

## EFICÁCIA DO ÓLEO ESSENCIAL DE CANELA, LIVRE E ADSORVIDO EM VERMICULITA, PARA O CONTROLE DE *Fusarium oxysporum*

T. Ogimbovski<sup>1</sup>, K. K. Mayeski<sup>2</sup>, B. D. C. Corazza<sup>3</sup>, J. Zeni<sup>4</sup>, R. L. Cansian<sup>5</sup>, G. T. Backes<sup>6</sup>

1 – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Alimentos – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões-URI – CEP 99709-910 – Erechim – RS – Brasil, Telefone +55 (54) 3520-9000 – email: ([tailanogimbovski@gmail.com](mailto:tailanogimbovski@gmail.com))

2 – Curso de Biomedicina – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões-URI – CEP 99709-910 – Erechim – RS – Brasil, Telefone +55 (54) 3520-9000 – email: ([kalmayeski17@gmail.com](mailto:kalmayeski17@gmail.com))

3 – Curso de Medicina Veterinária – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões-URI – CEP 99709-910 – Erechim – RS – Brasil, Telefone +55 (54) 3520-9000 – email: ([brendacorazza@gmail.com](mailto:brendacorazza@gmail.com))

4 – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Alimentos – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões-URI – CEP 99709-910 – Erechim – RS – Brasil, Telefone +55 (54) 3520-9000 – email: ([jamilzen@uricer.edu.br](mailto:jamilzen@uricer.edu.br))

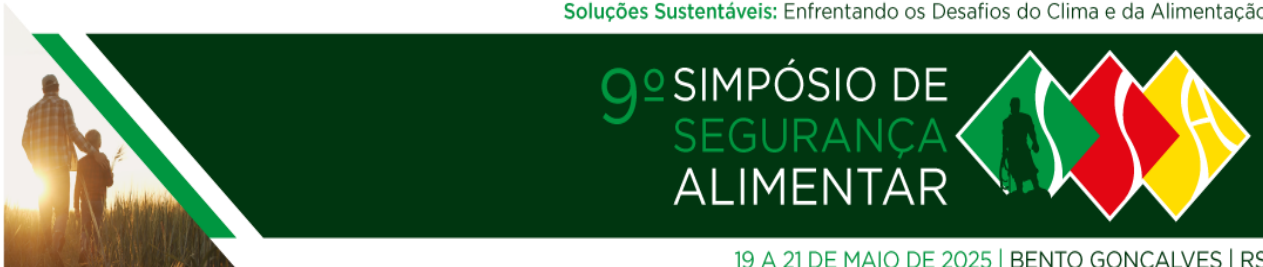
5 – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Alimentos – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões-URI – CEP 99709-910 – Erechim – RS – Brasil, Telefone +55 (54) 3520-9000 – email: ([cansian@uricer.edu.br](mailto:cansian@uricer.edu.br))

6 – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Alimentos – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões-URI – CEP 99709-910 – Erechim – RS – Brasil, Telefone +55 (54) 3520-9000 – email: ([gtoniazzo@uricer.edu.br](mailto:gtoniazzo@uricer.edu.br))

**RESUMO** – Doenças fúngicas representam um desafio para a agricultura, reduzindo a produtividade e ameaçando a segurança alimentar. Óleos essenciais tem potencial antifúngico, mas são muito voláteis. Este estudo avaliou a atividade antifúngica do óleo essencial (OE) de canela (*Cinnamomum cassia*), nas formas livre e adsorvida em vermiculita, contra *Fusarium oxysporum*. A adsorção foi realizada com e sem uso de hexano, apresentando taxa de até 200% de adsorção. A atividade antifúngica foi analisada pelo método de difusão em ágar, medindo o diâmetro dos halos de inibição. Concentrações de 5% ou mais altas do OE livre e de 50% para o OE adsorvido, apresentaram halos superiores a 50 mm, indicando alta eficácia. Em concentrações mais baixas (2,5 a 0,1%), observou-se eficácia similar entre OE livre e adsorvido. Os resultados indicam que a adsorção modula a liberação do óleo, reduzindo a eficácia inicial em altas concentrações, mas mantendo ou ampliando a eficácia em concentrações baixas. O OE adsorvido mostra-se promissor como biofungicida de liberação controlada.

