa e 1 testemunha positiva) em cinco repetições cada. Os fungos foram cultivados em meio de cultura BDA (Batata Dextrose Ágar: Composição: Infusão de batata e Dextrose e Ágar) autoclavados e suplementado com o óleo essencial de palmarosa puro, em diferentes concentrações (0,0125; 0,025; 0,05; 0,1 e 0,2%) e a testemunha negativa (0%) e a testemunha positiva acrescida com o fungicida comercial Thiram na concentração recomendada pelo fabricante (1 mL⁻¹). (Pereira *et al.*, 2006).

Figura 1. Montagem do experimento com as diferentes concentrações do óleo essencial de palmarosa (*Cymbopogon martinii*) e tratamento convencional.



PH- *Phomopsis* sp., FS- *Fusarium solani*
MP- *Macrophomina phaseolina* SR- *Sclerotium rolfsii*

A adição do óleo ocorreu após o resfriamento do meio de cultura, o qual foi vertido em placas de Petri de 7,5 cm de diâmetro em condições assépticas. Posteriormente a solidificação do meio, discos de 1,0 cm de diâmetro foram retirados das colônias fúngicas e transferidos para o centro das placas de Petri contendo os tratamentos. Em seguida, as placas foram envolvidas em plástico filme e incubadas em estufa do tipo B.O.D (*Biochemical Oxygen Demand*) a temperatura de $27\pm 2^{\circ}\text{C}$. (Pereira *et al.*, 2006).

O crescimento micelial foi mensurado diariamente até que a primeira colônia fúngica atingisse as bordas da placa de Petri ou no período máximo de sete dias. Foi medido o diâmetro das colônias (cm) através da média entre duas aferições perpendiculares, realizadas com o auxílio da régua graduada, obtendo-se a média do crescimento diário para cada repetição de cada tratamento. Com o resultado das medidas, foram calculados a porcentagem de inibição micelial (PIC) (Bastos, 1997) e o índice de velocidade de crescimento micelial (IVCM) (Ivcm e Oliveira, 1991), de acordo com as fórmulas (1) e (2):

$$PIC = \frac{(\text{Crescimento da testemunha} - \text{Crescimento do tratamento}) \times 100}{\text{Crescimento da testemunha}} \quad (1)$$

$$IVCM = \sum \frac{\text{Diâmetro médio atual} - \text{Diâmetro médio anterior}}{\text{Número de dias após a inoculação}} \quad (2)$$

2.3 Efeito fungicida ou fungistático *in vitro* do óleo essencial de palmarosa (*Cymbopogon martinii*) sobre fungos fitopatogênicos

Após o crescimento fúngico de sete dias em meio de cultura do tipo BDA suplementadas com óleo essencial de palmarosa (*C. martinii*) no teste *in vitro*, discos de 1,0 cm de diâmetro contendo micélios fúngicos foram transferidos para novas placas de petri com meio de cultura não suplementado. Para cada concentração foi replicada uma nova placa, incubadas em estufa do tipo B.D.O em temperatura média de 27°C, observando após o período de 7 dias os fungos que voltaram a crescer e os fungos que não conseguiram crescer novamente, verificando o efeito fungistático ou fungicida do óleo de palmarosa.

2.4 Efeito *in vivo* do óleo essencial de palmarosa (*Cymbopogon martinii*) no tratamento de sementes de soja

As concentrações do óleo utilizadas foram determinadas com base no teste *in vitro* e selecionadas para dar continuidade ao trabalho, sendo empregados no tratamento de sementes.

2.4.1 Condução do experimento

O delineamento experimental empregado foi inteiramente casualizado (DIC) com 7 tratamentos (0,05; 0,1; 0,2; 1; e 5%), a testemunha negativa (0%) e a testemunha positiva acrescidas com o fungicida comercial Thiram na dose recomendada (1 mL L⁻¹) (Pereira *et al.*, 2006).

Para obtenção de sementes infectadas, os fungos foram isolados e cultivados em placas de Petri contendo meio de cultura BDA para produção de inóculo, foram cultivados durante sete dias a 22°C (Pereira *et al.*, 2006).

As sementes da cultivar TMG 133RR foram previamente sanitizadas em solução de hipoclorito de sódio a 2% durante cinco minutos, lavadas com água destilada estéril duas vezes e secas sobre folhas de papel filtro esterilizadas, em condições ambiente. Posteriormente, foram imersas durante cinco minutos nas diferentes soluções compostas à base de água destilada esterilizada suplementada com o óleo essencial de palmarosa, a testemunha negativa (0%) e a testemunha positiva acrescida com o fungicida comercial Thiram na dose recomendada (1 mL L⁻¹). Com a finalidade de permitir a emulsão, em todos

os tratamentos foi adicionado Tween 80 (0,1%), o qual reduz a tensão superficial no contato do óleo (apolar) com a água destilada estéril (polar) (Packere Luz, 2007).

Em seguida, foi realizada a inoculação artificial que ocorreu após o período de crescimento das colônias fúngicas. A inoculação foi feita por meio da deposição das sementes sobre as colônias fúngicas. O tempo de contato entre as sementes e as colônias foi de 24 horas em estufa do tipo B.O.D (*Biochemical Oxygen Demand*) à temperatura de $27\pm 2^{\circ}\text{C}$, com fotoperíodo de 12 horas (Goulart, 2018).

2.4.2 Avaliação da sanidade das sementes

Após o tratamento e inoculação, as sementes foram submetidas ao teste de sanidade, realizado pelo método de papel filtro com congelamento (Limonard, 1966). Foram utilizadas 700 sementes do híbrido TMG 133RR (100 por tratamento), distribuídas em placas de Petri de 10 cm. Dez sementes foram posicionadas de forma equidistante em cada placa, sobre uma camada tripla de papel filtro previamente umedecidos com água destilada esterilizada, e incubadas inicialmente por 24 horas a $27\pm 2^{\circ}\text{C}$ com fotoperíodo de 12 horas em estufa do tipo B.O.D (*Biochemical Oxygen Demand*). Após esse período foram submetidas ao congelamento (-20°C) por 24 horas, e, posteriormente retornaram estufa por mais cinco dias, perfazendo assim os sete dias, quando então será realizada a avaliação (Limonard, 1966).

