

MESTRADO

PAULO ROBERTO SILVA

2025

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
MESTRADO PROFISSIONAL EM OLERICULTURA

DINÂMICA REPRODUTIVA DE *Helicotylenchus dihystra* E
SUAS IMPLICAÇÕES NA PRODUTIVIDADE DO TOMATE
PARA PROCESSAMENTO INDUSTRIAL

Autor: Paulo Roberto Silva

Orientador: Nadson de Carvalho Pontes

MORRINHOS-GO
2025

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS MORRINHOS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
MESTRADO PROFISSIONAL EM OLERICULTURA

DINÂMICA REPRODUTIVA DE *Helicotylenchus dihystera* E SUAS IMPLICAÇÕES
NA PRODUTIVIDADE DO TOMATE PARA PROCESSAMENTO INDUSTRIAL

Autor: Paulo Roberto Silva
Orientador: Nadson de Carvalho Pontes

MORRINHOS – GO
2025

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS MORRINHOS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
MESTRADO PROFISSIONAL EM OLERICULTURA

DINÂMICA REPRODUTIVA DE *Helicotylenchus dihystra* E SUAS IMPLICAÇÕES
NA PRODUÇÃO DE TOMATE PARA PROCESSAMENTO INDUSTRIAL

Autor: Paulo Roberto Silva
Orientador: Nadson de Carvalho Pontes

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM OLERICULTURA, no Programa de Pós-Graduação em Olericultura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Morrinhos - Área de Concentração Olericultura.

MORRINHOS – GO
2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/IF Goiano Campus Morrinhos

S586d Silva, Paulo Roberto.
Dinâmica reprodutiva de *Helicotylenchus dihystra* e suas implicações na produção de tomate para processamento industrial. / Paulo Roberto Silva. – Morrinhos, GO: IF Goiano, 2025.
28 f. : il. color.

Orientador: Dr. Nadson de Carvalho Pontes

Dissertação (mestrado) – Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Olericultura, 2025.

1. Nematóide Espiralado. 2. Fitonematóides. 3. Tomate - Produção Industrial. I. Pontes, Nadson de Carvalho. II. Instituto Federal Goiano. III. Título.

CDU 635.64

Fonte: Elaborado pela Bibliotecária-documentalista Morgana Guimarães, CRB1/2837

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese (doutorado) | <input type="checkbox"/> Artigo científico |
| <input checked="" type="checkbox"/> Dissertação (mestrado) | <input type="checkbox"/> Capítulo de livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia (especialização) | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input type="checkbox"/> TCC (graduação) | <input type="checkbox"/> Trabalho apresentado em evento |

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Paulo Roberto Silva

Matrícula:

2022204330440003

Título do trabalho:

DINÂMICA REPRODUTIVA DE *Helicotylenchus dihystra* E SUAS IMPLICAÇÕES NA PRODUTIVIDADE DO TOMATE PARA PROCESSAMENTO INDUSTRIAL

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIIF Goiano: 20 /04 /2025

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Morrinhos - GO
Local

08 /04 /2025
Data



Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:



Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 1/2025 - CCBA-MO/DE-MO/CMPMHOS/IFGOIANO

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
ATA Nº 124
BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Aos vinte dias do mês de fevereiro do ano de dois mil e vinte e cinco, às 14h00 min (quatorze horas), reuniram-se os componentes da banca examinadora em sessão aberta realizada no Auditório da Informática para procederem a avaliação da defesa de Dissertação, em nível de mestrado, intitulada "*Dinâmica reprodutiva de *Helicotylenchus dihystera* e suas implicações na produtividade do tomate para processamento industrial*" de autoria de **Paulo Roberto Silva** discente do Programa de Pós-Graduação em Olericultura do Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos. A sessão foi aberta pela presidente da Banca Examinadora, Prof. Dr. Nadson de Carvalho Pontes, que fez a apresentação formal dos membros da Banca. A palavra, a seguir, foi concedida ao autor para, em 30 min., proceder à apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da banca fez suas arguições, adotando-se o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se a avaliação da defesa. Tendo-se em vista as normas que regulamentam o Programa de Pós-Graduação em Olericultura, e procedidas às correções recomendadas, a Dissertação foi **APROVADA**, considerando-se integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **MESTRE EM OLERICULTURA**, na linha de pesquisa em Manejo Integrado de Doenças em Espécies Olerícolas, pelo Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos. A conclusão do curso dar-se-á quando da entrega na Secretaria do PPGOL da versão definitiva da Dissertação, com as devidas correções. Assim sendo, a defesa perderá a validade se não cumprida essa condição, em até **60 (sessenta) dias** da sua ocorrência. A Banca Examinadora recomendou a publicação de artigo científico oriundo dessa Dissertação em periódico após procedida as modificações sugeridas. Cumpridas as formalidades da pauta, a presidência da mesa encerrou esta sessão de defesa de Dissertação de Mestrado, e para constar, foi lavrada a presente Ata, que, após lida e achada conforme, será assinada eletronicamente pelos membros da Banca Examinadora.

Membros da Banca Examinadora

Nome	Instituição	Situação no Programa
Prof. Dr. Nadson de Carvalho Pontes	IF Goiano - Campus Morrinhos	Presidente
Prof. Dr. Rodrigo Vieira da Silva	IF Goiano - Campus Morrinhos	Membro interno
Profª. Drª. Mirian Fumiko Fujinawa	IF Goiano - Campus Morrinhos	Membro externo

Documento assinado eletronicamente por:

- **Nadson de Carvalho Pontes**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 20/02/2025 16:15:57.
- **Miriam Fumiko Fujinawa**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 20/02/2025 19:30:58.
- **Rodrigo Vieira da Silva**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 24/02/2025 15:33:30.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 20/02/2025. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 678788

Código de Autenticação: d18b4a768f



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Morrinhos

Rodovia BR-153, Km 633, Zona Rural, SN, Zona Rural, MORRINHOS / GO, CEP 75650-000

(64) 3413-7900

AGRADECIMENTOS

Primeiro agradeço a Deus, por estar vivo, pela saúde e pela capacidade de poder realizar este trabalho.

Aos meus pais, Verciene e João Batista, por terem me formado como pessoa, pelas orações e por toda dedicação que empregaram ao ajudar-me a estudar.

A minha família, em especial a minha querida esposa Silvia Mari, que se dedica muito para manter nosso lar e aos meus filhos Rafaela e Pedro, que tanto esperaram terminar de estudar.

A minha colega de empresa, Sara Mendonça, por ajudar muito nessa reta final e ao meu colega, também de empresa, Ricardo Bezerra por incentivar a entrar no programa.

Ao meu orientador Prof. Dr. Nadson de Carvalho Pontes, por ensinar, pela oportunidade, apoio, paciência, dedicação e persistência em tornar essa conquista real.

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, por oportunizar viver esta experiência, por todo suporte oferecido e a possibilidade de concluir este trabalho.

Ao pessoal do laboratório LAFIP, Kallebe, Erasmo, Tenille e Gustavo, por todo apoio e esforço genuíno dedicados a este projeto, vocês foram demais.

A todos os docentes que tive a honra de caminhar e colaboradores do IF Goiano por contribuírem para este momento.

A todos que de uma maneira contribuíram para mais esta realização.

Agradeço de coração!

BIOGRAFIA DO AUTOR

Paulo Roberto Silva, filho de João Batista Paula da Silva e Verciene Tereza Silva Paulo, nasceu em 15 de dezembro de 1980, na cidade de Goiatuba – GO. Passou a infância e adolescência morando em uma fazenda do município de Morrinhos – GO, fez o ensino fundamental no colégio estadual Xavier de Almeida e o ensino médio no colégio estadual Coronel Pedro Nunes.

Em 2005, graduou-se em Agronomia pela Universidade Federal de Goiás (UFG) Campus Samambaia, Goiânia Goiás Durante a graduação foi bolsista pelo Programa Institucional de bolsas de Iniciação Científica, PIBIC, projeto voltado ao estudo de *Heterodera glycines* com a orientação da professora doutora Mara Rúbia. No ano de 2006 começou a trabalhar com milho doce e tomate para processamento industrial na Bunge em Araçatuba – SP, terminou o MBA pela Fundação Getúlio Vargas (FGV) em 2012. Voltou para Goiás em 2017 para trabalhar na Cargill. Em setembro de 2022 iniciou no curso de Mestrado Profissional em Olericultura no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Morrinhos.

