

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo será disponibilizado somente a partir de 22/02/2027

At the author's request, the full text will not be available online until February 22, 2027

LUIS GUSTAVO PATRICIO NUNES PINTO

**REAÇÃO DE *Humulus lupulus* L. (CANNABACEAE), VARIEDADE COMET, AOS
NEMATOIDES *Meloidogyne incognita* E *Pratylenchus zeae***

Botucatu

2025

LUIS GUSTAVO PATRICIO NUNES PINTO

**REAÇÃO DE *Humulus lupulus* L. (CANNABACEAE), VARIEDADE COMET, AOS
NEMATOIDES *Meloidogyne incognita* E *Pratylenchus Zeae***

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus
de Botucatu, para obtenção do título de
Mestre em Agronomia/Horticultura.

Orientador: Filipe Pereira Giardini Bonfim

**Botucatu
2025**

P659r

Pinto, Luis Gustavo Patricio Nunes

Reação de *Humulus lupulus* L. (CANNABACEAE), variedade Comet, aos nematoides *Meloidoyne Incognita* e *Prathylenus Zeae* / Luis Gustavo Patricio Nunes Pinto. -- , 2025
65 p. : tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Araraquara, Orientador: Filipe Pereira Giardini Bonfim

1. Fitoparasitas. 2. Metabólitos de defesa. 3. Compostos fenólicos. 4. Flavonoides. 5. Faculdade de Ciências Agronômicas – Botucatu.. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Dados fornecidos pelo autor(a).

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título:

REAÇÃO DE *Humulus lupulus* L. (CANNABACEAE), VARIEDADE COMET, AOS NEMATOIDES
Meloidoyne incognita E *Prathylenicus zeae*

AUTOR: LUIS GUSTAVO PATRICIO NUNES PINTO

ORIENTADOR: FILIPE PEREIRA GIARDINI BONFIM

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Agronomia
(Horticultura), pela Comissão Examinadora:

Professor Doutor FILIPE PEREIRA GIARDINI BONFIM (Participação Presencial)
Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu Unesp



Prof.^a Dr.^a REGIANE CRISTINA DE OLIVEIRA (Participação Presencial)
Proteção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônômicas - Unesp Botucatu



Dr. JÚLIO CÉSAR RODRIGUES LOPES SILVA (Participação Virtual) 
Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Recursos Genéticos Vegetais / Instituto Agronômico de Campinas

Botucatu, 22 de agosto de 2025.

Aos meus amados pais, Aparecida e Edgard,
minha amada esposa Melissa e minha filha,

dedico

AGRADECIMENTOS

Aos meus queridos pais, esposa, filha e irmãos, pelo apoio incondicional em todo este processo, sem vocês eu nada seria, vocês são meus motivos e razões.

Ao Prof. Dr. Filipe Pereira Giardini Bonfim, pela orientação, ensinamentos, confiança, paciência e pelo exemplo de ética e professor, ao senhor sempre serei grato.

A todos os professores que indiretamente me orientaram, me motivaram e me incentivaram no meu processo de desenvolvimento como aluno/pesquisador e a todos os funcionários da FCA por sua solicitude e ajuda.

Ao Conselho do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Horticultura).

À Universidade Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Faculdade de Ciências Agronômicas – Câmpus de Botucatu, que possibilitou que mais esta etapa de minha vida se concretizasse, alcançando o título de mestre em Agronomia/Horticultura,

Ao CNPQ – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela bolsa de estudos concedida.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

“In the struggle for survival, the fittest win out at the expense of their rivals because they succeed in adapting themselves best to their environment.”

DARWIN, C. **On the origin of species by means of natural selection**; edited by Joseph Carroll., ISBN 1-55111-337-6, National Library of Canada Cataloguing in Publication Darwin, Charles, 1809-1882. P. 72.

RESUMO

Este estudo determinou a suscetibilidade e avaliou a resposta biológica de defesa e o teor de metabólitos especializados de *Humulus lupulus* L. (lúpulo) frente à infestação por *Meloidogyne incognita* e *Pratylenchus zaeae*, comparando o desempenho com plantas reconhecidamente suscetíveis, como *Abelmoschus esculentus* (quiabo) e *Zea mays* (milho). Foram analisados parâmetros como População Final (PF), número de ovos e juvenis, Fator de Reprodução (FR), além da produção de metabólitos de defesa como compostos fenólicos totais (CF), flavonoides totais (Flav), taninos (Tan) e cumarinas (Cum). O lúpulo apresentou valores menores de PF, ovos, juvenis e FR em comparação com quiabo e milho. Para *M. incognita*, o FR de lúpulo foi de 2,33, enquanto quiabo apresentou um FR de 39,01. Para *P. zaeae*, lúpulo registrou um FR de 2,14, contrastando com 8,99 de milho. Embora o lúpulo tenha sido classificado como suscetível ($FR > 1$), os baixos valores de FR indicam menor suscetibilidade relativa quando comparado às outras espécies analisadas. A análise estatística revelou correlações significativas entre as variáveis. Houve forte correlação positiva entre a Massa Fresca de Raiz (MFR) e os flavonoides (Flav), sugerindo que as raízes ainda preservadas estão associadas ao incremento na produção de flavonoides. Adicionalmente, observou-se correlação negativa forte entre o número de juvenis e a MFR, indicando que reduções na estrutura da massa radicular estão associadas a maiores infestações de juvenis. A Análise de Componentes Principais (PCA) explicou 80,6% da variação total dos dados, evidenciando a formação de dois grupos distintos, sendo nomeados como grupo A, composto por *M. incognita*, que demonstrou correlação com CF, ovos, Flav, Tan e Cum, enquanto o grupo B, composto por *P. zaeae*, foi influenciado por variáveis como PF, juvenis, FR, MFPA, MSPA e MFR. O dendrograma apresenta diferenças significativas entre as espécies de nematoides nas interações com as plantas hospedeiras. Esses dados gerados ao longo do estudo, indicam que o lúpulo possui mecanismos de defesa com ação limitante na reprodução e no desenvolvimento de nematoides fitoparasitas, relacionados ao aumento na produção de compostos fenólicos e os subgrupos como flavonoides, taninos e cumarinas. A compreensão desses mecanismos pode contribuir para o desenvolvimento de estratégias sustentáveis de manejo de nematoides nesta cultura. Esta pesquisa amplia o conhecimento sobre a interação entre plantas de lúpulo infectadas com *M. Incognita* e de maneira pioneira avalia sua interação com *P. zaeae*,