As sementes foram avaliadas individualmente, com o auxílio do microscópio estereoscópico para a quantificação das sementes infectadas pelos fungos fitopatogênicos em estudo. Os resultados foram expressos em percentagem de sementes infectadas (Goulart, 2018).

2.5 Análises estatísticas

Os dados foram analisados aplicando testes não-paramétricos e a diferença entre tratamentos foi verificada aplicando o teste Kruskal-Wallis seguido da comparação múltipla de Mann-Whitney. Foram consideradas significantes as diferenças com valor de probabilidade abaixo de 5%. As análises foram realizadas no programa Past 3.12 (Hammer *et al.*, 2001).

Para verificar o efeito da concentração do óleo sobre o crescimento dos fungos foram realizadas regressões no modelo de platô quadrático para os dados do experimento *in vitro* e no modelo quadrático para os dados do experimento *in vivo*. As regressões foram realizadas

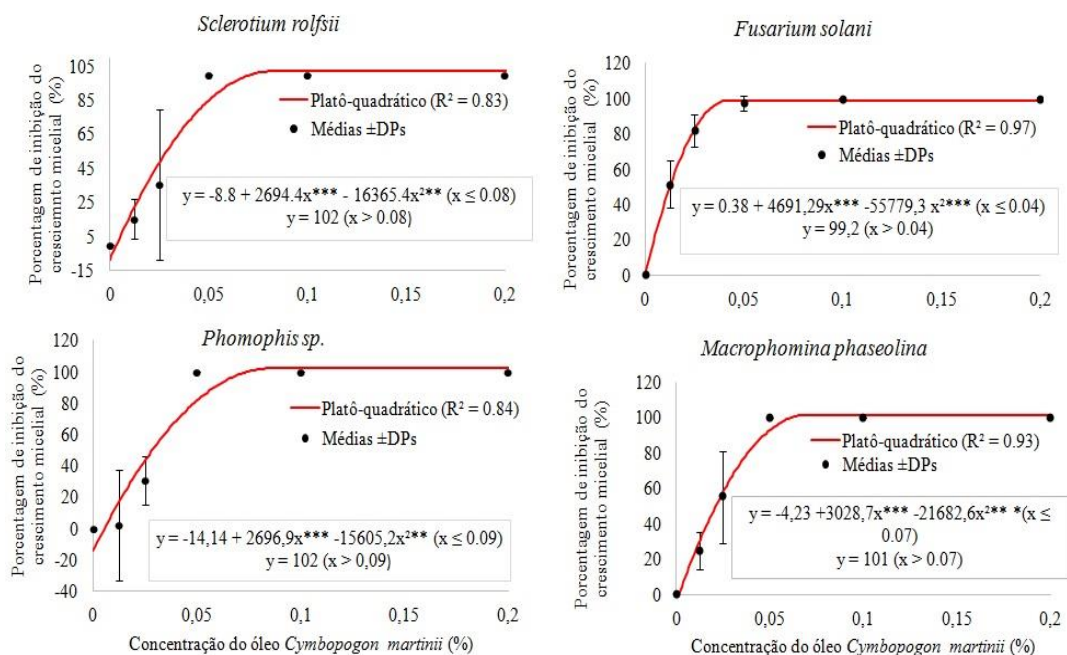
no programa R Core Team 3.5.1.

3. Resultados e Discussão

3.1 Experimento *in vitro*

No experimento *in vitro*, as diferentes concentrações do óleo essencial de palmarosa (*C. martinii*) inibiram o crescimento micelial e a velocidade de crescimento dos fitopatógenos avaliados. As porcentagens de inibição aumentaram em função das concentrações testadas até atingirem e manterem o valor máximo (PIC = 100%) (Figura 2).

Figura 2. Efeito das diferentes concentrações do óleo essencial de *Cymbopogon martinii* sobre o crescimento micelial de fungos fitopatogênicos.



*** $p < 0.001$.

Fonte: Autores.

O Óleo essencial da palmarosa mostra-se eficiente como agente antifúngico sobre o crescimento micelial dos fungos *M. phaseolina*, *Phomopsis sp.*, *S. rolfsiie*, *F. solani*. Tal fato pode ser justificado devido à presença de compostos biologicamente ativos, como o geraniol constituinte majoritário, além dos outros componentes químicos como acetato de geranila, linalol e trans beta ocimene que atuam na defesa das plantas e na inibição do crescimento

micelial dos fungos (Neto *Et Al.*, 2019E Hillen *Et Al.*, 2012E Nascimento, 2017E Naveenkumar *et al.*, 2017e).

O mecanismo de ação dos óleos essenciais está associado à capacidade de dissolução das membranas e paredes celulares dos fungos, alterando a permeabilidade e causando o extravasamento de conteúdos celulares o que induz a morte das células (GOMES, 2014).

A inibição total do crescimento dos fungos *S.rolfsii*, *Phomopsis* sp. e *M.phaseolina* ocorreu a partir da concentração 0,05% e do fungo *F.solani* na concentração 0,1%. Estas concentrações estão entre os menores valores utilizados no experimento, e foram tratadas como concentrações mínimas observadas (CMobs) (Tabela 1). As concentrações mínimas estimadas (CMest) indicaram concentrações superiores para inibição total do crescimento micelial dos fungos *S.rolfsii*, *Phomopsis* sp. e *M phaseolina*, para *F. solani* a estimativa sugeriu um valor abaixo do que foi observado.

Tabela 1. Concentrações inibitórias do óleo essencial de *Cymbopogonmartinii* sobre o crescimento micelial de diferentes fungos fitopatogênicos.

Fitopatógeno	CMobs*	CMest**	EFO***
<i>Sclerotium rolfsii</i>	0,05%	0,08%	FC
<i>Fusarium solani</i>	0,1%	0,04%	FS
<i>Phomopsis</i> sp.	0,05%	0,09%	FC
<i>Macrophomina phaseolina</i>	0,05%	0,07%	FS

*Concentração mínima determinada no teste *in vitro*

**Concentração mínima estimada pela análise de regressão de modelo platô-quadrático

***Efeito observado fungicida (FC) fungistático (FS)

Fonte: Autores.

