

# RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 17/03/2025.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP**

**CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**CONTROLE QUÍMICO-BIOLÓGICO E FATORES  
CLIMÁTICOS NO MANEJO DE NEMATOIDES NO SISTEMA  
SOJA-MILHO**

**Danrley da Roza Pacheco**

**Engenheiro Agrônomo**

**2025**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP**

**CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**CONTROLE QUÍMICO-BIOLÓGICO E FATORES  
CLIMÁTICOS NO MANEJO DE NEMATÓIDES NO SISTEMA  
SOJA-MILHO**

**Danrley da Roza Pacheco**

**Orientador: Prof. Dr. Pedro Luiz Martins Soares**

**Coorientadora: Dra. Marina Gomes da Silva**

**Dissertação apresentada à Faculdade de  
Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp,  
Câmpus de Jaboticabal, como parte das  
exigências para a obtenção do título  
de Mestre em Agronomia  
(Entomologia Agrícola)**

**2025**

P116c Pacheco, Danrley da Roza  
Controle químico-biológico e fatores climáticos no manejo de nematoides no sistema soja-milho / Danrley da Roza Pacheco. -- Jaboticabal, 2025  
67 p. : tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal  
Orientador: Pedro Luiz Martins Soares  
Coorientadora: Marina Gomes da Silva

1. Manejo de nematoides. 2. Fluazaindolizine. 3. Sucessão de cultura. 4. Variações climáticas. 5. Fitonematoides. I. Título.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal




## CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: CONTROLE QUÍMICO-BIOLÓGICO E FATORES CLIMÁTICOS NO MANEJO DE NEMATÓIDES NO SISTEMA SOJA-MILHO


**AUTOR: DANRLEY DA ROZA PACHECO**

**ORIENTADOR: PEDRO LUIZ MARTINS SOARES**


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

Documento assinado digitalmente  
 **PEDRO LUIZ MARTINS SOARES**  
Data: 07/10/2025 18:57:13-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. PEDRO LUIZ MARTINS SOARES (Participação Presencial)  
Departamento de Fitossanidade / FCAV UNESP Jaboticabal

Documento assinado digitalmente  
 **JERONIMO VIEIRA DE ARAÚJO FILHO**  
Data: 03/10/2025 08:03:22-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

PROF. DR. JERONIMO VIEIRA DE ARAÚJO FILHO (Participação Virtual)  
Departamento de Fitossanidade / Universidade Federal de Pelotas (UFPEL) - Pelotas/RS

Documento assinado digitalmente  
 **DANIEL JUNIOR DE ANDRADE**  
Data: 06/10/2025 06:44:25-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. DANIEL JUNIOR DE ANDRADE (Participação Presencial)  
Departamento de Fitossanidade / FCAV UNESP Jaboticabal

Jaboticabal, 17 de setembro de 2025

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

Danrley da Roza Pacheco, natural de Tapes - RS, nascido em 27 de julho de 1995, completou o curso Técnico em Controle Ambiental em 2014 e formou-se em Agronomia em 2019 pela Universidade Federal de Pelotas na Escola de Agronomia Eliseu Maciel, Câmpus Capão do Leão. Durante esse período participou de projetos de iniciação científica, como bolsista voluntário, na Universidade e na Embrapa Clima Temperado, todos direcionados ao estudo do controle de fitonematoides. Em outubro de 2019, assumiu a vaga de assistente técnico de campo na empresa FMC, através da cooperativa UNICAMPO, coordenando o projeto intitulado Comando Nematóide, atuando por 10 meses nesse trabalho e em agosto de 2020 deu início as suas atividades na Corteva Agriscience através da empresa Destak RH atuando com assistente de pesquisa, no Laboratório de Nematologia. Em 2022 ingressou no Mestrado em Agronomia (Entomologia Agrícola), na Unesp/FCAV, Câmpus de Jaboticabal, para dar continuidade aos estudos direcionados aos nematoides, sobre o manejo de fitonematoides e o uso de controle de químico e biológico. Em fevereiro de 2024, ao ser efetivado, assumiu a posição de pesquisador de campo, na Corteva Agriscience atuando diretamente na área de bioestimulantes e biorreguladores de plantas.

