



Aplicação de compostos bioativos de espécies vegetais contra fungos fitopatogênicos do gênero *Fusarium* sp

Antônio Rony da Silva Pereira Rodrigues^{1*}

¹Discente da Universidade Estadual do Ceará, Curso de Licenciatura em Química, Centro de Ciências e Tecnologia, Fortaleza, Ceará, Brasil. *ronny346silva@gmail.com

Recebido em: 07/06/2023

Aceito em: 18/05/2024

Publicado em: 31/07/2024

<https://doi.org/10.29327/269504.6.1-32>

RESUMO

O gênero *Fusarium* representa um dos gêneros de fungos fitopatogênicos mais preocupantes para as culturas agrícolas em todo o mundo, devido sua alta disseminação e resistência aos fungicidas agrícolas sintéticos utilizados atualmente. Com objetivo de avaliar na literatura quais compostos bioativos podem atuar como agentes fungicidas frente a espécies de *Fusarium*, o presente estudo optou por realizar uma revisão integrativa de literatura, através da busca de estudos nas bases Scopus, Scielo, Embase e Web of Science. Os resultados demonstram que alcaloides, triterpenos e compostos aromáticos, como epicatequina, linalol, limoneno e cânfora, podem atuar inibindo a esporulação micelial, o crescimento e causando danos na produção de conídios, na parede celular e nos ciclos de produção de energia nos fungos. O alcaloide cantina-6-ona inibi o crescimento de *F. oxysporum*, através da paralisação das sínteses proteicas. O uso de fungicidas botânicos formulados com compostos bioativos auxilia no manejo e controle de *Fusarium* e protege a saúde humana e ambiental.

Palavras-chave: Atividade antifúngica. Fitopatogênicos. Fungicidas botânicos.

Application of bioactive compounds of plant species against phytopathogenic fungi of the genus *Fusarium* sp

ABSTRACT

The genus *Fusarium* represents one of the genres of phytopathogenic fungi of most concern to agricultural crops worldwide, due to its high spread and resistance to the synthetic agricultural fungicides currently used. In order to evaluate in the literature which bioactive compounds can act as fungicidal agents against *Fusarium* species, the present study chose to perform an integrative literature review, through the search for studies in the Scopus, Scielo, Embase and Web of Science databases. The results show that alkaloids, triterpenes and aromatic compounds, such as epicatechin, linalool, limonene and camphor, can act by inhibiting mycelial sporulation, growth and causing damage to conidia production, cell wall and energy production cycles in fungi. The alkaloid cantin-6-one inhibits the growth of *F. oxysporum* by paralyzing protein synthesis. The use of botanical fungicides formulated with bioactive compounds assists in the management and control of *Fusarium* and protects human and environmental health.

Keywords: Antifungal activity. Phytopathogens. Botanical fungicides.

INTRODUÇÃO

Fusarium é um gênero de fungos fitopatogênicos pertencentes ao grupo dos ascomicetos, que estão associados a podridão das raízes e caules, ferrugem e murcha em diferentes espécies vegetais (PATEL et al., 2022). O gênero *Fusarium* compreende cerca de 300 espécies encontradas entre 23 espécies diferentes de *Fusarium*. As espécies mais relevantes economicamente são *Fusarium graminearum*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani* e *Fusarium fujikuroi*, que estão relacionadas doenças em tomateiros, trigo, alho e outros vegetais (O'DONNELL et al., 2020; SUMMERELL, 2019).

Os fungos do gênero *Fusarium* provocam altas perdas na produtividade de grãos, afetando a qualidade, o tamanho, massa e contaminando com micotoxinas (MCMULLEN et al., 2012). Espécies de *Fusarium* produzem micotoxinas como tricotecenos, zearalenonas, fumonisinas e toxinas secundárias como beauvericina, enniatinas, fusaproliferina e moniliformina, sendo essas responsáveis pela invasão nas frutas e vegetais, causando apodrecimento e deterioração (FERRIGO et al., 2016; PATEL et al., 2022).