Observou-se que o óleo de palmarosa a partir da CMobs (0,05%) exerceu efeito fungicida sobre os fungos *S. rolfsii* e *Phomopsis* sp. Por outro lado, o óleo exerceu efeito fungistático sobre *M. phaseolina* na concentração 0,05% e sobre *F.solani* na concentração 0,1%.

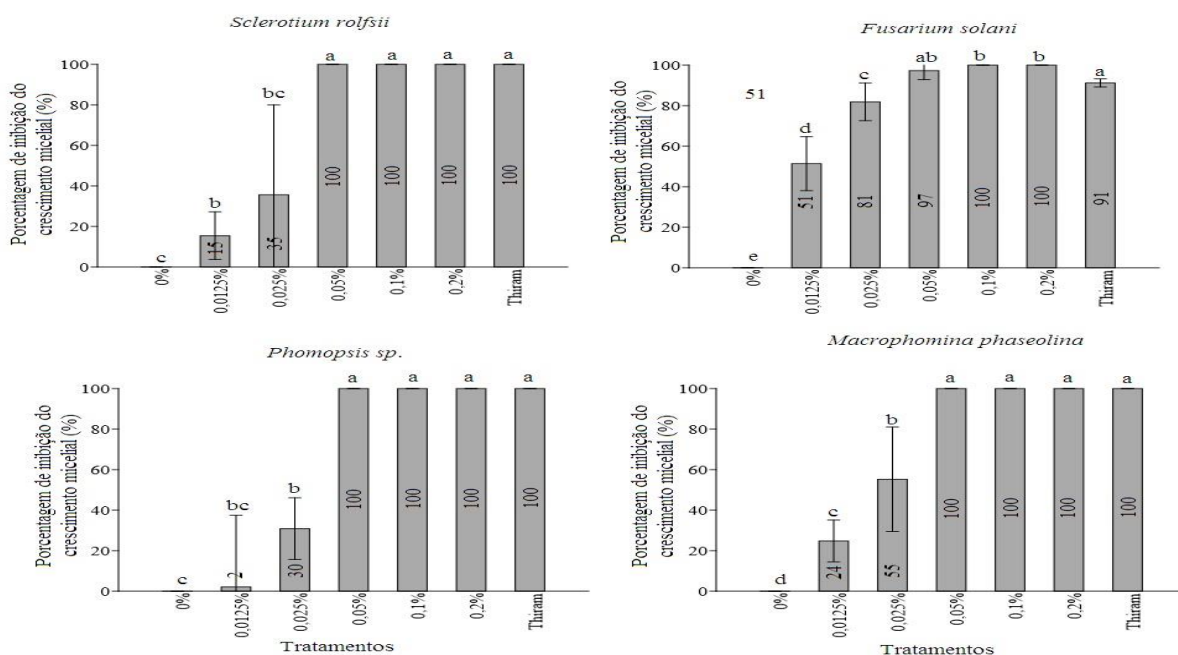
Corroborando com os dados obtidos no experimento *in vitro*, Nascimento, Vieira e Kronka (2016) relatam a inibição total do fungo *F.solani* em concentrações que variaram entre 1.000 e 8.000 $\mu\text{L L}^{-1}$ (0,1 a 0,8%) com o uso de óleos essenciais. No controle de *S.rolfsii*, Guerra *et al.* (2015) obtiveram máxima de inibição do crescimento micelial nas concentrações 500, 1000 e 1500 ppm (0,05e 0,1 e 0,15%) de óleos essenciais. Os resultados obtidos por

Stevic *et al.* (2014) sugerem que óleos compostos principalmente por geraniol apresentam melhor atividade antifúngica contra *Phomopsis* sp.

Por outro lado, os estudos de Costa *et al.* (2011) reportam que o óleo essencial de *Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & L.M. Perry (cravo-da-índia) na concentração 0,15% não inibiu o crescimento do fungo *M. phaseolina*, reiterando o potencial fungitóxico do óleo de palmarosa, que inibiu o crescimento fúngico total em uma concentração inferior (0,05%).

O efeito antifúngico do óleo essencial de palmarosa foi igual ou superior ao obtido pelo fungicida comercial Thiram (Figura 3). No controle de *S. rolfsii*, *Phomopsis* sp. e *M. phaseolina*, o óleo exerceu efeito similar ao fungicida comercial a partir da concentração 0,05%, enquanto que sobre o fungo *F.solani* o efeito foi superior ao fungicida a partir da concentração 0,05%.

Figura 3. Porcentagem de inibição de crescimento de fitopatógenos em diferentes concentrações do óleo essencial de *Cymbopogon martinii* e testemunhas.



As concentrações sobrescritas com a mesma letra não diferem significativamente entre si de acordo com o teste de Mann-Whitney ($p > 0,05$).

Fonte: Autores.

A ação antifúngica do óleo essencial de palmarosa sobre diversos fungos vem sendo relatada na literatura com frequência. Khan e Ahmad (2012), utilizando o óleo de palmarosa no controle de *Aspergillus fumigatus*, obtiveram inibição máxima de 98,36% na maior concentração testada (0,32%). Prasharet *al* (2003) demonstram a inibição do fungo *Saccharomyces cerevisiae* em baixas concentrações do óleo (0,1%).

Outras espécies do gênero *Cymbopogon* têm apresentado potencial antifúngico no controle de fitopatógenos. Daroncol *et al.* (2015) verificaram a eficácia dos óleos essenciais de *C. flexuosus* Stapf (capim-limão) no tratamento fitossanitário de sementes de soja e observaram a inibição de 52% na incidência do fungo *Fusarium* sp. comparado com o controle. Utilizando o óleo essencial de *C. citratus*, Senemeet *al.* (2019) reduziram a infestação de fungos fitopatogênicos em sementes de sorgo. Brumet *al.* (2014) relatam que o óleo de *C. citratus* foi o mais eficiente na inibição do crescimento de *Pyricularia grisea*, *Didymella bryoniae* e *Rhizoctonia solani*, a partir da concentração de 0,50 $\mu\text{L mL}^{-1}$ do óleo.

