

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CAMPUS DE CHAPADÃO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

ANIELLI VERZOTTO TEIXEIRA

**ÓLEO ESSENCIAL DE GENGIBRE NO CONTROLE DE *Fusarium solani* e NA QUALIDADE FISIOLÓGICA E SANITÁRIA DE
SEMENTES DE SOJA**

CHAPADÃO DO SUL, MS

2020

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CAMPUS DE CHAPADÃO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

ANIELLI VERZOTTO TEIXEIRA

ÓLEO ESSENCIAL DE GENGIBRE NO CONTROLE DE *Fusarium solani* e NA QUALIDADE FISIOLÓGICA E SANITÁRIA DE SEMENTES DE SOJA

Orientador: Prof. Dr. Josué Bispo da Silva

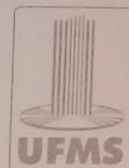
Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Mato Grosso do
Sul, como parte dos requisitos para
obtenção do título de Mestre em
Agronomia, área de concentração:
Produção Vegetal.

CHAPADÃO DO SUL, MS

2020



Serviço Público Federal
Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

DISCENTE: Anielli Verzotto Teixeira

ORIENTADOR: Josué Bispo da Silva

Óleo essencial de gengibre no controle de *Fusarium solani* e na qualidade fisiológica e sanitária de semente de soja

Prof(a) Dr (a) Josue Bispo da Silva
Presidente

Prof(a) Dr (a) Charline Zaratin Alves

Prof(a) Dr (a) Maria Luiza Nunes Costa

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus, autor de meu destino; ao meu anjo protetor e espíritos afins, que tanto me auxiliam; a minha família (Marilena Verzotto Teixeira, José da Silva Teixeira, Leonel Verzotto Teixeira, Vinicius Verzotto Teixeira, Gabriela Bertine, Deise Pereira, Vinicius Verzotto Teixeira Filho; Melissa Bertine Teixeira e Osória Alves Verzotto), que sempre me incentivam e apoiam.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à CAPES pelo apoio financeiro concedido, à UFMS/CPCS, ao meu orientador Prof. Dr. Josué Bispo da Silva e aos professores que me auxiliaram na realização deste trabalho: Prof. Dra. Maria Luiza Nunes, Prof. Dra. Charline Zaratin Alves, Prof. Dra. Ana Carina da Silva Cândido e Prof. Dra. Thays Benites Camargo Pereira. Agradeço também àqueles que me auxiliaram e apoiaram durante a pós-graduação: Viviane Cabrera, Mayara Cotrim, Julia Peres, Thammy Assad e Renato Miranda.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

- Figura 1.** Porcentagem de inibição do crescimento micelial *in vitro* de *F. solani* com o uso de diferentes doses de óleo essencial de gengibre.....10
- Figura 2.** Comparação do crescimento micelial (cm) diário de *Fusarium solani* de cada tratamento (T2=0,5%; T3=0,75%; T4=1,0%; T5=1,25%; T6=1,5%; T7=1,75% de óleo essencial de gengibre) com a testemunha (T1=0,0%).....11

CAPÍTULO 2

- Figura 1.** Qualidade sanitária do lote de sementes de soja.....21
- Figura 2.** Germinação (G) e Primeira Contagem de Germinação (PCG) de sementes de soja inoculadas com *Fusarium solani* e tratadas com óleo essencial de gengibre.....22
- Figura 3.** Comprimento médio da parte aérea (CPA) e da raiz (CR) de plântulas provenientes de sementes de soja inoculadas com *Fusarium solani* e tratadas com óleo essencial de gengibre.....23
- Figura 4.** Massa seca da parte aérea (MSPA) e de raiz (MSR) de plântulas provenientes de sementes de soja inoculadas com *Fusarium solani* e tratadas com óleo essencial de gengibre.....24
- Figura 5.** Incidência de *Fusarium solani* em sementes de soja tratadas com óleo essencial de gengibre.....25

RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito do óleo essencial de gengibre no controle *in vitro* de *Fusarium solani* e na qualidade fisiológica e sanitária de sementes de soja inoculadas com *F. solani*. Inicialmente foi avaliada a atividade *in vitro* do óleo essencial de gengibre nas concentrações de 0,0; 0,5; 0,75; 1,0; 1,25; 1,5 e 1,75% adicionados ao meio de cultura batata-dextrose-ágar (BDA). Em seguida, o patógeno foi transferido para o centro das placas de petri contendo cada tratamento e mantidas em Biochemical Oxygen Demand (BOD) a temperatura de 25 °C e fotoperíodo de 12 h. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC) com sete tratamentos e quatro repetições. As avaliações consistiram na mensuração diária do diâmetro da colônia fúngica até a colonização total do tratamento testemunha (0%). O óleo essencial de gengibre controla o crescimento micelial de *F. solani*, obtendo melhores resultados com o aumento das dosagens. Posteriormente, sementes de soja foram submetidas à inoculação de *F. solani* pelo contato direto com a colônia pura e foram tratadas pelo contato com a emulsão do óleo essencial de gengibre nas concentrações de 0,0; 0,5; 0,75; 1,0; 1,25; 1,5; 1,75 e 2,0%. Em seguida, foram realizados os testes de germinação padrão em rolo de papel, primeira contagem de germinação, índice de velocidade de germinação, comprimento de plântulas, massa seca de plântulas e teste de incubação pelo método de papel filtro (blotter test), todos realizados em delineamento inteiramente casualizado (DIC) com quatro repetições. O tratamento de sementes de soja com óleo essencial de gengibre auxilia no controle de *F. solani* em sementes, entretanto prejudica a qualidade fisiológica das sementes conforme o aumento da dosagem.

Palavras-chave: Controle alternativo. Patógenos. Tratamento de sementes.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the effect of ginger essential oil on the *in vitro* control of *Fusarium solani* and on the physiological and health quality of soybean seeds inoculated with *F. solani*. Initially, the *in vitro* activity of essential oil of ginger was evaluated at concentrations of 0.0; 0.5; 0.75; 1.0; 1.25; 1.5 and 1.75% added to the potato-dextrose-agar (BDA) culture medium. Then, the pathogen was transferred to the center of the petri dishes containing each treatment and kept in Biochemical Oxygen Demand (BOD) at a temperature of 25 °C and a photoperiod of 12 h. The experiment was conducted in a completely randomized design with seven treatments and four replications. The evaluations consisted of the daily measurement of the diameter of the fungal colony until the total colonization of the control treatment (0%). The essential oil of ginger controls the mycelial growth of *F. solani*, obtaining better results with increasing dosages. Subsequently, soybean seeds were subjected to inoculation of *F. solani* by direct contact with the pure colony and were treated by contact with the emulsion of the essential oil of ginger in concentrations of 0.0; 0.5; 0.75; 1.0; 1.25; 1.5; 1.75 and 2.0%. Then, standard germination tests were performed on a paper roll, first germination count, germination speed index, seedling length, seedling dry mass and incubation test using the filter paper method (blotter test), all performed in a completely randomized design with four replications. The treatment of soybean seeds with ginger essential oil helps in the control of *F. solani* in seeds, however it impairs the physiological quality of the seeds as the dosage increases.

Keywords: Alternative control. Pathogens. Seed treatment.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - ÓLEO ESSENCIAL DE GENGIBRE NO CONTROLE <i>in vitro</i> DE <i>Fusarium solani</i>	7
INTRODUÇÃO	8
MATERIAL E MÉTODOS	9
RESULTADOS E DISCUSSÃO	10
CONCLUSÃO	12
REFERÊNCIAS	12
CAPÍTULO 2 - ÓLEO ESSENCIAL DE GENGIBRE NA QUALIDADE FISIOLÓGICA E SANITÁRIA DE SEMENTES DE SOJA INOCULADAS COM <i>Fusarium solani</i>	16
INTRODUÇÃO	17
MATERIAL E MÉTODOS	18
RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
CONCLUSÃO	26
REFERÊNCIAS	26

CAPÍTULO 1

ÓLEO ESSENCIAL DE GENGIBRE NO CONTROLE *in vitro* DE *Fusarium solani*

RESUMO: O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito fungicida do óleo essencial de gengibre (*Zingiber officinale*) sobre *Fusarium solani*. Para tanto, diferentes concentrações do óleo essencial de gengibre (0,0; 0,5; 0,75; 1,0; 1,25; 1,5 e 1,75%) foram adicionadas ao meio de cultura batata-dextrose-ágar (BDA) fundente. Em seguida, um disco da colônia pura de *F. solani* com cinco milímetros de diâmetro foi transferido para o centro da placa de petri, as placas foram vedadas e mantidas em câmara de crescimento tipo B.O.D. (Biochemical Oxygen Demand) a temperatura de 25 °C e fotoperíodo de 12 h. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) com sete tratamentos e quatro repetições, considerando cada placa de petri como uma repetição. As avaliações consistiram na mensura diária do diâmetro da colônia fúngica formada até o máximo crescimento da testemunha, sendo a última mensura utilizada para determinação da Porcentagem de Inibição do Crescimento (PIC). O uso do óleo essencial de gengibre é eficiente no controle micelial *in vitro* de *Fusarium solani*.