ÍNDICE

Página

LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	ix
RESUMO	x
ABSTRACT	xi
INTRODUÇÃO GERAL	1
REVISÃO DE LITERATURA	2
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	7
CAPÍTULO I	10
RESUMO	10
ABSTRACT	11
1.1 INTRODUÇÃO	12
1.2 MATERIAL E MÉTODOS	14
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
1.4 CONCLUSÃO	26
1.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Adulto de <i>Helicotylenchus dihystra</i> . A: Hábito pós-morte da fêmea. B: Ponta da cauda com uma projeção. C: Estilete.....	15
Figura 2. Pescaria da população de <i>Helicotylenchus dihystra</i> para inocular, foram 6 mil nematoides.....	16
Figura 3. Infestação de vasos de 2 L contendo um tomateiro com 200 <i>Helicotylenchus dihystra</i> no primeiro ensaio.....	16
Figura 4. Segundo ensaio instalado na casa de vegetação.....	18
Figura 5. Parâmetros de trocas gasosas de dois híbridos de tomate. Onde A) representa a transpiração, B) representa a eficiência do uso da água, C) representa taxa transporte de elétrons e D) representa a fotossíntese. As barras verticais representam \pm erro padrão da média. Letras maiúsculas comparam os híbridos no nível da quantidade de inóculo e letras minúsculas comparam os níveis de inóculo no híbrido.....	23
Figura 6. Média da produção (g) por dose inoculada de <i>H. dihystra</i> Tukey 5%.....	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Amostras retiradas de áreas comerciais de tomate industrial Safra 2022 e encaminhadas para análise de nematoides em laboratório particular de Goiânia – GO.....	06
Tabela 2 Adultos no solo (AS), ovos no solo (OS), adultos por grama de raiz (AR), ovo por grama de raiz (OR), fator de reprodução total (FRT) e massa fresca da raiz (MFR) em diferentes híbridos de tomate submetido a inoculação de 200 espécimes de <i>Helicotylenchus dihystra</i>	21
Tabela 3. Ovo por grama de raiz (OR), adultos por grama de raiz (AR), aos 60 dias após a inoculação em híbridos comerciais de tomate.....	22
Tabela 4. Resumo da análise de variância dos dados obtidos do segundo experimento. Número de frutos (NF), massa de frutos (P), massa fresca da raiz (MFR) e altura de planta (ALTP), colheita 100 dias após o transplantio.....	24
Tabela 5. Média da massa de frutos (P) e altura de plantas (ALTP).....	24

RESUMO

SILVA, PAULO ROBERTO. Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, janeiro 2025. **Dinâmica Reprodutiva de *Helicotylenchus dihystera* e suas Implicações na Produção de Tomate para Processamento Industrial.** Orientador Prof. Dr. Nadson de Carvalho Pontes.

O tomate para processamento industrial é uma cultura importante economicamente no Brasil. O tomateiro está sujeito ao ataque de vários microrganismos, entre eles os nematoides. Foi observado durante a safra de 2022 a ocorrência de alta população do *Helicotylenchus dihystera* em amostras de solo e raiz coletadas em áreas de tomate para indústria em Goiás. Diante do cenário de informações limitadas sobre o parasitismo de *H. dihystera* na cultura do tomate para processamento industrial, este trabalho tem o objetivo de estudar a influência de *H. dihystera* sobre a cultura do tomate para processamento industrial. Foram inoculados 200 nematoides adultos de *H. dihystera*, analisou-se a reprodução em 5 híbridos comerciais de tomate industrial: CVR-2909, HMX-7885, N901, H-1421 e CVR-8161. O experimento foi realizado em vasos, conduzido em casa de vegetação. Na segunda fase do trabalho, avaliou-se o efeito de *H. dihystera* na produtividade, número de frutos por planta, altura da planta e massa fresca da raiz utilizando dois híbridos de tomateiro, o de maior fator de reprodução com 22,02 vezes a população inicial (N901) e o de menor fator de reprodução com 14,39 vezes a população inicial (CVR-8161) observados no primeiro experimento. Foram utilizadas três concentrações, “zero”, 1000 e 2000 nematoides por planta, a média de produtividade das plantas com estas concentrações de inoculo foi de 887,5g na testemunha, 788,5g para concentração de 1000 nematoides e 749,5g para concentração de 2000 nematoides inoculados. Com base nos resultados, observou-se que *H. dihystera* consegue multiplicar-se em alguns dos principais híbridos de tomate para processamento, bem como pode reduzir o potencial produtivo.

PALAVRAS-CHAVE: nematoide espiralado; ectoparasita; tomate industrial; fitonematoides; *Solanum lycopersicum*

ABSTRACT

SILVA, PAULO ROBERTO. Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, January, 2025. **Reproductive Dynamics of *Helicotylenchus dihystera* and its Implications in Tomato Production for Industrial Processing**. Advisor: Prof. Dr. Nadson de Carvalho Pontes.

Tomato for industrial processing is an economically important crop in Brazil. Tomato plants are subject to attack by several microorganisms, including nematodes. During the 2022 harvest, a high population of *Helicotylenchus dihystera* was observed in soil and root samples collected in areas of tomato for industrial processing in Goiás. Considering the scenario of limited information about parasitism of *H. dihystera* in tomato crops for industrial processing, this work aims to study the influence of *H. dihystera* on tomato crops for industrial processing. A total of 200 adult *H. dihystera* nematodes were inoculated and its reproduction was analyzed in 5 commercial industrial tomato hybrids: CVR-2909, HMX-7885, N901, H-1421, and CVR-8161. The experiment was carried out in pots and conducted in a greenhouse. In a second phase of the study, the effect of *H. dihystera* on productivity, number of fruits per plant, plant height and fresh root mass was evaluated using two tomato hybrids, the one with the highest reproduction factor with 22.02 times the initial population (N901) and the other one with the lowest reproduction factor with 14.39 times the initial population (CVR-8161) observed in the first experiment. Three concentrations, “zero”, 1000 and 2000 nematodes per plant were used. The average productivity of the plants with these inoculum concentrations was 887.5 g in the control, 788.5 g for a concentration of 1000 nematodes and 749.5 g for a concentration of 2000 inoculated nematodes. Based on the results, it was observed that *H. dihystera* can multiply in some of the main tomato hybrids for processing, as well as can reduce their productive potential.

KEYWORDS: spiral nematode; ectoparasite; tomato processing phytonematodes; *Solanum lycopersicum*

INTRODUÇÃO GERAL

Em 2023, o tomate para processamento industrial (TPI) ultrapassou a marca de 44 milhões de toneladas no mundo. A maior parte da produção está concentrada em 8 países com cerca de 80% das toneladas produzidas. O Brasil encontra-se entre os dez maiores produtores de TPI com produção de 1,57 milhões de toneladas e os Estados Unidos liderou com a primeira posição no ranking de produção em 2023 (WPTC, 2024).

O tomate está exposto a diversos microrganismos fitopatogênicos que podem afetar de alguma forma a produtividade em campo, e os nematoides estão incluídos neste universo fitopatogênico. Os principais nematoides que afetam a cultura do tomateiro são dos gêneros *Meloidogyne*, *Belonolaimus*, *Trichodorus* e *Paratrichodorus* (PINHEIRO; PEREIRA, 2012).

Embora o nematoide do gênero *Helicotylenchus* não seja relatado como grande problema para a cultura do TPI no Brasil, o *Helicotylenchus* spp. pode ser um parasita de raízes em grande variedade de plantas, inclusive do tomate. (XIA, *et al.*, 2022). Garbin e Costa (2015), fizeram um levantamento de amostras laboratoriais em raízes e solo, entre os anos de 2008 e 2011 em áreas plantadas, principalmente com milho e algodão no estado do Mato Grosso. Neste estudo foi encontrado entre 9 e 420 nematoides espiralados do gênero *Helicotylenchus* por 200 cm³ de solo e de 0 a 230 nematoides por 5g de raízes.

O objetivo deste trabalho foi analisar os efeitos da infecção do *Helicotylenchus dihystra* sobre a cultura do tomate para processamento industrial, bem como identificar possíveis danos no crescimento da planta, produtividade e trocas gasosas.

REVISÃO DE LITERATURA

A Cultura do Tomate

A cultura do tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) pertence à família botânica *Solanaceae*, que conta com mais de 3000 espécies de plantas de relevância econômica, como batata, berinjela, pimenta, tabaco e *Physalis* (WAKIL *et al.*, 2018). O tomate é considerado um dos vegetais mais importantes do mundo, com grande valor nutricional (FEKADU; ANDAREGE, 2024).

O tomate é importante integrante da dieta no mundo, possui alto valor nutritivo, excelente conteúdo antioxidante e boa fonte de vitaminas (GUIL-GUERREIRO *et al.*, 2009; THWE *et al.*, 2020). Rico em carotenoides, o tomate constitui a principal fonte de licopeno (VIUDA-MARTOS *et al.*, 2014). O frequente consumo de tomate está vinculado a prevenção de algumas doenças, como câncer e doenças cardiovasculares (CHENG *et al.*, 2019; ANDREI *et al.*, 2019).

O tomateiro é uma planta herbácea nativa da América do Sul (BERGOUX, 2014), possui como centro da sua origem a região andina, contemplando geograficamente os seguintes países atualmente: Colômbia, Peru, Bolívia e do Equador até o norte do Chile, nessa região, diversas espécies do gênero *Lycopersicon* crescem espontaneamente. A cultura foi difundida pelo mundo por meio dos espanhóis e portugueses e de suas colônias. No Brasil, o tomate foi introduzido pelos imigrantes europeus; italianos, espanhóis e portugueses no final do século XIX, mas só após o fim da primeira guerra mundial que a difusão e o consumo começaram a ocorrer, por volta de 1930 (ALVARENGA, 2013).

A cultura do tomateiro possui grande importância econômica dentro as hortaliças na agricultura Brasileira. De acordo com o Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA) de 2024, o Brasil produziu 4,67 milhões de toneladas em uma área de 62.372 hectares. Goiás é o maior produtor de tomate com cerca de 31,4% da produção nacional, seguido por São Paulo com 23,1% (IBGE, 2025).