A melhor forma para combater infecções por *Fusarium* segue sendo o controle preventivo, manejo das sementes e o tratamento químico por fungicidas, mas as espécies têm se adaptado e se tornado resistentes aos produtos químicos atualmente utilizados, o que provocou que novas pesquisas fossem iniciadas, buscando o controle biológico de espécies *Fusarium*. (OLIVEIRA et al., 2014, MACHADO et al., 2002).

Entre os meios de controle biológico de fitopatógenos fúngicos, o uso de extrato de plantas é indicado como alternativa antifúngica frente ao fitopatógenos, por ter ação fungitóxica direta, inibindo o crescimento micelial e esporulação (SCHWAN-ESTRADA; STANGARLIN, 2005). O uso de agentes alternativos de controle biológico para o controle de *Fusarium* tem sido amplamente documentado na literatura (TIAN et al., 2022).

O controle biológico de *Fusarium* por meio da utilização de microrganismos antagonicos não patogênicos, ações de nanopartículas ou compostos químicos como fenóis e alcaloides, possuem potência para minimizar ou recuperar culturas agrícolas contaminadas por *Fusarium* (CHTIOUI et al., 2022; ATTIA et al., 2022; JIAN et al., 2022).

Tendo em vista a necessidade de controle e a resistência das espécies fitopatogênicas do gênero *Fusarium* aos fungicidas químicos atualmente utilizados nas

culturas agrícolas contaminadas, o presente estudo objetivou avaliar na literatura ações de controle biológico de espécies do gênero *Fusarium*, através da aplicação de compostos bioativos oriundos de espécies vegetais, que podem atuar como fungicidas botânicos.

METODOLOGIA

O estudo trata-se de uma revisão integrativa de literatura (RI). A revisão integrativa auxilia na síntese dos estudos selecionados, com base na identificação de abordagens teóricas e metodológicas, bem como nas falhas nos estudos (SOARES et al., 2014). Souza et al., (2010) descreve que revisões integrativas devem seguir 6 etapas metodológicas, sendo elas: elaboração da pergunta norteadora, busca ou amostragem na literatura, coleta de dados, análise crítica dos estudos incluídos, discussão dos resultados e apresentação da revisão integrativa.

Inicialmente, foi elaborado a seguinte pergunta norteadora: “Quais compostos bioativos naturais são descritos na literatura como possíveis meios de ação para atuar como fungicidas frente a espécies do gênero *Fusarium*?”.

Na segunda etapa do estudo, foi realizado uma busca por artigos nas fontes bases de dados Embase (*Elsevier*), Scopus (*Elsevier*), Web of Science (*Clarivate*) e Scielo (*Scientific Electronic Library Online*), o acesso as bases de dados forma realizadas através do Portal de Periódico da CAPES, e a pesquisa nas bases de dados através do termos: “*Bioactive compounds*”, “*Chemical compounds*” “*Phytopathogenic fungi*” “*Fusarium*”, “*Fungicidal action*”, “*Antifungal activity*”, e “*Genus Fusarium*” juntos aos operadores booleanos AND e OR, os termos foram pesquisados em língua portuguesa e inglesa para ampliar o espectro de busca.

Para seleção dos artigos, foram aplicados de inclusão, sendo incluídos: artigos completos, em qualquer idioma, no período de corte temporal proposto (2018-2023) e dentro do escopo proposto para o estudo. Foram excluídos: artigos incompletos, resumos, teses, dissertações, monografias, livros, capítulos de livros, trabalhos publicados em anais de eventos, trabalhos fora do recorte temporal e estudos que não respondiam à pergunta norteadora.

Os estudos foram selecionados através da aplicação dos critérios de inclusão, exclusão e remoção das duplicatas através do uso do *software* gratuito *Rayyan*, como proposto por Ouzzani et al., (2016) para revisões. Posteriormente os artigos foram selecionados através da leitura de títulos, resumos e palavras-chave e depois mediante

leitura minuciosa dos artigos na íntegra, com propósito de selecionar os artigos que respondiam à pergunta norteadora, sendo esses inclusos para compor a versão final da revisão integrativa.

