

**SANIDADE DE SEMENTES DE MILHETO: TRANSPORTE, PATOGENICIDADE, TRANSMISSÃO SEMENTE-PLANTA E MÉTODOS ALTERNATIVOS DE PREVENÇÃO E CONTROLE**

*PEARL MILLET SEED HEALTH: TRANSPORT, PATHOGENICITY, SEED-TO-PLANT TRANSMISSION, AND ALTERNATIVE METHODS OF PREVENTION AND CONTROL*

*SANIDAD DE SEMILLAS DE MIJO PERLA: TRANSPORTE, PATOGENICIDAD, TRANSMISIÓN SEMILLA-PLANTA Y MÉTODOS ALTERNATIVOS DE PREVENCIÓN Y CONTROL*

---

**Marianna Aguiar Costa**

marianna123aguiar@gmail.com

**Manuel Antonio González Muñoz**

manuelgon51295@gmail.com

**Paulo Ricardo de Sena Fernandes**

pauloricardosena@mail.uft.edu.br

**Dalmarcia de Souza Carlos Mourão**

dalmarciaadm@uft.edu.br

**Leandro Alves de Souza**

engleandroalves2410@gmail.com

**Vitória Beatriz Silva**

vitória.beatriz@mail.uft.edu.br

**Muhammad Bilal**

bilalsai987@gmail.com

**Ayesha Aslam**

aslamayesha159@gmail.com

**Gil Rodrigues Santos**

gilrsan@uft.edu.br

**ABSTRACT:**

Pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) has great economic importance for Brazil due to its advantages in increasing agricultural productivity, as it improves soil health by providing nutrients for subsequent crops. However, pearl millet seeds are stored for long periods under conditions favorable to the development of fungal genera, which promotes seed deterioration, consequently affecting grain quality and hindering field germination. In view of this issue, the present study aimed to evaluate the antifungal potential of these essential oils as preventive or curative measures in seeds and against phytopathogenic diseases in pearl millet. The study was conducted at the Plant Pathology Laboratory of the Federal University of Tocantins, Gurupi Campus. The assays performed included seed health, transmissibility, and pathogenicity tests, followed by the evaluation of essential oil effects *in vitro*, on plants, and in seed treatment. The results demonstrated the presence of the fungal genera *Drechslera* sp., *Curvularia* sp., and *Fusarium* sp. as the main disease-causing agents in plants and with the highest incidence in seeds. The fungus *Drechslera* sp., which causes leaf spot, was controlled in plants by the essential oil of *Syzygium aromaticum*, but it was not effective in seed treatment. The essential oil of *S. aromaticum* shows antifungal potential for managing leaf spot; however, further studies on pearl millet seeds are necessary, considering different application methods and concentrations.

**KEYWORDS:** Seeds; *Pennisetum glaucum*; Pathogenicity; Essential oils; Fungicides.

**RESUMO:**

O milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) tem uma grande importância econômica para o Brasil, devido suas vantagens como aumentar a produtividade agrícola, pois melhora a saúde do solo por fornecer nutrientes para culturas posteriores. Entretanto, as sementes de milheto são armazenadas por um grande tempo em condições propícias para o desenvolvimento de gêneros fúngicos, que promove a deterioração das sementes, por conseguinte, a qualidade final do grão e dificultando a germinação em campo. Diante dessa problemática, o presente estudo objetivou avaliar o potencial antifúngico destes óleos essenciais como medidas preventivas ou curativas nas sementes e de doenças fitopatogênicas em milheto. Foi desenvolvido no Laboratório de Fitopatologia da Universidade Federal do Tocantins, Campus de Gurupi. Os ensaios executados foram de sanidade, transmissibilidade e patogenicidade, seguido do efeito do óleo essencial *in vitro* e em plantas e no tratamento de sementes de milheto. Os resultados demonstraram a presença dos gêneros fúngicos *Drechslera* sp., *Curvularia* sp. e *Fusarium* sp. como os causadores das principais doenças em plantas e de maior incidência nas sementes. O fungo *Drechslera* sp., causador de manchas foliares foi controlado em plantas pelo óleo essencial de *Syzygium aromaticum*, porém não foi eficaz no tratamento de sementes. O óleo essencial de *S. aromaticum* é um potencial antifúngico para o manejo das manchas foliares, entretanto, estudos em sementes de milheto devem ser realizados, considerando outros métodos de aplicação e concentração.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sementes; *Pennisetum glaucum*; Patogenicidade; Óleos essenciais; Fungicidas.

**RESUMEN:**

El mijo perla (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) tiene gran importancia económica para Brasil debido a sus ventajas en el aumento de la productividad agrícola, ya que mejora la salud del suelo al aportar nutrientes para cultivos posteriores. Sin embargo, las semillas de mijo perla se almacenan durante largos períodos en condiciones favorables para el desarrollo de géneros fúngicos, lo que promueve el deterioro de las semillas y, en consecuencia, afecta la calidad final del grano y dificulta la germinación en campo. Ante esta problemática, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el potencial antifúngico de estos aceites esenciales como medidas preventivas o curativas en semillas y contra enfermedades fitopatogénicas en mijo perla. El estudio se desarrolló en el Laboratorio de Fitopatología de la Universidad Federal de Tocantins, Campus Gurupi. Los ensayos realizados incluyeron sanidad de semillas, transmisibilidad y patogenicidad, seguidos de la evaluación del efecto del aceite esencial *in vitro*, en plantas y en el tratamiento de semillas de mijo perla. Los resultados demostraron la presencia de los géneros fúngicos *Drechslera* sp., *Curvularia* sp. y *Fusarium* sp. como los principales causantes de enfermedades en plantas y con mayor incidencia en semillas. El hongo *Drechslera* sp., causante de manchas foliares, fue controlado en plantas por el aceite esencial de *Syzygium aromaticum*, pero no fue eficaz en el tratamiento de semillas. El aceite esencial de *S. aromaticum* presenta potencial antifúngico para el manejo de manchas foliares; sin embargo, se requieren más estudios en semillas de mijo perla, considerando diferentes métodos de aplicación y concentraciones.