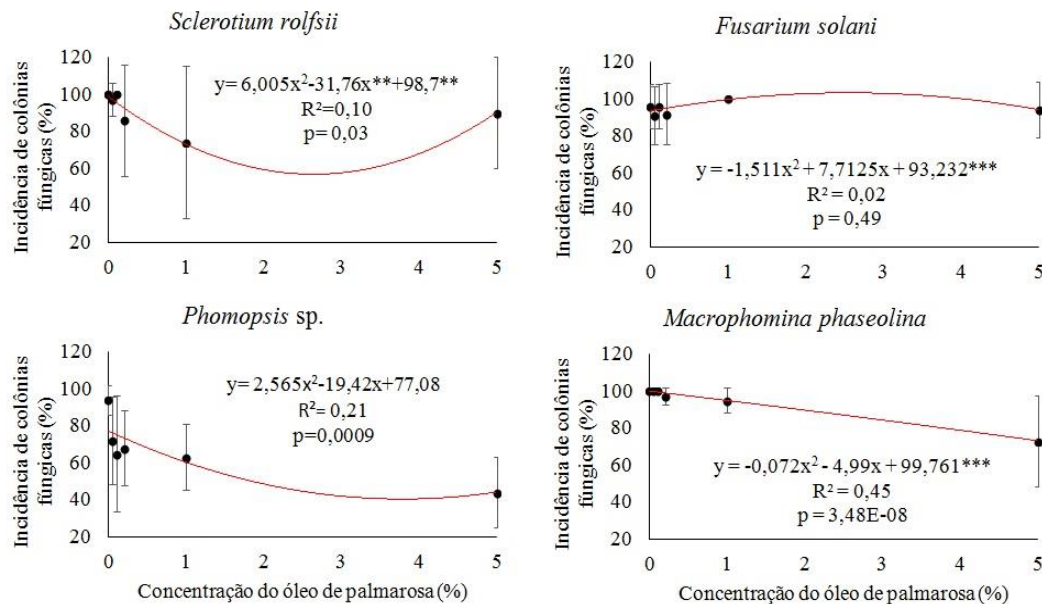
De acordo com Antunes e Cavaco (2010), diferentes tipos de óleos essenciais podem desempenhar ações antimicrobianas, porém as concentrações necessárias para a inibição dos microrganismos variam dependendo do fitopatógeno avaliado. Além disso, outro ponto importante para obtenção do efeito antifúngico é a composição química do óleo, que é característico de cada espécie vegetal, o que influencia em suas atividades biológicas.

Tendo em vista possíveis aplicações antifúngicas do óleo essencial de palmarosa, comparando seu efeito fungitóxico com o obtido por um fungicida sintético comercial. Observou-se efeito inibitório similar do óleo em comparação ao fungicida químico utilizado a partir das concentrações de 0,5%. A similaridade sugere que, em condições *in vitro*, o óleo essencial poderia substituir a utilização desses produtos, fornecendo as vantagens da baixa toxicidade e da rápida degradação no ambiente (BEZERRA *et al.*, 2017).

3.2 Experimento *in vivo*

O óleo de palmarosa reduziu a incidência fúngicas sobre as sementes de soja em diferentes concentrações (Figura 4). Os fungos *M. phaseolina* e *Phomopsis* sp. apresentaram o menor número de sementes infectadas (73% e 44% de incidência, respectivamente) quando tratados com óleo a 5%. A concentração 1% foi a mais eficiente sobre a incidência de *S. rolfsii* (74%). Nas concentrações testadas o óleo não apresentou inibição sobre a incidência de *F. solani* em sementes de soja.

Figura 4. Incidência de colônias fúngicas sobre sementes de soja tratadas com óleo essencial de *Cymbopogon martinii* (* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$ *** $p < 0.001$).



Fonte: Autores.

Hillenet *et al.* (2012) avaliaram a eficiência dos óleos essenciais no tratamento fitossanitário de sementes de milho, soja e feijão. Estes autores relataram que os óleos de palmarosa e alecrim apresentaram maior inibição dos fitopatógenos quando utilizado o óleo puro, nas concentrações de 200 μ L, obtendo efeito superior aos tratamento sem estudo. A utilização do óleo puro no tratamento sanitário das sementes pode ter influência direta no controle efetivo dos fitopatógenos em baixas concentrações. Os estudos de Guerra *et al* (2015) demonstram que o óleo essencial de palmarosa consegue inibir a incidência fúngica em sementes de amendoim.

A possibilidade de uso dos óleos essenciais no controle de fitopatógenos também foi apontada por Morais *et al.* (2008) que utilizaram óleos do mesmo gênero, *Cymbopogon* (*C. flexuosuse C. citratus*), atestando que os dois tipos de capim-limão apresentam atividade antifúngica em sementes de feijão similares a atividade nas sementes de soja.

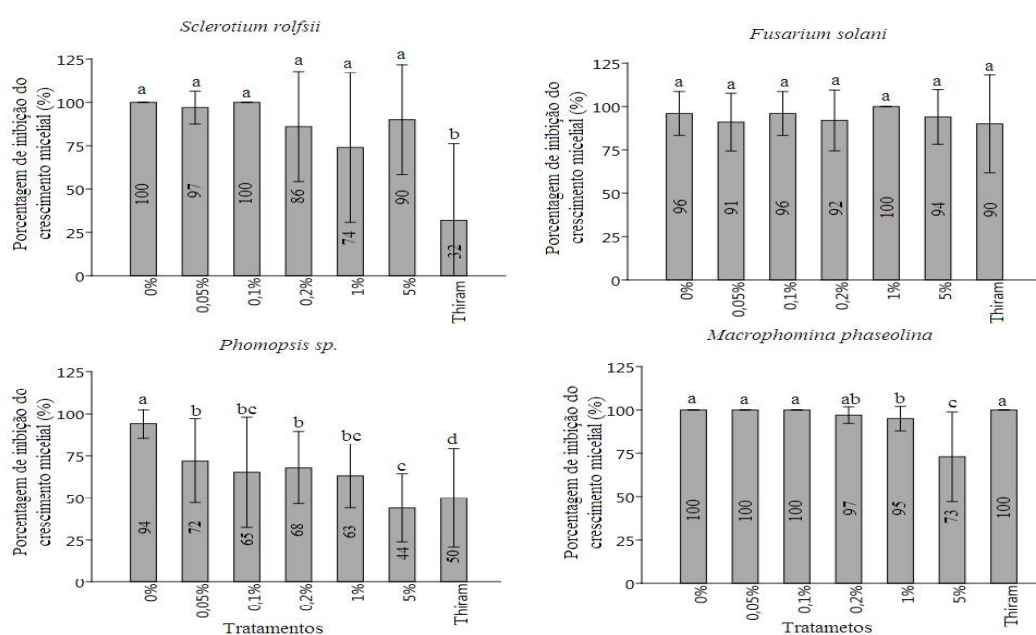
Observa-se que no experimento *in vivo* houve a necessidade do aumento nas concentrações do óleo essencial de palmarosa, quando comparadas às concentrações utilizadas no experimento *in vitro*. Pois estudos com sementes indicam esse aumento gradativo.