forneendo embasamento sobre a suscetibilidade de lúpulo a nematoides, avaliando seu desempenho comparativo com outras culturas suscetíveis e explorando a correlação entre a produção de metabólitos de defesa, demonstrando o incremento na produção de, principalmente, compostos fenólicos e flavonoides nas fases iniciais do desenvolvimento em resposta a infecção.

Palavras-chave: lúpulo; metabólitos de defesa; compostos fenólicos; fitoparasitas.

ABSTRACT

This study determined the susceptibility and evaluated the biological defense response of *Humulus lupulus* (hop) to infestation by *Meloidogyne incognita* and *Pratylenchus zaeae*, comparing its performance with plant species known for their susceptibility, such as *Abelmoschus esculentus* (okra) and *Zea mays* (maize). Parameters analyzed included Final Population (FP), number of eggs and juveniles, Reproduction Factor (RF), and the production of defense-related metabolites such as total phenolic compounds (TPC), total flavonoids (Flav), tannins (Tan), and coumarins (Coum). Hop plants exhibited lower values of FP, eggs, juveniles, and RF compared to okra and maize. For *M. incognita*, hop showed an RF of 2.33, while okra reached 39.01. For *P. zaeae*, hop recorded an RF of 2.14, in contrast to 8.99 for maize. Although hop was classified as susceptible ($RF > 1$), the relatively low RF values suggest reduced susceptibility when compared to the other species analyzed. Statistical analysis revealed significant correlations among variables. A strong positive correlation was observed between Fresh Root Mass (FRM) and flavonoid content, suggesting that preserved root structures are associated with increased flavonoid production. Additionally, a strong negative correlation was found between juvenile count and FRM, indicating that reductions in root mass are linked to higher juvenile infestations. Principal Component Analysis (PCA) explained 80.6% of the total data variation, revealing the formation of two distinct groups: Group A, composed of *M. incognita*, showed correlation with TPC, eggs, Flav, Tan, and Coum; Group B, composed of *P. zaeae*, was influenced by variables such as FP, juveniles, RF, aboveground fresh mass (AFM), aboveground dry mass (ADM), and FRM. The dendrogram highlighted significant differences between nematode species in their interactions with host plants. The data generated throughout this study indicate that hop possesses defense mechanisms that limit the reproduction and development of phytoparasitic nematodes, associated with increased production of phenolic compounds and their subgroups—flavonoids, tannins, and coumarins. Understanding these mechanisms may contribute to the development of sustainable nematode management strategies for this crop. This research expands knowledge on the interaction between hop plants and *M. incognita*, and, in a pioneering approach, evaluates its interaction with *P. zaeae*, providing insight into hop susceptibility to nematodes, assessing its comparative performance with other susceptible crops, and exploring the correlation between defense metabolite

production, particularly phenolic compounds and flavonoids, and early developmental responses to infection.

Keywords: hops; defense metabolites; phenolic compounds; phytoparasites;

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Ciclo de vida da espécie <i>Meloidogyne incognita</i>	26
Figura 2 - Ciclo de vida da espécie <i>Pratylenchus zaeae</i>	29
Figura 3 - Gráfico de variação da temperatura aferidas no local do experimento durante o período de 01-10-2024 a 31-12-2024.....	30
Figura 4 - Fotos capturadas a partir da observação ao microscópio óptico apresentando os estádios de maturação da espécie <i>Meloidogyne incognita</i> . 2025	33
Figura 5 - Fotos capturadas a partir da observação ao microscópio óptico apresentando os estádios de maturação da espécie <i>Pratylenchus zaeae</i> . 2025	34
Figura 6 - Plantas de lúpulo momentos antes da remoção para processamento, (A) Sem inóculo, (B) <i>Meloidogyne incognita</i> e (C) <i>Pratylenchus zaeae</i>	38
Figura 7 - Foto de raiz de <i>Humulus lupulus</i> L. (A) e <i>Abelmoschus esculentus</i> (B) setas indicando a região de formação de galhas por <i>Meloidogyne incognita</i> . 2025	43
Figura 8 - Foto de raiz de <i>H. lupulus</i> L. com setas indicando pontos necróticos causados por <i>P. zaeae</i> . Botucatu-SP, 2025	45
Figura 9 - Dendrograma Hierárquico dos nematoides <i>P. zaeae</i> e <i>M. incognita</i> inoculados em <i>H. lupulus</i> L. Botucatu-SP, 2025	48
Figura 10 - Gráfico de score das duas primeiras componentes principais da análise de <i>M. incognita</i> e <i>P. zaeae</i> inoculados em <i>H. lupulus</i> L. Botucatu-SP, 2025.....	49
Figura 11 - Biplot da análise de componentes principais (PC1 X PC2) de	50
Figura 12 - Gráfico da Correlação de Pearson entre as variáveis MFR, Flav, CF, MFPA, MSPA, Ovos, Juvenis, PF e FR. Botucatu-SP, 2025.....	51