*“Embora ninguém possa voltar atrás e fazer um novo começo,  
qualquer um pode começar agora e fazer um novo fim.”*

(James R. Sherman)

*Dedico aos meus pais,*

*Arlenes dos Passos*

*Pacheco e Neusa*

*Maria da Roza*

*Pacheco.*

## **AGRADECIMENTOS**

À minha família, especialmente aos meus pais Arilenes dos Passos Pacheco e Neusa Maria da Roza Pacheco, minhas irmãs Paula Drieli Pacheco e Cassiely da Roza Pacheco, e meu noivo Rafael da Gama e Silva, por me educarem, ouvirem e apoiarem incondicionalmente nesta jornada até aqui e a minha sobrinha Lívia, que é meu anjo da guarda.

Às minhas amigas e fiéis escudeiras Tamires Martins e Larissa Longaray, que me acolheram em todos os momentos difíceis e não me permitiram desistir deste projeto, e à Bianca Maróstica, que esteve comigo diariamente ao longo desses quase quatro anos de estudo e trabalho, me dando todo o suporte necessário.

Ao meu ex-chefe e agora colega de trabalho Carlos de Oliveira Guarnieri, que me incentivou e ajudou a trilhar este caminho, sendo um excelente exemplo de paciência e cordialidade nos altos e baixos desta jornada.

Ao Professor Pedro Luiz Martins Soares, que aceitou o desafio e, assim como eu, não desistiu de chegarmos até aqui, dedicando seu tempo ao meu crescimento acadêmico.

A todos do Laboratório de Nematologia da Unesp Jaboticabal, que sempre estiveram à disposição para me ajudar com o que fosse necessário durante esses anos.

Aos colegas e amigos de trabalho da Corteva, especialmente Jaqueline Campos, Eric Silveira, Thais Faleiros e Marina Silva, por me ouvirem, acompanharem e me ensinarem muito neste trabalho.

E à Corteva Agriscience do Brasil, pela oportunidade de cursar o mestrado conciliando com minha rotina de trabalho na empresa

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

## SUMÁRIO

<b>Controle químico-biológico e fatores climáticos no manejo de nematoides no sistema soja-milho.</b> .....	<b>iii</b>
<b>CAPÍTULO 1 – Considerações Gerais</b> .....	<b>1</b>
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. OBJETIVOS .....	2
3. REVISÃO DE LITERATURA .....	3
3.1. Fitonematoides na cultura da Soja .....	3
3.2. Fitonematoides na cultura do milho .....	4
3.3. Nematóide de galha ( <i>Meloidogyne</i> spp.) .....	5
3.4. Nematóide de cisto da soja ( <i>Heterodera glycines</i> ) .....	6
3.5. Nematóide das lesões radiculares ( <i>Pratylenchus</i> spp.) .....	8
3.6. Manejo de fitonematoides .....	9
3.7. Variações climáticas e o efeito na dinâmica populacional de nematoides e no desenvolvimento de plantas .....	11
4. REFERÊNCIAS .....	13
<b>CAPÍTULO 2 – Avaliação da eficácia de Fluazaindolizine 500 SC e <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> no manejo de fitonematoides e produtividade no sistema soja-milho</b> .....	<b>20</b>
1. INTRODUÇÃO .....	22
2. MATERIAIS E MÉTODOS .....	24
2.1. Instalação do ensaio experimental .....	24
3. RESULTADOS .....	27
3.1. Emergência das plântulas na cultura da Soja e do Milho .....	27
3.2. População de fitonematoides no solo (100 cm <sup>3</sup> ) e nas raízes (20 g) na cultura da Soja aos 90 DAE .....	28