Para o processamento e apresentação dos dados, optou-se pelo método de nuvem de palavras, com auxílio do *software Wordle*. As nuvens de palavras demonstram a frequência das palavras mais citadas no corpus textual, sendo uma metodologia auxiliar para apresentação de dados e apoia outros estudos dentro da mesma temática (DIAS et al., 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram recuperados nas bases de dados 849 artigos, com a aplicação dos critérios de inclusão, exclusão e remoção das duplicatas 613 estudos foram excluídos, sendo eleitos 236 artigos, que foram lidos títulos, resumos e palavras-chave, sendo selecionados 52 trabalhos para serem lidos na íntegra, com a leitura minuciosa dos estudos, 14 artigos foram considerados aptos a integrar a versão final da revisão. Os processos para seleção dos estudos que compõem a revisão podem ser visualizados na Figura 1 e a caracterização dos aspectos gerais dos estudos estão dispostos na Tabela 1.

Figura 1 – Fluxograma PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) dos processos de seleção dos artigos que compõem a RI.

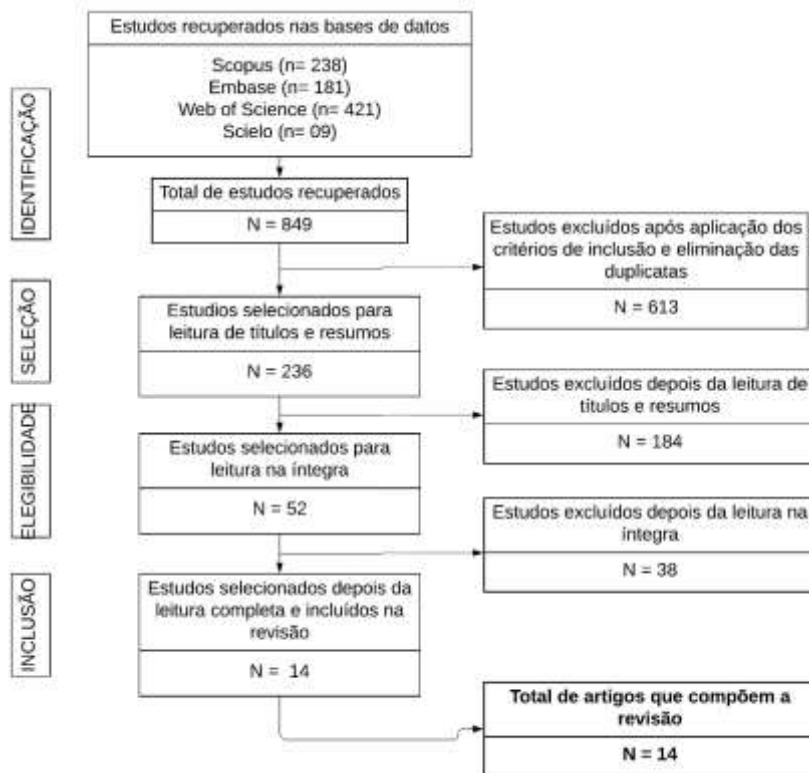


Tabela 1- Caracterização dos estudos que compõem a revisão.

Autor, ano	Espécie vegetal	Composto bioativo	Espécie fúngica	Resultados
Abbas; Yli-Mattila, T, (2022)	<i>Zanthoxylum bungeanum</i>	Epicatequina, kaempferol-3-O-ramnosídeo e hiperosídeo	<i>Fusarium graminearum</i>	Inibiu o crescimento fúngico em até 48,5%. Após os tratamentos de biocontrole, o nível de DNA de <i>F. graminearum</i> foi reduzido em até 85,5%.
Achimon et al., (2021)	<i>Rosmarinus officinalis</i>	1,8-cineol, α -pineno e (-)-cânfora	<i>Fusarium verticillioides</i>	Óleo essencial de <i>R. officinalis</i> inibi fracamente o crescimento fúngico, mas apresenta inibiu a produção de conídios.
Chen et al., (2018)	<i>Curcuma longa</i>	3-elemeno, curcumina, germacrone e curcumol	<i>Fusarium graminearum</i>	O efeito antifúngico incluiu ruptura da membrana celular fúngica e inibição da síntese de ergosterol, respiração, succinato desidrogenase.
Galvez et al., (2020)	<i>Senecio viridis</i>	α -felandreno, o-cimeno e β -pineno	<i>Fusarium verticillioides</i> e <i>Fusarium graminearum</i>	O óleo apresentou atividade antifúngica moderada (1,2 mg/mL > MIC >0. 6 mg/mL) nas espécies de <i>Fusarium</i> .
Jian et al., (2023)	NR	Limoneno	<i>Fusarium graminearum</i>	A aplicação de limoneno exhibe atividade antifúngica com EC ₅₀ a 1,40 μ l/ml. O limoneno diminui o comprimento dos septos de conídios e encolhimento de hifas, danificando as membranas, vacúolos e parede celular e organelas na hifa de <i>F. graminearum</i> .
Jiang et al., (2023)	<i>Humulus lupulus</i>	β -mirceno e α -humuleno	<i>Fusarium graminearum</i>	Induz efeito inibitório no crescimento micelial e germinação de esporos isolados de <i>F. graminearum</i> , reduz a produção de desoxinivalenol.
Li et al., (2021)	<i>Ailanthus altissima</i>	Cantina-6-ona	<i>Fusarium oxysporum</i>	A cantina-6-ona inibiu o crescimento de <i>F. oxysporum</i> . A análise proteômica mostrou que a expressão de 203 proteínas foi alterada após o