Palavras-chave: Controle alternativo. Podridão radicular. *Zingiber officinale*.

ABSTRACT: The objective of the work was to evaluate the fungicidal effect of the essential oil of ginger (*Zingiber officinale*) on *Fusarium solani*. For this, different concentrations of the essential oil of ginger (0.0; 0.5; 0.75; 1.0; 1.25; 1.5 and 1.75%) were added to the melting potato-dextrose- agar (PDA). Then, a disk of the pure colony of *F. solani* with a diameter of five millimeters was transferred to the center of the petri dish, the plates were sealed and kept in a B.O.D. (Biochemical Oxygen Demand) at 25 °C and 12 h photoperiod. The design used was completely randomized with seven treatments and four repetitions, considering each petri dish as a repetition. The evaluations consisted of the daily measurement of the diameter of the fungal colony formed until the maximum growth of the control, the last measurement being used to determine the Growth Inhibition Percentage. The use of ginger essential oil is efficient in the *in vitro* mycelial control of *Fusarium solani*.

Keywords: Alternative control. Root rot. *Zingiber officinale*.

INTRODUÇÃO

A podridão vermelha da raiz, conhecida também como síndrome da morte súbita ou podridão radicular é uma das doenças que ocorre na cultura da soja, feijão e diversas outras espécies vegetais (SILVA; TEIXEIRA, 2012; MIGLIORINI et al., 2018; NOGUEIRA et al., 2019). Causada pelo fungo *Fusarium solani*, a doença atinge o tecido vascular com sintomas que se iniciam na raiz da planta com manchas avermelhadas, levando à rápida degradação das raízes secundárias e necrose da raiz principal (KIMATI et al., 2005).

O patógeno produz macro e microconídios e estruturas de resistência denominadas clamidósporos que garantem a sua sobrevivência no solo e em matéria orgânica por um longo período de tempo (EL KICHAOUI et al., 2017; ANJOS, 2018). Sua disseminação ocorre principalmente via sementes infectadas, mas também pode se dar pelo arraste de partículas de solo contaminadas através do vento, água e implementos agrícolas (KIMATI et al., 2005).

Os principais métodos de controle da doença incluem a utilização de produtos químicos, aquisição de sementes livres do patógeno, rotação de cultura com espécies não susceptíveis a doença e descompactação do solo (PICININI; FERNANDES, 2003). Entretanto, é possível encontrar estudos atuais que relatam diferentes formas de manejo da doença, como o uso de microrganismos antagonistas (SÁ et al., 2019), aplicação de extratos vegetais (MATIAS et al., 2019) e óleos essenciais extraídos de plantas medicinais (TICO et al., 2019).

Os óleos essenciais, uma das substâncias alternativas mais estudadas, são provenientes do metabolismo secundário de plantas medicinais aromáticas, podendo ser constituídos de derivados de terpenos, ésteres de ácido graxo, fenilpropanonas, álcool aldeidado, hidrocarboneto alifático, dentre outras classes químicas (SANTOS et al., 2004).

Algumas espécies do gênero *Fusarium* podem ser controladas com uso de óleo essencial de dama da noite (*Cestrum nocturnum*) (AL-REZA et al., 2010), salvia (*Salvia fruticosa*), alecrim (*Rosmarinus officinalis*), segurelha-do-jardim (*Satureja hortensis*) (FERDES et al., 2017), cominho (*Cuminum cyminum*), *Zataria multiflora* (NAEINI et al., 2010), capim-limão (*Cymbopogon citratus*) e erva doce (*Foeniculum vulgare*) (TICO et al., 2019).

O óleo essencial de gengibre (*Zingiber officinale* Roscoe) é um exemplo de substância alternativa constituída principalmente por mono e sesquiterpenos (JAKRIBETTU et al., 2016) que pode ser utilizado para o controle de fitopatógenos. Sua eficiência já foi comprovada no controle de *Fusarium verticillioides* (YAMAMOTO-RIBEIRO et al., 2013), *Colletotrichum theobromicola* (OLIVEIRA et al., 2019), *Colletotrichum gloeosporioides* (RAMOS et al., 2016) e *Botryodiplodia theobromae* (MARKSON et al., 2018).

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a ação fungicida do óleo essencial de gengibre sobre o patógeno *Fusarium solani*.

MATERIAL E MÉTODOS

O patógeno *Fusarium solani* utilizado foi proveniente da coleção presente no Laboratório de Fitopatologia e os óleos essenciais de gengibre foram obtidos de forma comercial (Ferquima®). Segundo dados da empresa, os óleos foram extraídos da raiz da planta por destilação a vapor e seus principais componentes são: zingibereno e beta-sesquifelandreno.

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), com sete tratamentos que consistiram em doses do óleo essencial de gengibre (T1: 0%; T2: 0,5%; T3: 0,75%; T4: 1,0%; T5: 1,25%; T6: 1,5%; T7: 1,75%) e quatro repetições, considerando cada placa de Petri como uma repetição.

Cada tratamento foi adicionado ao meio de cultura Batata-Dextrose-Ágar (BDA) fundente, agitado e vertido em placas de Petri. Após a solidificação do meio, um disco da colônia pura de *F. solani* com cinco milímetros de diâmetro foi transferido para o centro de cada placa. As placas foram vedadas com papel filme e mantidas em câmara de crescimento tipo B.O.D. (Biochemical Oxygen Demand) a temperatura de 25°C e fotoperíodo de 12 h. Todo o procedimento foi realizado em ambiente estéril (Câmara de Fluxo Laminar) e os utensílios foram previamente esterilizados em Autoclave Vertical a 1atm e 121°C durante 20 minutos (CAROLLO; SANTOS FILHO, 2016).

As avaliações consistiram na mensuração diária, com auxílio de uma régua, do diâmetro da colônia (média em centímetros das duas posições perpendiculares entre si) até que todas as repetições da testemunha (T1: 0%) atingissem as bordas das placas de Petri, completando seu máximo crescimento.

Através dos dados obtidos da última avaliação calculou-se a Porcentagem de Inibição do Crescimento (PIC), utilizando a seguinte fórmula (BASTOS, 1997):

$$PIC = \frac{(Diâmetro testemunha + Diâmetro tratamento)}{Diâmetro testemunha} \times 100$$

As médias dos resultados obtidos foram submetidas a análise de variância pelo teste F e regressão a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O aumento da concentração do óleo essencial de gengibre proporcionou um aumento linear da Porcentagem de Inibição do Crescimento Micelial (Figura 1). As inibições consistiram em aproximadamente 26, 26, 30, 31, 37 e 41% do crescimento micelial, nas concentrações de 0,5; 0,75; 1,0; 1,25; 1,5 e 1,75% do óleo, respectivamente (Figura 1).

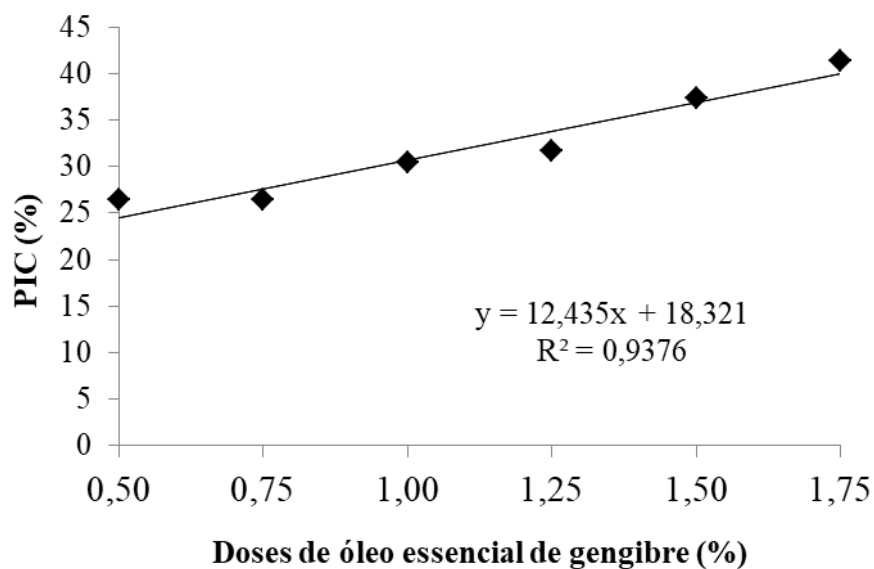


Figura 1. Porcentagem de inibição do crescimento micelial *in vitro* de *F. solani* com o uso de diferentes doses de óleo essencial de gengibre.

O óleo essencial de gengibre demonstrou sua ação fungitóxica à *F. solani* desde o primeiro dia de incubação (Figura 2), sendo maior a eficiência com o aumento das dosagens utilizadas (Figura 2).