A planta do tomateiro apresenta dois hábitos de crescimento distintos, que condicionam a forma de condução da cultura e caracteriza a arquitetura da planta, o

determinado e o indeterminado (MELO *et al.*, 2014). O hábito de crescimento do tomateiro possui herança monogênica com dominância completa do alelo SP (Self-Pruning) sobre o alelo sp (self-pruning), sendo o fenótipo hábito determinado condicionado pelo gene recessivo (BOITEUX *et al.*, 2012). No segmento de produção para processamento industrial, opta-se por plantas de crescimento determinado, devido ao porte reduzido e maior uniformidade de maturação, facilitando a colheita mecanizada (LUZ *et al.*, 2016).

Nematoides

Os nematoides são microrganismos que causam prejuízos de bilhões de dólares anualmente, praticamente todas as culturas possuem pelo menos um nematoide parasita que pode afetá-la. Nematoides podem ser classificados como sedentários ou migratório (BOZBUGA, *et al.* 2018). Nematoides sozinhos ou em combinação podem se tornar uma ameaça para as mais diversas culturas do mundo. No entanto, os fitonematoides não eram reconhecidos como ameaça até meados do século passado. (TILEUBAYEVA, *et al.* 2021).

Os nematoides fitopatogênicos pertencem ao Filo Nematoda, têm simetria bilateral, são vermiformes, o tamanho varia entre os 300 µm -1000 µm. Carecem de sistema circulatório e respiratório, as trocas gasosas são realizadas através da cutícula (PERRY; MOENS, 2011). Existem dois grandes grupos de nematoides endoparasitas sedentários, os nematoides de cisto (*Heterodera* e *Globodera*) e os de galhas (*Meloidogyne*) que são os responsáveis pela maioria dos danos as culturas no mundo (BOZBUGA, *et al.* 2018). Nematoides fitoparasitas necessitam dos nutrientes das plantas para sobreviverem, utilizam-se de uma estrutura chamada de estilete para perfurar as células e alimentarem-se (BERNARD *et al.*, 2017).

No Brasil já foram relatadas em tomateiro mais de 40 espécies de fitonematoides, mas apenas dois gêneros são considerados importantes: *Meloidogyne* e *Pratylenchus*, provocam galhas e lesões nas raízes respectivamente (VALE *et al.* 2013). Para a cultura do tomateiro no mundo, os principais gêneros de nematoides que causam danos expressivos são *Meloidogyne*, *Belonolaimus*, *Trichodorus* e *Paratrichodorus*. Existem relatos de outros gêneros na cultura do tomate, porém sem danos aparente. (PINHEIRO *et al.* 2012).

Estudo realizado por Tileubayeva *et al.* (2021) com amostras de solo e raízes coletadas em casa de vegetação da região de Rostov, sul da Rússia, foram examinadas entre maio de 2019 a maio de 2020. Nematoides de 11 gêneros foram observados, *Scutellonema* sp., *Helicotylenchus* sp., *Aphelenchoides* sp., *Hemicriconemoides* sp., *Ditylenchus* sp., *Meloidogyne* sp., *Rotylenchulus* sp., *Xiphinema* sp., *Quinisulcius* sp., *Pratylenchus* sp. e *Tylenchulus* sp. em culturas como pepino, beringela, pimentão, aipo e tomate.

Gênero *Helicotylenchus* sp.

O gênero *Helicotylenchus* faz parte taxonomicamente da família *Hoplolaimidae*, são nematoides ectoparasita migratórios de raízes de diversas plantas herbáceas e plantas lenhosas, são comumente distribuídos pelo globo (SIDDIQI, 2000). Singh *et al.* 2013 considera que existem pelo menos sete espécies de *Helicotylenchus* que oferecem potencialmente risco fitossanitário.

Helicotylenchus dihystra é um nematoide de grande importância agrícola, causando danos significativos a culturas como cana-de-açúcar, milho, soja e arroz em diversas regiões do mundo. As interações com outros nematoides e a capacidade de adaptação tornam o controle desse patógeno um grande desafio.

Helicotylenchus dihystra pode ser diferenciado de outras espécies do mesmo gênero por uma série de características morfológicas. O corpo apresenta formato em espiral após morte e o estilete é robusto, medindo entre 22 e 25 µm, com botões basais bem desenvolvidos. A espécie se reproduz por partenogêneses, cauda é curta com uma projeção ao final, enquanto a cutícula apresenta estriações transversais finas e regulares. A região labial (cabeça) é levemente rebaixada e formada por três anéis distintos, e o poro excreto está localizado próximo a região anterior. Além disso, a distância do ânus à base da cauda é menor em comparação a outras espécies do mesmo gênero, o que também auxilia na identificação. Essas características tornam a análise morfológica essencial para a distinção de *H. dihystra* (NEMAPLEX, 2025).

Populações reduzidas de *H. dihystra* são consideradas inofensivas e em algumas culturas podem ajudar competindo com outros nematoides (ANKROM *et al.*,

2020). No Brasil, *H. dihystra* está associado a perdas de produtividade em lavouras de cana e milho, sendo encontrado em áreas de soja com aumento de incidência (MACHADO *et al.*, 2019). Reconhecido como um patógeno em potencial, este nematoide compromete o crescimento da soja ao danificar a camada externa das raízes (CAMATTI *et al.*, 2023).

A pesquisa realizada por Machado (2019) demonstrou que *H. dihystra* está amplamente distribuído nos estados do Paraná, Mato Grosso do Sul e Santa Catarina. Também confirmou que *H. dihystra* multiplica-se e causa lesão radicular em soja, uma vez que foi encontrado dentro das raízes, portanto pode ser considerado um patógeno potencial para a cultura da soja. Silva *et al.* (2022) realizou um experimento em casa de vegetação com 10 cultivares algodão, inoculando com misto (ovos, juvenis e adultos) de 200 espécimes *H. dihystra* por planta. Um dos cultivares, FM95WS, após 22 semanas, chegou a ser observado aumento de 500 vezes na população final, em relação a população inoculada inicialmente de *H. dihystra*.

Toda a dinâmica populacional dos nematoides está ligada a fatores climáticos, solo, resistência ou suscetibilidade dos híbridos do tomateiro. Danos causados por qualquer espécie de fitonematoides depende da densidade populacional, vigor da planta e a massa de raízes (PINHEIRO *et al.*, 2012). No trabalho conduzido por Kim *et al.* (2014) diferentes concentrações 0; 0,02; 0,2 e 2 nem. /g de solo de *H. dihystra* foram inoculadas em seis variedades de tomate. Após 60 dias foram medidos pesos de raízes e de plantas. Uma das variedades, cv. Poseidon, teve o tamanho de planta reduzido em 24% na concentração de 2 nem. /g de solo.

Para a cultura do tomateiro destinado ao processamento existem poucas informações sobre o efeito da infecção por espécies de *Helicotylenchus* sobre as variedades plantadas para este fim. Entretanto, na safra de produção de tomate para processamento industrial no ano 2022 foi constatada a presença frequente de *Helicotylenchus* sp. nas amostras dos municípios de Palmeiras de Goiás – GO, Pontalina – GO, Morrinhos – GO e Caldas Novas – GO, enviadas para análise laboratorial por produtores de tomate para produção industrial (tabela 1, comunicação pessoal). Por ser considerado um nematoide secundário, existem poucas informações sobre a possível interferência do *Helicotylenchus* sp. no desenvolvimento do tomateiro.

Tabela 1. Amostras retiradas de áreas comerciais de tomate industrial Safra 2022 e encaminhadas para análise de nematoides em laboratório particular de Goiânia – GO (comunicação pessoal).

				<i>Helicotylenchus</i> sp.	
	Amostra	Município	Data	Raiz*	Solo**
Produtor 01	Amostra 01	Pontalina – GO	18/08/2022	238	684
	Amostra 02	Pontalina – GO	18/08/2022	33	1635
Produtor 02	Amostra 01	Palmeiras de Goiás – GO	15/07/2022	42	806
Produtor 03	Amostra 01	Caldas Novas – GO	18/08/2022	0	1260
	Amostra 02	Caldas Novas – GO	18/08/2022	144	2070
Produtor 04	Amostra 01	Morrinhos – GO	12/08/2022	30	210
	Amostra 02	Morrinhos – GO	12/08/2022	24	104
	Amostra 03	Morrinhos – GO	12/08/2022	48	225
	Amostra 04	Morrinhos – GO	12/08/2022	14	20

* Raízes 10 g ** Solo 200 ml.

Método de extração: Jenkins (1964); Coolen & D'Herdt (1972).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, M. A. R. **Origem, Botânica e Descrição da Planta**. In: ALVARENGA, M. A. R.; Tomate, Produção em Campo, Casa de Vegetação e Hidroponia. Lavras, 2013.

ANDREI, S.; BUNEA, A.; DUMITRAS, D. A.; PINTEA, A. Comparative Study of the Antioxidants Compounds in Fresh and Thermally Processed Tomatoes Juice. **Bulletin UASVM Food Science and Technology**, Cluj-Napoca, v. 76, n. 1, p. 63-69, 2019.

ANKROM, K. E.; FRANCO, A. L. C.; FONTE, S.; GHERARDI, L. A.; TOMASEL, C. M.; ANDRIUZZI, W. S.; SHAW, E. A.; SALA, O. E.; WALL, D. H.; Ecto- and endoparasitic nematodes respond differently across sites to changes in precipitation. **Oecologia**. V. 193, Issue 3, Pages 761 – 771, 2020.