Li et al., (2023)	NR*	Linalol	<i>Fusarium oxysporum</i>	tratamento com cantina-6-ona. Linalol inibi o crescimento micelial, danificando a integridade da parede celular e reduz as vias metabólicas biossintéticas nos níveis de transcrição de proteína, incluindo a atividade de transporte e metabolismo de carboidratos em <i>F. oxysporum</i> .
Méndez-Chávez et al., (2022)	<i>Annona cherimola</i>	Almunequina e isocherimolina-1	<i>Fusarium oxysporum</i>	Se demonstrou ativo frente ao crescimento de <i>F. oxysporum</i> , sendo as subfrações obtidas da triagem antifúngica tiveram efeito significativo ($p < 0,05$) nos parâmetros de crescimento de <i>F. oxysporum</i> .
Seepe et al., (2021)	<i>Combretum erythrophyllum</i>	5-hidroxi-7,4'-dimetoxiflavona e ácido maslínico	<i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Fusarium verticilloides</i> , <i>Fusarium subglutinans</i> e <i>Fusarium proliferatum</i>	Os compostos mostraram boa atividade antifúngica com concentrações inibitórias mínimas inferiores a 1,0 mg/mL contra um ou mais dos patógenos <i>Fusarium</i> testados.
Seepe et al., (2022)	<i>Lantana camara</i>	Lantadeno A e ácido boswélico	<i>Fusarium proliferatum</i> , <i>Fusarium solani</i> e <i>Fusarium graminearum</i>	Lantadeno A e ácido boswélico registraram valores de concentração inibitória máxima de 84,2 µg/mL e 186,6 µg/mL, respectivamente.
Uwineza et al., (2022)	<i>Melissa officinalis</i>	Lemonal	<i>Fusarium proliferatum</i> e <i>Fusarium culmorum</i>	Os extratos de erva-cidreira reduzem o teor de ergosterol e sintetizam micotoxinas em ambas as cepas testadas.
Zhang et al., (2022)	<i>Sabina chinensis</i>	β-felandreno, por terpinen-4-ol e acetato de bornil	<i>Fusarium oxysporum</i> e <i>Fusarium incarnatum</i>	<i>F. oxysporum</i> e <i>F. incarnatum</i> , com valores de EC ₅₀ de 1,42 e 1,15 µL/mL, que atingem aproximadamente 76% e 90% de inibição do

Zhu et al., (2022)	<i>Peganum harmal</i>	β -carbolínicos (β Cs), harmina, harmalina, harmano, harmalol e harmol	<i>Fusarium oxysporum</i>	crescimento na dose de 0,2 μ L/mL, respectivamente. Os micélios e esporos de <i>F. oxysporum</i> são morfologicamente deformados e a integridade das membranas celulares rompida após a exposição ao harmano.
--------------------	-----------------------	--	---------------------------	--

NR* - Não relatado

Quando observada a nuvem de palavras abaixo, é possível destacar termos como *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani* e *Fusarium graminearum*, que descrevem as principais espécies do gênero *Fusarium* estudadas nos artigos. Termos como alcaloides, fenóis, epicatequina, linalol, 1,8-cineol, β -mirceno e limoneno, aparecem e estão relacionados a compostos químicos estudados com ação antifúngica frente as espécies de *Fusarium*. A nuvem de palavras dos termos com mais frequências está disposta na Figura 2.