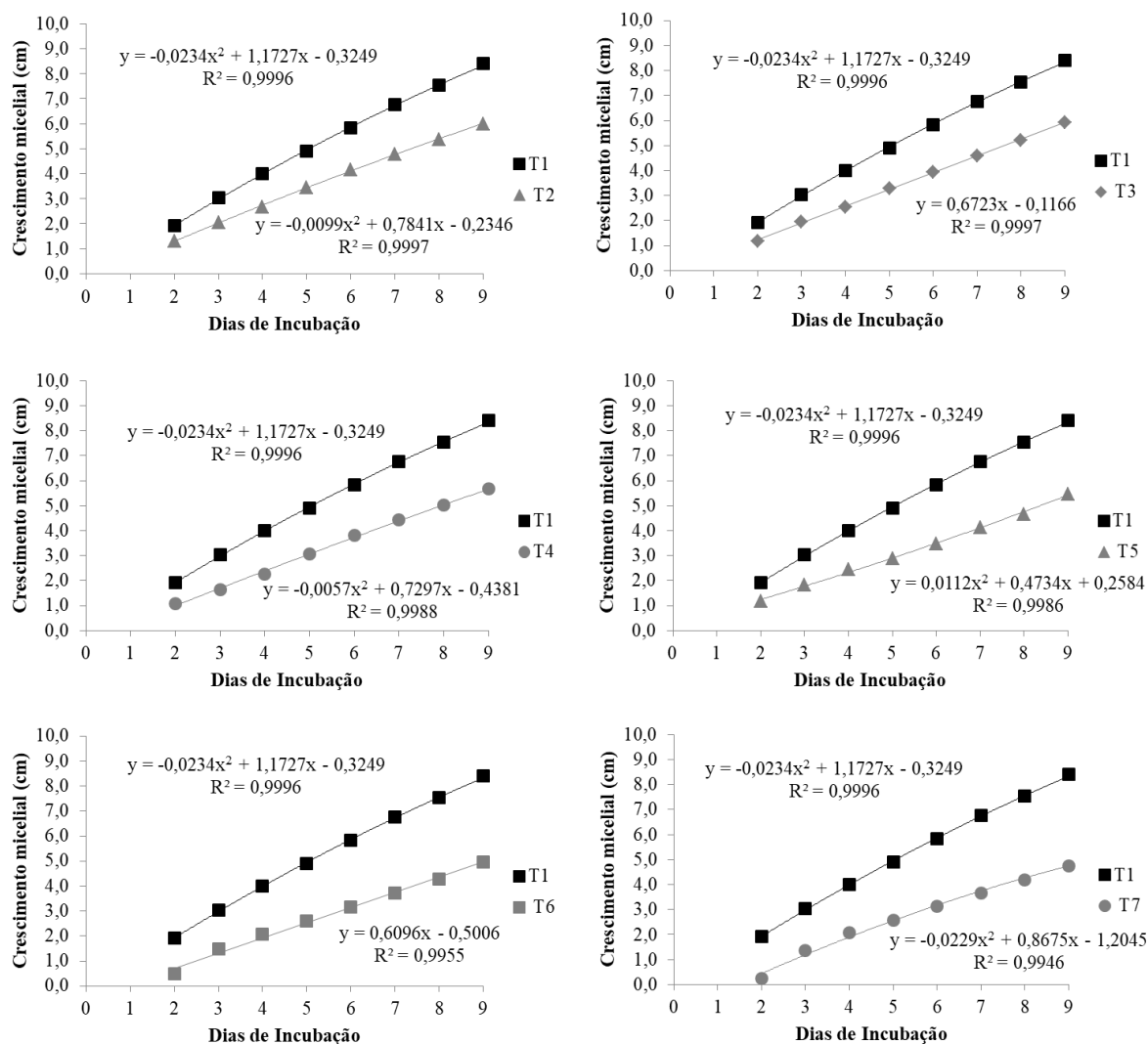


Figura 2. Comparação do crescimento micelial (cm) diário de *Fusarium solani* de cada tratamento (T2=0,5%; T3=0,75%; T4=1,0%; T5=1,25%; T6=1,5%; T7=1,75% de óleo essencial de gengibre) com a testemunha (T1=0,0%).

Resultados com maiores porcentagens de inibição do patógeno foi observado com a utilização do óleo essencial de citronela (*Cymbopogon winterianus*) nas alíquotas de 5, 10, 15, 20, 25 e 30 μ L, reduzindo o crescimento micelial e a produção dos esporos em até 90% (CRUZ et al., 2015). Já os óleos essenciais de manjerição (*Ocimum basilicum*), menta (*Mentha piperita*) e palmarosa (*Cymbopogon martinii*) podem inibir 100% do crescimento micelial de *F. solani* a partir da concentração de 0,4% (NASCIMENTO et al., 2016), assim como os óleos de canela (*Cinnamomum* sp.) e cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum*) (LIMA et al., 2016).

Concentrações de 0,25% do óleo essencial de melaleuca (*Melaleuca alternifolia*) conseguiu controlar em aproximadamente 70% os isolados do gênero *Fusarium* sp. em condições *in vitro* (Steffen et al. 2019). Já para o óleo de erva-lúisa (*Aloysia citriodora*),

concentrações baixas apresentam efeitos satisfatórios no controle de patógenos do gênero *Fusarium* sp., reduzindo a porcentagem de germinação dos conídios e do crescimento micelial em concentrações inferiores a 0,25% (FREDDO et al., 2016), assim como os óleos de capim limão (*Cymbopogon citratus*), erva-doce (*Foeniculum vulgare*) e manjerição (*Ocimum basilicum*) na concentração de 1% (TICO et al., 2019).

Já Yamamoto-Ribeiro et al. (2013) comprovou que o uso do óleo essencial de gengibre tem ação fungicida sobre *Fusarium verticillioides*, gerando mudanças na morfologia dos microconídios e inibindo a produção de ergosterol e fumonisina, micotoxina produzida pelo gênero. Outro efeito observado com o uso de extratos de gengibre foi a inibição da germinação e do alongamento dos tubos germinativos de *Alternaria solani* em concentrações de 1,0 a 20,0% (Almeida et al. 2017).

Comparando o efeito do óleo essencial de gengibre com fungicidas utilizados no controle de *Botryodiplodia theobromae*, causador de podridão em inhame branco, observa-se significativa inibição do patógeno (Markson et al. 2018). Oliveira et al. (2019) atribuiu o efeito fungicida do óleo sobre *Colletotrichum theobromicola* aos componentes químicos presentes em sua constituição, tendo entre os componentes majoritários o zingibereno e beta-sesquifelandreno, assim como no óleo utilizado no presente estudo.

Alguns dos componentes presentes no óleo essencial de gengibre possuem a capacidade de penetrar na membrana dos microrganismos, gerando comprometimento no sistema enzimático do patógeno ou interferindo no seu material genético (FARAG et al., 1989), levando a interferência no seu crescimento, fato que pode estar relacionado com o efeito fungicida das diferentes concentrações do óleo essencial de gengibre sobre *F. solani* observado no presente trabalho.

CONCLUSÃO

O uso do óleo essencial de gengibre é eficiente no controle micelial *in vitro* de *Fusarium solani*. Com o incremento da dosagem utilizada do óleo essencial de gengibre até a concentração de 1,75% há o aumento da inibição do crescimento micelial de *Fusarium solani*.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E.N.; MOURA, G.S.; FRANZENER, G. Potenciais alternativas com extratos vegetais no controle da pinta preta do tomateiro. **Revista Verde**, Pombal, v.12, n.4, p.687-694, 2017.

AL-REZA, S.M. et al. Inhibition of plant pathogens in vitro and in vivo with essential oil and organic extracts of *Cestrum nocturnum* L. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.96, p.86-92, 2010.

ANJOS, I.V. **Identificação de espécies de *Fusarium* associadas a murcha e investigação de fontes de resistência ao fungo *Fusarium solani***. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade do Estado de Mato Grosso. Cáceres, 69p. 2018.

BASTOS, C.N. Efeito do óleo de *Piper aduncum* sobre *Crinipelis* e outros fungos fitopatogênicos. **Fitopatologia Brasileira**, v.22, n.3, p.441-3, 1997.

CAROLLO, E. M.; SANTOS FILHO, H. P. **Manual básico de técnicas fitopatológicas**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura BA, 2016.

CRUZ, T. P. et al. Atividade fungicida do óleo essencial de *Cymbopogon winterianus* Jowit (citronela) contra *Fusarium solani*. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.31, n.1, p.1-8, 2015.

DE SÁ, M.N.F. et al. Seleção in vitro de agentes de biocontrole visando o controle de *Fusarium* sp.. **Acta Brasiliensis**, v.3, n.1, p.14-16, 2019.

EL KICHAOUI, A. et al. Development of *Beauveria bassiana* - Based bio-fungicide against *Fusarium* wilt pathogens for *Capsicum Annuum*, a promising approach toward vital biocontrol industry in Gaza Strip. **Journal of Natural Studies**, v.25, n.2, p.183-190, 2017.