BERGOUGNOUX, V. The history of tomato: From domestication to biopharming. **Biotechnology Advances**, Amsterdã, v. 32, n. 1, p. 170–189, 2014.

BERNARD, G.C.; EGNIN, M.; BONSI, C. The impact of plant-parasitic nematodes on agriculture and methods of control, in: **Nematology – Concepts, Diagnosis and Control**. BoD–Books on Demand, pp. 121-151, 2017.

BOITEUX, L. S.; FONSECA, M. E. N.; GIORDANO, L. B.; MELO, P. C. T. Melhoramento genético. In: CLEMENTE, FMVT; BOITEUX, LS. (Ed.). **Produção de tomate para processamento industrial**. 1. ed. Brasília: Embrapa, V. 1, cap. 2, p. 31-50, 2012.

BOZBUGA, R.; LILLEY, C. J.; KNOX, J. P.; URWIN, P. E. Host-specific signatures of the cell wall changes induced by the plant parasitic nematode, *Meloidogyne incognita*. **Scientific reports**, 8(1), 17302, 2018.

CAMATTI, G.; SANTOS, F. M.; JÚNIOR, G. L. S. R.; CAMARGO, D. P.; MANFIO, G. S.; SANTOS, J. R. P.; SILVA, J. C. P.; *Bacillus*- and *Trichoderma*-based products control the spiral nematode *Helicotylenchus dihystera* in soybean. **Rhizosphere**, V.27, 2023.

CHENG, H. M.; KOUTSIDIS, G.; LODGE, J. K.; ASHOR, A. W.; SIERVO, M.; LARA, J. Lycopene and tomato and risk of cardiovascular diseases: A systematic review and meta-analysis of epidemiological evidence. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Amherst, v. 59, n. 1, p. 141-158, 2019.

FEKADU, A.; ANDAREGE, B. Analysis of the pre-harvest factors that influence on the postharvest quality attributes of Tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.): A systematic review. **Scientia Horticulturae**, v. 337, p. 113460, 2024.

GARBIN, L. F.; COSTA, M. J. N. Incidência do fitonematoide *Helicotylenchus* em análises laboratoriais do Mato Grosso. **Connection Line**, Várzea Grande – MT, Brasil, v.12, p.90 - 96, 2015.

GUIL-GUERRERO, J. L.; REBOLLOSO-FUENTES, M. M. Nutrient composition and antioxidant activity of eight tomato (*Lycopersicon esculentum*) varieties. **Journal of Food Composition and Analysis**, Reading, v. 22, n. 2, p. 123-129, 2009.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2025. SIDRA. Área plantada, e produção agrícola por ano da safra e produto das lavouras. Tabela 1618. Available at: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1618#resultado> Acesso em: 11 FEV. 2025.

JENKINS, W.R. 1964. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Reporter**, 1964.

KIM, D.; RYU, Y.; LEE, Y.; CHOI, I.; HU, C. Effect of Density of *Helicotylenchus dihystera* on Growth of *Solanum lycopersicum*. **Research in Plant Disease**, v.20, n 02, Korean, 2014.

LUZ, J. M.; BITTAR, C. A.; OLIVEIRA, R. C.; NASCIMENTO, A. R.; NOGUEIRA, A. P. Desempenho e divergência genética de genótipos de tomate para processamento industrial. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 4, p. 483-490, 2016.

MACHADO, A. C. Z.; AMARO, P. M.; SILVA, S. A; Two novel potential pathogens for soybean. **PLOS ONE** , 2019.

MELO, P. C. T.; MELO, A. M. T.; NASCIMENTO, W. M.; FREITAS, R. A. Produção de Tomate. In: NASCIMENTO, W. M. **Produção de sementes de hortaliças**. 1. ed. Brasília: Embrapa, v. 2, cap. 8, p.235-263, 2014.

NEMAPLEX. Disponível em: <http://nemaplex.ucdavis.edu/>, acesso em 21/Jan/2025.
ORION, D. et al. Scanning Electron Microscope Observations on Spiral Nematode (*Helicotylenchus multicinctus*)-Infested Banana Roots. **Nematropica**, v.29, N°2, 1999.

PERRY, R. N.; MOENS, M. **Introduction to Plant Parasitic Nematodes; Modes of Parasitism**. In: Jones, J Gheysen, G and Fenoll, C Edit. Genomics and molecular genetics of plant-nematode interactions Dordrecht, **The Netherlands Springer Press**, 2011.

PINHEIRO, J. B.; PEREIRA, R. B. **Nematoides**. In: CLEMENTE, F. M. V. T.; BOITEUX, L. S. (ed.). Produção de Tomate para Processamento Industrial. Brasília: Embrapa, 2012.

SILVA, S. A.; CUNHA, L. S.; PESCIM, R. R.; MACHADO, A. C. Z. Population dynamics of *Helicotylenchus dihystera* in cotton under greenhouse conditions. **Tropical Plant Pathology**, 48(1), 90-96. 2023.

SIDDIQI, M.R. *Tylenchida Parasites os Plants and Insects*. Segunda edição. **CABI Publishing**, Wallingford, UK, 2000.

SINGH, S. K.; HODDA, M.; ASH, G. J.; Plant-parasitic nematodes of potential phytosanitary importance, their main hosts and reported yield losses. **Bull OEPP/EPPO** 43(2):334–374, 2013.

THWE, A. A.; KASEMSAP, P.; VERCAMBREC, G.; GAYD, F.; PHATTARALERPHONGE, J.; GAUTIER, H. Impact of red and blue nets on physiological and morphological traits, fruit yield and quality of tomato (*Solanum lycopersicum* Mill.). **Scientia Horticulturae**, Viterbo, v. 264, n. 8, p. 1-8, 2020.

TILEUBAYEVA, Zhanar et al. Plant-parasitic nematodes affecting vegetable crops in greenhouses. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v.28, p.5428-5433, 2021.

VALE, F. X. R.; LOPES, C. A.; ALVARENGA, M. A. R. **Doenças Fúngicas, Bacterianas e Causadas por Nematóides**. In: ALVARENGA, M. A. R.; *Tomate, Produção em Campo, Casa de Vegetação e Hidroponia*. Lavras, 2013.

VIUDA-MARTOS, M.; SÁNCHEZ-ZAPATA, E.; SAYAS-BARBERÁ, E.; SENDRA, E.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. Tomato and Tomato Byproducts. Human Health Benefits of Lycopene and Its Application to Meat Products: A Review. **Critical reviews in food science and nutrition.**, Londres, v. 54, n. 8, p. 1032-1049, 2014.

WAKIL, W.; BRUST, G. E.; PERRING, T. M. Tomato and management of associated arthropod pests: past, present, and future. **Sustainable management of arthropod pests of tomato**, p. 3-12, 2018.

WPTC. Disponível em: [WPTC - The World Processing Tomato Council](#) , Acesso em: 19 Jan. 2025.

XIA, Y. H., LI, J., XU, F. F., LEI, B., LI, H. L., WANG, K., LI, Y. Identification and a culture method for a *Helicotylenchus microlobus* from tomato in China. **BMC zoology**, 7(1), 42, 2022.

CAPÍTULO I

RESUMO

SILVA, PAULO ROBERTO. Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, janeiro 2025. **Dinâmica Reprodutiva de *Helicotylenchus dihystera* e suas Implicações na Produção de Tomate para Processamento Industrial.** Orientador Prof. Dr. Nadson de Carvalho Pontes.

O tomate para processamento industrial é uma cultura importante economicamente no Brasil. O tomateiro está sujeito ao ataque de vários microrganismos, entre eles os nematoides. Foi observado durante a safra de 2022 a ocorrência de alta população do *Helicotylenchus dihystera* em amostras de solo e raiz coletadas em áreas de tomate para indústria em Goiás. Diante do cenário de informações limitadas sobre o parasitismo de *H. dihystera* na cultura do tomate para processamento industrial, este trabalho tem o objetivo de estudar a influência de *H. dihystera* sobre a cultura do tomate para processamento industrial. Foram inoculados 200 nematoides adultos de *H. dihystera*, analisou-se a reprodução em 5 híbridos comerciais de tomate industrial: CVR-2909, HMX-7885, N901, H-1421 e CVR-8161. O experimento foi realizado em vasos, conduzido em casa de vegetação. Em uma segunda fase do trabalho, avaliou-se o efeito de *H. dihystera* na produtividade, número de frutos por planta, altura da planta e massa fresca da raiz utilizando dois híbridos de tomateiro, o de maior fator de reprodução com 22,02 vezes a população inicial (N901) e o de menor fator de reprodução com 14,39 vezes a população inicial (CVR-8161) observados no primeiro experimento. Foram utilizados três concentrações, “zero”, 1000 e 2000 nematoides por planta, a média de produtividade das plantas com estas concentrações de inoculo foi de 887,5g na testemunha, 788,5g para concentração de 1000 nematoides e 749,5g para concentração de 2000 nematoides inoculados. Com base nos resultados, observou-se que *H. dihystera* consegue multiplicar-se em alguns dos principais híbridos de tomate para processamento, e pode reduzir o potencial produtivo.