Figura 2 – Nuvem de palavras dos termos com maior frequência nos estudos que compõem a RI.



O uso de compostos químicos para formulação de fungicidas botânicos para espécies do gênero *Fusarium* tem se demonstrado promissor. Epicatequina, kaempferol-3-O-ramnosídeo, lemonal, 5-hidroxi-7,4'-dimetoxiflavona, β -felandreno e ácido maslínico, são alguns compostos descritos na literatura como potenciais fungicidas, pois atuam inibindo o crescimento micelial, reduzindo a esporulação e reduzindo a produção de micotoxinas das espécies de *Fusarium* (UWINEZA et al., 2022; ABBAS; YLI-MATTILA, T, 2022; SEEPE et al., 2021; ZHANG et al., 2022).

O estudo de óleos essenciais como potencial agente antifúngico frente a espécies de *Fusarium*, tem se demonstrado viáveis. Jian et al., (2023) avaliou a ação antifúngica do óleo essencial de *Humulus lupulus* (lúpulo) frente a cepas de *Fusarium graminearum*. Os resultados demonstraram que com o aumento da nanoemulsão de óleo essencial de lúpulo de 0,88 mg/g para 14,00 mg/g, as taxas de inibição de crescimento micelial de *F. graminearum* aumentaram de 21,71% para 55,37%, esse aumento está relacionado a maior concentração de β -mirceno e α -humuleno, compostos identificados como responsáveis pela ação antifúngica. Outros estudos relatam que o óleo essencial de lúpulo inibi o crescimento de patógenos fúngicos, como *Fusarium oxysporum* em 60,7-91,5% (OKORSKA et al., 2023).

Estudos descrevem o potencial de antifúngico de óleos essenciais contra fungos fitopatogênicos do gênero *Fusarium*. Achimon et al., (2021) descreve que o óleo essencial de *Rosmarinus officinalis* apresenta efeito antifúngico frente a cepa de *F. verticillioides* M3125 de 24,2% de inibição a 1000 ppm, além de ser eficaz contra a esporulação fúngica, provocando redução de 30-40% na produção de conídios. Outro óleo essencial com ação viável é o de *Senecio viridis*, devido a presença de α -felandreno e β -pineno, o óleo de *S. viridis* demonstra efeito de antifúngico para *F. verticillioides* (GALVEZ et al., 2020). Em concentrações que variam de 20 a 80 $\mu\text{l ml}^{-1}$ de 1,8-cineol isolados de *R. officinalis* apresentam atividade fungicida frente a *Fusarium oxysporum* (RAHMOUNI et al., 2019).

Na perspectiva de encontrar um fungicida eficaz frente a espécie *Fusarium oxysporum*, diversos estudos revelam potenciais compostos químicos com ação fungicida a essa espécie. Entre as novas pesquisas está o uso do extrato bruto das folhas secas de *Annona cherimola* (cherimóia), devido a presença de almunequina e isocherimolina-1, os testes com extratos de *A. cherimola* demonstraram taxa de inibição de 100% contra *F. oxysporum* na dosagem de 16 mg/mL. Compostos como os alcaloides β -carbolínicos (β Cs), harmina, harmalina, harmano, harmalol e harmol obtidos da *Peganum harmal* e o alcaloide cantina-6-ona isolada de *Ailanthus altíssima*, atuam como antifúngicos para *F. oxysporum*, alterando a expressão de proteínas do fungo (MÉNDEZ-CHÁVEZ et al., 2022; ZHU et al., 2022; LI et al., 2021).