Corroborando da mesma necessidade, Fandohan *et al.* (2004) avaliaram a ação antifúngica do óleo essencial de capim-limão (*C. citratus*) em sementes de milho, constatando

que para o controle *in vivo* foi necessário o aumento das concentrações (4,8e 6,4 e 8 $\mu\text{L mL}^{-1}$) assegurando a ausência de sementes infectadas. Lobato *et al.* (2007), em seus estudos com óleo essencial de pimenta-de-macaco (*Piper aduncum* L.) nas concentrações 0,5e 1,0e 2,0e 4,0 e 8,0%, verificaram sua eficiência sanitária em sementes de feijão-de-corda ou caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.).

Quanto ao efeito antifúngico, o óleo essencial de palmarosa obteve resultado progressivo quando comparados ao fungicida Thiram (Figura 5). No controle dos fungos *Phomopsis* sp.e *M. phaseolina*, na concentração de 5% o efeito observado foi superior ao Thiram. Sobre o fungo *F. solani*, o óleo foi efetivo no controle quando comparado ao fungicida sintético, porém obteve efeito inferior quanto utilizado no combate a *S.rolfsii*.

Figura 5. Porcentagem de inibição de crescimento de fitopatógenos em sementes de soja tratadas com concentrações do óleo essencial de *Cymbopogon martinii* e testemunhas.



As concentrações sobrescritas com a mesma letra não diferem significativamente entre si de acordo com o teste de Mann-Whitney ($p > 0,05$). Fonte: Autores.

Quando comparado ao fungicida sintético avaliado, o óleo essencial de palmarosa apresentou atividade fungicida eficaz no controle de alguns fitopatógenos. Seu efeito na concentração de 5% foi superior ou similar ao fungicida sintético, sugerindo que sua utilização poderia substituir o fungicida convencional, oferecendo proteção às culturas e diminuindo os riscos de toxicidade em seres humanos e ao meio ambiente.

Para tanto, é necessário a avaliação de todos os componentes do óleo de forma isolada. Isman (2000) atesta que os óleos mais eficientes em altas concentrações podem apresentar

características fitotóxicas, o efeito sinérgico dos compostos é responsável pela toxicidade. Os óleos essenciais de palmarosa, citronela, capim-limão e vetive, segundo Raut e Karuppaiyl (2014), foram considerados seguros para consumo humano em baixas concentrações.

Os consumidores são motivados ao uso devido a os seus efeitos benéficos, à origem natural e o menor risco de contaminação ambiental e humana, além do controle efetivo dos patógenos, já que os óleos apresentam atividades antifúngicas eficientes e menos agressivas (Neto *et al.*, 2010).

4. Considerações Finais

O óleo essencial de palmarosa (*C. martinii*) inibiu totalmente o crescimento micelial de *M. phaseolina*, *Phomopsis* sp., *S. rolfsii* e *F. solani* em condições *in vitro*, apresentando êxito no controle fúngico quando comparados ao obtido pelos fungicidas sintéticos Thiram. No experimento *in vivo* a ação antifúngica do óleo foi corroborada no tratamento das sementes de soja, o óleo reduziu a porcentagem de sementes infectadas por fungos *S. rolfsii*, *M. phaseolina* e *Phomopsis* sp., porém não diferindo da testemunha quando utilizado contra o fungo *F. solani* nas concentrações em estudo. Quando comparadas com o fungicida Thiram os resultados foram efetivos no controle dos fitopatogenos.

Sendo assim, o óleo essencial de palmarosa poderia ser utilizado de maneira integrada a outras técnicas de manejo, para o controle dos fitopatogenos. Sua formulação e atividade antifúngica comprovada fornecem informações que poderão ser utilizadas em pesquisas futuras, na elaboração de produtos naturais, com o intuito de reduzir ou substituir os fungicidas sintéticos.

Referências

Agrofit. (2014). Sistema de agrotóxico fitossanitário. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Agricultura*. Recuperado de http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/ap_produto_form_detalhe_cons?p_id_produto_formulado_tecnico=5343&p_tipo_janela=NEW.

Alencar, G. V., Mendonça, E. S., Oliveira, T. S., Jucksch, I., & Cecon, P. R. (2013). Percepção Ambiental e Uso do Solo por Agricultores de Sistemas Orgânicos e Convencionais

na Chapada da Ibiapaba, Ceará. *Revista de economia e sociologia rural, Piracicaba-SP*,51, (2), 217-236.

Almeida, Á. M. R., Gaudêncio, C. A., Seixas, C. D. S., & Debiasi, H. (2014). *Macrophomina phaseolina* em soja. *Londrina: Embrapa Soja*, 55 p.

Almeida, A. S., Castellanos, C. I. S., Deuner, C., Borges, C. T., & Meneghello, G. E. (2014). Efeitos de inseticidas, fungicidas e biorreguladores na qualidade fisiológica de sementes de soja durante o armazenamento. *Revista de Agricultura*, 89, (3), 172 – 182.