FARAG, R.S.; DAW, Z. Y.; ABO-RAYA, S. H. Influence of some essential oils on *Aspergillus parasiticus* growth and aflatoxins production in a synthetic medium. **Journal food Science**, v.54, p.74-67, 1989.

FERDES, M. et al. Inhibitory effect of some plant essential oils on growth of *Aspergillus niger*, *Aspergillus oryzae*, *Mucor pusillus* and *Fusarium oxysporum*. **South African Journal of Botany**, v.113, p.457–460, 2017.

FREDDO, A.R. et al. Potencial do óleo essencial de erva-lúisa (*Aloysia citriodora* Palau) no controle de *Fusarium* sp. in vitro. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Campinas, v.18, n.2, p.558-562, 2016.

JAKRIBETTU, R. P. et al. Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) oil. **Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety**. Academic Press, p.447-454, 2016.

KIMATI, H. et al. **Manual de fitopatologia**: Vol. 2 – Doenças das plantas cultivadas. 4ed. São Paulo. Agronômica Ceres, 2005. 706p.

LIMA, A.F. et al. Avaliação do efeito fungicida de óleos essenciais sobre a produção de esporos do fungo *Fusarium solani*. **Revista Univap**, São José dos Campos, v.22, n.40, 2016.

MATIAS, R. et al. Phytochemistry and fungitoxic potential of extract and fractions of *Pouteria ramiflora* on *Fusarium solani* f. Sp. *Phaseoli*. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.35, n.2, p.598-608, 2019.

MARKSON, A. A. et al. Antifungal Potency of Essential Oil Components of African Ginger-*Zingiber officinale* (Roscoe). **Sustainable Food Production**, v.4, p.20-10, 2018.

MIGLIORINI, P. et al. *Fusarium solani* and *F. oxysporum*: Etiological agents of damping off in crambe. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.13, n.1, 2018.

NAEINI, A. et al. Assessment of growth-inhibiting effect of some plant essential oils on different *Fusarium* isolates. **Journal de Mycologie Médicale**, v.20, p.174-178, 2010.

NASCIMENTO, D.M.; VIEIRA, G.H.C.; KRONKA, A.Z. Inibição do crescimento micelial de *Fusarium solani* f. sp. *glycines*. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v.3, n.4, p.65-68, 2016.

NOGUEIRA, G.A. et al. Métodos de inoculação de *Fusarium solani* e *Sclerotium rolfsii* em meloeiro. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.45, n.1, p.59-63, 2019.

OLIVEIRA, S. S. et al. Composição química e atividade antifúngica do óleo essencial de *Zingiber officinale* Roscoe sobre *Colletotrichum theobromicola*, causador da antracnose da cebolinha (*Allium fistulosum*). **Scientia Naturalis**, v.1, n.1, p. 32-40, 2019.

PICININI, E.C.; FERNANDES, J.M. **Doenças da soja**: Diagnose, epidemiologia e controle. 3ed. Passo Fundo. Embrapa Trigo, 2003. 105p.

SILVA, J.L.; TEIXEIRA, R.N.V. Esporulação e crescimento micelial de *Fusarium solani* em diferentes meios de cultura e regimes de luminosidade. **Revista Agro@mbiente On-line**, v.6, n.1, p. 47-52, 2012.

SANTOS, A.S. et al. Descrição de sistema e de métodos de extração de óleos essenciais e determinação de umidade de biomassa em laboratório. **Embrapa Amazônia Ocidental** – Comunicado Técnico 99. Belém, 2004.

STEFFEN, G.P.K. et al. Controle de *Sclerotinia sclerotiorum* e *Fusarium* sp. com óleo essencial de melaleuca. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.16, n.30, p.682-694, 2019.

TICO, B.M. et al. Óleos essenciais no controle do *Fusarium* sp. da cana de açúcar in vitro. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v.7, n.3. p.070-079, 2019.

YAMAMOTO-RIBEIRO, M. M. G. et al. Effect of *Zingiber officinale* essential oil on *Fusarium verticillioides* and fumonisin production. **Food Chemistry, Barking**, v.141, p.3147–3152, 2013.

CAPÍTULO 2

ÓLEO ESSENCIAL DE GENGIBRE NA QUALIDADE FISIOLÓGICA E SANITÁRIA DE SEMENTES DE SOJA INOCULADAS COM *Fusarium solani*

RESUMO: O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito do óleo essencial de gengibre na qualidade fisiológica e sanitária de sementes de soja inoculadas com *F. solani*. Para tanto, as sementes foram submetidas à inoculação de *F. solani* pelo contato direto com a colônia pura e posterior tratamento pelo contato com a emulsão do óleo essencial de gengibre nas concentrações de 0,0; 0,5; 0,75; 1,0; 1,25; 1,5; 1,75 e 2,0%. Para averiguar a qualidade fisiológica das sementes foram realizados os testes de germinação padrão em rolo de papel, primeira contagem, índice de velocidade de germinação, comprimento e massa seca de plântulas. Para analisar a qualidade sanitária das sementes foi realizado o teste de incubação pelo método de papel filtro (*blotter test*). Todos os testes foram realizados em delineamento inteiramente casualizado (DIC) com quatro repetições e os resultados submetidos à análise de variância e regressão ao nível de 5% de probabilidade. O tratamento de sementes de soja com óleo essencial de gengibre auxilia no controle de *F. solani* em sementes, entretanto prejudica a qualidade fisiológica conforme o aumento da dosagem.

Palavras-chave: Controle alternativo. Fitopatógeno. *Glycine max*. *Zingiber officinale*.

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the effect of ginger essential oil on physiological and health quality of soybean seeds inoculated with *F. solani*. For this purpose, seeds were submitted to *F. solani* inoculation by direct contact with pure colony and subsequent treatment by contact with the emulsion of ginger essential oil at concentrations of 0.0; 0.5; 0.75; 1.0; 1.25; 1.5; 1.75 and 2.0%. To verify the physiological quality of seeds, the paper roll germination tests, first germination count, germination speed index, seedling length and seedling dry mass were performed. To analyze the health quality of seeds the incubation test was performed by the filter paper method (*blotter test*). All tests were performed in a completely randomised design with four replications and the results were analyzed for analysis of variance and regression at the 5% probability. The treatment of soybean seeds with ginger essential oil helps control *F. solani* in seeds, however it impairs the physiological quality as the dosage increases.

Keywords: Alternative control. *Glycine max*. Phytopathogen. *Zingiber officinale*.

INTRODUÇÃO

Os óleos essenciais são substâncias voláteis extraídas de diversas partes de plantas medicinais aromáticas, cuja constituição pode ser derivada de terpenos, ésteres de ácido graxo, fenilpropanonas, álcool aldeidado, hidrocarboneto alifático, dentre outras classes químicas (SANTOS et al., 2004). Atualmente, essas substâncias vêm sendo bastante estudadas devido ao seu potencial promissor na indústria farmacêutica (DA SILVA et al., 2017), na perfumaria e cosmética (MAGALHÃES, 2018), na alimentação animal (FERNANDES, 2018; ANDRE et al., 2018) e no controle fitossanitário de pragas e doenças (COSTA et al., 2017).

A competência de diversos óleos essenciais como fonte de princípios ativos contra os principais patógenos ocorrentes nas lavouras brasileiras, como *Fusarium oxysporum*, *Aspergillus niger*, *Penicillium notatum*, *Mucora heimalis*, *Fusarium solani*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Sclerotinia minor*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium rolfsii* e *Macrophomina phaseolina*; já foi comprovada (EL BAROTY et al., 2010; FONSECA et al., 2015).

Um dos óleos essenciais utilizado para o controle de fitopatógenos é o óleo essencial de gengibre (*Zingiber officinale* Roscoe) que é constituído por diversos compostos tendo como maioria os mono e sesquiterpenos (JAKRIBETTU et al., 2016). É eficaz no controle de *Fusarium verticillioides* (YAMAMOTO-RIBEIRO et al., 2013), *Colletotrichum theobromicola* (OLIVEIRA et al., 2019), *Colletotrichum gloeosporioides* (RAMOS et al., 2016) e sua pulverização durante o armazenamento pós-colheita de inhame branco controla a incidência de *Botryodiplodia theobromae* aumentando a vida útil do tubérculo (MARKSON et al., 2018).

Apesar da evidente ação microbiana dos óleos essenciais, existe a necessidade de se estudar a ação desses compostos no tratamento de sementes e avaliar se há comprometimento em sua qualidade fisiológica e sanitária (BRESSAN et al., 2018). Uma das espécies de interesse agrônomo que merece atenção quanto à qualidade das sementes devido às maiores exigências dos agricultores é a cultura da soja, e um dos vários fatores que podem influenciar a sua qualidade fisiológica é a presença de microrganismos nocivos (MARCOS FILHO, 2013), como *Fusarium solani*, fungo com capacidade de disseminação pelas sementes e causadores de danos radiculares e foliares desde o início do ciclo da cultura (BALARDIN et al., 2005).