Compostos isolados de espécies vegetais, como o limoneno, linalol e lantadene A são descritos na literatura como inibidores do crescimento fúngico de *F. subglutinans*, *F. proliferatum*, *F. solani*, *F. graminearum*, e *F. semitectum*. O limoneno exhibe atividade

antifúngica contra *F. graminearum* com o EC₅₀ a 1,40 µl/ml, podendo reduzir o comprimento e septos de conídios e causar quebra e encolhimento das hifas. O lantadene A, apresenta concentração inibitória mínima menor ou igual a 0,63 mg/mL, com taxa de inibição máxima em 84,2 µg/mL. O linalol danifica a integridade da membrana celular, aumentou os níveis de espécies reativas de oxigênio, causando inibição micelial através de reações redox (JIAN et al., 2023; LI et al., 2023; SEEPE et al., 2022).

Chen et al., (2018) avaliou a atividade fúngica de compostos presente nos extratos de *Curcuma longa* frente a *F. graminearum*. Os resultados demonstraram que os componentes químicos da *C. longa* possuem efeito antifúngico, podendo interferir na membrana celular e inibir a síntese de ergosterol. Avanço et al. (2017) revelou que cepas de *F. verticillioides* tratadas com óleo essencial de *C. longa* apresentaram redução na produção de ergosterol (p < 0,05).

CONCLUSÃO

Com a análise dos estudos que compõem a revisão, foi possível observar que muitos estudos relatam diferentes compostos químicos que podem atuar como formuladores de composições fungicidas, tendo como destaque compostos aromáticos, triterpenos, fenóis e alcaloides, isolados ou em composições de óleos essenciais ou extratos.

A aplicação de fungicidas em áreas contaminadas por *Fusarium* formulados com componentes químicos isolados de espécies vegetais são importantes, por assegurar a funcionalidade do produto, não ser agressivo ao meio ambiente e nem a saúde humana. Ainda são necessários novos estudos para viabilizar a produção de fungicidas botânicos a partir desses componentes em carga escala. O presente estudo abrange e descreve diversos estudos que contribuem para a formulação de conhecimento acerca de compostos bioativos no controle e manejo de fungos fitopatogênicos do gênero *Fusarium*.

REFERÊNCIAS

ABBAS, A.; YLI-MATTILA, T. Biocontrol of *Fusarium graminearum*, a causal agent of *Fusarium* head blight of wheat, and deoxynivalenol accumulation: From in vitro to in planta. **Toxins**, v. 14, n. 5, p. 299, 2022.

ACHIMÓN, F.; BRITO, V. D.; PIZZOLITTO, R. P.; SANCHEZ, A. R.; GÓMEZ, E. A.; ZYGADLO, J. A. Chemical composition and antifungal properties of commercial essential oils against the maize phytopathogenic fungus *Fusarium verticillioides*. **Revista Argentina de Microbiología**, v. 53, n. 4, p. 292-303, 2021.

ATTIA, M. S.; ABDELAZIZ, A. M.; AL-ASKAR, A. A.; ARISHI, A. A.; ABDELHAKIM, A. M.; HASHEM, A. H. Plant growth-promoting fungi as biocontrol tool against fusarium wilt disease of tomato plant. **Journal of Fungi**, v. 8, n. 8, p. 775, 2022.

AVANÇO, G. B.; FERREIRA, F. D.; BOMFIM, N. S.; PERALTA, R. M.; BRUGNARI, T.; MALLMANN, C. A.; MACHINSKI JR, M. Curcuma longa L. essential oil composition, antioxidant effect, and effect on Fusarium verticillioides and fumonisin production. **Food Control**, v. 73, p. 806-813, 2017.

CHEN, C.; LONG, L.; ZHANG, F.; CHEN, Q.; CHEN, C.; YU, X.; LONG, Z. Antifungal activity, main active components and mechanism of Curcuma longa extract against Fusarium graminearum. **PLoS One**, v. 13, n. 3, p. e0194284, 2018.

CHTIQUI, W.; BALMAS, V.; DELOGU, G.; MIGHELI, Q.; OUFENSOU, S. Bioprospecting phenols as inhibitors of trichothecene-producing Fusarium: Sustainable approaches to the management of wheat pathogens. **Toxins**, v. 14, n. 2, p. 72, 2022.

DIAS, M. S. D. A.; PARENTE, J. R. F.; VASCONCELOS, M. I. O.; DIAS, F. A. C. Intersetorialidade e Estratégia Saúde da Família: tudo ou quase nada a ver? **Ciência Saúde Coletiva**, v. 19, n. 11, p. 4371-4382, 2014.