**PALABRAS CLAVE:** Sementes; *Pennisetum glaucum*; Patogenicidade; Óleos essenciais; Fungicidas.

## INTRODUÇÃO

A gramínea *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br. conhecida no Brasil como milheto-pérola, capim charuto ou pasto-italiano, foi introduzido pela primeira vez no Brasil em 1929 e, desde então, tem importância nas regiões produtoras brasileiras. Esta gramínea de ciclo anual tem um período vegetativo de 75-120 dias e produz panículas de 2 a 3 cm de largura e 15 a 60 cm de comprimento, capazes de produzir entre 500 e 2000 sementes por panícula (Magalhães et al., 2003; Taylor, 2016).

O *P. glaucum* tem taxa de crescimento rápida, um sistema radicular profundo e uma boa produção de massa verde. É utilizado para aumentar a produtividade agrícola, por controlar a erosão e compactação do solo e melhorar a disponibilidade de nutrientes (Netto, 2005). Além de ser usada como planta forrageira, silagem ou como grãos para alimentação animal (Guimarães Júnior et al., 2009; Santos et al., 2017). Fatores como a composição nutricional e o baixo custo de produção dos grãos de milheto pérola (metade do preço do milho) tem motivado estudos para a substituição do milho pelo milheto na alimentação animal (Bergamaschine et al., 2011; Alonso et al., 2017).

Porém, os grãos desta espécie apesar de tradicionalmente, utilizados na alimentação animal, recentemente tem chamado a atenção como potencial fonte de fibra para o consumo

humano. Isso por ser fonte de fibras, minerais, proteínas e antioxidantes com níveis semelhantes ou mesmo superiores aos encontrados nos grãos tradicionais, como o arroz e o milho (Taylor, 2016; Dias-Martins et al., 2018). E, nos últimos anos, tem-se verificado um aumento de produtos à base de cereais integrais, uma vez que estes contêm um maior teor de fibra alimentar, micronutrientes e compostos bioativos, portanto, pode ser considerado uma alternativa para possibilitar a maior diversificação alimentar.

No entanto, como toda semente, o milho está exposto a fatores externos biótico e abióticos, principalmente quando ocorre a colheita, seguida de armazenamento até seu uso. E justamente é nesta fase que as sementes podem ser atacadas por microrganismos como fungos, causando perdas econômicas e sobretudo trazendo riscos à saúde humana por produzirem micotoxinas (Bhat; Reddy, 2017; Keřińska-Pacelik; Biel, 2021). Além disso, patógenos transmitidos pela semente, podem causar o aborto, podridão, necrose, redução ou eliminação da capacidade de germinação da semente (Azhar et al., 2009; Naqvi et al., 2013). Sementes contaminadas por patógenos são meios altamente eficazes para o transporte e disseminação de patógenos de plantas por longas distâncias (Dos Santos et al., 2022; Bard et al., 2024). No milho tem sido reportados vários fungos que podem ser transmitidos por sementes, entre os quais pode-se destacar: Ergot - (*Claviceps fusiformis*), podridão seca do colmo (*Macrophomina phaseolina*), carvão (*Tolyposporium penicillariae*), Elmintosporiose (*Helminthosporium* spp.), ferrugem (*Puccinia* spp.) Brusone (*Pyricularia* sp) (Pereira Filho et al., 2003).

Tradicionalmente as formas de controle destes patógenos é feito com fungicidas sintéticos; no entanto, estes produtos têm efeitos residuais, são pouco seguros para mamíferos e afetam o meio ambiente principalmente a fauna e a microbiota do solo (Yigit; Velioglu, 2020; Zhang et al., 2020; Gava et al., 2021; Rutkowski et al., 2022). Por isso nos últimos anos tem-se intensificado a busca por métodos alternativos para o controle de fitopatógenos (Oaya et al., 2019) e compostos de origem vegetal como óleos essenciais tem se destacado como promissores.

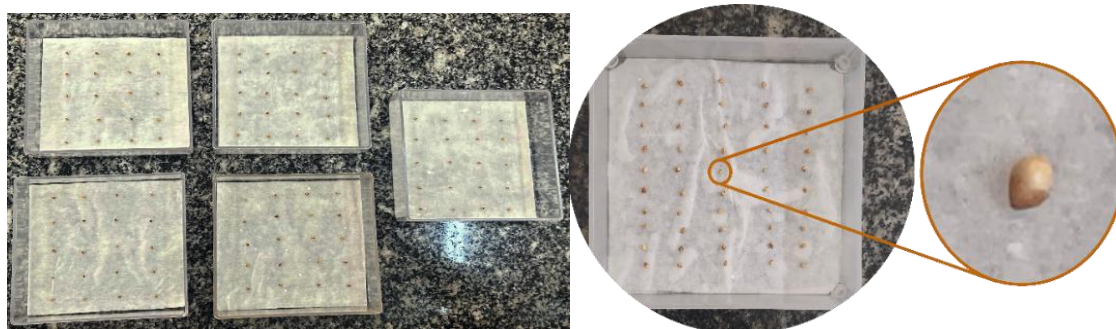
Diante disso, as plantas *Ruta graveolens* (Rutaceae), *Ocotea quixus* (Lauraceae) e *Annona glabra* (Annonaceae) podem ser uma alternativa para o controle de fitopatógenos em sementes de *P. glaucum*; devido às suas características pesticidas já conhecidas (Noriega et al., 2018; Arteaga-Crespo et al., 2021; Reyes-Vaquero et al., 2021; Wang et al., 2022; Khalaf et al., 2023). Considerando os problemas decorrentes dos fungos em sementes e levando em consideração as propriedades destes óleos essenciais já mencionadas, o presente trabalho busca avaliar a capacidade antifúngica destes óleos essenciais como medidas preventivas ou curativas nas sementes de milho.

## METODOLOGIA

O estudo foi desenvolvido no Laboratório de Fitopatologia, da Universidade Federal do Tocantins, Campus de Gurupi. As sementes das cultivares BRS 1501, BRS 1502 e BRS 1503 foram adquiridas da Embrapa Cerrados de Brasília-DF da safra 2024/2025 e a cultivar ADR 300 foi obtida da colheita da safra de 2023/2024 no município de Guaraí-TO (08°46'52" S 48°23'02" W). Conduziu-se a pesquisa em diferentes etapas: A primeira parte foi realizada com a avaliação sanitária, a fim de avaliar a incidência de fungos, submetidos ao tratamento com e sem desinfestação.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC). Foi utilizado um total de 800 sementes de acordo com os tratamentos com e sem desinfestação, sendo 5 repetições para as cultivares de milho: BRS 1501, BRS 1502, BRS 1503 e ADR 300, onde foram distribuídas 20 sementes por caixa tipo gerbox (Figura 1). A desinfestação das sementes, ocorreu com a imersão das sementes em álcool 50%, por 40 segundos e em hipoclorito a 50%, por um tempo de 30 segundos. E seguida, foram passadas por três lavagens com água destilada e esterilizada, seguindo as recomendações do Manual de Análise Sanitária de Sementes, por meio do papel filtro (Blotter test), conforme Brasil (2009).