Almeida, F. A., Bruscke, E. L., Polizel, A. C., Petter, F. A., Hamawaki, O. T., & Neto, F. A. (2013). Desempenho agrônômico de linhagens e cultivares de soja frente a doenças foliares. *Revista de Ciências Agrárias*,56, (2), 88-94.

Alves, E., Aguiar, E., Pereira, C ., Moreira, I ., Filho, L. C. L., & Santini, J. M. K. (2017). Efeito do tratamento químico com inseticida/fungicida e polímero na qualidade fisiológica da semente de soja. *Revista Científica*.5, (10), 12-18.

Antunes, M. D. C., & Cavaco, A. M. (2010). The use of essential oils for postharvest decay control. A review. *Flavour and Fragrance Journal*, 25, 351-366.

Associação Brasileira Das Indústrias De Óleos Vegetais-Abiove (2018). Exportações do Complexo Soja. Recuperado de http://www.abiove.org.br/site/_FILES/Portugues/06072018-112745-exp_201806.pdf.

Auler, a. C. V., Carvalho, D. D. C., & Mello, S. C. M. (2013). Antagonismo de *Trichoderma harzianum* a *Sclerotium rolfsii* nas culturas do feijoeiro e soja. *Revista AgroAmbiente*, 7, (3), 359-365.

Balardin, C. R., Celmer, A. F., Costa, E.C ., Meneghetti, R. C.,& Balardin, R.S. (2005). Possibilidade de Transmissão de *Fusarium solanif.sp. Glycines*. Agente Causal da Podridão Vermelha da Raiz da Soja, Através da Semente. *Fitopatologia brasileira*, 30, (6), 574- 581.

Bastos, C. N. (1997). Efeito do óleo de *Piper aduncum* sobre *Crinipelise* outros fungos fitopatogênicos. *Fitopatologia Brasileira*, 22, (3), 441–453.

Bezerra, J. W. A., Rodrigues, F. C., Costa, A. R., Boligon, A. A., Rocha, J. B. T., & Barros, L. M. (2017). Estudo químico-biológico do óleo essencial de *Lantana montevidensis* (chumbinho) (Spreng.) Briq. (Verbenaceae) contra *Drosophila melanogaster*. *Revista Cubana de Plantas Mediciniais*, 22, (1), 1-22.

Brasil. (2011) Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo e seu padrão de potabilidade. Brasília: Diário Oficial da União. Recuperado de http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html.

Brasil. (2019). Companhia Nacional De Abastecimento (CONAB). Recuperado de <https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/index.php/safra-serie-historica-dashboard>.

Brasil (2009). Ministério da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento. *Regras para análise de sementes*. Secretaria de Defesa Agropecuária: Brasília. 395p.

Brugnera, J. V., & Dalchiavon, F. C. (2017). Modal ferroviário e transporte de soja no MATOPIBA. *Revista iPecege*, 3, (4), 48-56.

Brum, R. B. C. S., Castro, H. G., Cardon, C. H., Pereira, A. S., Cardoso, D. P., & Santos, G. R. (2014). Atividade antifúngica de óleos essenciais sobre fungos fitopatogênicos. *Magistra*, 26(3), 361-371.

Campos, R. N. S., Bacci, L., Araújo, A. P. A., Blank, A. F., Arrigoni-blank, M. F., Santos, G. R. A., & Roner, M. N. B. (2012). Óleos Essenciais de plantas medicinais e aromáticas no controle do Carrapato *Rhipicephalus Microplus*. *ARCHIVOS DE ZOOTECNIA*, 61 (R), 67-78.

Castellani. (1967). Maintenance and cultivation of common pathogenic fungi of man in sterile distilled water. Further Researches. *Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 70, 181–184.

CONAB. (2018). Companhia Nacional de Abastecimento. *Análise mensal- soja*, Recuperado de <https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuário-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-soja>.

Conceição, G. M., Barbieri, A. P. P., Lúcio, A. D., Martin, T. N., Mertz, L. M., Mattioni, N. M., & Lorentz L. H. (2014). Desempenho de plântulas e produtividade de soja submetida a diferentes tratamentos químicos nas sementes. *Bioscience Journal, Uberlândia*, 30(6), 1711-1720.

Coppo, J. C., Stangarlin, J. R., Mioranza, T. M., Roncato, S. C., Kuhn, O. J., & Estrada, K. R. F. S. (2017). Sanidade e germinação de sementes de soja tratadas com extratos de plantas e de fungo. *Revista de Ciências Agroambientais*, 15(2), 93 – 99.

Costa, A. R. T., Amaral, M. F. Z. J., Martins, P. M., Paula, J. A. M., Fiuza, T. S., Tresvenzol, L. M. F., Paula, J. R., & Bara, M. T. F. (2011). Ação do óleo essencial de *Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & LMPerry sobre como hifas de alguns fungos fitopatogênicos. *Revista brasileira de plantas medicinais*. Botucatu, 13, (2), 240-245.

Cruz, R. H. R., & Farias, A. L. A. (2017) Impactos socioambientais de produção de palma de dendê na Amazônia paraense: uso de agrotóxicos. *Revista GeAamazônia*, 5(10), 86–109.

Daroncol, M., Schneider, V. A., Viau, L. V. M., & Colet, C. F. (2015). Avaliação da eficácia de óleos essenciais no tratamento de sementes de soja. *Ciência Agrícola*, 13(1), 49-58.

EPAGRI. (2004). Normas técnicas para cultivo de capim-limão, citronela, palma-rosa e patchili. *Florianópolis*, 58p.

Espíndola, C. J., & Cunha, R. C. C. (2015). A dinâmica geoeconômica recente da cadeia produtiva da soja no Brasil e no mundo. *GeoTextos*, 11, (1), 217-238.

Fan, F. M., Mesquita, M. O., Santos, V. C. F. D., Lucas, E. O., Zanella, R., Prestes, O. D., & Bandeira, N. M. G. (2018). Resíduos de agrotóxicos em água e solo de município em região produtora de fumo no Rio Grande do Sul. *Saúde coletiva, desenvolvimento e (in) sustentabilidades no rural*, 89-108.