FERRIGO, D.; RAIOLA, A.; CAUSIN, R. *Fusarium* Toxins in Cereals: Occurrence, Legislation, Factors Promoting the Appearance and Their Management. **Molecules**, v. 21, n. 627, 2016.

GALVEZ, C. E.; JIMENEZ, C. M.; GOMEZ, A. D. L. A.; LIZARRAGA, E. F.; SAMPIETRO, D. A. Chemical composition and antifungal activity of essential oils from Senecio nutans, Senecio viridis, Tagetes terniflora and Aloysia gratissima against toxigenic Aspergillus and Fusarium species. **Natural Product Research**, v. 34, n. 10, p. 1442-1445, 2020.

JIAN, Y.; CHEN, X.; AHMED, T.; SHANG, Q.; ZHANG, S.; MA, Z.; YIN, Y. Toxicity and action mechanisms of silver nanoparticles against the mycotoxin-producing fungus Fusarium graminearum. **Journal of Advanced Research**, v. 38, p. 1-12, 2022.

JIAN, Y.; CHEN, X.; MA, H.; ZHANG, C.; LUO, Y.; JIANG, J.; YIN, Y. Limonene formulation exhibited potential application in the control of mycelial growth and deoxynivalenol production in Fusarium graminearum. **Frontiers in Microbiology**, v. 14, 2023.

JIANG, H.; ZHONG, S.; SCHWARZ, P.; CHEN, B.; RAO, J. Antifungal activity, mycotoxin inhibitory efficacy, and mode of action of hop essential oil nanoemulsion against Fusarium graminearum. **Food Chemistry**, v. 400, p. 134016, 2023.

LI, X.; WANG, Q.; LI, H.; WANG, X.; ZHANG, R.; YANG, X.; SHI, Q. Revealing the Mechanisms for Linalool Antifungal Activity against Fusarium oxysporum and Its Efficient Control of Fusarium Wilt in Tomato Plants. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 24, n. 1, p. 458, 2023.

LI, Y.; ZHAO, M.; ZHANG, Z. Quantitative proteomics reveals the antifungal effect of canthin-6-one isolated from Ailanthus altissima against Fusarium oxysporum f. sp. cucumerinum in vitro. **PLoS One**, v. 16, n. 4, p. e0250712, 2021.

MACHADO, J. C. **Salt agar medium to detect storage fungi in seed**. 1. ed. Bassersdorf: ISTA, 2002. 138 p.

MCMULLEN, M.; BERGSTROM, G.; DE WOLF, E.; DILL-MACKY, R.; HERSHMAN, D.; SHANER, G.; SANFORD, D. A Unified Effort to Fight an Enemy of Wheat and Barley: *Fusarium* Head Blight. **Plant Disease**, v. 96, p. 1712-172, 2012.

MÉNDEZ-CHÁVEZ, M.; LEDESMA-ESCOBAR, C. A.; HIDALGO-MORALES, M.; RODRÍGUEZ-JIMENES, G. D. C.; ROBLES-OLVERA, V. J. Antifungal activity screening of fractions from Annona

cherimola Mill. leaf extract against *Fusarium oxysporum*. **Archives of Microbiology**, v. 204, n. 6, p. 330, 2022.

O'DONNELL, K.; AL-HATMI, A. M. S.; AOKI, T.; BRANKOVICS, B.; CANO-LIRA, J. F.; COLEMAN, J. J.; DE HOOG, G. S.; DI PIETRO, A.; FRANDSEN, R. J. N.; GEISER, D. M. No to *Neocosmospora*: Phylogenomic and Practical Reasons for Continued Inclusion of the *Fusarium Solani* Species Complex in the Genus *Fusarium*. **Sphere**, v. 5, p. 1–7, 2020.

OKORSKA, S. B.; DĄBROWSKA, J. A.; GŁOWACKA, K.; PSZCZÓLKOWSKA, A.; JANKOWSKI, K. J.; JASTRZEBSKI, J. P.; OKORSKI, A. The Fungicidal Effect of Essential Oils of Fennel and Hops against *Fusarium* Disease of Pea. **Applied Sciences**, v. 13, n. 10, p. e6282, 2023.