Figura 1 - Distribuição de sementes de *Pennisetum glaucum* das cultivares BRS 1501, BRS 1502, BRS 1503 e ADR 300, pelo método Blotter test.



Fonte: Autor, 2025

Em seguida, as caixas com as sementes foram para a câmara de incubação, em condições de fotoperíodo de 12 horas, com temperatura de  $25 \pm 2$  °C até o surgimento de microrganismos, para em seguida, ser realizado a quantificação e identificação com o auxílio de microscópio estereoscópico e ótico. Esta fase de identificação foi realizada de acordo com a visualização das características morfológicas das estruturas fúngicas. Posteriormente, as estruturas verificadas foram isoladas em meio de cultura Batata Dextrose Ágar (BDA), para o possível crescimento e esporulação, a fim de realizar as próximas etapas do estudo.

O ensaio de germinação das sementes de milho foi avaliado após 9 dias, sob a condução de um delineamento inteiramente casualizado com 4 cultivares, plantados em uma bandeja (10 x 25 x 35 – 9 L) contendo areia esterilizada, sendo 400 sementes no total, 100 para cada cultivar, semeadas em 4 linhas (25 sementes) com 5 cm de distância e uma profundidade de 3 cm, mantidas com irrigação manual, respeitando a quantidade de água exigida pela cultura e mantido em ambiente com condições controladas.

Para o ensaio de transmissibilidade de fungos das sementes para as plântulas seguiu os mesmos princípios de condução experimental e acondicionamento das plantas como descrito no ensaio anterior. A avaliação das plântulas sintomáticas e as sadias ocorreram no intervalo de 15 a 40 dias após semeadura. O isolamento dos fungos de tecidos doentes foi a partir de fragmentos e, identificados pelo microscópio estereoscópico e ótico.

Para a confirmação dos postulados de Koch, as lesões presentes nas folhas, foram cortadas e desinfestadas em solução de álcool a 50%, por 40 segundos, logo em seguida por hipoclorito a 1% por 30 segundos, lavadas três vezes em água destilada e, posteriormente, transferidas para placas com BDA e incubadas em BOD com fotoperíodo de 12h e temperatura de  $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ , por 7 dias (Mourão et al., 2017). Em seguida, procedeu-se à identificação morfológica dos fungos presentes nas placas, com base nas chaves e ilustrações morfológicas de Ellis (1971), Barnett; Hunter (1972) e Sutton (1980). Considerando os gêneros fúngicos patogênicos suas estruturas (hifas, conidióforos e conídios) encontradas no ensaio de sanidade foram comparadas.

Os isolados fúngicos considerados patogênicos para o milho foram inoculados em plantas sadias de 30 dias, após a emergência no ensaio de patogenicidade. A inoculação foi por suspensão de conídios ( $1 \times 10^6$  conídios por mL<sup>-1</sup>) com auxílio de borrifadores na parte aérea das plantas, utilizando câmara de Neubauer para a contagem. Em seguida, as plantas foram conduzidas para condições controladas em câmara úmida por 48 horas, sob temperatura de  $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ . Após esse período as plantas foram mantidas na sala de crescimento e avaliadas diariamente por 7 dias, conforme metodologia de Santos et al. (2014). As partes dos tecidos das plantas lesionadas foram cortadas em pedaços pequenos e colocadas em meio de cultura BDA, para reavaliação da estrutura fúngica e comprovação dos postulados de Koch.

No ensaio *in vitro* foram preparadas soluções de óleos essenciais de *Baccharis latifolia*, *Cupressus* sp., *Ruta graveolens*, *Eucalyptus* sp. e *S. aromaticum*, obtidos pelo método de extração por arraste (JUMBO et al., 2014), a uma concentração de 30 mg/mL, a fim de selecionar o óleo com maior inibição do crescimento micelial. As soluções da concentração dos óleos essenciais foram preparadas com água destilada esterilizada, junto com 1% de Tween 80 e 2% de DMSO.

O delineamento foi inteiramente casualizado com 5 repetições para cada óleo essencial, considerando nessa etapa somente o controle com com 1% de Tween 80 e 2% de DMSO.

O processo *in vitro* ocorreu em câmara de fluxo laminar, no qual foi distribuído a solução sobre a superfície do meio BDA em placas de petri, com auxílio da alça Drigalski. Em seguida um disco de micélio de *Drechslera* sp. de 6mm de diâmetro foi posicionado no centro em cada placa. As placas de petri foram vedadas com filme PVC e incubados em BOD, sob as mesmas condições do ensaio anterior. A avaliação do crescimento micelial foi realizada a cada 2 dias, durante 10 dias, totalizando 5 avaliações. Considerou-se a medição micelial traçando dois eixos ortogonais entre si sobre o centro das placas, resultando em uma média aritmética. Com as avaliações realizadas, calculou-se a Inibição do Crescimento Micelial (ICM) em porcentagem, proposta por Gomes (2002).

Para a segunda etapa, o óleo essencial selecionado na etapa anterior foi utilizado para realizar um novo ensaio *in vitro* considerando as seguintes concentrações: 10, 20, 30, 40 e 50 mg/mL. O procedimento da distribuição e composição das soluções foram as mesmas da etapa anterior, assim como as avaliações, o cálculo do ICM (%) e o delineamento com 5 repetições. Ainda, foi considerado o controle negativo, uma solução de água destilada esterilizada contendo com 1% de Tween 80 e 2% de DMSO, e como o positivo, o fungicida tiofanato metílico a 20 mg/mL.

No ensaio de fitotoxicidade, 12 ml das soluções das concentrações do óleo essencial de *S. aromaticum* (8,5; 12,5; 16,5; 28,5; 42,5) foram aplicados em folhas em plantas saudáveis de milho de 30 dias, após a emergência em vasos de 11 L com solo, esterco curtido e 10 g de NPK (5-25-15). O delineamento foi inteiramente casualizados com 5 repetições. Como controle positivo, utilizou-se tratamento com água destilada esterilizada contendo com 1% de Tween 80 e 2% de DMSO. Após 48 horas foi avaliado o grau de intensidade da fitotoxicidade, adaptada por Dequech et al. (2008), Freitas et al. (2009) e Cogliatti et al. (2011).