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	19
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	22
2.1	Metabólitos especializados de lúpulo (<i>Humulus lupulus</i> L.).....	22
2.2	Nematoides fitoparasitas.....	24
2.3.1	<i>Meloidogyne incognita</i>	25
2.3.2	<i>Pratylenchus zeae</i>	28
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	30
3.1	Local da condução do ensaio.....	30
3.2	Obtenção das mudas e nematoides.....	31
3.3	Delineamento experimental e tratamentos.....	31
3.3.1	Análise de reação aos nematoides.....	32
3.3.1.1	Condução e inoculação dos nematoides.....	32
3.3.1.2	Avaliação do fator de reprodução e da suscetibilidade ou resistência.....	34
3.3.2	Análise da concentração de metabólitos de defesa em resposta a reação aos nematoides.....	34
3.3.2.1	Colheita e secagem.....	34
3.3.2.2	Preparação dos extratos.....	35
3.3.2.3	Determinação do teor de Compostos Fenólicos Totais.....	35
3.3.2.4	Análise de Flavonoides totais.....	35
3.3.2.5	Análise de Taninos Solúveis.....	36
3.3.2.6	Análise de Cumarinas.....	37
3.4	Tratos culturais.....	37
3.5	Análise dos dados.....	38
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
5	CONCLUSÕES.....	56
	REFERÊNCIAS.....	57

1 INTRODUÇÃO

O lúpulo (*Humulus lupulus* L.) apresenta em sua constituição uma ampla gama de compostos químicos de relevância biológica e industrial, incluindo polifenóis, como flavonoides, taninos, cumarinas e ácidos fenólicos, além de terpenos, terpenoides, óleos essenciais e resinas (duras e moles). Esses metabólitos especializados conferem à espécie grande importância na indústria cervejeira, onde são amplamente utilizados na formulação e caracterização sensorial da bebida (Durello *et al.*, 2019).

O Brasil destaca-se entre os maiores produtores e consumidores mundiais de cerveja, o que o torna um dos principais importadores da matéria-prima derivada desta hortícola. Para além de seu uso na fabricação de bebidas, o lúpulo é reconhecido há mais de dois mil anos pela farmacologia tradicional e moderna, devido às suas propriedades antioxidantes, antifúngicas, antibacterianas, anti-inflamatórias e outros efeitos benéficos à saúde (Fagherazzi *et al.*, 2017; Durello *et al.*, 2019).

Um dos parâmetros de grande importância para a indústria do lúpulo na avaliação da qualidade são os teores distintos dos compostos ativos presentes em cones. Muitos são os fatores ambientais que irão atuar nesta formação bioquímica da planta, desde as condições climáticas de cada localidade, horas de luz, disponibilidade hídrica, além da expressão fenotípica que ocorrerá de acordo com a ecologia dos fatores ambientais de cada localidade (Morais, 2009; Almeida, 2020).

O cultivo do lúpulo ocorre predominantemente em regiões de clima temperado, devido às exigências edafoclimáticas específicas. Por isso, quase todo o conhecimento de manejo da espécie está embasado em pesquisas desenvolvidas em regiões com características de clima semelhantes ao do centro de origem, em latitudes acima 32° N (Neve, 1991), sendo poucos os estudos com lúpulo em regiões de clima subtropical ou tropical.

Acreditava-se que a produção de lúpulo no Brasil seria inviável devido à ausência de condições ideais para a cultura (Mega; Neves; Andrade, 2011). No entanto, iniciativas realizadas em diferentes regiões do país demonstraram a viabilidade do cultivo em solo brasileiro (Sabino *et al.* 2025), principalmente com a adoção da técnica de iluminação artificial. Estas questões apontam para além da importância de se conhecer novas áreas de cultivo do lúpulo, mas também entender

os possíveis patógenos que podem, de alguma forma, interferir ou até mesmo impedir o desenvolvimento adequado da espécie (Fortuna, 2022).

A cultura do lúpulo no Brasil é recente. Segundo a APROLÚPULO (2021), menos de 10% das áreas produtivas foram implantadas antes de 2016, enquanto cerca de 60% possuem até três anos de instalação. A variedade 'Comet' destaca-se como a mais cultivada e em expansão no país. Impulsionado pela demanda crescente da indústria cervejeira e pelos avanços tecnológicos no cultivo, o lúpulo já é produzido em pelo menos onze estados brasileiros, incluindo Bahia, Espírito Santo, Goiás, Minas Gerais, Paraná, Pernambuco, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, São Paulo, Tocantins e o Distrito Federal.