3.3.	Cistos viáveis de <i>Heterodera glycines</i> na cultura da Soja.....	30
3.4.	Populações totais de fitonematoides no solo e nas raízes na cultura do Milho aos 90 DAE .....	31
3.5.	Populações totais de fitonematoides totais nas raízes e no solo nas culturas da Soja e do Milho somadas.....	32
3.6.	Produtividade de Grãos Soja e Milho.....	34
<b>4.</b>	<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>36</b>
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>39</b>
<b>6.</b>	<b>AGRADECIMENTO.....</b>	<b>39</b>
<b>7.</b>	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>40</b>
<b>CAPÍTULO 3 – Impacto das variações climáticas na densidade de fitonematoides e produtividade no sistema soja-milho.....</b>		<b>46</b>
<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>48</b>
<b>2.</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>50</b>
2.1.	Análise de dados .....	53
<b>3.</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>54</b>
3.1.	Correlação fitonematoides e a cultura de soja .....	54
3.2.	Correlação de fitonematoides e a cultura de milho.....	57
3.3.	Análise de correlações de fitonematoides e fatores ambientais.....	59
3.4.	Análise de dispersão da umidade média do ar e a flutuação da população de fitonematoides nas raízes. ....	61
<b>4.</b>	<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>63</b>
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>66</b>
<b>6.</b>	<b>AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>66</b>
<b>7.</b>	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>67</b>

## **Controle químico-biológico e fatores climáticos no manejo de nematoides no sistema soja-milho.**

**RESUMO** – A presença de fitonematoides fitoparasitos representa um dos principais entraves à produtividade agrícola no Brasil, especialmente no sistema de cultivo soja-milho. Este estudo teve como objetivo avaliar a eficácia do nematicida Fluazaindolizine 500 SC, aplicado isoladamente e em associação com o agente biológico *Bacillus amyloliquefaciens* PTA-4838 16,5 FS, no manejo de fitonematoides e no desempenho produtivo das culturas, além de investigar o impacto das variações climáticas na dinâmica populacional desses patógenos. Os tratamentos foram comparados com Fluopiram 500 SC e com o biológico isolado. Os resultados demonstraram que o Fluazaindolizine 500 SC apresentou elevada eficácia no manejo de *Pratylenchus brachyurus*, *Meloidogyne incognita* e *M. javanica*, tanto no solo quanto nas raízes, superando os demais tratamentos. A associação Fluazaindolizine 500 SC + *B. amyloliquefaciens* PTA-4838 16,5 FS destacou-se também em produtividade, evidenciando o potencial do uso combinado de modos de ação. Além disso, observou-se que fatores climáticos, como temperatura e umidade, influenciam significativamente a correlação entre a densidade populacional de fitonematoides e os parâmetros de crescimento das plantas, reforçando a importância de estratégias de manejo integradas e adaptadas às condições ambientais.

**Palavras-chave:** Fluazaindolizine, fitonematoides, controle químico, controle biológico, variações climáticas, sistema soja-milho

## **Chemical-biological control and climatic factors in the management of nematodes in the soybean-corn system**

**ABSTRACT-** The presence of plant-parasitic nematodes represents one of the main obstacles to agricultural productivity in Brazil, especially in the soybean-corn cropping system. This study aimed to evaluate the efficacy of the nematicide Fluazaindolizine 500 SC, applied alone and in combination with the biological agent *Bacillus amyloliquefaciens* PTA-4838 16.5 FS, in controlling nematodes and improving crop performance, as well as to investigate the impact of climatic variations on the population dynamics of these pathogens. The treatments were compared with Fluopyram 500 SC and the biological agent applied alone. The results showed that Fluazaindolizine 500 SC demonstrated high efficacy in controlling *Pratylenchus brachyurus*, *Meloidogyne incognita*, and *M. javanica*, both in the soil and in the roots, outperforming the other treatments. The combination of Fluazaindolizine 500 SC + *B. amyloliquefaciens* PTA-4838 16,5 FS also stood out in terms of productivity, highlighting the potential of combining different modes of action. Additionally, it was observed that climatic factors, such as temperature and humidity, significantly influence the correlation between nematode population density and plant growth parameters, reinforcing the importance of integrated management strategies adapted to environmental conditions.

**Keywords:** Fluazaindolizine, nematodes, chemical control, biological control, climate variation, soybean-corn system

## CAPÍTULO 1 – Considerações Gerais

### 1. INTRODUÇÃO

No contexto mundial, a produção de soja (*Glycine max*) e o milho (*Zea mays*), têm apresentado um crescimento expressivo tanto no consumo destinado à alimentação animal e na produção. A soja e o milho são culturas estratégicas para a agricultura brasileira, com papel fundamental na economia nacional e no abastecimento interno e global de alimentos e insumos industriais. O Brasil se consolidou como o maior produtor e exportador mundial de soja, com uma produção estimada em 147,35 milhões de toneladas na safra 2023/2024 em 47,52 milhões de hectares, aproximadamente (EMBRAPA, 2025). Para o milho, a produção nacional foi estimada em 131,8 milhões de toneladas na safra 2023/2024, cultivadas em uma área de aproximadamente 22,3 milhões de hectares (CONAB, 2024).