Após os resultados de patogenicidade e transmissibilidade, um genótipo foi selecionado para realizar o ensaio preventivo. Considerou-se as mesmas condições experimentais e de plantio do ensaio anterior para as plantas de milho, assim como o delineamento e as 5 repetições. Uma solução de 12 ml das concentrações definidas, mediante ensaio de fitotoxicidade foram pulverizados sobre a superfície foliar das plantas, após um período de 2 horas, uma suspensão de conídios a  $1 \times 10^6$  conídios por  $\text{mL}^{-1}$  de *Drechslera* sp. foram pulverizados com borrifadores na superfície foliar. Em seguida, as plantas foram mantidas em câmaras úmidas por 48 horas em condições controladas. Logo, foi avaliado o grau de severidade a cada 2 dias, durante 10 dias, descrita por Santos et al. (2005). Os dados de severidade coletados foram utilizados para cálculo

da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), conforme a metodologia por Campbell e Madden (1990).

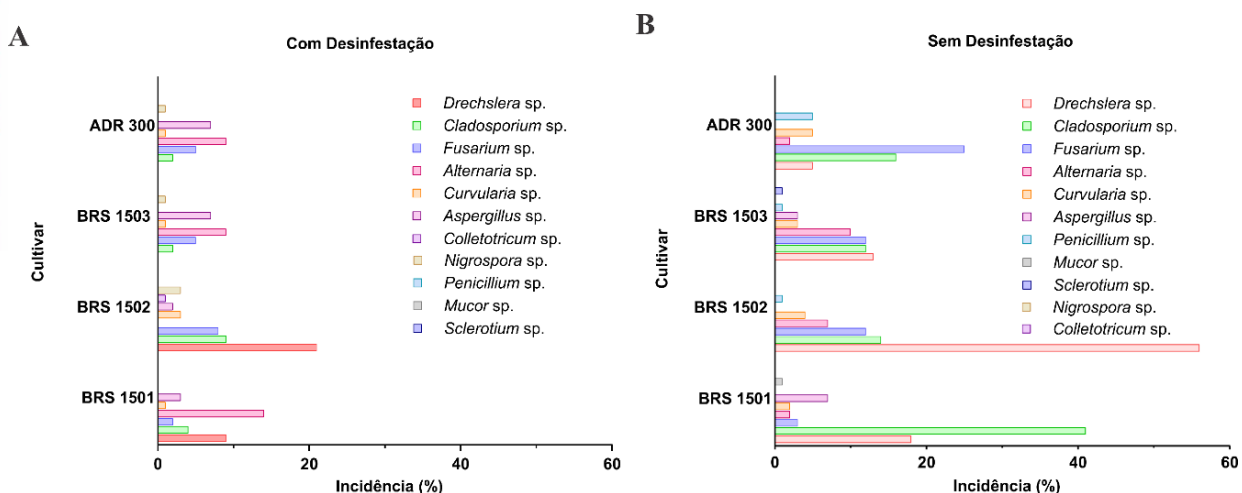
Para aplicação de forma curativa, seguiu a mesma metodologia do ensaio preventivo. Após o surgimento das primeiras lesões nas plantas de milho pela inoculação de *Drechslera* sp., as mesmas soluções das concentrações do ensaio anterior foram aplicadas. Para cada tratamento de sementes considerou o óleo essencial mediante resultados dos ensaios in vitro e in vivo nas plantas de milho. Os tratamentos utilizados foram as sementes sem desinfestação (controle), o óleo essencial de a uma concentração de 10 mg/mL e e tiofano metílico 20mg/ml. As sementes foram submersas por 3 minutos por cada tratamento. A avaliação da incidência e identificação dos gêneros fúngicos foi do mesmo modo que o ensaio de sanidade de sementes. Na análise estatística regressões foram realizadas nos ensaios de fitotoxicidade, preventivo e curativo. As análises dos dados e os gráficos foram realizadas pelo software Graph Prism 10.5.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O tratamento de sementes sem desinfestação, o fungo do gênero *Drechslera* sp. se destacou, apresentando maior incidência nas cultivares BRS 1502 e BRS 1503, com os respectivos valores de 56 e 13%. Ainda na cultivar BRS 1501, o fungo do gênero *Drechslera* sp. persistiu sua incidência com 18%, entretanto o de maior dominância foi o *Cladosporium* sp., com 41%. Este mesmo gênero apresentou apenas 5% de incidência para cultivar ADR 300. O gênero *Fusarium* sp. ocorreu em todas as cultivares em incidências variadas, porém alcançou 25% de incidência na cultivar ADR 300 (Figura 2A).

Com relação ao tratamento de sementes com desinfestação, houve maior incidência do gênero *Drechslera* sp. na cultivar BRS 1502, com incidência de 21% e na cultivar BRS 1501, houve uma redução, com ocorrência de apenas 9%. Nas demais cultivares este fungo não foi encontrado, havendo sua eliminação provavelmente devido a assepsia. Pode-se destacar ainda, o gênero *Alternaria* sp. que teve alta incidência nas cultivares BRS 1501, e de 21% e 9%, respectivamente, para a BRS 1503 e ADR 300. Pode-se ressaltar de um modo geral, que o gênero *Drechslera* sp. apresentou sua maior ocorrência nas sementes de milho com e sem desinfestação, dominância na cultivar BRS 1502 (Figura 2B). Este fungo, tem grande potencial de ser um fitopatógeno para o milho, pois tem alta frequência nas gramíneas.

Figura 2 - Incidência (%) de fungos em sementes de diferentes cultivares de milho (*Pennisetum glaucum*) (A): Tratamento com desinfestação (B): Tratamento sem desinfestação



Fonte: Autor, 2025

No presente trabalho, os fungos patogênicos encontrados foram *Fusarium sp.*, *Alternaria sp.*, *Curvularia sp.*, *Drechslera sp.*, *Colletotricum sp.*, *Sclerotium sp.*, dentre as cultivares ADR 300, BRS 1501, BRS 1502, BRS 1503. O estudo realizado por Martinatti et al. (2020), encontrou fungos do gênero *Fusarium sp.* e *Colletotricum sp.* na cultivar BRS 1501, colaborando com os presentes resultados.