- Fandohan, P., Gbenou, J. D., Gnonlonfin, B., Hell, K., Marasas, W. F. O., & Wingfield, M. J. (2004). Effect of essential oils on the growth of *Fusarium verticillioides* and *Fumonisin* contamination in corn. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, (22), 6824-6829.
- Finoto, E. L., Carrega, W. C., Sedyama, T., Albuquerque, J. A. A., & Cecon, P. R., & Reis, M. S. (2011). Efeito da aplicação de fungicida sobre caracteres agronômicos e severidade das doenças de final de ciclo na cultura da soja. *Revista Agroambiente*, 5, (1), 44-49.
- Fonseca, M. C. M., Lehner, M. S., Gonçalves, M. G., Júnior P, T. J., Silva, A. F., Bonfim, F. P. G., & Prado, A. L. (2015). Potencial de óleos essenciais de plantas medicinais no controle de fitopatógenos. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 17, (1), 45-50.
- Freitas, M. C. M. (2011). A cultura da soja no Brasil: o crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola. Enciclopédia biosfera. *Centro Científico Conhecer – Goiânia*, 7, (12), 1 - 9.
- Gomes, M. S. (2014). Atividades biológicas dos óleos essenciais de três espécies do gênero *Citrus* e de seus componentes majoritários. *Lavra- UFLA*, 126p.
- Gonçalves, P. H. B. (2015). Qualidade de sementes de soja submetidas a diferentes tecnologias de tratamento químico. *Pato Branco. UTFPR*, 39p.
- Goulart, A. C. P. (2018). Fungos em sementes de soja: detecção, importância e controle. 2ed. *Revista e ampliada. Brasília, DF. Embrapa*, 78p.
- Gouvea, A., Zanotti, J., Luckmann, D., Pizzatto, M., Mazaro, S. M., & Possenti, J. C. (2011). Efeito de extratos vegetais em soja sob condições de laboratório e campo. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 6, (2), p 70-78.
- Guerra, Y. L. (2015). Control of *Sclerotium rolfsii* in peanut by using *Cymbopogon martinii* essential oil. *African Journal of Microbiology Research*, 9, (7), 1684–1961.

Hammer, O., Harper, D. A. T., Ryan, P. D. (2010). Past: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Paleontologia Electronica*. 4(1), 9

Henning, A. A., Almeida, Á. M. R., Godoy, C. V., Seixas, C. D. S., Yorinori, J. T., Costamilan, L. M., Ferreira, L.P., Meyer, M. C., Soares, R. M., & Dias, W. P. (2014). *Manual de identificação de doenças de soja*. (5a ed.), Londrina: Embrapa Soja, 76 p.

Hillen, T.(2012). Atividade antimicrobiana de óleos essenciais no controle de alguns fitopatógenos fúngicos in vitro e no tratamento de sementes. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 14, (3), 439-445.

Hirakuri, M. H. O., & Lazzarotto, J. J. (2014). Agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro [recurso eletrônico], – Londrina: Embrapa Soja, 70p.

Isman, M. B. (2000). Plant essential oils for pest and disease management. *Crop Protection*, 19, 603-608.

Khan, A. F., Mujeeb, F., Aha, F., & Farooqui, A. (2015). Effect of plant growth regulators on growth and essential oil content in palmarosa (*Cymbopogon martinii*). *Asian Journal of pharmaceutical and clinical research*, 8(2), 374- 376.

Khan, M. S. A., & Ahmad, I. (2019). In vitro antifungal, anti-elastase and anti-keratinase activity of essential oils of Cinnamo mum-, Syzygium- and Cymbopogon-species against *Aspergillus fumigatus* and *Trichophyton rubrum*. *Phytomedicine*,19, 48–55.

Lima, M. L. P., Tavares, M. L., Malafaia, G., Ruaro, L., Sales, A. M., & Cunha, P. C. (2015) Reação de Suscetibilidade e distribuição espacial de *Sclerotium Rolfsii* em genótipos de feijoeiro. *Global Science and Technology*, 8, (1), 122 – 130.

Limonard, T. (1966). A modified blotter test for seed health. *Netherland Journal of Plant Pathology*, 72, (2), 319-321.

Lobato, A. K. S., Santos, D. G. C., Oliveira, F. C., Gouvea, D. D. S., Torres, G. I. O. S., Júnior, J. A. L., Neto, C. F. O., & Silva, M. H. L. (2007). Ação do Óleo Essencial de *Piper*

*aduncum*L. Utilizado como Fungicida Natural no Tratamento de Sementes de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. *Revista Brasileira de Biociências*, 5, (2), 915-917.

Lopes, C. V. A., & Albuquerque, G. S. C. (2018). Agrotóxicos e seus impactos na saúde humana e ambiental: uma revisão sistemática. *Saúde em debate*, 42, (117) 518-534.

Lopes, L. N. S., Silva, A. S., Pereira, C. C. O., Menezes, I. P. P., Malafaia, G., & Lima, M. L. P. (2015). Sensibilidade de isolados de *Colletotrichum gloeosporioides* a fungicidas. *Multi-Science Journal*, 1, (1), 106-114.

Ludwig, E. J. (2018). Tratamento fitossanitário e polímeros em sementes de soja afetando a qualidade no armazenamento e a retenção do ingrediente ativo. *Manancial*. 64p.

Maluf, R. S., & Speranza J. S. (2014). Preços dos alimentos, modelos de agricultura e abastecimento alimentar no Brasil: os casos da soja e do feijão. *Relatório Técnico- Centro de Referência em Segurança Alimentar e Nutricional*, Outubro, 1-15.

Martins, M. B. G., Martins, A. R., Telascrêa, M., & Cavalheiro, A. J. (2004). Caracterização anatômica da folha de *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf (Poaceae) e perfil químico do óleo essencial. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 06(03), 20-29.

Melo, M. J. M., Lima, J. L., Rocha, T. J. M., Fonseca, S. A., Mousinho, K. C., & Santos, Feitosa, A. (2018). Perfil de intoxicação dos agricultores por agrotóxicos em alagoas. *Diversitas Journal*, 3, (2), 486-504.