Os patógenos que estão associados às sementes, além de provocarem a redução da qualidade sanitária do lote, podem gerar danos ao metabolismo das sementes e das plântulas atrapalhando o desenvolvimento dos tecidos jovens e de reserva, prejudicando a qualidade

fisiológica (ROCHA et al., 2014). Sendo assim, o controle desses microrganismos são indispensáveis para a obtenção de sucesso na formação do stand inicial (MARCOS FILHO, 2013).

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito do óleo essencial de gengibre na qualidade fisiológica e sanitária de sementes de soja inoculadas com *F. solani*.

MATERIAL E MÉTODOS

As sementes de soja da cultivar 97R50 IPRO foram adquiridas da empresa Pioneer Sementes e mantidas em sala de armazenamento com temperatura controlada de 17 ± 3 °C e 50% de umidade relativa do ar até o início dos testes. O isolado do *Fusarium solani* foi proveniente da coleção pertencente ao Laboratório de Fitopatologia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. O óleo essencial de gengibre foi adquirido da empresa Ferquima®, extraído da raiz da planta por destilação a vapor, e seus principais componentes são zingibereno e beta-sesquifelandreno.

Caracterização inicial do lote de sementes

O teor de água das sementes, expresso em porcentagem, foi determinado pelo método de estufa a 105 ± 3 °C durante 24 horas (BRASIL, 2009b) por meio de duas repetições contendo aproximadamente 15 g de sementes. Para averiguação da qualidade fisiológica e sanitária do lote de sementes, foram realizados os testes de germinação, tetrazólio e sanidade (BRASIL, 2009b).

No teste de germinação, 200 sementes subdivididas em quatro repetições, foram dispersas no intermédio de três folhas de papel filtro tipo Germitest, umedecidos com água destilada na proporção de 2,5 vezes a massa do papel não hidratado (BRASIL, 2009b). Após a confecção dos rolos, estes foram acondicionados em B.O.D. (Biochemical Oxygen Demand) com temperatura de 25 ± 3 °C. A contagem da porcentagem final de germinação ocorreu no oitavo dia (BRASIL, 2009b).

Para a realização do teste de tetrazólio, 100 sementes subdivididas em duas repetições de 50 unidades foram embaladas em papel de germinação umedecidos, permanecendo nessa condição em câmara úmida (saco plástico) por 16 horas a 25 ± 3 °C. Em seguida, foram submersas na solução de tetrazólio (2,3,5-trifenil cloreto de tetrazólio) a 0,075% por três horas a 35 ± 3 °C no escuro. Após a coloração, as sementes foram lavadas em água corrente para retirada da solução e analisadas individualmente através de seccionamento longitudinal.

As classes atribuídas e os tipos de danos foram caracterizados conforme descrito por França Neto et al. (1998).

O teste de sanidade foi realizado com 100 sementes subdivididas em quatro repetições de 25 sementes. Em caixas plásticas de germinação tipo Gerbox foram colocados duas folhas de papel filtro (mata-borrão) esterilizados e umedecidos com uma solução de água + 2,4-D na concentração de 5ppm. As sementes foram imersas em hipoclorito de sódio a 1% durante um minuto e lavadas com água destilada pelo mesmo período de tempo. Em seguida, foram distribuídas uniformemente sobre as folhas de papel mata borrão nas caixas Gerbox e acondicionadas durante sete dias em B.O.D. a 23 ± 3 °C e fotoperíodo de 12h. Posteriormente, foi realizada a quantificação das sementes infectadas e a identificação dos patógenos com o auxílio de estereoscópio óptico (BRASIL, 2009a).

Inoculação de *Fusarium solani* em sementes de soja

Para a obtenção de colônias puras de *F. solani* foi utilizado meio de cultura BDA (Batata-Dextrose-Agar) + Manitol (-1,0 MPa), esterilizados em calor úmido (autoclave) à 1 atm e 121 ± 3 °C durante 20 minutos. Posteriormente, o meio de cultura foi vertido em placas de Petri esterilizadas em estufa de esterilização e secagem durante duas horas a 160 ± 3 °C (CAROLLO; SANTOS FILHO, 2016).

Em seguida, em Câmara de Fluxo Laminar, discos com 5 mm de diâmetro da colônia pura contendo estruturas de *F. solani* foram transferidos para as placas de petri contendo meio de cultura sólido, e mantidos em câmara de crescimento tipo B.O.D. à temperatura de 23 ± 3 °C, com fotoperíodo de 12 horas, até a colonização total da placa de Petri com a colônia fúngica pura.

Após esse período, sementes de soja previamente desinfetadas em hipoclorito de sódio a 1% durante um minuto e lavadas em água destilada pelo mesmo período de tempo foram depositadas em camada única por toda a placa de Petri e levemente pressionadas na colônia fúngica, permanecendo em contato direto com o patógeno, e incubadas a 25 ± 3 °C com fotoperíodo de 12 horas durante 48 horas. Posteriormente, as sementes foram postas para secar a temperatura ambiente por 24 horas e misturadas na proporção de 20% às sementes não inoculadas (PEREIRA et al., 2009).

Tratamento de sementes com óleo essencial de gengibre

Após a obtenção da amostra média de sementes de soja inoculadas com *F. solani*, oito subamostras de aproximadamente 350 g foram separadas pelo método manual (BRASIL,

2009b), para então receberem o tratamento de sementes. O tratamento foi realizado pelo contato da semente com a emulsão do óleo essencial em água destilada na dosagem de 50 mL de solução Kg⁻¹ de sementes (DARONCO et al., 2015) e agitação constante durante cinco minutos. Cada tratamento correspondeu às seguintes doses de óleo essencial: T1 - 0,0% (testemunha); T2 - 0,5%; T3 - 0,75%; T4 - 1,0%; T5 - 1,25%; T6 - 1,5%; T7 - 1,75%; T8 - 2,0%. Posteriormente, as sementes tratadas foram dispostas em papel toalha e secas a temperatura ambiente durante 12 horas.

Avaliação da qualidade fisiológica das sementes

O efeito do tratamento com óleo essencial de gengibre sobre a qualidade fisiológica das sementes foi avaliado pelos testes de germinação, primeira contagem de germinação, comprimento e massa seca de plântulas, como descritos a seguir.

O teste de germinação foi realizado como descrito anteriormente pelo método padrão em rolo de papel. A primeira contagem de germinação foi avaliada no quinto dia e a porcentagem final de germinação no oitavo dia, quantificando as sementes que deram origem a plântulas normais (BRASIL, 2009b).

Para o comprimento de plântulas, 80 sementes de cada tratamento subdivididas em quatro repetições com 20 sementes, foram dispostas na parte superior do intermédio de três folhas de papel filtro tipo Germitest, umedecidos com água destilada na proporção de 2,5 vezes a massa do papel não hidratado, e acondicionadas em B.O.D. a 25 ± 3 °C no escuro, durante cinco dias (SÁ et al., 2011). Em seguida, mensuraram-se os comprimentos da parte aérea e raiz das plântulas normais formadas, com o auxílio de uma régua, obtendo-se a média do comprimento da parte aérea e sistema radicular.

As plântulas provenientes do teste de comprimento foram separadas em parte aérea e sistema radicular, colocadas em sacos tipo Kraft e mantidas em estufa de circulação forçada de ar, a 65 ± 3 °C durante 72 horas (SÁ et al., 2011). Em seguida, tiveram a massa determinada em balança analítica, e os resultados médios foram expressos em miligramas plântula⁻¹.

Avaliação da qualidade sanitária das sementes

A qualidade sanitária das sementes foi determinada conforme adaptações da metodologia do Manual de Análise Sanitária de Sementes (BRASIL, 2009a). O teste de incubação foi realizado pelo método em papel filtro (*Blotter Test*), com 100 sementes por tratamento, subdivididas em quatro repetições de 25 sementes, como descrito anteriormente.

Posteriormente, foi realizada a quantificação das sementes infectadas e a identificação dos patógenos com o auxílio de estereoscópio óptico, e quando necessário, uma lâmina com partes miceliais foi preparada para observação de estruturas e classificação do fitopatógeno em microscópio óptico (BRASIL, 2009a).

Análise estatística

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), com oito tratamentos e quatro repetições. As médias dos resultados das avaliações foram submetidas à análise de variância pelo teste F e regressão a 5% de probabilidade. Para as variáveis que se ajustaram ao modelo quadrático da regressão foram determinados os pontos máximo ou mínimo a partir da derivação da equação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O lote de sementes de soja apresentou qualidade fisiológica inicial satisfatória, com 90% de germinação, 91% de viabilidade e 79% de vigor nos testes de germinação e tetrazólio, respectivamente. A umidade das sementes estava em torno de 9% e a qualidade sanitária inicial pode ser observada na Figura1.