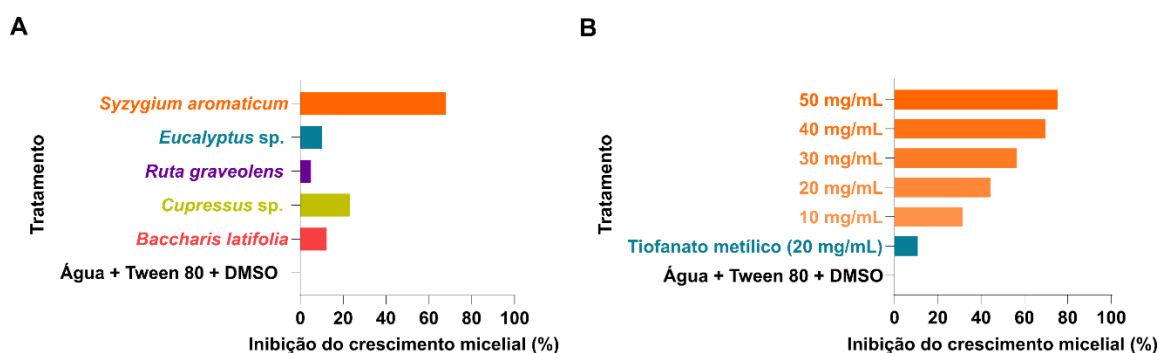
A maior porcentagem de germinação foram nas cultivares BRS 1503 (98%) e BRS 1502 (92%), enquanto BRS 1501 e ADR 300 apresentaram 88% e 85% de potencial germinativo. Para o ensaio de transmissibilidade, as cultivares ADR 300 e BRS 1501 apresentaram maior transmissão do fungo do gênero fúngico *Drechslera sp.*, nos tratamentos com e sem desinfestação de sementes. Já na cultivar BRS 1502 e BRS 1503, submetidos a ambos os tratamentos, o *Fusarium sp.*, apresentou maior transmissibilidade. Os gêneros fúngicos *Drechslera sp.*, *Curvularia sp.* e *Fusarium sp.*, apresentaram sintomas doentes nas plantas de milho.

A taxa de germinação das cultivares de milho do presente estudo é superior aos resultados encontrados por Gorgen (2013), sendo de 76%. As sementes não germinadas podem estar associadas a produção de micotoxinas por fungos associados a sementes, definindo o menor poder germinativo e qualidade de sementes (Gebeyaw, 2020). O milho por ser considerado uma forrageira de clima tropical, não há estudos diretos com a transmissibilidade e patogenicidade, porém em estudos com forrageiras tropicais realizado por Santos et al. (2014), determinaram a transmissibilidade via semente plântula dos gêneros fúngicos *Drechslera sp.*, *Curvularia sp.* e *Fusarium sp.*, consequentemente constatando que todos foram patogênicos. Ainda, esses mesmos autores relataram doenças como manchas foliares causada pela *Curvularia sp.*, por *Bipolaris sp.* e *Exserohilum sp.*, sintomas característicos encontrados para o milho nesse estudo.

Na seleção do óleo essencial com a melhor resposta para o controle da inibição micelial de *Drechslera sp.*, dentre os testados, o *Baccharis latifolia*, *Cupressus sp.*, *Ruta graveolens*,

*Eucalyptus* sp. e *S. aromaticum*, somente esse último determinou inibição maior, sendo 68% para a concentração de 30 mg/mL, determinando ser o óleo a ser utilizado nos demais ensaios (Figura 3A). A concentração de 50 mg/mL do óleo essencial de *S. aromaticum* permitiu 75,20% de inibição do crescimento micelial, sendo maior que o fungicida, que inibiu 10,71% (Figura 3B).

Figura 3 - Inibição do Crescimento Micelial (ICM%) de *Drechslera* sp. (A): *B. latifolia*, *Cupressus* sp., *Ruta graveolens*, *Eucalyptus* sp. e *S. aromaticum* (B): Diferentes concentrações de *S. aromaticum*

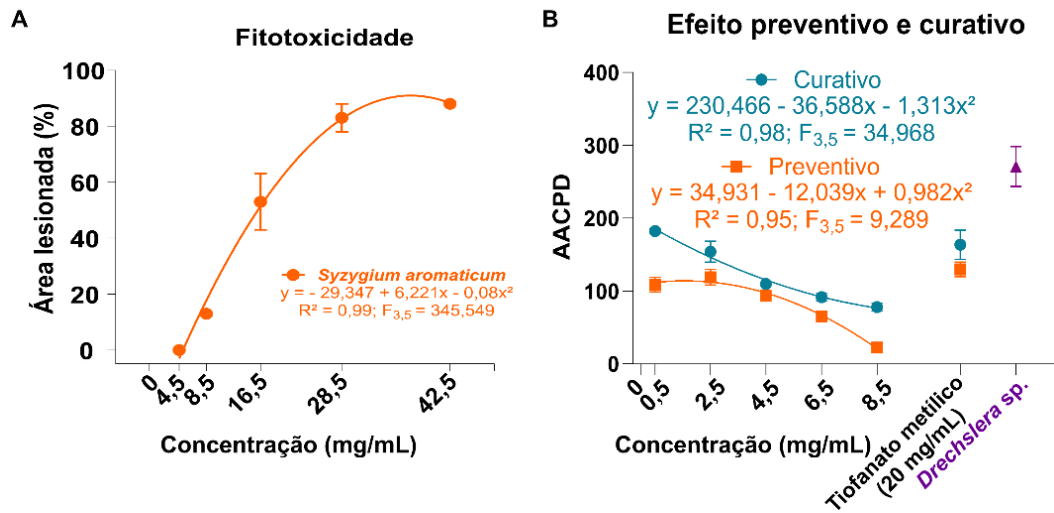


Fonte: Autor, 2026

O óleo essencial que possui maior inibição do crescimento micelial deve ser determinado, a fim de verificar seu efeito antifúngico contra patógenos fúngicos Mourão et al. (2023), como ocorreu nesse presente estudo. Mediante resultado encontrado no trabalho, as concentrações crescentes de *S. aromaticum*, inibiram o crescimento micelial de *Drechslera* sp., demonstrando seu potencial antifúngico. Resultados encontrados demonstraram o potencial antifúngico do óleo essencial de *S. aromaticum* para os gêneros fúngicos *Cladosporium* spp., *Lasiodiplodia* spp., *Colletotrichum* spp., *Fusarium* spp. e *Aspergillus* spp. (Ruiz Medina; Ruales, 2025).