**ABSTRACT** – Fungal diseases represent a challenge for agriculture, reducing productivity and threatening food security. Essential oils have antifungal potential, but are highly volatile. This study evaluated the antifungal activity of cinnamon essential oil (EO) (*Cinnamomum cassia*), in free and adsorbed forms on vermiculite, against *Fusarium oxysporum*. Adsorption was performed with and without the use of hexane, showing adsorption rates of up to 200%. Antifungal activity was analyzed by the agar diffusion method, measuring the diameter of the inhibition zones. Concentrations of 5% or higher of free EO and 50% for adsorbed EO showed zones greater than 50 mm, indicating high efficacy. At lower concentrations (2.5 to 0.1%), similar efficacy was observed between free and adsorbed EO. The results indicate that adsorption modulates oil release, reducing initial efficacy at high concentrations but maintaining or extending efficacy at low concentrations. The adsorbed EO shows promise as a controlled-release biofungicide.

**PALAVRAS-CHAVE:** Adsorção; óleo essencial; vermiculita; *Cinnamomum cassia*; antifúngico.



KEYWORDS: Adsorption; essential oil; vermiculite; *Cinnamomum cassia*; antifungal.

## 1. INTRODUÇÃO

Diversos setores da agricultura, incluindo a produção de frutas, cereais, vegetais e grãos, enfrentam sérios desafios devido às doenças fúngicas. Essas enfermidades reduzem significativamente a produtividade e, em casos graves, inviabilizam colheitas inteiras. Para mitigar esses danos, o uso de agroquímicos tem sido a principal estratégia de controle ao longo dos anos. Contudo, diante da crescente demanda por um estilo de vida mais seguro e sustentável, torna-se necessário investigar métodos alternativos que assegurem a biossegurança alimentar e viabilizem uma produção sustentável no futuro (Belandi e Pontes, 2024).

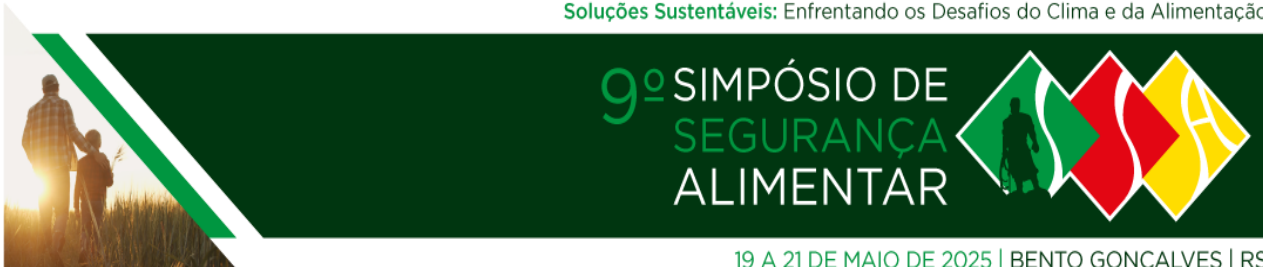
Nos tomateiros, a murcha de fusarium é a principal doença fúngica, causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. Essa doença bloqueia os vasos do xilema, provocando estresse hídrico e a subsequente murcha das plantas. Os sintomas característicos incluem folhas amareladas, plantas murchas e redução significativa ou total da produtividade (Srinivas *et al.*, 2019).

Óleos essenciais têm se mostrado uma alternativa promissora no manejo de fitopatógenos, graças às propriedades antimicrobianas e antifúngicas. Suas substâncias bioativas incluem monoterpenos, sesquiterpenos, fenóis, álcoois, éteres, aldeídos e cetonas, com destaque para os compostos fenólicos, relatados como potentes agentes antifúngicos (Rocha *et al.*, 2020).