PALAVRAS-CHAVE: nematoide espiralado; ectoparasita; tomate industrial; fitonematoides; *Solanum lycopersicum*

ABSTRACT

SILVA, PAULO ROBERTO. Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, January, 2025. **Reproductive Dynamics of *Helicotylenchus dihystra* and its Implications in Tomato Production for Industrial Processing.** Advisor: Prof. Dr. Nadson de Carvalho Pontes.

Tomato for industrial processing is an economically important crop in Brazil. Tomato plants are subject to attack by several microorganisms, including nematodes. During the 2022 harvest, a high population of *Helicotylenchus dihystra* was observed in soil and root samples collected in areas of tomato for industrial processing in Goiás. Considering the scenario of limited information about parasitism of *H. dihystra* in tomato crops for industrial processing, this work aims to study the influence of *H. dihystra* on tomato crops for industrial processing. A total of 200 adult *H. dihystra* nematodes was inoculated and its reproduction was analyzed in 5 commercial industrial tomato hybrids: CVR-2909, HMX-7885, N901, H-1421, and CVR-8161. The experiment was carried out in pots and conducted in a greenhouse. In a second phase of the study, the effect of *H. dihystra* on productivity, number of fruits per plant, plant height and fresh root mass was evaluated using two tomato hybrids, the one with the highest reproduction factor with 22.02 times the initial population (N901) and the other one with the lowest reproduction factor with 14.39 times the initial population (CVR-8161) observed in the first experiment. Three concentrations, “zero”, 1000 and 2000 nematodes per plant were used. The average productivity of the plants with these inoculum concentrations was 887.5 g in the control, 788.5 g for a concentration of 1000 nematodes and 749.5 g for a concentration of 2000 inoculated nematodes. Based on the results, it was observed that *H. dihystra* can multiply in some of the main tomato hybrids for processing, as well as can reduce their productive potential.

KEYWORDS: spiral nematode; ectoparasite; tomato processing phytonematodes; *Solanum lycopersicum*

1.1 INTRODUÇÃO

A cultura do tomate destaca-se na região Centro-Oeste do Brasil, mais precisamente no estado de Goiás. Este é o maior produtor nacional, com área plantada de 13,4mil hectares em 2023 (HEINZ SEED, 2024). O tomate para processamento industrial é uma opção rentável para plantio na safra de inverno. As grandes indústrias processadoras de tomate estão localizadas no estado de Goiás, como a Cargill S/A em Goiânia e a Kraft Heinz em Nerópolis, tornando-se imprescindível a execução de um planejamento assertivo da produção para fornecer matéria-prima para a cadeia (VILELA *et al.*, 2012).

Em 2023, o tomate para processamento industrial ultrapassou a marca de 44 milhões de toneladas no mundo. A maior parte da produção está concentrada em oito países com cerca de 80% das toneladas produzidas em 2023, os Estados Unidos ocupam a primeira posição na produção de tomate para processamento industrial enquanto o Brasil ocupou a sétima posição no levantamento, com 1,57 milhão de toneladas em 2023 (WPTC, 2024).

O cultivo intensivo da cultura do tomateiro é acometido frequentemente por fatores bióticos e abióticos capazes de colocar em risco o sistema de produção (XIE *et al.*, 2020; KRISHNA *et al.*, 2019). Os nematoides estão incluídos nos fatores bióticos, em grande universo fitopatogênico. A cultura do tomateiro no mundo é afetada principalmente por nematoides dos gêneros *Meloidogyne*, *Belonolaimus*, *Trichodorus* e *Paratrichodorus* (PINHEIRO; PEREIRA, 2012).

Embora o nematoide do gênero *Helicotylenchus* não seja relatado como grande problema para a cultura do tomate para processamento industrial no Brasil, espécies do gênero podem ser um parasitam de raízes em grande variedade de plantas, inclusive do tomate (XIA *et al.*, 2022). Este nematoide está amplamente distribuído em áreas de cultivo. Garbin e Costa (2015), fizeram levantamento de amostras laboratoriais em raízes e solo, entre os anos de 2008 e 2011 em áreas plantadas principalmente com milho e algodão, e encontraram entre 9 e 420 nematoides espiralados do gênero *Helicotylenchus* por 200 cm³ de solo e de 0 a 230 nematoides por 5g de raízes em municípios do Estado do Mato Grosso.

Toda a dinâmica populacional dos nematoides está ligada a fatores climáticos, solo, resistência ou suscetibilidade das variedades de plantas cultivadas. Danos causados por qualquer espécie de fitonematoides depende da densidade populacional, vigor da planta e a massa de raízes. (PINHEIRO *et al.* 2012). Em trabalho conduzido por Kim *et al.* (2014) diferentes concentrações 0; 0,02; 0,2 e 2 nem. /g de solo de *H. dihystera* foram inoculadas em seis variedades de tomate. Após 60 dias foram medidos a massa de raízes e de plantas. Uma das variedades, cv. Poseidon, teve o tamanho de planta reduzido em 24% na concentração de 2 nem. /g de solo.

Durante a safra de tomate para processamento industrial no ano de 2022, foram relatados por técnicos que trabalham na produção de tomate para processamento industrial, casos com alta infestação de *Helicotylenchus* sp. em amostras de solo e raízes de tomate coletadas em Palmeiras de Goiás - GO, Caldas Novas - GO e Pontalina – GO.

Considerando os relatos de produtores sobre o surgimento do *Helicotylenchus* sp. nas amostras da safra 2022 e a limitada oferta de informações a respeito da interferência no crescimento da planta e até mesmo sobre a redução de produtividade, este trabalho foi necessário para comparar o nível de reprodução do nematoide entres os híbridos selecionados e gerar dados de possíveis perdas de produtividade. Assim, o objetivo deste trabalho foi estudar o efeito da infecção do *Helicotylenchus* sp. sobre a cultura do tomate para processamento industrial, identificar possíveis danos a planta, diminuição da produtividade, anomalias no crescimento da planta e trocas gasosas.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação coberta com filme difusor agrícola de 150 μ m e controle com limite de temperatura máxima (30°C) por meio de sistema PADFAN, localizada no Instituto Federal Goiano, Campus de Morrinhos, Goiás (latitude 17°48'56''S, longitude 49°12'14''W e 908m de altitude). Foram conduzidos dois experimentos, sendo o primeiro destinado ao estudo do fator de reprodução de *H. dihystra* em algumas das principais variedades de tomate para processamento, e o segundo visando avaliar o efeito negativo do nematoide no desenvolvimento e potencial produtivo da cultura do tomateiro.

1.2.1 Primeiro experimento: determinação do fator de reprodução de *Helicotylenchus dihystra* em híbridos de tomate para processamento industrial

O primeiro experimento foi implantado em 09 de março de 2024 com o objetivo de avaliar a reprodução do *H. dihystra* em cinco híbridos comerciais de tomate para processamento industrial. A identificação ao nível de espécie do inóculo de *H. dihystra* proveniente de plantas coletadas de um campo de produção em Palmeiras de Goiás foi realizada por meio da observação de características morfológicas (Figura 1). Para tal, os nematoides extraídos foram mortos, após ficarem 4 dias na geladeira, levados ao microscópio e identificados com base na chave taxonômica de Meket *et al.* (2012). Nesta análise, observou-se as principais características desta espécie: corpo em espiral quando morto, calda curta e arredondada, terminada com uma ponta lisa.

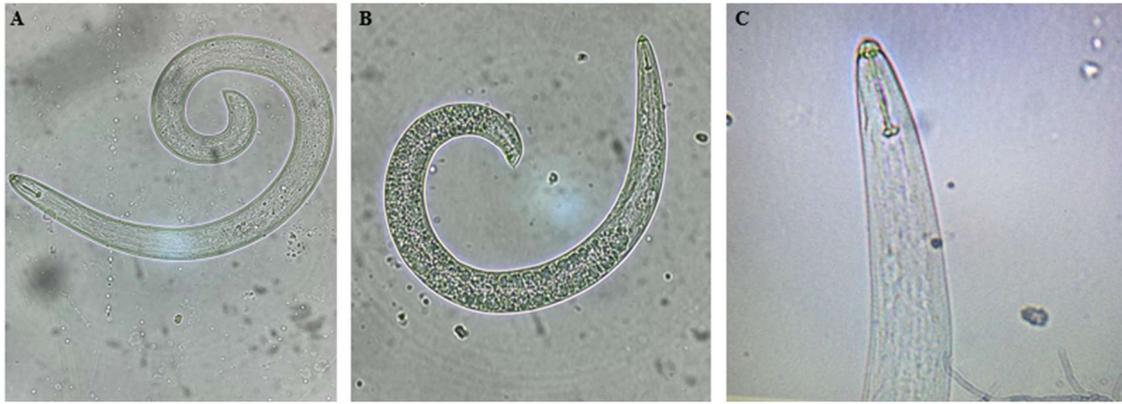


Figura 1. Adulto de *Helicotylenchus dihystera*. A: Hábito pós-morte da fêmea. B: Ponta da cauda com uma projeção. C: Estilete com base robusta.