De acordo com a fitotoxicidade, as concentrações entre 16,5 a 42,5 mg/mL determinaram uma área foliar lesionada de 53 a 88%, respectivamente (Figura 4 A). E nota-se, que a Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) foi significativamente reduzida na maior concentração do óleo essencial de *S. aromaticum*, sendo mais efetivo o controle de manchas foliares, causado pela *Drechslera* sp. em comparação com fungicida tanto na aplicação preventiva ou curativa de ambos os tratamentos (Figura 4 B).

Figura 4 - Ensaio *in vivo* em plantas de *Pennisetum glaucum* com óleo de *Syzygium aromaticum* (A) Fitotoxicidade de concentrações crescentes de *Syzygium aromaticum*. (B) Efeito preventivo e curativo de concentrações crescentes de *Syzygium aromaticum*.

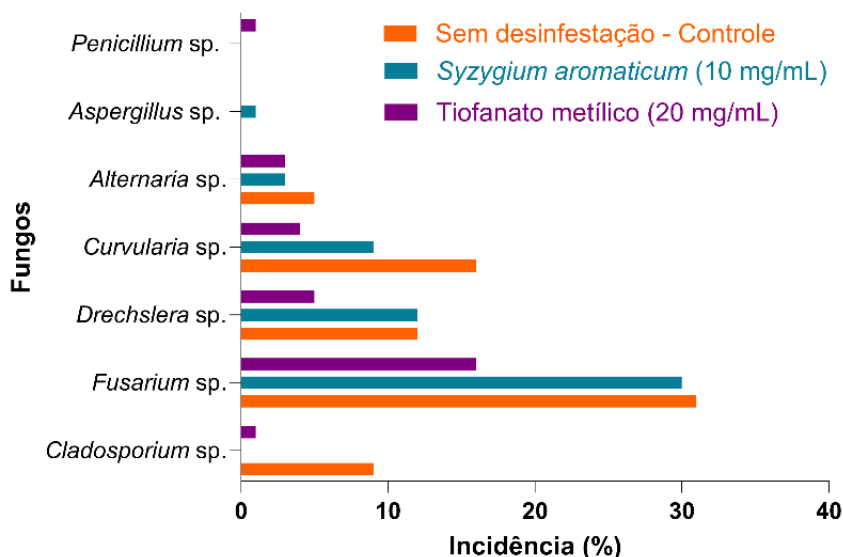


Fonte: Autor, 2025

Os óleos essenciais são amplamente avaliados somente em ensaio *in vitro*, porém sua ampla eficácia contra agentes fúngicos patogênicos devem ser testados as suas concentrações em ensaios *in vivo*, como fitotoxicidade e efeito preventivo e curativo (Dias et al., 2024). Nesse estudo foi considerado ensaios *in vivo*, permitindo demonstrar o potencial do óleo essencial de *S. aromaticum* para controlar manchas foliares, causadas por *Drechslera sp.*

O fungicida comercial permitiu uma menor incidência dos fungos patogênicos *Alternaria sp.* (3%), *Drechslera sp.* (5%), *Curvularia sp.* (4%), *Fusarium sp.* (16%), em contrapartida o óleo essencial *S. aromaticum* permitiu a mesma incidência de 3% para *Alternaria sp* (Figura 5). Diante desse resultado o fungicida é o mais indicado para o tratamento de sementes do milho.

Figura 5 - Incidência (%) de gêneros fúngicos em função de diferentes métodos de tratamento de sementes de *Pennisetum glaucum*



Fonte: Autor, 2025

O óleo essencial de *S. aromaticum* não foi eficaz em reduzir a incidência da maioria dos gêneros fúngicos para o tratamento de sementes, porém resultados encontrados por Silva et al. (2022), permitiram controlar a incidência de *Colletotrichum lindemuthianum* em sementes de feijão.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados com sementes demonstraram pelos ensaios de sanidade e transmissibilidade, a ocorrência de gêneros fúngicos patogênicos: *Drechslera* sp., *Curvularia* sp. e *Fusarium* sp., além da comprovação pelo ensaio de patogenicidade, por meio dos seus sintomas de manchas foliares e murchas das plantas de milho, respectivamente. O óleo essencial de *Syzygium aromaticum* possui potencial para o controle das doenças foliares, causadas por *Drechslera* sp., permitindo sua maior eficiência na aplicação preventiva, seguida da curativa, apresentando melhores valores em comparação ao fungicida químico. O óleo essencial de *Syzygium aromaticum*, não foi eficaz para o tratamento da maioria dos fungos nas sementes.