Com a rápida expansão do cultivo de lúpulo no Brasil e sua distribuição geográfica em diversos estados, destaca-se que uma das principais formas de propagação é a clonal, por meio de rizomas. Essa técnica, segundo Lagos et al. (2022), favorece a formação de mudas mais vigorosas e resistentes às condições adversas do campo. No entanto, requer rigorosos cuidados fitossanitários, uma vez que rizomas infectados podem atuar como vetores na disseminação de nematoides fitoparasitas dos gêneros *Meloidogyne* e *Pratylenchus*, que se estabelecem e se reproduzem nos sistemas radiculares das plantas (EMBRAPA, 2021; Maneje Bem, 2022).

A presença de nematoides fitoparasitas no solo agrícola brasileiro representa um dos principais desafios fitossanitários da atualidade, afetam diretamente a produtividade e a rentabilidade de diversas culturas e tem sua expressão aumentada em solos tropicais (Ferraz *et al.*, 2016). Outros dados relevantes apontam a presença dos gêneros *Meloidogyne* spp. e *Pratylenchus* spp. no topo da lista como dois dos gêneros responsáveis por danos econômicos bilionários na agricultura global (SNA, 2015; AGROLINK., 2023).

A Sociedade Brasileira de Nematologia (SBN) ressalta a importância de estudos sobre a suscetibilidade das culturas, como o lúpulo, aos nematoides, visando estratégias de manejo mais eficazes. O controle fitossanitário desses patógenos exige técnicas integradas, como o uso de nematicidas químicos e biológicos, cobertura vegetal com espécies antagonistas, consorciação com plantas armadilhas e rotação com cultivares resistentes e não hospedeiras (Soares, 2025).

No entanto, essa abordagem é desafiadora para o cultivo do lúpulo, uma cultura perene, devido à diversidade alimentar dos nematoides, suas altas taxas de reprodução e persistência no solo, além da severidade dos danos que causam às culturas (Costa, 2021; Corte *et al.*, 2014).

Estas espécies estão distribuídas de forma vasta em nossos solos e promovem danos ao desenvolvimento das culturas de forma agressiva, podendo ser citadas como consequências de sua ação, relações com a diminuição do porte da planta, amarelamento, redução da absorção de água e nutrientes, bem como promover maior suscetibilidade a outras doenças (Soares, 2025; Gomes, *et al.* 2016).

Nesse contexto, reforça-se o alerta da SBN quanto à magnitude dos prejuízos causados por esses fitoparasitas e à urgência de pesquisas que aprofundem o entendimento da interação entre nematoides e culturas hospedeiras. Tais estudos são fundamentais para aprimorar o manejo fitossanitário, reduzir a população e mitigar os impactos econômicos associados à sua presença.

Assim, objetivou-se com este estudo avaliar a reação de *Humulus lupulus* L., variedade Comet, frente aos nematoides *Meloidoyne incognita* e *Prathylencus zaeae*, caracterizando sua susceptibilidade, bem como, através de suas folhas, quantificar a variação nas concentrações de seus metabólitos de defesa (compostos fenólicos totais, flavonoides totais, cumarina e taninos solúveis) em razão da presença destes fitoparasitas.

5 CONCLUSÕES

Os resultados indicam que *Humulus lupulus* L. apresenta suscetibilidade moderada a *Meloidogyne incognita* e *Pratylenchus zaeae*, com fatores de reprodução inferiores aos das espécies hospedeiras de referência. As correlações negativas entre os parâmetros populacionais dos nematoides e os compostos fenólicos, flavonoides, taninos e cumarinas indicam a ativação de mecanismos bioquímicos de defesa, caracterizados pelo aumento na síntese de metabólitos especializados. Esses compostos, especialmente os flavonoides, parecem atuar de forma sinérgica na proteção radicular, reduzindo o impacto da infestação. Assim, o lúpulo, embora suscetível, demonstra resposta metabólica adaptativa que pode contribuir para estratégias de manejo e melhoramento genético visando maior resistência aos danos causados pelos fitonematoides.

REFERÊNCIAS

- AGROLINK. Nematoides e o prejuízo de R\$ 35 bilhões por ano. **Portal Agrolink**, 12 set. 2023. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/noticias/nematoides-e-oprejuizo-de-r-35-bilhoes-por-ano-_483405.html. Acesso em: 26 set. 2024.
- AGROADVANCE. Imagem adaptada de Singh *et al.* (2015). **Fitonematoides parasitas de plantas. Imagem**. Disponível em: <https://agroadvance.com.br/blog-fitonematoides-parasitas-de-plantas/>. Acesso em: 10 out. 2025.
- ALJBORY, Z.; CHEN, M. S. Indirect plant defense against insect herbivores: a review. **Insect Science**, v. 25, n. 1, p. 2–23, 2018. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1744-7917.12436>. Acesso em: 19 jun. 2025.
- ALMEIDA, J. M. **Análise do óleo essencial de variedades de lúpulo (*Humulus lupulus* L.) cultivadas no Brasil por cromatografia gasosa uni e bidimensional**, Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2020. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/192720>. Acesso em: 25 ago. 2023.
- APROLÚPULO - Associação Brasileira de Produtores de Lúpulo. **Uma muda de qualidade**. Disponível em: <https://www.aprolupulo.com.br/blog/uma-muda-de-qualidade>. Acesso em: 09 nov. 2024.
- ARAÚJO, L. C. S.; BARBOSA, S. DA S.; GUERREIRO, D.; FARIAS, J. P. Importância econômica e medicinal de *Humulus lupulus* L.: uma revisão. **Revista das Ciências da Saúde e Ciências aplicadas do Oeste Baiano-Higia**. 2020; 5(1). 2020. Disponível em: <http://www.fasb.edu.br/revista/index.php/higia/article/view/614>. Acesso em: 25 ago. 2023.
- BANO, S., IQBAL, E., LUBNA., ZIK-UR-REHMAN, S., FAYYAZ, S., FAIZI, S.. Nematicidal activity of flavonoids with structure activity relationship (SAR) studies against root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. **European Journal of Plant Pathology**, v. 157, p. 1–14, 2020. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/341461010>. Acesso em: 17 mai. 2024.
- BARBOSA, H.M.; ALBINO, A.M.; CAVALCANTE, F.S.; LIMA, R.A. Abordagem fitoquímica de metabólitos secundários em *Solanum acanthodes* (Solanaceae) Hook. **South American Journal of Basic Education, Technical and Technological**, 4. 2017, 4, 30–41. Disponível em: <https://periodicos.ufac.br/index.php/SAJEBTT/article/view/1143>. Acesso em: 14 fev. 2023.