O uso de óleos essenciais é considerado eficaz na prevenção da murcha de fusarium em culturas como melão, banana e tomate, demonstrando potencial como biofungicidas para proteção contra *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Mousa *et al.*, 2021). No entanto, a eficácia dos OE é limitada pela rápida perda de seus componentes ativos, dificultando aplicações em campo e transporte. A adsorção em vermiculita, um filossilicato hidratado de magnésio, alumínio e ferro com alta área superficial e estrutura lamelar, pode prolongar sua ação, estabilizando os compostos bioativos e facilitando sua aplicação (Kothalawala *et al.*, 2021).

A vermiculita é obtida a partir de materiais não tóxicos, reutilizáveis e de baixo custo, destacando-se pela alta capacidade de adsorção, devido à sua porosidade, área superficial elevada, carga superficial negativa e capacidade de troca iônica (Lima; Costa; Lima, 2024). A incorporação de óleos essenciais na vermiculita permite uma liberação controlada, preservando a funcionalidade dos compostos e otimizando o controle de fungos (Kothalawala *et al.*, 2021; Oliveira-Pinto *et al.*, 2022; Pierattini *et al.*, 2019). Além disso, essa abordagem representa uma alternativa econômica em relação a métodos tradicionais de encapsulamento, reduzindo os custos de produção industrial.

O objetivo deste projeto foi avaliar a atividade antifúngica do óleo essencial de canela



(*Cinnamomum cassia*), tanto na forma livre quanto adsorvida em argila vermiculita expandida, utilizando diferentes métodos de adsorção.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Adsorção de óleo essencial em vermiculita

Para a adsorção do óleo essencial de canela (*Cinnamomum cassia*) na vermiculita foram testados 2 tratamentos seguindo a metodologia descrita por Cometa *et al.* (2022), com adaptações. Tratamento 1: o óleo essencial foi solubilizado em hexano (2g de óleo e 15 mL do solvente hexano) para 2g de vermiculita. O meio foi agitado (100 rpm) por 30 minutos a 25°C. O solvente foi posteriormente evaporado à temperatura ambiente até peso constante. Tratamento 2: contato direto de 2g óleo essencial com 2g de vermiculita a 25°C por 10 minutos, sem agitação. Em cada processo de processo de adsorção foi avaliado o rendimento, sendo este calculado por meio da relação da massa antes e após a adsorção, expresso em percentual (taxa de adsorção) e a perda de massa de OE em relação a massa inicial adsorvida após 4 e 24 horas.

### 2.2 Atividade antifúngica do óleo essencial livre e adsorvido em vermiculita

A determinação da atividade antifúngica do óleo essencial de canela, livre e adsorvido em vermiculita, contra *Fusarium oxysporum* foi realizada pelo método de difusão em meio sólido com poços na placa (Minozzo *et al.*, 2023). Foram realizadas diluições do OE em Dimetil sulfóxido (DMSO), nas concentrações de 0,5 a 10% que foram agitadas por 30 segundos em aparelho Vortex (Phoenix, AP 56), e vertido em Erlenmeyer com meio Potato Dextrose Agar fundido e resfriado a 40-45 °C. Adicionou-se 1 mL de suspensão fúngica ( $10^4$  esporos/mL). Após a solidificação do ágar, foram feitas quatro cavidades com cânulas de vidro estéreis (6 mm de diâmetro), onde foi depositado 50 µL de OE livre ou adsorvido, na concentração desejada, 50 µL de DMSO, 50 µL de água estéril (controles negativos). As placas foram incubadas por 48h a 25 °C em estufa (Tecnal, TE 392/2). Após, o diâmetro total do halo foi medido e considerou-se como CIM a concentração de amostra capaz de desenvolver um halo de inibição do crescimento fúngico maior ou igual a 10 mm de diâmetro. A comparação das médias foi realizada através do Teste de Tukey entre as concentrações ( $p < 0,05$ ) com o programa PAST (versão 2.17c).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Adsorção de óleo essencial em vermiculita

A Tabela 1 apresenta resultados de adsorção do óleo essencial de canela em vermiculita. É possível avaliar a eficácia e consistência da adsorção ao longo do tempo.