## Agradecimentos

À equipe do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal do Tocantins. Ao CNPQ, pela bolsa de estudos.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, I. F. C. **Óleos essenciais como potenciais elicitores botânicos no tratamento de sementes de soja**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2019.
- ALONSO, M. P.; MARQUES, M. C.; ROCHA, M. G.; MORAES, E. H. B. K.; POTIENS, J. R.; SILVA, R. R.; PEREIRA, I. G. Pearl millet grain for beef cattle in crop-livestock integration system: intake and digestibility. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, n. 3, p. 1461-1471, 2017.
- ARTEAGA-CRESPO, Y.; RADDI, G.; SALAZAR-CEVALLOS, M.; MORALES-CÁRDENAS, A.; GONZÁLEZ-MASIAS, J. A.; VALLEJO-GARCÍA, M. Preliminary predictive model of termiticidal and repellent activities of essential oil Extracted from *Ocotea quixos* leaves against *Nasutitermes corniger* (Isoptera: Termitidae) using one-factor response surface methodology design. **Agronomy**, v. 11, n. 6, p. 1249, 2021.
- AZHAR, H.; ALAM, S. S.; HASSAN, S. A.; HAMEED, A. Seed borne fungal pathogens associated with pearl millet (*Pennisetum typhoides*) and their impact on seed germination. **Pakistan Journal of Phytopathology**, v. 21, n. 1, p. 55-60, 2009.
- BARD, N. W.; CRONK, Q. C. B.; DAVIES, T. J. Fungal endophytes can modulate plant invasion. **Biological Reviews**, 2024.
- BARNETT, H. L.; HUNTER, B. B. **Illustrated Genera of Imperfect Fungi**. 3. ed. Minneapolis: Burgess Publishing Co., 1972. 241 p.
- BERGAMASCHINE, A. F.; GARCIA, J. F.; PEREIRA, R. T.; OLIVEIRA, C. D. S.; PIRES, A. V.; FREITAS, E. D. Substituição do milho e farelo de algodão pelo milheto no concentrado da dieta de novilhos em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 154-159, 2011.
- BHAT, R.; REDDY, K. R. N. Challenges and issues concerning mycotoxins contamination in oil seeds and their edible oils: Updates from last decade. **Food Chemistry**, v. 215, p. 425-437, 2017.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de Análise Sanitária de Sementes**. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 200 p.
- CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. **Introduction to Plant Disease Epidemiology**. New York: John Wiley & Sons, 1990. 532 p.
- COGLIATTI, M.; JUAN, V. F.; BONGIORNO, F.; DALLA, V. H.; ROGERS, W. J. Control of grassy weeds in annual canarygrass. **Crop Protection**, v. 30, n. 2, p. 125-129, 2011.
- DAMASCENA, J. F.; DIAS, B. L.; VITERI JUMBO, L. O.; JESUS, F. G.; SOARES, T. C. B.; FERREIRA, T. P. S.; MOURÃO, D. S. C.; DALCIN, M. S. Potencial preventivo e curativo do óleo essencial de *Morinda citrifolia* no controle da antracnose em plantas de mandioca: Fungitoxicidade, Fitotoxicidade e Sítio-Alvo. **Stresses**, v. 4, n. 4, p. 663-675, 2024.
- DEQUECH, S. T. B.; RIBEIRO, L. P.; SAUSEN, C. D.; EGEWARTH, R.; KRUSE, N. D. Fitotoxicidade causada por inseticidas botânicos em feijão-de-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivado em estufa plástica. **Revista da FZVA**, v. 15, n. 1, p. 138-148, 2008.

DE SOUZA, W. R.; RIBEIRO, R. P. S.; MACHADO, L. C.; OLIVEIRA, S. A. Qualidade sanitária de sementes de soja submetidas a tratamento com *Bacillus* spp. **Caderno Pedagógico**, v. 22, n. 5, p. e14875-e14875, 2025.

DIAS, B. L.; SARMENTO, R. A.; VENZON, M.; JUMBO, L. O. V.; SANTOS, L. S. S.; MOURA, W. S.; MOURÃO, D. S. C.; FERNANDES, P. R. S.; NEITZKE, T. R.; OLIVEIRA, J. V. A.; JESUS, F. G.; SOARES, T. C. B.; DALCIN, M. S. Morinda citrifolia Essential Oil: A Plant Resistance Biostimulant and a Sustainable Alternative for Controlling Phytopathogens and Insect Pests. **Biology**, v. 13, n. 7, p. 479, 2024.

DIAS-MARTINS, A. M.; PESSANHA, K. L. F.; PACHECO, S.; RODRIGUES, J. A. S.; CARNEIRO, J. C. S. Potential use of pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) in Brazil: Food security, processing, health benefits and nutritional products. **Food Research International**, v. 109, p. 175-186, 2018.

DOS SANTOS, P. R. R.; DALCIN, M. S.; JUMBO, L. O. V.; MOURÃO, D. S. C.; DIAS, B. L.; SANTOS, G. R. Pathogenicity of fungi associated with *Andropogon* grass seeds. **Journal of Plant Pathology**, v. 104, n. 2, p. 565-573, 2022.

ELLIS, M. B. **Dematiaceous Hyphomycetes**. Kew: Commonwealth Mycological Institute, 1971. 608 p.

FIDELIS, R. R.; SILVA, T. G. N.; OLIVEIRA, T. M.; SILVA, M. G.; RIBEIRO, T. P. SANIDADE E GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE SOJA EM FUNÇÃO DO TRATAMENTO BIOLÓGICO COM BACILLUS EM SOLO COM O POLÍMERO HIDRORETENTOR. In: **Avanços na agricultura sustentável: tecnologias e práticas inovadoras**. [S. l.]: Editora Impacto Científico, 2025. p. 64-74.

FREITAS, S. P.; MOREIRA, J. G.; FREITAS, I. L. J.; FREITAS JÚNIOR, S. P.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; SILVA, V. Q. R. Fitotoxicidade de herbicidas a diferentes cultivares de milho-pipoca. **Planta Daninha**, v. 27, p. 1095-1103, 2009.

GAVA, A.; BATTISTIN, C.; FERREIRA-NOZZA, C. V. S.; BORTOLINI, F.; GULARTE, G. V. C.; OLIBONI, R. Occurrence and impact of fungicides residues on fermentation during wine production – A review. **Food Additives & Contaminants: Part A**, v. 38, n. 6, p. 943-961, 2021.

GEBEYAW, M. Review on: Impact of seed-borne pathogens on seed quality. **American Journal of Plant Biology**, v. 5, p. 77-81, 2020.

GOMES, A. S. **Purificação, caracterização físico-química e biológica de proteínas ligantes à quitina presentes nas sementes de Moringa oleifera Lamarck**. 2002. 100 f. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2002.

GORGEN, A. V. **Produtividade e qualidade da forragem de milho (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br) e de trigo mourisco (*Fagopyrum esculentum* Moench) cultivado no Cerrado**. 2013. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

GUIMARÃES JÚNIOR, R.; GONÇALVES, L. D.; RODRIGUES, J. A. S. **Utilização do milho para produção de silagem**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2009. (Embrapa Cerrados. Documentos, 259).

JUMBO, L. O. V.; FARONI, L. R. A.; OLIVEIRA, E. E.; PIMENTEL, M. A. G.; SILVA, G. N. Potential use of clove and cinnamon essential oils to control the bean weevil,

Acanthoscelides obtectus Say, in small storage units. **Industrial Crops and Products**, v. 56, p. 27-34, 2014.

KEPIŃSKA-PACELIK, J.; BIEL, W. Alimentary Risk of Mycotoxins for Humans and Animals. **Toxins**, v. 13, n. 11, p. 822, 2021.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; RODRIGUES, J. A. S. **Fisiologia da planta de sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003.

MARTINATTI, J.; POSSENTI, R. A.; DE MELO, P. T. B. S.; PARIZ, C. M.; RUPOLO, G. C. S. Quality of millet seeds at different positions of the panicle. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 50, p. e65026, 2021.