BONGERS, T.; BONGERS, M. Functional diversity of nematodes. **Applied Soil Ecology**. 10:239-251, 1998.

BORGES, L.P.; AMORIM, V.A. Metabólitos secundários de plantas: secondary plant metabolites. **Revista Agrotecnologia**. Ipameri 2020, 11, 54–67. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/288224916.pdf>. Acesso em: 16 jan. 2025.

BOSCHIERO, B. N. Metabólitos secundários de plantas: terpenos, flavonoides e mais. **Agroadvance**, 2025. Disponível em: <https://agroadvance.com.br/blog-metabolitos-secundarios-das-plantas/>. Acesso em: 29 set. 2025.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. (org.). Lúpulo no Brasil: perspectivas e realidades. Brasília: **Biblioteca Nacional de Agricultura – Binagri**, 2022. 175 p. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/arquivos/livro_lupulo-no-brasil-perspectivas-e-realidade_baixa_semmarcacao.pdf. Acesso em: 16 jan. 2024.

BRITO, J. A., SUBOTINI, S. A., DESAEGER, J., ACHINELLY, M. F.; First Report of the Root-Knot Nematode (*Meloidogyne javanica*) Infecting Hops (*Humulus lupulus*) in Florida, **Journal of Nematology** 50:343–4, 2018.

BÜCKER, R., BEHR, J. HOFMANN, T. F.. Prenylflavonoids from hops (*Humulus lupulus* L.) and their potential health effects. **Phytochemistry Reviews**, v. 19, p. 623–645, 2020. DOI: 10.1007/s11101-020-09684-3.

CAMPOS, H. D.; CAMPOS, V. P.; POZZA, E. A. Efeito do tempo, substrato e temperatura na penetração de juvenis do segundo estágio de *Meloidogyne javanicae*, Heterodera glycines em soja. **Summa Phytopathologica**, v. 32, n. 2, pp. 156-160, 2006.

CHANG, C.; YANG, M.; WEN, H.; CHERN, J. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. **Journal of Food and Drug Analysis**, v. 10, n. 3, p. 178–182, 2002.

CHAVARRIA, G. Fisiologia vegetal x estresses por nematoides. **NPCT Webinars**, 2025. Disponível em: <https://npctwebinars.com.br/fisiologia-vegetal-nematoides>. Acesso em: 26 set. 2025.

CORTE, G. D.; PINTO, F.F.; STEFANELLO, M.T.; GULART, C.; RAMOS, J.P.; BALARDIN, R.S. Tecnologia de aplicação de agrotóxicos no controle de fitonematoides em soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.9, p.1534-1540, set, 2014. ISSN 0103-8478

COSTA, M.J.N. Uso de esterco bovino e cobertura do solo no manejo de nematoides na cultura da soja. **Revisão Anual de Patologia de plantas**, Volume 27, p. 32-50. 2021.

Costa, S. N. O. **Prospecção de metabólitos secundários relacionados com a resistência de *Psidium spp.* ao nematoide *Meloidogyne enterolobii***. Dissertação (Mestrado em Biociências e Biotecnologia) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Biociências e Biotecnologia, 2021.

DIXON, R. A.. Natural products and plant disease resistance. **Nature**, 411(6839), p. 843–847. (2001). Disponível em: <https://www.nature.com/articles/35081178>. Acesso em: 25 mai. 2025.

DURELLO, R. S.; SILVA, L. M.; BOGUSZ JR, S. Química do lúpulo. **Química nova**, São Paulo, v. 42, n. 8, p. 900-919. 2019. DOI: 10.21577/0100-4042.20170412.

EISENBACK, J. D. et al. **A guide to the four most common species of root knot nematodes (*Meloidogyne spp.*), with a pictorial key**. State University, Depto. of Plant Pathology, 1981.

EMBRAPA. PINHEIRO, J. B. Nematóides. **Agência de Informação Embrapa**. (2017). Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1070313/nematoides-em-hortalicas>. Acesso em: 24 set. 2025.

EMBRAPA. Nematoides fitoparasitas. **Agência de Informação Tecnológica**, 2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/amora/producao/nematoides-fitoparasitas>>. Acesso em: 24 set. 2025.