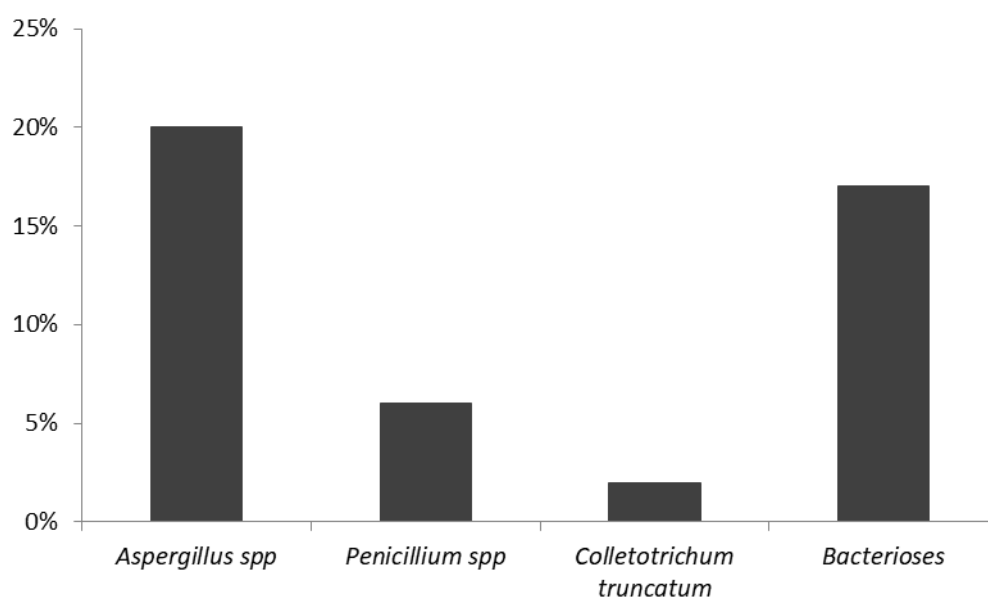


Figura 1. Qualidade sanitária do lote de sementes de soja.

Visto que as sementes permaneceram por um determinado tempo armazenadas e que a umidade estava baixa (9%), já era esperada a presença de *Aspergillus spp* e *Penicillium spp*, por serem fungos considerados contaminantes ou de armazenamento (BRASIL, 2009a) e por serem capazes de se proliferar em baixas condições de umidade (DIAS, 2012). Não existe um

padrão para sanidade de sementes no Brasil, entretanto a incidência de *Colletotrichum truncatum* observada pode ser considerada baixa, já que a ocorrência desse patógeno em sementes de soja é comumente observada devido à alta incidência da doença nas lavouras de soja do Mato Grosso do Sul (PESQUEIRA et al., 2016).

Do mesmo modo, é constantemente observada a presença de bactérias em sementes de soja, sobrevivendo de forma latente e na maioria das vezes não apresentando sintomas de contaminação (BRASIL, 2009a), sendo possível detectá-las a partir da fase de embebição das sementes, quando reiniciam sua multiplicação (DA SILVA et al., 2013).

Efeito do tratamento na qualidade fisiológica das sementes

A exigência mínima de germinação para a produção e comercialização de sementes de soja é 80%, tanto para sementes certificadas de primeira quanto de segunda geração (BRASIL, 2013). Nos resultados obtidos, verifica-se que apenas a testemunha (dose 0% = 84%) se encaixa nesse padrão (Figura 2).

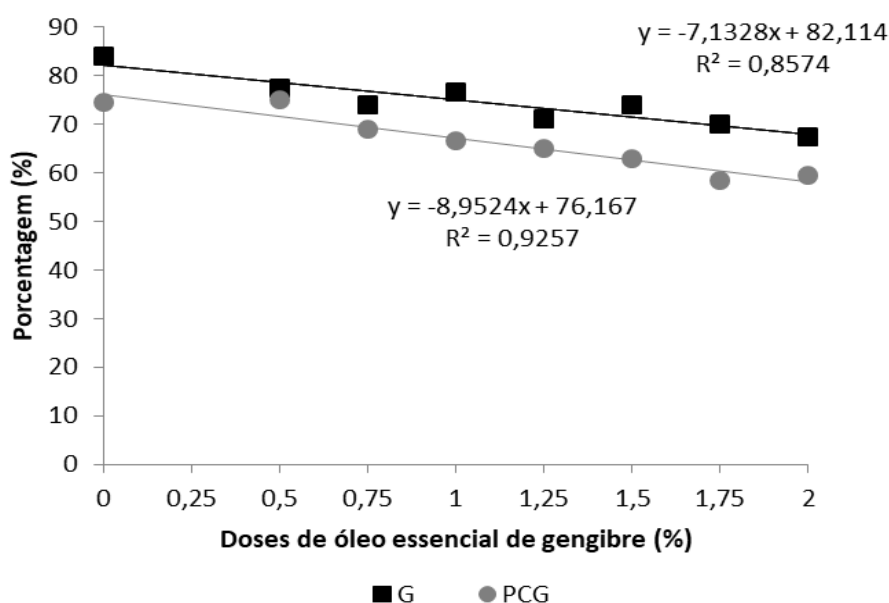


Figura 2. Germinação (G) e Primeira Contagem de Germinação (PCG) de sementes de soja inoculadas com *Fusarium solani* e tratadas com óleo essencial de gengibre.

Houve uma redução linear na germinação e primeira contagem de germinação das sementes de soja com o aumento das dosagens utilizadas do óleo essencial de gengibre (Figura 2). Os compostos encontrados nos óleos essenciais atuam como aleloquímicos, interferindo diretamente nos processos fisiológicos das sementes podendo aumentar ou inibir a porcentagem de germinação (LANGENHEIN, 1994).

Resultados semelhantes foram observados com o uso do óleo essencial de cravo (*Dianthus caryophyllus*) no tratamento de sementes de soja, proporcionando a redução da germinação conforme o aumento da dose utilizada (SANTOS, 2014). Já os óleos essenciais de hortelã-do-campo (*Hyptis marrubiioides*), alfazema (*Aloysia gratíssima*) e erva baleeira (*Cordia verbenácea*) quando aplicados no tratamento de sementes não causaram interferência na germinação de soja (SILVA et al., 2012).

O efeito alelopático inibitório de óleos essenciais também foi observado por Almeida et al. (2019) que, ao aumentar a concentração de 0 à 1% da dose do óleo de colônia (*Alpinia zerumbet*) no tratamento de sementes de tomate, constataram diminuição da porcentagem de germinação.

Entretanto, quando se utiliza o extrato obtido do rizoma de gengibre é possível que haja o incremento na germinação das sementes de soja (PASCUALI et al., 2018) e arroz (SILVA et al., 2019), sugerindo então, que o efeito alelopático observado no presente trabalho possa estar associado à concentração dos compostos voláteis presentes no órgão (raiz) de onde foi extraído o óleo essencial.

Em relação ao comprimento de plântulas, o aumento da dosagem proporcionou redução linear do comprimento da parte aérea (CPA), enquanto os dados de comprimento de raiz (CR) ajustaram-se a regressão quadrática, apresentando ponto máximo de crescimento em dosagem próxima da concentração zero ($x = 0,32$; $y = 17,42$) (Figura 3).

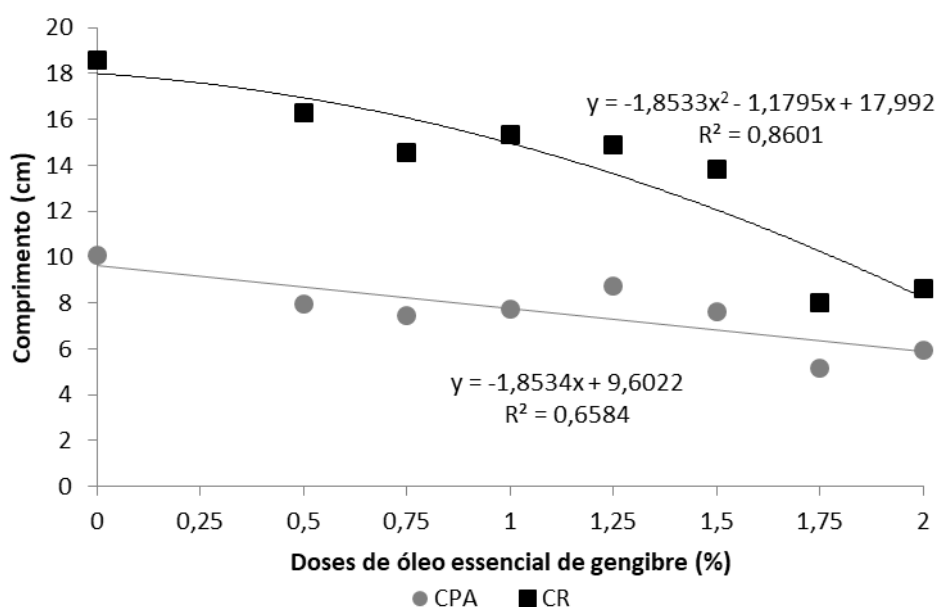


Figura 3. Comprimento médio da parte aérea (CPA) e da raiz (CR) de plântulas provenientes de sementes de soja inoculadas com *Fusarium solani* e tratadas com óleo essencial de gengibre.