Para calcular o fator de reprodução do nematoide nas variedades dos tomateiros, inicialmente foram inoculados 200 adultos por planta com duas folhas verdadeiras, após oito dias do transplântio para solo contido em vasos de barro de 2 L. O solo utilizado foi previamente autoclavado a 120°C por 30 minutos, e era composto por três partes de latossolo vermelho e uma parte de areia fina peneirada. Foram utilizados os híbridos CVR-2909, CVR-8161 (CVR Plant Breeding®), HMX-7885 (Agristar do Brasil®), N901 (Nunhems®) e H-1421 (Heinz seeds), que são híbridos plantados comercialmente no Brasil, para compor os 5 tratamentos.

O nematoide utilizado neste trabalho é mais restrito, tornando a obtenção de uma população adequada para inoculação um desafio. Por isso, a estratégia mais viável para coletar os adultos necessários foi a pesca, conforme ilustrado na Figura 2. Utilizando uma lupa e uma pipeta, foi realizada a coleta de forma meticulosa, um a um até alcançar o número desejado de espécimes. Para a inoculação das plantas, os 200 nematoides foram distribuídos em quatro orifícios com 2 cm de profundidade, posicionados equidistantes a 3 cm da muda, como demonstrado na Figura 3.



Figura 2. Pescaria da população de *Helicotylenchus dihystera* para inocular, foram 6 mil nematoides.



Figura 3. Infestação de vasos de 2 L contendo um tomateiro com 200 *Helicotylenchus dihystera* no primeiro ensaio.

O ensaio foi conduzido no esquema de delineamento com blocos ao acaso, com 6 repetições, sendo um vaso por parcela. As plantas inoculadas foram mantidas por um período de 60 dias após inoculação. Após este período, foi realizada a extração dos nematoides de todos os vasos usando os métodos de Jenkins (1964), Bonetti e Ferraz (1981), logo após foi calculado o fator de reprodução.

A extração de nematoides das raízes das amostras foi realizada conforme a metodologia descrita por Bonetti e Ferraz (1981). Primeiro lava-se levemente as raízes para retirada do solo envolto, retira-se 10g de raiz e tritura no liquidificador por 20 segundos juntamente com uma solução de 50 ml de hipoclorito para 200 ml de água. Usa-se o conjunto de peneiras 200/500 mesh para separar e coletar os nematoides, retira-se o

excesso de hipoclorito usando água corrente, recolhe-se os nematoides e deposita em tubo tipo Falcon, com volume aproximado de 20 ml. Leva para contagem com o auxílio de uma câmara de contagem de Peters ao microscópio fotônico.

Para a extração dos nematoides do solo, utilizou uma amostra de 200 ml de solo de cada amostra, colocado em becker com 2 L de água e mistura a suspensão para destorroar. Após agitar, a suspensão é vertida em conjunto peneiras de 200/500 mesh. Após recolhe-se o material da última peneira e deposita em tubos para centrifugar por 5 minutos. Em seguida retira-se a água em suspensão e adiciona-se 25 ml de sacarose (454g/l de água) e leva novamente para a centrífuga por 1 minuto. Passa na peneira de 500 mesh novamente e recolhe o material para contagem com o auxílio de uma câmara de contagem de Peters ao microscópio fotônico (JENKINS, 1964).

Os dados obtidos neste experimento foram: massa fresca da raiz, número de adultos no solo e raízes, ovos no solo e nas raízes e o fator de reprodução total, o qual corresponde à soma dos nematoides adultos e ovos encontrados nas raízes e no solo dividida pelo inóculo inicial utilizado (200 adultos) (SILVA *et al.*, 2022). O fator de reprodução é utilizado em experimentos para expressar aumento populacional durante um período experimental. Quando o fator de reprodução for menor que 1, o híbrido será classificado como resistente e se o fator de reprodução for maior que 1, o híbrido será classificado como suscetível (OOSTENBRINK, 1966).

1.2.2 Segundo experimento: influência da infecção por *Helicotylenchus dihystera* no desenvolvimento e produtividade de híbridos de tomate para processamento industrial

O segundo experimento foi implantado em 22 de junho de 2024 com o objetivo de avaliar o efeito de três níveis de inoculação de *H. dihystera* em dois dos híbridos avaliados no primeiro experimento, sendo selecionados o híbrido com a menor média do fator de reprodução e o híbrido com a maior média do fator de reprodução (Figura 4).



Figura 4. Segundo ensaio instalado na casa de vegetação.

Este experimento foi conduzido seguindo o delineamento em blocos ao acaso em esquema fatorial, sendo um dos fatores a ‘quantidade de inóculo’ (zero, 1000 e 2000 espécimes por planta) e o outro fator os ‘híbridos’, com 5 repetições e a parcela experimental composta por uma planta. Neste experimento, foram utilizados dois híbridos: o híbrido que teve o menor fator de reprodução (>FR) e o híbrido com maior fator de reprodução (<FR) observado no ensaio anterior.

As mudas de tomate foram produzidas no viveiro comercial e transplantadas em vaso de 8L, contendo solo autoclavado a 120°C por 30 minutos. O substrato utilizado foi composto por três partes de latossolo vermelho e uma parte de areia fina peneirada. A adubação consistiu na aplicação de 67g/vaso de calcário dolomítico e 67g/vaso da fórmula 04-14-08. A inoculação dos vasos foi realizada sete dias após o transplante das mudas, utilizando uma pipeta graduada. Para cada vaso, foram feitos 4 orifícios de 2cm de profundidade, equidistantes da muda para a aplicação.

As variáveis relacionadas as trocas gasosas foram avaliadas através de um analisador de gases infravermelho (LI-COR®, LI-6800,), sendo elas: (A) Taxa fotossintética, (E) Taxa transpiratória e (ETR) taxa transporte de elétrons. A partir da relação entre A/E foi calculada a eficiência do uso da água (EUA). Esta análise foi realizada no dia 06 de agosto de 2024, no período da manhã aos 45 DAT. As medições foram realizadas utilizando folhas saudias posicionadas no terço médio da planta, sendo consideradas duas folhas em cada parcela.

A colheita do experimento foi realizada dia 30 de setembro de 2024, aos 100 dias após o transplante. Neste momento, foram avaliadas as variáveis: altura da planta (cm), massa fresca da raiz (g), produção (g) e número de frutos por planta aos 100 DAT.

Em ambos os experimentos, todos os dados foram submetidos a análise de variância, utilizando programa R (IHAKA, 1996). Quando observado efeito dos tratamentos (F, $P \leq 0,05$), as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No primeiro experimento, observou-se a multiplicação de *Helicotylenchus dihystra* em todos os híbridos avaliados (Tabela 2). O inóculo do nematoide extraído do solo foi superior ao extraído das raízes. *H. dihystra* pode sobreviver alimentando-se ectoparasiticamente na superfície da raiz ou semiendoparasiticamente, parcialmente dentro da raiz. Essa flexibilidade no comportamento alimentar os ajuda a adaptarem-se a diferentes condições ambientais (WESTERDAHL *et al.*, 2023).

Helicotylenchus spp. são semiendoparasitas ou ectoparasitas, significando que podem sobreviver no solo sem serem totalmente dependentes de raízes. Eles têm estruturas de sobrevivência que lhes permitem persistir no solo por longos períodos. Os *Helicotylenchus* podem completar o ciclo de vida sem penetrar totalmente nas raízes do hospedeiro, permitindo que sejam mais prevalentes no solo (LEIVA *et al.*, 2020).

O fator de reprodução de *H. dihystra* nos híbridos foi sempre superior a 1, variando de 14,39, observado em CVR-8161, a 22,02 observado no N901. Considerando que o fator de reprodução maior que 1 indica suscetibilidade ao nematoide avaliado (OOSTENBRINK, 1966), sendo assim todos os híbridos de tomate para processamento industrial testados neste trabalho são suscetíveis e podem multiplicar *H. dihystra*. Porém não foi possível observar diferença estatística entre os híbridos comerciais testados quanto ao fator de reprodução (F, P=0,7783).

Ao realizar análise de variância dos dados, para as variáveis, fator de reprodução de adultos no solo, peso da raiz, adultos por grama de raiz, ovo por grama de raiz e fator de reprodução total, não foi observada diferença pelo teste F a 5%. Foi detectada diferença estatística apenas para os dados de massa fresca de raízes (Tabela 2).

Tabela 2 Adultos no solo (AS), ovos no solo (OS), adultos por grama de raiz (AR), ovo por grama de raiz (OR), fator de reprodução total (FRT) e massa fresca da raiz (MFR) em diferentes híbridos de tomate submetido a inoculação de 200 espécimes de *Helicotylenchus dihystra*.

Híbridos	AS	OS	AR	OR	FRT	MFR
CVR-2909	1213,33 ^{NS}	1538,33 ^{NS}	87,17 ^{NS}	109,83 ^{NS}	14,74 ^{NS}	11,08 AB
HMX-7885	1843,33	2126,67	72,83	122,83	20,83	9,44 AB
N901	2098,33	2196,67	56,83	52,67	22,02	10,83 AB
H-1421	1151,67	1990,00	73,50	106,50	16,61	13,27 A
CVR-8161	1718,33	1028,33	56,83	74,83	14,39	9,03 B
p-valor	0,1903	0,5494	0,8463	0,0816	0,4156	0,0416
CV (%)	48,03	76,40	77,49	48,47	47,82	21,86

NS = não significativo

Ainda em relação à comparação dos híbridos, observou-se diferenças entre estes quando considerada a massa fresca de raiz (F, P=0,0416). O tomateiro apresenta diferenças na massa da raiz por causa das combinações de fatores genéticos e ambientais. Estudos demonstram que o manejo da irrigação, salinidade e interação com o solo influenciam significativamente o crescimento das raízes (BEKMIRZAEV 2023). A diferença na massa das raízes também é influenciada pela resposta a fatores bióticos, como a resistência a nematoides. Assim, as condições ambientais e as genéticas determinam o desenvolvimento e a funcionalidade das raízes em diferentes contextos (PATRA 2019).