FAGHERAZZI, M. M., RUFATO L., KRETZSCHMAR A. A., ARRUDA A. L., SOARES DOS SANTOS, M. F., CAMARGO, S. S. **A cultura do lúpulo: botânica e variedades**. Disponível em: <https://www.fcav.unesp.br/Home/departamentos/fitossanidade/laboratoriodematologia/agronomiabrasileira/rab201712rdoi.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2023.

FERRAZ, L. C. C. B.; BROWN, D. J. F. Nematologia de plantas: fundamentos e importância. Manaus: **Norma Editora**, v. 1, p. 251, 2016.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA, C., UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA. **Teoria da Amostragem – Testes de Hipóteses**. Cap. 5. Disponível em: https://www2.ufjf.br/clecio_ferreira/files/2012/04/Cap5-Testes-de-hipoteses-Parte-1.pdf. Acesso em: 04 set. 2025.

FERRIS, H.; VENETTE, R.C.; LAU, S.S. Dynamics of nematode communities in tomatoes grown in conventional and organic farming systems, and their impact on soil fertility. **Applied Soil Ecology**, v. 3. p. 161-175, 1996.

FORTUNA, G. C.. **Desempenho agrônomo e fitoquímico de variedades de lúpulo produzidas em condições tropicais sob manejo orgânico e**

convencional. 2021. Tese Doutorado (Doutorado em Horticultura) - Faculdade de Ciencias Agronomicas UNESP, [S. l.], 2021. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/217246>. Acesso em: 7 ago. 2022.

FORTUNA, G. C.. Iluminação artificial no cultivo de lúpulo. Arolúpulo – **Associação Brasileira de Produtores de Lúpulo**. (2022). Disponível em: <https://aprolupulo.com.br>. Acesso em: 05 jun. 2025.

FRANCO, D. P.; PEREIRA, T. M.; VITORIO, F.; NADUR, N. F.; LACERDA, R. B.; KÜMMERLE, A. E. A importância das cumarinas para a química medicinal e o desenvolvimento de compostos bioativos nos últimos anos. **Química Nova**, 44, 180-197. 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/NdnnhHYx8b8tJFSFYXms6nM/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 01 fev. 2023.

FREITAS, L. G.; NEVES, W. S.; OLIVEIRA, R. D. L. Métodos em nematologia vegetal. **Métodos em fitopatologia**. Viçosa, MG: UFV, cap.11, p. 253-291, 2007.

GERHÄUSER, C. Beer constituents as potential cancer chemopreventive agents. **European Journal of Cancer**, v. 41, n. 13, p. 1941–1954, 2005. DOI: 10.1016/j.ejca.2005.04.012.

GOBBO NETO, L.; LOPES, N. P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 374–381, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0100-40422007000200026>. Acesso em: 20 jun. 2025.

GOMES, C. B., BELLÉ, C., & PORTO, A. C. F. (2016). Nematoides fitoparasitas da cana-de-açúcar: Ocorrência, danos e manejo. **Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1076620/nematoides-fitoparasitas-da-cana-de-acucar-ocorrencia-danos-e-manejo>. Acesso em; 25 jan. 2025.

GONSAGA, R. F., POLLO, A. S., NASCIMENTO, D. D., FERREIRA, R. J., BRAZ, L. T., SOARES, P. L. M. First report of root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*, infecting hops, *Humulus lupulus*, in São Paulo, Brazil. **Journal of Nematology**, 53, 2021.

GOULART, A. M. C. Aspectos gerais sobre nematoides das lesões radiculares (gênero *Pratylenchus*). Planaltina, DF: **Embrapa Cerrados**, 2008. 30 p. (Documentos / Embrapa Cerrados, n. 219). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/571924/1/doc219.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2025.

GOULART, A.M.C., Análise nematológica: importância e princípios gerais – Planaltina, DF: **Embrapa Cerrados**. 45p. (Documentos / Embrapa Cerrados.

299:2176-5081, 2010. Disponível em:

<https://nematologia.com.br/files/tematicos/28.pdf>. Acesso em: 23 set. 2024.

GUAYATO NOMURA, R. B., LOPES-CAITAR, V. S., HISHINUMA-SILVA, S. M., MACHADO, A. C. Z., MEYER, M. C., & MARCELINO-GUIMARÃES, F. C.

Pratylenchus brachyurus: status and perspectives in Brazilian agriculture. **Tropical Plant Pathology**, 49, 573–589. (2024).

HOFFMANN-CAMPO, C. B. Resistência constitutiva e induzida em plantas a insetos e a metabolômica. Londrina: **Embrapa Soja**, 2012. Disponível em:

<https://www.embrapa.br/soja/busca-de-publicacoes/-/publicacao/961282/resistencia-constitutiva-e-induzida-em-plantas-a-insetos-e-a-metabolomica>. Acesso em: 26 set. 2025.

HU, L. et al. Root exudate metabolites drive plant-soil feedbacks on growth and defense by shaping the rhizosphere microbiota. **Nature Communications**, v. 9, n. 1, p. 1–13, 2018.