19 A 21 DE MAIO DE 2025 | BENTO GONÇALVES | RS

**Tabela 1** - Teste de adsorção de óleo essencial de canela em vermiculita.

O E	Método de adsorção	Tempo (h)	Taxa de adsorção (%)	Perda de peso em relação ao peso inicial (100%)
<i>Cinnamomum cassia</i>	Sem hexano	4	190,1 <sup>ab</sup> ± 5,4	2,03
		24	188,9 <sup>b</sup> ± 3,3	2,41
<i>Cinnamomum cassia</i>	Com hexano	4	199,5 <sup>a</sup> ± 5,3	0
		24	193,9 <sup>ab</sup> ± 4,7	0,95

Médias ± desvios padrão seguidos de letras diferentes possuem diferença significativa pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

O óleo apresentou taxa de adsorção próximas de 200%, ou seja, o dobro de massa de OE em relação à massa de vermiculita. Observou-se diferença significativa entre adsorção com hexano após 4 h e adsorção sem hexano após 24 h. Menores perdas de massa de OE em relação a massa inicial adsorvida também foram observadas no método de adsorção com hexano. O hexano é um solvente orgânico apolar que facilita a dispersão dos óleos essenciais, que também possuem propriedades apolares, promovendo uma interação mais uniforme entre o óleo essencial e a superfície da vermiculita, o que explica os valores de adsorção observados (Silveira *et al.*, 2006).

### 3.2 Atividade antifúngica do óleo essencial livre e adsorvido em vermiculita

A atividade antifúngica do óleo essencial de canela (*C. cassia*) livre e adsorvido em vermiculita em diferentes concentrações, sobre *Fusarium oxysporum*, são apresentados na Tabela 2.

A atividade antifúngica do óleo essencial, principalmente do composto majoritário cinamaldeído, pode ser atribuída às características dos terpenos/terpenoides, que são de baixo peso molecular e lipofílicos. Essas características podem causar danos à membrana celular, o que pode levar à morte celular ou interromper a esporulação e a germinação de fungos fitopatogênicos como *F. oxysporum* (Le Dang *et al.*, 2024).

A análise dos resultados de atividade antifúngica do óleo essencial de canela, nas formas livre e adsorvida em vermiculita, indicou diferenças entre as concentrações avaliadas. De maneira geral, concentrações mais altas do OE (50%) apresentaram halos de inibição superiores a 50 mm, indicando uma atividade antifúngica elevada tanto na forma livre quanto adsorvida. Entretanto, nas concentrações de 10 e 5%, o OE adsorvido apresentou halos significativamente menores em relação ao OE livre, o que sugere que o processo de adsorção pode limitar a disponibilidade imediata do composto ativo. Em concentrações mais baixas (2,5 a 0,1%), as duas formas demonstraram atividades antifúngicas similares, indicando que a adsorção não impactou significativamente a eficácia nesta faixa de concentração.



**Tabela 2** - Atividade antifúngica do óleo essencial de canela, livre e adsorvido em vermiculita, sobre *Fusarium oxysporum*.

Concentração do OE (%)	Diâmetro médio do halo (mm)	
	OE livre	OE adsorvido em vermiculita
50,0	> 50,0 <sup>aa</sup> ± 0	>50,0 <sup>aa</sup> ± 0
10,0	> 50,0 <sup>aa</sup> ± 0	42,0 <sup>bb</sup> ± 6,4
5,0	> 50,0 <sup>aa</sup> ± 0	43,0 <sup>bb</sup> ± 6,6
2,5	38 <sup>ba</sup> ± 1,0	37,0 <sup>ca</sup> ± 2,5
1,75	31,3 <sup>ca</sup> ± 3,5	30,6 <sup>da</sup> ± 1,6
1,0	26,7 <sup>cdA</sup> ± 3,2	27,0 <sup>da</sup> ± 2,5
0,75	24,3 <sup>deA</sup> ± 1,5	24,2 <sup>da</sup> ± 2,1
0,5	21,3 <sup>eA</sup> ± 0,7	18,0 <sup>eA</sup> ± 2,4
0,25	14,7 <sup>fA</sup> ± 0,6	13,0 <sup>efA</sup> ± 2,9
0,10	8,5 <sup>gA</sup> ± 0,7	9,0 <sup>fA</sup> ± 1,9