Apesar do avanço tecnológico e do aumento da produtividade, os nematoides fitoparasitas continuam sendo um dos principais entraves à sustentabilidade desses sistemas produtivos. As perdas causadas por fitonematoides na agricultura vêm sendo amplamente documentadas ao longo das últimas décadas. Já em 1987, Sasser & Freckman destacavam que os nematoides parasitas de plantas eram responsáveis por uma redução média de 12% na produção agrícola mundial, com prejuízos estimados entre US\$ 78 e 125 bilhões por ano.

Posteriormente, Nicol et al. (2011) aprofundaram essa análise, apontando que os danos são ainda mais severos em regiões tropicais e subtropicais, onde as perdas podem atingir 14,6% da produção, resultando em impactos econômicos superiores a US\$ 173 bilhões anuais. Complementando esses dados, Askary & Martinelli (2015) estimaram que os fitonematoides causam perdas globais de 12,6% na produção agrícola, o que representa um prejuízo econômico de aproximadamente US\$ 215,77 bilhões por ano, considerando os principais cultivos alimentares do mundo.

Estudos realizados ao longo dos últimos anos têm demonstrado o impacto crescente dos fitonematoides na agricultura brasileira, especialmente na cultura da

soja. Na safra 2022/23, estimativas da Agrobiológica indicaram perdas de aproximadamente R\$ 35 bilhões na agricultura nacional, sendo R\$ 15 bilhões atribuídos à soja (AGROBIOLÓGICA, 2022). No mesmo ano, uma pesquisa conduzida pela Syngenta, Agroconsult e pela Sociedade Brasileira de Nematologia apontou que os nematoides causaram R\$ 27,7 bilhões em prejuízos na soja, com projeções de perdas acumuladas que podem ultrapassar R\$ 870 bilhões em uma década, caso não haja avanços significativos no manejo (SYNGENTA; AGROCONSULT; SBN, 2022).

Entre as principais espécies de fitonematoides que são mais frequentes e que mais impactam o sistema soja-milho estão, *Heterodera glycines Ichinohe, 1952*; *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White, 1919) Chitwood, 1949; *Meloidogyne javanica* (Treub, 1885) Chitwood, 1949; e *Pratylenchus brachyurus* (Godfrey, 1929) Filipjev & Schuurmans-Stekhoven, 1941. Esses organismos atacam o sistema radicular das plantas, comprometendo a absorção de água e nutrientes, além de favorecerem a entrada de patógenos secundários. O manejo desses patógenos é desafiador, especialmente em sistemas de sucessão de culturas, onde o milho pode atuar como ponte verde, por ser hospedeiro das referidas espécies, exceto de *H. glycines*. (EMBRAPA, 2021)

Nos últimos anos, o uso de nematicidas químicos e biológicos tem sido amplamente estudado. No entanto, ainda há lacunas importantes quanto à eficácia do uso combinado desses produtos, especialmente sob diferentes condições climáticas. A variabilidade ambiental pode influenciar diretamente a dinâmica populacional dos fitonematoides e a resposta das plantas aos tratamentos, o que torna essencial a avaliação integrada desses fatores.

## **5.CONCLUSÕES**

As variações na umidade relativa do ar influenciaram diretamente a densidade de fitonematoides e o desenvolvimento das culturas de soja e milho. Em 2023, com clima mais úmido, os efeitos dos fitonematoides foram atenuados, enquanto em 2024, sob condições mais secas, houve maior impacto negativo no crescimento e produtividade das plantas. A forte correlação entre umidade e densidade de fitonematoides ( $R^2 = 0,60$ ) destaca a importância do monitoramento climático e do manejo integrado para reduzir perdas em cenários de estresse ambiental.

## **6. AGRADECIMENTOS**

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) e a Corteva Agriscience do Brasil.