HUSSEY, R.S.; BARKER.; K.R.A.; Comparison of methods of collecting inocula of *Meloidogyne* spp. Including a new technique. **Plant Disease Reporter**, Washington.57:1025-1028, 1973

JENKINS, W. R. B. et al.; A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant disease reporter**, v. 48, n. 9, 1964. 22

KHAN, M., KHAN, A.U., **Plant parasitic nematodes effectors and their crosstalk with defense response of host plants: A battle underground**, Rhizosphere, Volume 17, ISSN 2452-2198, <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2020.100288>. (2021),Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2452219820302007>. Acesso em 18 fev. 2025.

KHAN, A., KHAN, A., ALI, A., FATIMA, S., & SIDDIQUI, M. A.. Root-Knot Nematodes (*Meloidogyne* spp.): Biology, Plant-Nematode Interactions and Their Environmentally Benign Management Strategies. **Journal of Crop Health**, 75, 2187–2205., 2023

KATIKI, L. M. CHAGAS, A. C. de S.; OLIVEIRA, M. C. de S.; VERÍSSIMO, C. J.. Plantas e compostos químicos de origem vegetal para o controle de nematoides. **Embrapa Pecuária Sudeste**, 2008. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/48556/plantas-e-compostos-quimicos-de-origem-vegetal-para-o-controle-de-nematoides>. Acesso em: 21 set. 2024.

LAGOS, F. S.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; DESCHAMPS, C. Propagação vegetativa do lúpulo (*Humulus lupulus* L.): abordagem histórica e perspectivas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 43, n. 6, p. 2081–2100, nov./dez. 2022. Disponível em: <https://doaj.org/article/1575fb883a9e47aa8c724c837350f708>. Acesso em: 24 set. 2025.

LUCHESI, L. A. **Atividade antibacteriana, antifúngica e antioxidante de óleos essenciais**. 2017. 88 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2017. Disponível em: <https://repositorio2.utfpr.edu.br/srv-riut-s02/api/core/bitstreams/b2902b6d-6070-4589-9903-bead09d7c4fe/content>. Acesso em: 26 set. 2025.

MAGALHÃES, P, J. ET AL. Detection and quantification of provitamin D 2 and vitamin D 2 in hop (*Humulus lupulus* L.) by liquid chromatography–diode array detection–electrospray ionization tandem mass spectrometry. **Journal of Agricultural and food chemistry**, v. 55, n. 20, p. 7995-8002, 2007.

MANEJE BEM. A cultura do lúpulo – Parte 2. **Portal Maneje Bem**, 2022. Disponível em: <https://www.manejebem.com.br/publicacao/novidades/a-cultura-do-lupulo-parte-2>. Acesso em: 24 set. 2025.

MEGA, J. F., NEVES, E., ANDRADE, C. J.. A produção da cerveja no Brasil. **Revista Hestia Citino**, Santa Catarina, v. 1, n. 1, p. 34 – 42, 2011.

MENTEN, J. O., BANZATO, T., & OLIVEIRA, C. M. G. (2018). Nematoides: importância e manejo. **Portal Agrolink**. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/colunistas/coluna/nematoides--importancia-e-manejo_407920.html. Acesso em: 15 fev. 2025.

MOENS, M.; PERRY, R. N. Migratory plant endoparasitic nematodes: a group rich in contrasts and divergence. In: PERRY, R. N.; MOENS, M. (Ed.). **Plant nematology**. Wallingford: CABI Publishing, 2009. p. 123–152.

MONGELLI A., RODOLFI M., GANINO T., MARIESCHI M., CALIGIANI A., DALL'ASTA C., BRUNI R.. 2016. Are *Humulus lupulus* L. ecotypes and cultivars suitable for the cultivation of aromatic hop in Italy? A phytochemical approach. **IndCropProd** 83: 693–700.

MORAIS L.A.S. Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 27, n. 2, p. S3299-S3302, ago. 2009. Congresso Brasileiro de Olericultura, Águas de Lindóia, SP. 2009. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/577686>. Acesso em: 25 ago. 2023.

NASCIMENTO, D. D., GONSAGA, R. F., POLLO, A. S., SANTOS, L. S. M., FERREIRA, R. J., RODRIGUES, M., BRAZ, L. T. and Soares, P. L. M.; First Report of Root-Knot Nematode, *Meloidogyne javanica*, Infecting *Humulus lupulus* in São Paulo, Brazil. **Plant Disease** 104:2740; 2020.

NASIOU, E.; GIANNAKOU, I. O. Effect of geraniol, a plant-based alcohol monoterpene oil, against *Meloidogyne javanica*. **European Journal of Plant Pathology**, v. 152, n. 3, p. 701–710, 2018.

NEVE, R. A. **Hops**. 1 ed. Bury St. Edmunds: Chapman and Hall, 1991.

OSÓRIO, A. C.; MARTINS, J. L. S. Determinação de cumarina em extrato fluido e tintura de *guaco* por espectrofotometria derivada de primeira ordem. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 40, n. 4, p. 481–486, 2004. DOI: 10.1590/S1516-93322004000400005.

PELOSI, A. O papel das enzimas antioxidantes na defesa das plantas contra insetos herbívoros e fitopatógenos. **Academia.edu**, 2014. Disponível em: <https://www.academia.edu/8612347>. Acesso em: 26 set. 2025.

PETRISOR, G.; MOTELICA, L.; CRACIUN, L. N.; OPREA, O. C.; FICAI, D.; FICAI, A. Melissa officinalis: composition, pharmacological effects and derived release systems – a review. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 23, n. 7, p. 3591, 2022. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/porta1/resource/en;/mdl-35408950>. Acesso em: 20 jun. 2025.