Médias ± desvios padrão, seguidas de letras diferentes, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem estatisticamente entre si pelos testes de Tukey e t-Student ( $p < 0,05$ ), respectivamente.

Os dados indicam que a adsorção em vermiculita pode atuar como um modulador da liberação OE, reduzindo sua eficácia inicial em concentrações mais elevadas, mas mantendo resultados satisfatórios em concentrações intermediárias e baixas.

#### 4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos demonstram o potencial do óleo essencial de canela como agente antifúngico contra *Fusarium oxysporum*. O método de adsorção do OE em vermiculita com hexano apresentou maior eficiência. A forma livre do OE apresentou maior inibição em concentrações elevadas, enquanto a adsorção em vermiculita manteve boa eficácia, especialmente em doses menores. A adsorção em vermiculita reduziu a atividade antifúngica em concentrações intermediárias, mas manteve-se eficaz nas concentrações mais baixas. Assim, a incorporação do OE em vermiculita pode ser uma estratégia viável para sua aplicação. A adsorção de óleo essencial em vermiculita mostra-se promissora para o desenvolvimento de biofungicidas de liberação controlada, ampliando a estabilidade e o tempo de ação dos óleos essenciais, características limitantes para seu uso direto. O estudo contribui para a busca por soluções sustentáveis no manejo de fitopatógenos, evidenciando o potencial dos OE adsorvidos em materiais como a vermiculita para aplicações agrícolas mais seguras e eficazes.

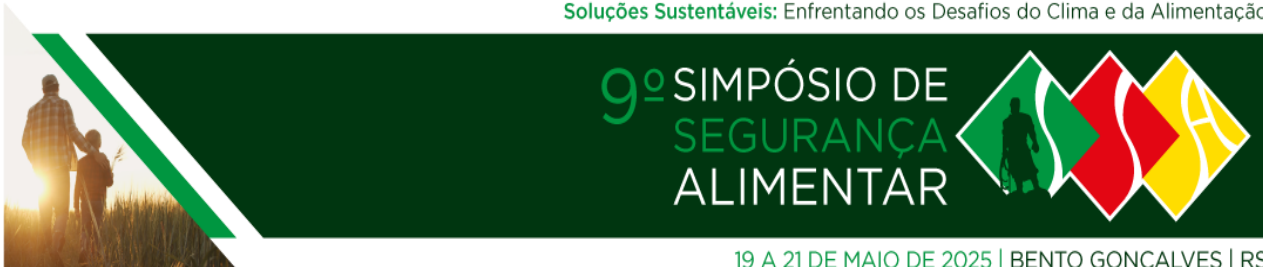


## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, FAPERGS e URI pelas bolsas e apoio financeiro.