## 7. REFERÊNCIAS

- Aphalo, P. J. (2025). ggpmisc: Miscellaneous Extensions to 'ggplot2' (Versão 0.6.2.9001) [Pacote R]. <https://docs.r4photobiology.info/ggpmisc/>. Acessado em 20 de outubro de 2025.
- Bardgett, R. D.; Van Der Putten, W. H. Belowground biodiversity and ecosystem functioning. **Nature**, v. 515, n. 7528, p. 505–511, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature13855>
- Barker, K. R.; Koenning, S. R. Developing damage functions for nematodes. In: **Nematology: Advances and Perspectives**, v. 2, p. 541–565, 1998.
- Betts, R. A. et al. Projected increase in continental runoff due to plant responses to increasing carbon dioxide. **Nature**, v. 448, p. 1037–1041, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature06045>
- Bird, D. M.; Kaloshian, I. Are roots special? Nematodes have their say. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 62, p. 115–123, 2003. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0885-5765\(03\)00045-6](https://doi.org/10.1016/S0885-5765(03)00045-6)
- Blankinship, J. C. et al. A meta-analysis of responses of soil biota to global change. **Oecologia**, v. 165, p. 553–565, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00442-011-1909-0>
- Carneiro, R. M. D. G. et al. Reação de genótipos de soja a Heterodera glycines. **Nematologia Brasileira**, v. 30, n. 1, p. 1–6, 2006.
- Castillo, P.; Vovlas, N. **Pratylenchus (Nematoda: Pratylenchydae): Diagnosis, Biology, Pathogenicity and Management**. Leiden: Brill, 2007. 529 p.
- Dias-Arieira, C. R. et al. Reação de cultivares de soja a *Pratylenchus brachyurus*. **Nematologia Brasileira**, v. 34, n. 2, p. 123–128, 2010.

Dropkin, V. H. **Introduction to Plant Nematology**. New York: **Wiley-Interscience**, 1980. 293 p.

Eisenhauer, N. et al. Global change effects on soil animals. **Global Change Biology**, v. 18, p. 2733–2749, 2012.

Evans, K.; Haydock, P. P. J. A review of damage thresholds for nematodes on potatoes. **Annals of Applied Biology**, v. 137, p. 1–9, 2000.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAOSTAT**. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat> . Acesso em: 20/06/25

FAO & ITPS. (2015). Status of the World's Soil Resources (SWSR) – Main Report. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils. Rome, Italy. Disponível em <http://www.fao.org/3/a-i5199e.pdf>

Ferraz, S. et al. **Manejo sustentável de nematoides**. Viçosa: **UFV**, 2010. 306 p.

Franco, A. L. C. et al. Extreme drought and rainfall alter soil nematode communities in a tropical forest. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 132, p. 28–35, 2019.

Goulart, A. M. C. **Aspectos gerais sobre nematoides-das-lesões-radiculares (gênero *Pratylenchus*)**. Planaltina: **Embrapa Cerrados**, 2008.

Haider, S. et al. Molecular mechanisms of plant tolerance to heat stress: current landscape and future perspectives. **Plant Cell Reports**, v. 40, p. 2247–2271, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00299-021-02696-3>

Hussey, R. S.; Williamson, V. M. Physiological and molecular aspects of nematode parasitism. **Plant and Soil**, v. 200, p. 91–101, 1998.

Jones, J. T. et al. Top 10 plant-parasitic nematodes in molecular plant pathology. **Molecular Plant Pathology**, v. 14, n. 9, p. 946–961, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1111/mpp.12057>

Kloepper, J. W. et al. Induced systemic resistance and promotion of plant growth by *Bacillus* spp. **Phytopathology**, v. 94, p. 1259–1266, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1094/PHYTO.2004.94.11.1259>