Para massa fresca de raízes, os maiores valores foram observados em H-1421, que foi superior à HMX-7885 e CVR-8161. Ainda que não seja possível correlacionar este resultado com a influência da infestação de *H. dihystra*, podendo ser interessante para plantio de áreas com infestação deste nematoide, os híbridos que tenham maior desenvolvimento do sistema radicular, de modo que se tenha menor impacto. De toda maneira, quando considerado a quantidade de inóculo de nematoide por grama de raiz, pode-se observar um p-valor próximo do nível de significância para ovos por grama de raiz (0,0568), sugerindo que alguns dos híbridos comerciais testados podem ser mais favoráveis à reprodução do nematoide (Tabela 3).

Tabela 3. Ovo por grama de raiz (OR), adultos por grama de raiz (AR), aos 60 dias após a inoculação em híbridos comerciais de tomate.

Híbridos	<i>H. dihystra</i> / g raiz	
	Ovos	Adulto
HMX-7885	13,28A	8,02 ^{NS}
CVR-2909	11,38AB	7,96
H-1421	8,38AB	5,71
CVR-8161	8,64AB	5,58
N901	5,20B	5,26
p-valor	0,0568	0,7785
CV%	48,74	74,67

NS = não significativo

Apesar das diferenças na quantidade de ovos por grama de raiz, não houve variação estatisticamente significativa no número de adultos por grama de raiz entre os híbridos ($p=0,7785$), com valores variando entre 5,26 (N901) e 8,02 (HMX-7885).

No segundo experimento, quando foi observado o efeito do inóculo de *H. dihystra* sobre o desenvolvimento e produção de N901 e CVR-8161, as primeiras variáveis analisadas foram aquelas relacionadas a trocas gasosas. Para estas variáveis, não houve efeito dos fatores e nem da interação entre eles ($F, P \leq 0,05$). Ainda que tenham sido escolhidos materiais numericamente distintos quanto ao fator de reprodução, é necessário ressaltar que não havia sido detectado diferença significativa entre estes. Para nenhum das variáveis relacionadas a trocas gasosas, foi possível observar efeito do fator ‘concentração de inóculo’.

No trabalho desenvolvido por Kim *et al.* (2014), observou-se redução no desenvolvimento do tamanho de variedades de tomate na ordem de 24% aos 60 dias após a inoculação com *H. dihystra* na concentração de 2 espécimes por grama de solo. Se considerar que a maior quantidade de inóculo utilizada foi de 2000 espécimes em um vaso de 8L, e que a densidade estimada do substrato utilizado foi de 1,47 g/cm³, assim há 0,17 nematoides por grama de solo. Esse valor seria mais que 10 vezes inferior ao trabalho citado. Entretanto, considerando que na inoculação houve depósito do inóculo muito próximo ao sistema radicular da planta, boa parte do inóculo teria rápido acesso ao sistema radicular e efeito sobre variáveis fisiológicas já pudessem ser notados aos 45 dias,

haja vistas o ciclo de 25 a 30 dias e a taxa de reprodução de 50 a 200 ovos por fêmea (WESTERDAHL *et al.*, 2023). Ainda que para o híbrido N901, que havia apresentado maior fator de reprodução, tenha sido observado redução progressiva dos valores de transpiração (Figura 5A) e fotossíntese líquida (Figura 5D) à medida que a concentração de inóculo de *H. dihystra* aumentava, não foi possível detectar efeito deste fator para o referido híbrido.

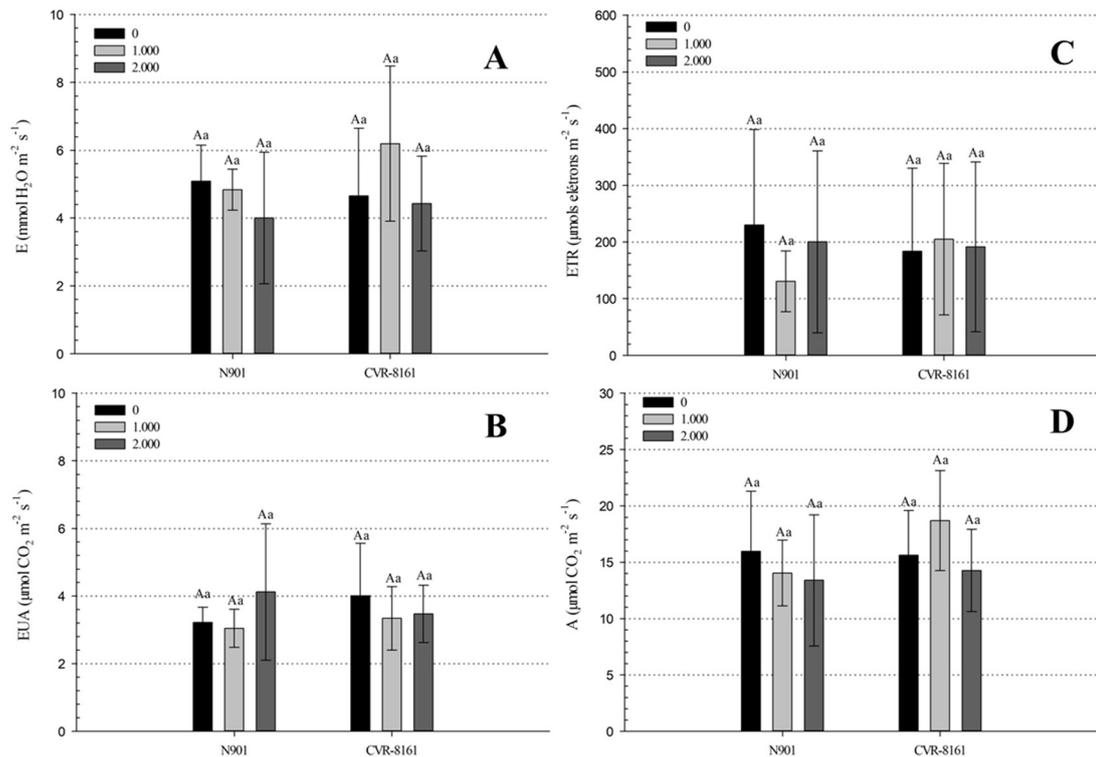


Figura 5. Parâmetros de trocas gasosas de dois híbridos de tomate. Em que A) representa a transpiração, B) representa a eficiência do uso da água, C) representa taxa transporte de elétrons e D) representa a fotossíntese. As barras verticais representam \pm erro padrão da média. Letras maiúsculas comparam os híbridos no nível da quantidade de inóculo e letras minúsculas comparam os níveis de inóculo no híbrido.

Aos 100 dias após o transplântio, quando realizada a avaliação final das variáveis relacionadas ao desenvolvimento das plantas, não se observou efeito (F, $P \leq 0,05$) dos fatores avaliados, bem como da interação entre estes para as variáveis número de frutos e massa fresca de raiz (tabela 4).

Para a variável massa de frutos, observou-se efeito dos fatores ‘quantidade de inóculo’ e ‘híbrido’, não sendo observado efeito significativo da interação entre estes dois fatores (F, $P \leq 0,05$). Em relação às diferentes quantidades de inóculo de *H. dihystra*, foi

possível observar que à medida que a quantidade de inóculo aumentava, havia a redução na massa de frutos por planta (Figura 6). Em média, a redução da produção por planta caiu 18% quando comparado plantas inoculadas com 2000 espécimes do nematoide e plantas não inoculadas. Pela análise de variância, esse comportamento é independente do híbrido, ainda que N901 tenha apresentado diferença na produtividade em relação à CVR-8161 (Tabela 5).

Para a variável altura de planta, observou-se efeito apenas do fator híbrido (F, $P=0,0314$). Assim como para produtividade, o híbrido N901 também teve melhor desempenho para a variável altura de planta (Tabela 5). Como não houve diferença entre estes híbridos quanto ao fator de reprodução de *H. dihystra*, é possível que esta diferença entre eles tenha outras razões, que não maior resistência ao nematoide.

Tabela 4. Resumo da análise de variância dos dados obtidos do segundo experimento. Número de frutos (NF), massa de frutos (P), massa fresca da raiz (MFR) e altura de planta (ALTP), colheita 100 dias após o transplantio.

Fonte de variação	GL	NF	P	MFR	ALTP
Híbrido	1	0,7224*	0,0229	0,1949	0,0314
Quantidade de inóculo (inóculo)	2	0,3081	0,0453	0,4719	0,7283
Híbrido x Inóculo	2	0,5958	0,6963	0,5109	0,6061
Coeficiente de Variação (%)		19,10	14,61	36,76	14,78

GL - Graus de liberdade

* p-valor

Tabela 5. Média da massa de frutos (P) e altura de planta (ALTP).