MOURÃO, D. S. C.; PEREIRA, T. F. S.; SOUZA, D. J.; CHAGAS JÚNIOR, A. F.; DALCIN, M. S.; VELOSO, R. A.; LEÃO, E. U.; SANTOS, G. R. Essential Oil of *Cymbopogon citratus* on the Control of the *Curvularia* Leaf Spot Disease on Maize. **Medicines**, v. 4, n. 3, p. 62, 2017.

NAQVI, S. A. H.; NASIM, G.; RAHMAT, Z. Identification of seed borne fungi on farmer saved sorghum (*Sorghum bicolor* L.), pearl millet (*Pennisetum glaucum* L.) and groundnut (*Arachis hypogaea* L.) seeds. **Agricultural Science Research Journals**, v. 3, n. 4, p. 107-114, 2013.

NETTO, D. A. M. **Milheto: Tecnologias de produção e agronegócio**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2005.

NORIEGA, P.; ANDRADE, M.; VALLEJO, M.; ENDARA, D.; VARELA, A.; NORIEGA-SALAZAR, M. Antimicrobial and antioxidant bioautography activity of bark essential oil from *Ocotea quixos* (Lam.) kosterm. **JPC-Journal of Planar Chromatography**, v. 31, n. 2, p. 163-168, 2018.

OAYA, C.; OKEKE, F.; IDOKO, O.; ONAH, C.; EZE, D.; NNEJI, L. Impact of synthetic pesticides utilization on humans and the environment: an overview. **Agricultural Science & Technology**, v. 11, n. 4, p. 327-332, 2019.

PEREIRA FILHO, I. A.; FERREIRA, A. S.; CASELA, C. R.; RODRIGUES, J. A. S.; CRUZ, J. C.; WAQUIL, J. M. **Manejo da cultura do milheto**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003.

REYES-VAQUERO, L.; FERNANDEZ, L.; BARRIONUEVO, L.; LOPEZ, S.; TARRILLO, M.; TABOADA, A.; CASTAÑEDA, L.; GUTIERREZ, S. A.; RAMOS-ESCUADERO, F. Seasonal variation of chemical profile of *Ruta graveolens* extracts and biological activity against *Fusarium oxysporum*, *Fusarium proliferatum* and *Stemphylium vesicarium*. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 95, p. 104223, 2021.

RUIZ MEDINA, M. D.; RUALES, J. Essential Oils as an Antifungal Alternative for the Control of Various Species of Fungi Isolated from *Musa paradisiaca*: Part I. **Microorganisms**, v. 13, n. 8, p. 1827, 2025.

RUTKOWSKI, D.; ENGELBRECHT, C. C.; MILLS, C. N.; KETCHAM, R. E.; MCMINN-SAUDER, H.; MCART, S. H. Bee-associated fungi mediate effects of fungicides on bumble bees. **Ecological Entomology**, v. 47, n. 3, p. 411-422, 2022.

SANTOS, G. R.; CAFÉ-FILHO, A. C.; LEÃO, F. F.; CÉSAR, M.; FERNANDES, L. E. Progresso do crestamento gomoso e perdas na cultura da melancia. **Horticultura Brasileira**, v. 23, p. 228-232, 2005.

SANTOS, G. R.; TSCHOEKE, P. H.; SILVA, L. G.; SILVEIRA, M. C. A. C.; REIS, H. B.; BRITO, D. R.; CARLOS, D. S. Sanitary analysis, transmission and pathogenicity of fungi associated with forage plant seeds in tropical regions of Brazil. **Journal of Seed Science**, v. 36, p. 54-62, 2014.

SANTOS, G. R.; MOURÃO, D. S. C.; HAN, J. S.; OSÓRIO, P. R. A.; ARAÚJO, S. H. C.; LIMA, L. R. Potencial fungitóxico dos óleos essenciais de plantas do cerrado no controle dos fitopatógenos *Curvularia lunata* e *Rhizoctonia solani*. **Peer Review**, v. 5, n. 15, p. 112-127, 2023.

SANTOS, R. S.; PEREIRA, D. C.; GUIMARÃES, P. E. O.; DE MORAIS, A. R. O.; LEITE, H. B. P.; SCHAFFERT, R. E. Divergence in agronomic traits and performance of pearl millet cultivars in Brazilian semiarid region. **Grassland Science**, v. 63, n. 2, p. 118-127, 2017.

SILVA, A. A.; PEREIRA, F. A. C.; DE SOUZA, E. A.; DE OLIVEIRA, D. F.; NOBRE, D. A. C.; MACEDO, W. R.; SILVA, G. H. Inhibition of anthracnose symptoms in common bean by treatment of seeds with essential oils of *Ocimum gratissimum* and *Syzygium aromaticum* and eugenol. **European Journal of Plant Pathology**, v. 163, n. 4, p. 865-874, 2022.

SILVA, T. G. N.; OLIVEIRA, T. M.; FIDELIS, R. R.; SILVA, M. G.; RIBEIRO, T. P. Etiologia, patogenicidade e transmissão de fungos associados às sementes de espécies florestais do cerrado. **Acta Biológica Catarinense**, v. 9, n. 3, p. 4-14, 2022.

SUTTON, M. G. S. J.; MERCIER, L. A.; GIULIANI, E. R.; LIE, J. T. Atrial myxomas: a review of clinical experience in 40 patients. In: **Mayo Clinic Proceedings**. v. 55. n. 6, p. 371-376. Elsevier, 1980.

TAYLOR, J. R. N. Millet Pearl: Overview. In: WRIGLEY, C.; CORKE, H.; SEETHARAMAN, K.; FAUBION, J. (ed.). **Encyclopedia of Food Grains**. 2. ed. Oxford: Academic Press, 2016. p. 190-198.

WANG, S.; GUO, J.; GAO, X.; LI, L.; OGUT, T.; CAO, H.; WANG, C.; YANG, C. Antifungal, repellency, and insecticidal activities of *Cymbopogon distans* and *Ruta graveolens* essential oils and their main chemical constituents. **Chemistry & Biodiversity**, v. 19, n. 10, p. e202200351, 2022.

YIGIT, N.; VELIOGLU, Y. S. Effects of processing and storage on pesticide residues in foods. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 60, n. 21, p. 3622-3641, 2020.

ZHANG, C.; HU, R.; SHI, G.; JIN, Y.; ZOU, Y.; CHEN, C. Ecotoxicology of strobilurin fungicides. **Science of The Total Environment**, v. 742, p. 140611, 2020.