- Lahm, G. P. et al. The discovery of Fluazaindolizine: A new product for the control of plant parasitic nematodes. **Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters**, v. 27, p. 1572–1575, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bmcl.2017.02.029>
- McClure, M. A. *Meloidogyne incognita*: a metabolic sink. **Journal of Nematology**, v. 9, n. 2, p. 88–90, 1977. DOI: <https://doi.org/10.1093/jofnem/9.2.88>
- Mitchum, M. G. et al. Frequency of occurrence of Heterodera glycines types, Meloidogyne spp., and eight other nematode taxa associated with soybeans in Georgia. **Plant Health Progress**, v. 24, p. 214–220, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1094/PHP-09-22-0096-S>
- Nascimento, A. M., Silva, J. R., & Oliveira, M. F. (2013). Correlação de Spearman na análise de dados não paramétricos em estudos agronômicos. **Revista Brasileira de Estatística Aplicada**, 2(1), 45–52.
- Nicol, J. M. et al. Current nematode threats to world agriculture. In: Jones, J.; Gheysen, G.; Fenoll, C. (Eds.). **Genomics and Molecular Genetics of Plant-Nematode Interactions**. Springer, 2011. p. 21–43. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-94-007-0434-3\\_2](https://doi.org/10.1007/978-94-007-0434-3_2)
- Nielsen, U. N. et al. Global-scale patterns of assemblage structure of soil nematodes in relation to climate and ecosystem properties. **Global Ecology and Biogeography**, v. 23, p. 968–978, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1111/geb.12177>
- Norton, D. C. **Ecology of Plant-Parasitic Nematodes**. New York: Wiley-Interscience, 1979. 268 p.
- Paula, G. A. (2010). **Modelos de regressão com dados transformados**. São Paulo: Editora Blucher.
- R Core Team. (2024). **R: A language and environment for statistical computing** [Computer software]. <https://www.r-project.org/>. Acessado em 29 de agosto de 2025.
- Sasser, J. N.; Freckman, D. W. A world perspective on nematology: the role of the society. In: Veech, J. A.; Dickson, D. W. (Eds.). **Vistas on Nematology**. Hyattsville: **Society of Nematologists**, 1987. p. 7–14.

Seneviratne, S. I. et al. Investigating soil moisture–climate interactions in a changing climate: a review. **Earth-Science Reviews**, v. 99, p. 125–161, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2010.02.004>

Sijmons, P. C. et al. *Arabidopsis thaliana* as a new model host for plant-parasitic nematodes. **The Plant Journal**, v. 1, n. 2, p. 245–254, 1991. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.1991.00245.x>

Silva, J. D. O. et al. Efficacy of new nematicides for managing *Meloidogyne incognita* in tomato crop. **Journal of Phytopathology**, v. 167, p. 295–299, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1111/jph.12798>

Sousa, R. O. (2019). Aplicação da correlação de Spearman em dados agronômicos com distribuição não normal. **Caderno de Estatística Aplicada**, 7(2), 33–40.

Thoden, T. C.; Wiles, J. A. Biological attributes of Salibro™, a novel sulfonamide nematicide. **Nematology**, v. 21, p. 625–639, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1163/15685411-00003240>

Vandeghechuchte, M. L. et al. Responses of nematode communities to increased rainfall variability are determined by community composition. **Oecologia**, v. 177, p. 847–859, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00442-014-3151-2>

Vereecken, H. et al. On the spatio-temporal dynamics of soil moisture at the field scale. **Journal of Hydrology**, v. 340, p. 183–196, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2007.04.013>

Wardle, D. A. et al. Ecological linkages between aboveground and belowground biota. **Science**, v. 304, p. 1629–1633, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1094875>

Wei, T., & Simko, V. (2024). corrplot: Visualization of a Correlation Matrix (Versão 0.95) [Pacote R]. <https://github.com/taiyun/corrplot>. Acessado em 20 de outubro de 2025.

Wickham, H. (2016). ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis (2ª ed.). **Springer-Verlag** New York. <https://ggplot2.tidyverse.org>. Acessado em 20 de outubro de 2025.

Williamson, V. M.; Kumar, A. Nematode resistance in plants: the battle underground. **Trends in Genetics**, v. 22, n. 7, p. 396–403, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tig.2006.05.003>

Winter, M., & Lôbo, R. N. B. (2018). Transformações logarítmicas em dados de contagem: implicações para análise de regressão. **Revista de Métodos Quantitativos**, 9(1), 21–35.

Wu, H. Y. et al. Fluazaindolizine mitigates plant-parasitic nematode activity at sublethal dosages. **Journal of Pest Science**, v. 94, p. 573–583, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10340-020-01262-2>

Xiang, N. et al. Biological control of *Meloidogyne incognita* by spore-forming plant growth-promoting rhizobacteria on cotton. **Plant Disease**, v. 101, p. 774–784, 2017.