Híbrido	P(g)	ALTP(cm)
N901	861,66a	56,13a
CVR8161	755,33b	49,53b

Nematoides do gênero *Helicotylenchus* podem levar redução de produtividade das culturas, além de formar complexos de doenças com outros patógenos (DARAMOLA *et al.*, 2021). A redução na produtividade do tomate devido a *H. dihystra* depende da densidade do nematoide. Altas densidades podem causar impactos significativos no rendimento, enquanto densidades baixas têm efeito mínimo ou imperceptível (MALHERBE; MARAIS, 2015).

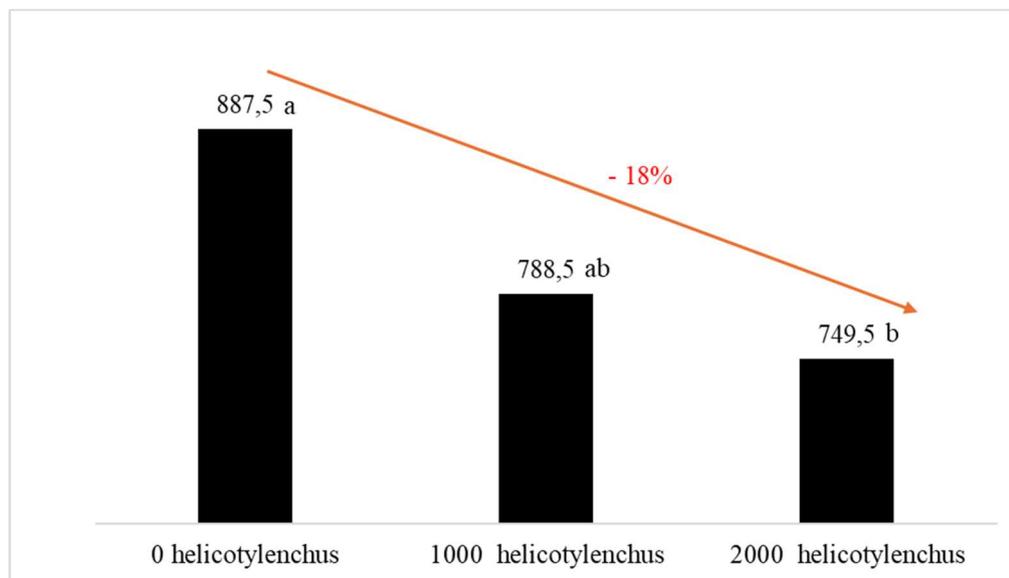


Figura 6. Média da produção (g) por dose inoculada de *H. dihystra* Tukey 5%.

Os nematoides *Helicotylenchus* ao infectar a camada externa do tecido cortical e do sistema radicular, danificam o sistema radicular, resultando na capacidade reduzida das plantas de absorver água e nutrientes (XIA et al., 2022), fator que pode estar associado a redução de produção de tomate quando submetido a inoculação de *H. dihystra*.

Em trabalho conduzido por Kim *et al.* (2014) diferentes concentrações 0; 0,02; 0,2 e 2 nem. /g de solo de *H. dihystra* foram inoculadas em seis variedades de tomate, observou-se que a redução do desenvolvimento das plantas foi dependente da variedade. Tal fato ressalta a importância de estudar o comportamento de diferentes materiais constantemente cultivados em resposta ao nematoide.

1.4 CONCLUSÃO

O nematoide *Helicotylenchus dihystera* foi capaz de reproduzir em todos os 5 híbridos de tomate para processamento industrial testados.

Considerando a perspectiva de produção e crescimento de planta, pode-se observar a redução na produtividade, conforme há o aumento da densidade populacional.

É possível afirmar de acordo com os resultados observados, que todos os híbridos multiplicam *H. dihystera* e que o nematoide pode reduzir a produtividade em função da densidade no solo.

1.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BELAHMAR, M. et al. Plant Parasitic Nematodes Associated With Olive in Algeria. **Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica**. V.50 p. 187 – 193, 2015.
- BERMIRZAEV, A. K., ESHIMBETOV, K. E., MUKHITDINOV, K. A.; Isolation of adaptive varieties of tomato and innovative technologies for their cultivation on slightly saline soils of the Burkharra region. **Web of Conferences**, 2023.
- BOITEUX, L. S.; **Melhoramento Genético**. In: CLEMENTE, F. M. V. T.; BOITEUX, L. S. (ed.). Produção de Tomate para Processamento Industrial. Brasília: Embrapa, 2012.
- BONETTI, J.I.S. & S. FERRAZ. Modificação do método de Hussey e Barker para a extração de ovos de *Meloidogyne exigua* em cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, 1981.
- DARAMOLA, F. Y.; LEWU, F. B.; MALAN, A. P. Diversity and population distribution of nematodes associated with honeybush (*Cyclopia spp.*) and rooibos (*Aspalathus linearis*) in the Western Cape province of South Africa. **Heliyon**, v. 7, n. 2, 2021.
- HEINZ SEED, comunicação de mercado da empresa para com seus clientes, 2024.
- IHAKA, R.; GENTLEMAN, R. R: A Language for Data Analysis and Graphics. **Journal of Computational and Graphical Statistics**, v.5, n.3 p. 299-314, 1996.
- JENKINS, W.R. 1964. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Reporter**, 1964.
- KIM, D.; RYU, Y.; LEE, Y.; CHOI, I.; HU, C. Effect of Density of *Helicotylenchus dihystra* on Growth of *Solanum lycopersicum*. **Research in Plant Disease**, v.20, n 02, Korean, 2014.
- KRISHNA, R., KARKUTE, S. G., ANSARI, W. A., JAISWAL, D. K., VERMA, J. P., SINGH, M. Transgenic tomatoes for abiotic stress tolerance: status and way ahead. **3 Biotech**, v. 9, n. 4, p. 1-14, 2019.
- LEIVA, N. P. F.; DE MELO SANTANA-GOMES, S.; ZABINI, A. V.; VELÁZQUEZ, L. M. G.; & DIAS-ARIEIRA, C. R. Soil chemical properties and their relationship with phytonematode populations inside and outside patches of soybean fields. **Rhizosphere**, 15, 2020.
- MALHERBE, S.; MARAIS, D.; Nematode community as a soil biology monitory tool in support of sustainable tomato production: A case study from South Africa. **Applied Soil Ecology**. V.93, p. 19-27, 2015.
- MEKET T.; DEBAT A.; SHEKORA N.; AKYAZI F.; ABEBE E. Identification key for agriculturally important plant-parasitic nematodes. 2012.
- OOSTENBRINK, M. Major characteristics of the relation between nematodes and plants. **Mededelingen Van De landbouwhogeschool Te Wageningen**, Wageningen, v.66, n.4, p.1-46, 1966.
- PATRA, M. K.; NAYAK, D. K.; Screening and evaluation of tomato varieties against root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*. **Journal of Entomology and Zoology Studies**. Odisha, India. 2019.

PINHEIRO, J. B.; PEREIRA, R. B. **Nematoídes**. In: CLEMENTE, F. M. V. T.; BOITEUX, L. S. (ed.). *Produção de Tomate para Processamento Industrial*. Brasília: Embrapa, 2012.

SIDDIQI, M.R. *Tylenchida Parasites os Plants and Insects*. Segunda edição. **CABI Publishing**, Wallingford, UK, 2000.

SILVA, S. A.; CUNHA, L. S.; PESCIM, R. R.; MACHADO, A. C. Z. Population dynamics of *Helicotylenchus dihystra* in cotton under greenhouse conditions. **Tropical Plant Pathology**, 48(1), 90-96. 2022.

TAYLOR, D. P. Biology and host-parasite relationships of the spiral nematode, *Helicotylenchus microlobus*. **Proc. Helminth. Soc. Washington**. v.28, n 01, 60-66, 1961.

VILELA, N. J. et al. **Perfil Socioeconômico da Cadeia Agroindustrial no Brasil**. In: CLEMENTE, F. M. V. T.; BOITEUX, L. S. (ed.). *Produção de Tomate para Processamento Industrial*. Brasília: Embrapa, 2012

XIA, Y. H., LI, J., XU, F. F., LEI, B., LI, H. L., WANG, K., LI, Y. Identification and a culture method for a *Helicotylenchus microlobus* from tomato in China. **BMC zoology**, 7(1), 42, 2022.

XIE, Z. J.; GU, S.; CHU, Q.; LI, B.; FAN, K. J; YANG, Y. L; LIU, X. Development of a high-productivity grafting robot for Solanaceae. **Int J Agric & Biol Eng**, v. 13, n. 1, p. 82–90, 2020.

YAN, G. et al. First Report of the Spiral Nematode *Helicotylenchus microlobus* Infecting Soybean in North Dakota. **Journal of Nematology**, v.49, p.1-1, 2017.

Khan, M. R. Plant nematodes, an underestimated constraint in the global food production. In *Nematode diseases of crops and their sustainable management* (pp. 3-26). **Academic Press**. p. 3-26, 2023.

WESTERDAHL, B. B.; KHAN, M. R., NYSTRÖM; Å. O., AHMAD, I. **Nematode problems in sugarcane and sugar beet and their sustainable management**. In *Nematode Diseases of Crops and their Sustainable Management* p.565-594. Academic Press, 2023.

WPTC. Disponível em: [WPTC - The World Processing Tomato Council](https://www.wptc.org/) , Acesso em: 19 Jan. 2025.