Morais, L. A. S., Ramos, N. P., Gonçalves, G. G., Bettiol, W., & Chaves, F. C. M. (2008). Atividade antifúngica de óleos essenciais em sementes de feijão cv. Carioquinha. *Horticultura Brasileir*, 26, (2), 6261- 6266.

Nascimento, D. M. (2017). Efeito do tratamento de sementes de pimentão com óleos essenciais sobre o controle de *Colletotrichum gloeosporioides* e potencial fisiológico das sementes. *Botucatu*. 64p.

Nascimento, D. M., Vieira, G. H. C., & Kronka, A. Z. (2016). Inibição do crescimento micelial de *Fusarium solanif. sp. glycines* com o uso de óleos essenciais. *Revista de Agricultura Neotropical*, 3, (4), 65-68.

Naveenkumar, R., Muthukumar, A., Sangeetha, G., & Neha, K. V. (2017). Antifungal activity of plant oils against major seed-borne fungi of rice. *ORYZA- An International Journal on Rice*. 53(3), 174-180.

Neto, A. C. R., Navarroc, B. B., Cantona, L., Maraschinc, M., & Piero, R. M. D. (2019). Antifungal activity of palmarosa (*Cymbopogon martinii*), tea tree (*Melaleuca alternifolia*) and star anise (*Illicium verum*) essential oils against *Penicillium expansum* and their mechanisms of action. *LWT - Food Science and Technology*, 105, 385–392.

Neto, A. L. F., Dianese, A. C., Souza, P. I. M., Moreira, C. T., Almeida, A. M. R., & Seixas, C. D. S. (2008). *Podrilhão-vermelha-da-raíz e morfo branco na cultura da soja*. 1 ed. Planaltina, DF: Embrapa cerrado. 27p.

Neto, J. B. F., Henning, A. A., Krzyzanowski, F. C., Henning, F. A., & Lorini, I. (2015). Adoção do tratamento industrial de sementes de soja no Brasil, safra 2014/15. In: VII congresso brasileiro de soja. *Anais*, 25(1), 26-29.

Neto, N. C., DEnuzi, V. S. S., Rinaldi, R. N., & Staduto, J. A. R. (2010). Produção orgânica: uma potencialidade estratégica para a agricultura familiar. *Revista Percorso*, 2(2), 73-95.

Packer, J. F., & Luz, M. M. S. (2007). Método para avaliação e pesquisa da atividade antimicrobiana de produtos de origem natural. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 17, (1), 102-107.

Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., & Fabio Shitsuka, J. P. R. (2018). Metodologia da pesquisa científica. Santa Maria, RS: UFSM, NTE.

Pignati, W. A., Lima, F. A. N. S., Lara, S. S., Correa, M. L. M., Barbosa, J. R., Leão, L. H. C., & Pignatti, M. G. (2017). Distribuição espacial do uso de agrotóxicos no Brasil: uma ferramenta para a Vigilância em Saúde. *Ciência & Saúde Coletiva*, 22, (10), 3281-3293.

Porto, M. F., & Soares, W. L. (2012). Modelo de desenvolvimento, agrotóxicos e saúde: um panorama da realidade agrícola brasileira e propostas para uma agenda de pesquisa inovadora. *Revista Brasileira de Saúde ocupacional*, 37, (125), 17-50.

Prashar, A., Hilib, P., Veness, R., & Sevans, C. (2003). Antimicrobial action of palmarosa oil (*Cymbopogon martinii*) on *Saccharomyces cerevisiae*. *Phytochemistry*, 63, (5), 569-575.

Proença, R. P. C (2010). Alimentação e globalização: algumas reflexões. *Ciência e cultura*, 62(4), 54-73.

Rampim, L., Lima, P. R., Herzog, N. F. M., Abucarma, V. M., Meiners, C. C., Carmo, L. M., Malavasi, M. M., & Malavase, U. C. (2016). Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de soja comercial e salva. *Scientia Agraria Paranaensis*, 15(4), 476-486.

Raut, J. S., & Karuppaiy, S. M. (2014). A status review on the medicinal properties of essential oils. *Industrial Crops and Products*, 62, 250–264.

Seneme, A. M., Silva, F. C., Ruaro, L., Ferriani, A. P., & Moraes, C. P. N. (2019). Controle de patógenos em sementes de sorgo com óleo essencial de *Cymbopogon citratus* (D. C.), 16(2), 433 – 440.

Silva, F. H. A., Nascimento, S. R. C., Torres, S. B., Oliveira, J. R., Alves, T. R. C., & Negreiros, A. M. P. (2016). Qualidade sanitária de sementes salvas de feijão-caupi utilizadas pelos agricultores do Rio Grande Norte. *Revista de Ciências Agrárias*, 59(1), 60-65.

Silva, J. A. F., Marçal, W. S., Hadid, H. C., & Mota, R. G. (2016). Atuação pericial em surto de intoxicação de bovinos por Hexaclorobenzeno (BHC). *Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal*, 10 (2), 220 - 230.

Soares, C. M., Ludwig, M. P., Rother, C. M. S., & Decarli, L. (2019). Seed quality and crop performance of soybeans submitted to different forms of treatment and seed size. *Journal of Seed Science*, 41 (1), 069-075.

Soares, D. F., Faria, A. M., & Rosa, A. H. (2017). Análise de risco de contaminação de águas subterrâneas por resíduos de agrotóxicos no município de Campo Novo do Parecis (MT), Brasil. *Engenharia Sanitaria Ambiental*, 22, (2), 277-284.

Stevića, T., Berić, T., Šavikina, K., Soković, M., Gođevac, D., Dimkić, I., & Stanković, S. (2014). Antifungal activity of selected essential oils against fungi isolated from medicinal plant. *Industrial Crops and Products*, 55 (2), 116-122.

USDA. (2019). United States *Department of Agriculture. Oilseeds: World Markets and Trade*. Recuperado de <https://www.fas.usda.gov/data/oilseeds-world-markets-and-trade>

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Alda Leaby dos Santos Xavier– 60%

Kevison Romulo da Silva França – 20%

Tiago Augusto Lima Cardoso- 20%