Estes resultados podem estar associados à presença de terpenos no óleo essencial de gengibre, principalmente os mono e sesquiterpenos, que em determinadas quantidades podem ser prejudiciais aos tecidos biológicos das plantas (WEIDENHAMER et al., 1993). Weir et al. (2004) associa a alelopatia dos monoterpenos com a interferência na respiração celular, atuando diretamente nas mitocôndrias. Abrahim et al (2002) também atribuiu o resultado do uso de terpenos sobre o comprimento de plântulas de soja ao efeito deletério que esses compostos causam no metabolismo mitocondrial das plantas.

Visto que a respiração celular é um processo fundamental para a germinação das sementes e o subsequente crescimento através da produção de energia e formação de compostos importantes para a síntese de aminoácidos, DNA e outras substâncias (MARCOS FILHO, 2015), a interferência nesse metabolismo pode provocar danos à germinação e ao comprimento de plântulas, como observado neste trabalho.

Quanto à massa seca da parte aérea (MSPA) e da raiz (MSR), ambos os resultados se ajustaram ao modelo quadrático de regressão, evidenciando uma tendência decrescente conforme o aumento da dose utilizada (Figura 4). Verificou-se maior massa seca da parte aérea e de raiz em dosagens próximas à concentração zero ($x=0,42$; $y=21,74$ e $x=0,63$; $y=9,78$, respectivamente).

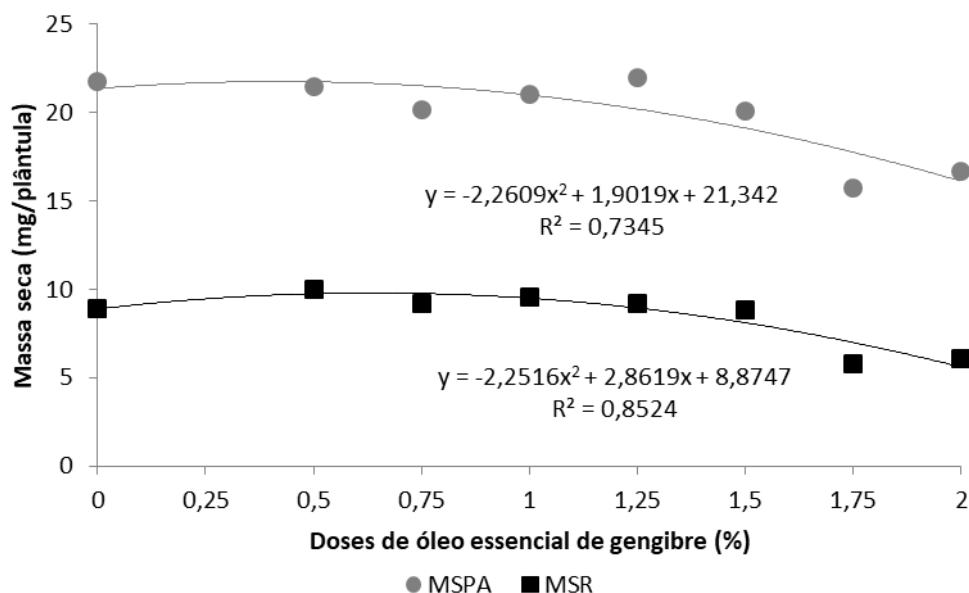


Figura 4. Massa seca da parte aérea (MSPA) e de raiz (MSR) de plântulas provenientes de sementes de soja inoculadas com *Fusarium solani* e tratadas com óleo essencial de gengibre.

Jeronimo et al (2005) supôs que a redução da massa seca de plântulas de gergelim (*Sesamum indicum*) tratadas com extrato aquoso de lobeira (*Solanum lycocarpum*) ocorreu

devido à interferência dos aleloquímicos na distribuição das reservas encontradas nos cotilédones. Esse evento pode justificar os resultados obtidos de massa seca de plântulas, já que para a translocação das reservas presentes nos cotilédones para a radícula e hipocótilo é necessário a utilização de energia proveniente da respiração celular (MARCOS FILHO, 2015), processo alterado pela presença de aleloquímicos como mono ou sesquiterpenos (ABRAHIM et al, 2002).

O efeito alelopático inibitório de óleos essenciais está relacionado com a presença e maior concentração de mono e sesquiterpenos (KOMAI et al., 1991), justificando os resultados encontrados nesse estudo, já que os principais constituintes do óleo essencial de gengibre utilizado (zingibereno e beta-sesquifelandreno) pertencem a esta classe química (MUNDA et al., 2018).

O efeito alelopático de uma substância está relacionado tanto com a concentração utilizada do composto quanto à suscetibilidade da espécie que recebe esse composto (SOUZA FILHO et al., 2009), podendo então, ser constatado que o aumento da dose do óleo essencial de gengibre afeta negativamente a qualidade fisiológica da semente e das plântulas de soja.

Efeito do tratamento na qualidade sanitária das sementes

Com relação à qualidade sanitária das sementes tratadas, observou-se menor incidência de *F. solani* nas maiores doses utilizadas do óleo essencial de gengibre (Figura 5). Os resultados se ajustaram ao modelo linear de regressão, indicando um crescente controle do patógeno conforme o aumento das dosagens, com inibição de aproximadamente 67,9% na dosagem de 2,0% (Figura 5).

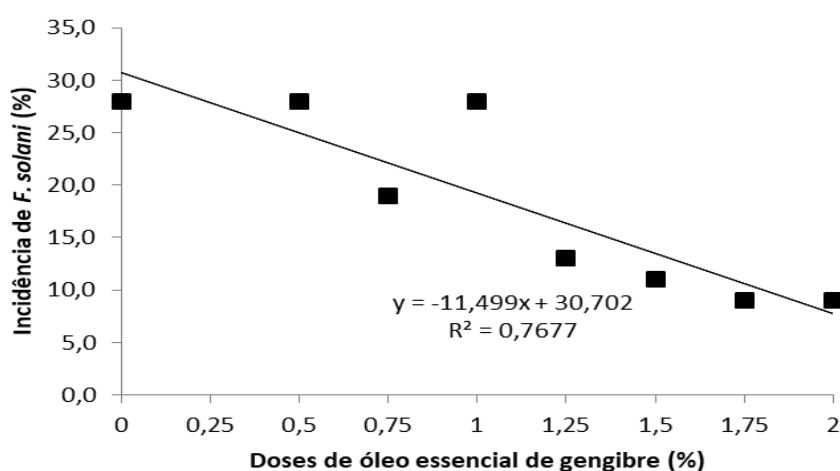


Figura 5. Incidência de *Fusarium solani* em sementes de soja tratadas com óleo essencial de gengibre.

Infecções por *Aspergillus* spp., *Penicilium* spp. e *Colletotrichum truncatum*, em todos tratamentos após a inoculação e tratamento das sementes de soja foram praticamente nulas, devido ao óleo essencial de gengibre possuir efeito controle sobre esses microrganismos, podendo ser usado como uma alternativa para suas limitações (SASIDHARAN; NIRMALA MENON, 2010).

O óleo essencial de citronela (*Cymbopogon winterianus*) também apresenta atividade fungitóxica *in vitro* contra *F. solani* (CRUZ et al., 2015), assim como os óleos de canela (*Cinnamomum verum*), capim-limão (*Cymbopogon citratus*) e hortelã (*Mentha spicata*) (FERNANDES et al., 2014). O óleo essencial de lúcia-lima (*Aloysia citrodora*) em concentrações que variam de 0,0 até 0,25% aplicados em sementes de beterraba também provocam uma linear redução da incidência de *Fusarium* sp. (FREDDO et al., 2016), o mesmo ocorre com o tratamento de sementes de feijão com óleo essencial de pitangueira (*Eugenia uniflora*), podendo reduzir a incidência do patógeno em até 48,2% na concentração de 2,0% (MOURA et al., 2017).

Quando estudaram o efeito do óleo essencial de gengibre sobre o fungo *Fusarium verticillioides*, Yamamoto-Ribeiro et al. (2013) constataram o efeito fungicida do óleo devido à mudanças na morfologia dos microconídios e inibição da produção de ergosterol e fumonisina, micotoxina produzida pelo gênero *Fusarium*.

O aumento da dosagem de óleo essencial de gengibre no tratamento de sementes de soja inoculadas com *Fusarium solani* reduz algumas características da qualidade fisiológica como a porcentagem de germinação, primeira contagem de germinação, comprimento e massa seca de plântulas, todavia é eficiente para o controle de patógenos associados às sementes.

CONCLUSÃO

O óleo essencial de gengibre controla 67,9% a incidência de *Fusarium solani* em sementes de soja na concentração de 2,0%. Entretanto, não é recomendado o tratamento via sementes.

REFERÊNCIAS

ABRAHIM, D. et al. Effects of phenolic acids and monoterpenes on the mitochondrial respiration of soybean hypocotyl axes. **Allelopathy Journal**, v.11, n.1, p.21-30, 2002.