RUPPERT E. E, FOX, R. S., BARNES, R.D., **Zoologia dos invertebrados : uma abordagem funcional-evolutiva**, 1145 p. ,7. ed., Editora Roca, 2005. ISBN. 8572415718.

SANTANA, S. M. et al. Manejo de *Pratylenchus zeae* por plantas antagonistas, em solos de áreas de cultivo de cana-de-açúcar. **Nematropica**, v. 42, n. 1, p. 63–71, 2012. Disponível em: <https://journals.flvc.org/nematropica/article/view/79583>. Acesso em: 20 jun. 2025.

SILVA, R. A.; SERRANO, M. A. S.; INOMOTO, M. M.; ASMUS, G. L. **Distribuição, dinâmica populacional e danos provocados por *Meloidogyne incognita*, *Rotylenchulus reniformis* e *Pratylenchus brachyurus* na cultura do algodoeiro no estado do Mato Grosso**. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/001544276>. Acesso em: 23 set. 2024.

SINGH, B.; SHARMA, R. A. Plant terpenes: defense responses, phylogenetic analysis, regulation and clinical applications. 3 **Biotech**, v. 5, n. 2, p. 129–151, 2015. Disponível em: <https://research.amanote.com/publication/nZzn3HMBKQvf0BhiBONr/plant-terpenes-defense-responses-phylogenetic-analysis-regulation-and-clinical>. Acesso em: 19 jun. 2025.

SOARES, P. L. M., NASCIMENTO, D. D., VIDAL, R. L., & FERREIRA, R. J. **Controle biológico: prática fundamental para o manejo sustentável de nematoides**. Disponível em: <https://nematologia.com.br/files/anais/2017/Controle%20Biol%C3%B3gico%20pr%C>

3%A1tica%20fundamental%20para%20o%20manejo%20sustent%C3%A1vel%20de%20nematoides.pdf. 2025. Acesso em: 06 jun. 2025.

SOARES, P.L.M.; NASCIMENTO, D.D., Integrated Nematode Management of Root Lesion and Root-Knot Nematodes in Soybean in Brazil in: **Integrated Nematode Management: State-of-the-art and visions for the future**. Wallingford UK: CABI, p. 103-110; 2021.

SOCIEDADE NACIONAL DE AGRICULTURA. Por ano, nematoides causam prejuízos de R\$ 35 bilhões ao agronegócio nacional. **SNA – Sociedade Nacional de Agricultura**, 22 out. 2015. Disponível em: <https://sna.agr.br/por-ano-nematoides-causam-prejuizos-de-r-35-bilhoes-ao-agronegocio-nacional/>. Acesso em: 26 set. 2025.

SOUTHEY, J.F.; Laboratory for work with plant and soil nematodes. 5 ed. **London: Minist. Agric. Fisch.** Fd., 148 p. 1970. Disponível em: <https://brill.com/downloadpdf/display/book/9789004387584/front-1.pdf>. Acesso em: 07 out. 2024.

STIRLING, C. M., Biology and ecology of *Pratylenchus*. **Nematology Monographs & Perspectives**, 6, 305-324. (1991).

TAIZ, L., ZEIGER, E., MOLLER, I. M., & MURPHY, A. **Plant Physiology and Development** (6ª ed.). Sinauer Associates. (2017).

TIENGO, R. **Unesp de Jaboticabal testa melhoramento genético em busca de lúpulo brasileiro**, G1 – Ribeirão e Franca, 2019. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/ribeirao-preto-franca/estacao-agro/noticia/2019/02/05/unesp-de-jaboticabal-testamelhoramento-genetico-em-busca-de-lupulo-brasileiro.ghtml>. Acesso em: 20 jun. 2025.

UC DAVIS NEMAPLEX, **The Nematode Information System: A Virtual Encyclopedia on Nematodes**. Disponível em: <http://nemaplex.ucdavis.edu/>. Acesso em: 18 fev. 2025.

VARGAS, P. V.: Uma muda de qualidade. **APROLÚPULO**, Blog. Disponível em: <https://www.aprolupulo.com.br/blog/uma-muda-de-qualidade>. Acesso em 20 jan. 2025.

WENJIANG P., KUN X., SIFANG L., HAIFENG Z., ZIZHEN Y., CHAOYUAN G. JIANFANG H. Characterization of Five Meloidogyne incognita Effectors Associated with PsoRPM3. **International Journal of Molecular Sciences**. 2022, 23, 1498. <https://doi.org/10.3390/ijms23031498>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1422-0067/23/3/1498>. Acesso em: 10 out. 2025.

YEATES, G.W. Modification and qualification of the nematode Maturity Index. **Pedobiologia**. v.38, p. 97– 101, 1994. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0031405624001136>. Acesso em: 28 abr. 2025.

YEATES, G.W.; BONGERS, T. Nematode diversity in agroecosystems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 74: 113-135.1999. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S016788099900033X>. Acesso em: 28 abr. 2025.

ZANGARO, G. A. C. **Perfil químico de óleos essenciais de lúpulo em flor e suas classificações por quimiometria**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2014. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/15401>. Acesso em: 25 ago. 2023.

ZHISHEN, J.; MENGCHENG, T.; JIANMING, W. *The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals*. **Food Chemistry**, v. 64, n. 4, p. 555–559, 1999.