OLIVEIRA, J. B.; BIONDO, V.; SCHWAN-ESTRADA, K. R. F. Extratos e tinturas vegetais sobre o crescimento micelial de *Corynespora cassiicola* e indução de fitoalexinas em soja. **Revista UNINGÁ Review**, v. 17, n. 3, p. 5-10, 2014.

OUZZANI, M.; HAMMADY H.; FEDOROWICZ, Z.; ELMAGARMID A. Rayyan—a web and mobile app for systematic reviews. **Systematic. Reviews**, v. 5, p. 1-10, 2016.

PATEL, R.; MEHTA, K.; PRAJAPATI, J.; SHUKLA, A.; PARMAR, P.; GOSWAMI, D.; SARAF, M. An anecdote of mechanics for *Fusarium* biocontrol by plant growth promoting microbes. **Biological Control**, p. e105012, 2022.

RAHMOUNI, A.; SAIDI, R.; KHADDOR, M.; PINTO, E.; DA SILVA J. C. G. E.; MAOUNI, A. Chemical composition and antifungal activity of five essential oils and their major components against *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* of Moroccan palm tree. **Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration**, 4, 1-9, 2019.

SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; STANGARLIN, J. R. Extratos e óleos essenciais de plantas medicinais na indução de resistência. In: CAVALCANTI, L. S. (Org.). **Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos**. Piracicaba: FEALQ, 2005. p. 125-132

SEEPE, H. A.; RAMAKADI, T. G.; LEBEPE, C. M.; AMOO, S. O.; NXUMALO, W. Antifungal activity of isolated compounds from the leaves of *Combretum erythrophyllum* (Burch.) Sond. and *Withania somnifera* (L.) dunal against *Fusarium* pathogens. **Molecules**, v. 26, n. 16, p. 4732, 2021.

SEEPE, H. A.; RAPHOKO, L.; AMOO, S. O.; NXUMALO, W. Lantadene A and boswellic acid isolated from the leaves of *Lantana camara* L. have the potential to control phytopathogenic *Fusarium* species. **Heliyon**, v. 8, n. 12, p. e12216, 2022.

SOARES, C. B.; HOGA, L. A. K.; PEDUZZI, M.; SANGALETI, C.; YONEKURA T.; SILVA, D. R. A. D. Revisão integrativa: conceitos e métodos utilizados na enfermagem. **Revista Escola de Enfermagem da USP**, v. 48, n. 2, p. 335-345, 2014.

SOUZA, M.T.; SILVA, M. D.; CARVALHO, R. Revisão integrativa: o que é e como fazer. **Einstein**, v. 8, n. 1, p. 102-106, 2010.

SUMMERELL, B. A. Resolving *Fusarium*: Current Status of the Genus. **Annual Review of Phytopathology**, v. 57, p. 323–339, 2019.

TIAN, Y.; TAN, Y.; LIU, N.; LIÃO, Y.; SOL, C.; WANG, S.; WU, A. Elimination of *Fusarium* mycotoxin deoxynivalenol (DON) via microbial and enzymatic strategies: Current status and future perspectives. **Trends in Food Science & Technology**, v. 124, p. 96-107, 2022.

UWINEZA, P. A.; URBANIAK, M.; BRYŁA, M.; STĘPIEŃ, Ł.; MODRZEWSKA, M.; WAŚKIEWICZ, A. In vitro effects of lemon balm extracts in reducing the growth and mycotoxins biosynthesis of *Fusarium culmorum* and *F. proliferatum*. **Toxins**, v. 14, n. 5, p. 355, 2022.

ZHANG, J.; ZHAO, Z.; LIANG, W.; BI, J.; ZHENG, Y.; GU, X.; FANG, H. Essential oil from *Sabina chinensis* leaves: A promising green control agent against *Fusarium* sp. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, 2022.

ZHU, Z.; ZHAO, S.; WANG, C. β -Carboline Alkaloids from *Peganum harmala* Inhibit *Fusarium oxysporum* from *Codonopsis radix* through Damaging the Cell Membrane and Inducing ROS Accumulation. **Pathogens**, v. 11, n. 11, p. 1341, 2022.