ALMEIDA, L. et al. Bioatividade de óleos essenciais na germinação e no vigor em sementes de tomate. **Revista Biotemas**, São Carlos, v.32, n.2, p.13-21, 2019.

ANDRÉ, W. P. P. et al. Óleos essenciais e seus compostos bioativos no controle de nematoides gastrintestinais de pequenos ruminantes. **Acta Scientiae Veterinariae**, v.46, p.1522. Fortaleza CE, 2018.

BALARDIN, C. R. et al. Possibilidade de transmissão de *Fusarium solani* f.sp. *glycines*, agente causal da podridão vermelha da raiz da soja, através da semente. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.30, n.6, p.574-581, 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº45, de 17 de setembro de 2013. **Estabelecer aos padrões de identidade e qualidade para a produção e comercialização de sementes**. Brasília DF, nº183, 20 de setembro de 2013. Seção 1, pag. 6, 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de Análise Sanitária de Sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009a. 200 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009b. 395 p.

BRESSAN, D. F. et al. Patologia e germinação de sementes de angico-vermelho (*Parapiptadenia rígida* (BENTH BRENAN) e potencial de óleos essenciais no controle de *Rhizoctonia* sp. in vitro e no tratamento de sementes. **Revista Técnico-Científica**, n.10, 2018.

CAROLLO, E. M.; SANTOS FILHO, H. P. **Manual básico de técnicas fitopatológicas**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura BA, 2016.

COSTA, R. C. et al. Extratos vegetais, formulações a base de extrato vegetal e produtos químicos no controle da mancha bacteriana do maracujazeiro. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v.7, n.1, p.26-33, 2017.

CRUZ, T. P. et al. Atividade fungicida do óleo essencial de *Cymbopogon winterianus* Jowit (citronela) contra *Fusarium solani*. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.31, n.1, p.1-8, 2015.

DARONCO, M. V. et al. Avaliação da eficácia de óleos essenciais no tratamento de sementes de soja. **Ciência Agrícola**, Rio Largo, v.13, n.1, p.49-58, 2015.

DA SILVA, C. B. et al. A importância da ação antioxidante de óleos essenciais em benefício da saúde. **Diversitas Journal**, Santana do Ipanema, v.2, n.1, p.52-55, 2017.

DA SILVA, D. A. G. et al. Transporte de *Xanthomonas vesicatoria* de sementes para plântulas e mudas de tomate. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v.31, n.1, p.50-58, 2013.

DIAS, I. A. **Crescimento micelial e produção de toxinas por fungos de armazenamento associados a grãos de milho sob diferentes níveis de restrição hídrica**. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitopatologia) - Universidade Federal de Lavras. Lavras, 58p. 2012.

EL-BAROTY, G. S. et al. Characterization of antioxidant and antimicrobial compounds of cinnamon and ginger essential oils. **African Journal of Biochemistry**, v.4, n.6, p.167-174, 2010.

FERNANDES, J. M. B. **Desempenho, anatomopatologia dos sistemas digestório e reprodutor de codornas japonesas em postura alimentadas com dieta contendo óleos essenciais**. 2018. 72 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Veterinárias, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2018.

FERNANDES, O. G. et al. Uso de Substâncias Alternativas no Controle do Fungo *Fusarium solani*. **Cadernos de Agroecologia**, Dourados, v.9, n.4, 2014.

FRANÇA NETO, J. B. et al. **O teste de tetrazólio em sementes de soja**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Londrina: EMBRAPA/CNPSo, 1998. 72p.

FONSECA, M. C. M. et al. Potencial de óleos essenciais de plantas medicinais no controle de fitopatógenos. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Campinas, v.17, n.1, p.45-50, 2015.

FREDDO, A. R. et al. Redução no tombamento de *Fusarium* sp. em plântulas de beterraba, pelo tratamento das sementes com óleo essencial de *Aloysia citriodora* Palau. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v.15, n.4, p.453-459, 2016.

JAKRIBETTU, R. P. et al. Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) oil. **Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety**. Academic Press, p.447-454, 2016.

JERONIMO, C. A. et al. Allelopathic effects of *Solanum lycocarpum* leaf extracts on protein synthesis during the growth of sesame seedlings. In: **4th Congress on Allelopathy**. August, Australia. 2005, p.473-476.

LANGENHEIN, J. K. Higher plant terpenoids: a phytocentric overview of their ecological roles. **Journal of Chemical Ecology**, v.20, n.6, p.1223-1282, 1994.

MAGALHÃES, L.S. **COSMÉTICOS ORGÂNICOS: Uma Tendência Crescente no Mercado Ainda Pouco Conhecida**. 2018. 29 f. TCC (Graduação) - Curso de Farmácia, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2018.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2015. 495p.

MARCOS FILHO, J. Importância do potencial fisiológico da semente de soja. **Informativo ABRATES**, Brasília, v.23, n.1, p.21-24, 2013.

MARKSON, A. A. et al. Antifungal Potency of Essential Oil Components of African Ginger-*Zingiber officinale* (Roscoe). **Sustainable Food Production**, v.4, p.20-10, 2018.

MOURA, G. S. et al. Óleo essencial de pitangueira na germinação e sanidade de sementes de variedades crioulas de feijoeiro. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, Viçosa, v.7, n.3, p.48-55, 2017.

MUNDA, S. et al. Chemical Analysis and Therapeutic Uses of Ginger (*Zingiber officinale* Rosc.) Essential Oil: A Review. **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, v.21, n.4, p.994-1002, 2018.

OLIVEIRA, S. S. et al. Composição química e atividade antifúngica do óleo essencial de *Zingiber officinale* Roscoe sobre *Colletotrichum theobromicola*, causador da antracnose da cebolinha (*Allium fistulosum*). **Scientia Naturalis**, v.1, n.1, p. 32-40, 2019.

PASCUALI, L. C. et al. Atividade de bioextratos no desenvolvimento de *Phomopsis phaseoli* var. *sojae*, *Fusarium* sp. e no tratamento de sementes de soja. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá, v.11, n.2, p.457-478, 2018.

PEREIRA, C. E. et al. Tratamento fungicida de sementes de soja inoculadas com *Colletotrichum truncatum*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.9, p.2390-2395, 2009.

PESQUEIRA, A. S. et al. Associação de fungicidas no controle da antracnose da soja no Mato Grosso do Sul. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.47, n.1, p.203-212, 2016.

KOMAY, K. et al. Chemotypes of *Cyperus rotundus* in pacific rim and basin: distribution and inhibitory activities of their essential oils. **Journal of Chemical Ecology**, v.17, n.1, 1991.

RAMOS, K. et al. Óleos essenciais e vegetais no controle *in vitro* de *Colletotrichum gloeosporioides*. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Campinas, v.18, n.2, p.605-612, 2016.

SÁ, M. E. et al. **Roteiro prático da disciplina de produção e tecnologia de sementes: análise da qualidade de sementes**. São Paulo: Ed. Cultura Acadêmica, 2011. 112p.

SANTOS, A.S. et al. Descrição de sistema e de métodos de extração de óleos essenciais e determinação de umidade de biomassa em laboratório. **Embrapa Amazônia Ocidental – Comunicado Técnico 99**. Belém, 2004.

SANTOS, P. L. **Efeito de óleos essenciais sobre o fungo *Phomopsis sojae* e a qualidade fisiológica de sementes de soja**. Dissertação (Mestrado em Proteção de Plantas) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Botucatu, p.59, 2014.

SASIDHARAN, I.; NIRMALA MENON, A. Comparative chemical composition and antimicrobial activity fresh and dry ginger oils (*Zingiber officinale* Roscoe). **International Journal of Current Pharmaceutical Research**, v.2, n.4, p.40-43, 2010.

SILVA, A. C. et al. Effectiveness of essential oils in the treatment of *Colletotrichum truncatum*-infected soybean seeds. **Tropical Plant Pathology**, v.37, n.5, p.305-313, 2012.

SILVA, I. N. et al. Qualidade fisiológica de sementes de arroz tratadas com óleos essenciais e extratos vegetais. **Revista Destaques Acadêmicos**, Lajeado, v.11, n.3, p. 259-271, 2019.

SOUZA FILHO, A. P. S. et al. Análise comparativa do potencial alelopático do extrato hidroalcoólico e do óleo essencial de folhas de cipó-d'alho (Bignoniaceae). **Planta Daninha**, Viçosa, v.27, n.4, p.647-653, 2009.

WEIDENHAMER, J. D. et al. Just how insoluble are monoterpenes? **Journal of Chemical Ecology**, v.19, n.8, p.1799-1807, 1993.

WEIR, T. L. et al. Biochemical and physiological mechanisms mediated by allelochemicals. **Current Opinion in Plant Biology**, v.7, p.472-479, 2004.

YAMAMOTO-RIBEIRO, M. M. G. et al. Effect of *Zingiber officinale* essential oil on *Fusarium verticillioides* and fumonisin production. **Food Chemistry**, Barking, v.141, p.3147–3152, 2013.