## REFERÊNCIAS

- BELANDI, C., PONTES, H. **Com alta recorde da Agropecuária, PIB fecha 2023 em 2,9%**. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/39306-com-alta-recorde-da-agropecuaria-pib-fecha-2023-em-2-9>
- KOTHALAWALA, S. G., ZHANG, J., WANG, Y., YU, C. Submicron-Sized Vermiculite Assisted Oregano Oil for Controlled Release and Long-Term Bacterial Inhibition. **Antibiotics**, v. 10, n. 11, 2021.
- COMETA, S., BONIFACIO, M. A., BELLISSIMO, A., PINTO, L., PETRELLA, A., DE VIETRO, N., IANNACCONE, G., BARUZZI, F., DE GIGLIO E. A green approach to develop zeolite-thymol antimicrobial composites: analytical characterization and antimicrobial activity evaluation. **Heliyon**, v. 26, n. 8(5), e09551, 2022.
- LE DANG, Q., NGUYEN, C. Q., VO, T. K. A., NGUYEN, T. T. T., PHAM, Q. D., NGUYEN, T. X., CAO, T. H.; TRAN, Q. De, LE, T. T., DO, T. H., CHU, V. T., NGUYEN, T. B. H. A botanical nanoemulsion against phytopathogenic fungi *Colletotrichum* sp. and *Fusarium oxysporum*: Preparation, in vitro and in vivo bioassay. **Journal of Natural Pesticide Research**, v. 10, p. 100099, 2024.
- LIMA, A. F. de S., COSTA, T. R. R. T. da, LIMA, R. R. C. Metodologias de tratamento de vermiculita para adsorção de íons metálicos em corpos hídricos: protocolo de revisão de escopo. **Observatório de la Economía Latinoamericana**, v. 22, n. 8, p. e6141, 6 ago. 2024.
- MOUSA, M. A. A., ABO-ELYOUSR, K. A. M., ABDEL ALAL, A. M. K., ALSHAREEF, N. O. Management Fusarium Wilt Disease in Tomato by Combinations of *Bacillus amyloliquefaciens* and Peppermint Oil. **Agronomy**, v. 11, n. 12, p. 2536, dez. 2021.
- OLIVEIRA-PINTO, P. R., MARIZ-PONTE, N., GIL, R. L., CUNHA, E., AMORIM, C. G., MONTENEGRO, M. C. B. S. M., FERNANDES-FERREIRA, M., SOUSA, R. M. O. F., SANTOS, C. Montmorillonite Nanoclay and Formulation with *Satureja montana* Essential Oil as a Tool to Alleviate *Xanthomonas euvesicatoria* Load on *Solanum lycopersicum*. **Applied Nano**, v. 3, n. 3, p. 126–142, 2022.
- MINOZZO, M., DE SOUZA, M. A., BERNARDI, J. L., PUTON, B. M. S., VALDUGA, E., STEFFENS, C., PAROUL, N., CANSIAN, R. L. Antifungal activity and aroma persistence of free and encapsulated *Cinnamomum cassia* essential oil in maize. **International Journal of Food Microbiology**, v. 394, n. 2, 110178, 2023.
- PIERATTINI, E. C., BEDINI, S., VENTURI, F., ASCRIZZI, R., FLAMINI, G., BOCCHINO, R., GIRARDI, J., GIANNOTTI, P., FERRONI, G., CONTI, B. Sensory Quality of Essential Oils and Their Synergistic Effect with Diatomaceous Earth, for the Control of Stored Grain Insects. **Insects**, v. 10, n. 4, 2019.
- ROCHA, C. H. da, AGOSTINETTO, L., BOFF, P., WERNER, S. S., SOLDI, C., BOFF, M. I. C. Óleo essencial de *Psidium cattleianum* no controle de fitopatógenos em sementes de feijão. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 15, n. 1, p. 14–19, jan. 2020.
- SILVEIRA, D. M., MARTINS, J., MELO, T. M. S., GIL, L. F. Avaliação da capacidade de adsorção de vermiculita hidrofóbica em contato direto com óleo. Rem: Revista Escola de Minas, v. 59, n. 3, p. 329–333, 2006.
- SRINIVAS, C., NIRMALA DEVI, D., NARASIMHA M. K.; MOHAN, C. D., LAKSHMEESHA, T. R., SINGH, B., KALAGATUR, N. K., NIRANJANA, S. R., HASHEM, A., ALQARAWI, A. A.,



19 A 21 DE MAIO DE 2025 | BENTO GONÇALVES | RS

TABASSUM, B., ABD-ALLAH, E. F., CHANDRA NAYAKA, S., SRIVASTAVA, R. K. *Fusarium oxysporum* f. sp. lycopersici causal agent of vascular wilt disease of tomato: Biology to diversity– A review. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 26, n. 7, p. 1315–1324, nov. 2019.