



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – CAMPUS MORRINHOS  
BACHARELADO EM AGRONOMIA**

**IGOR CALIXTO MORSOLETTO**

**DIAGNOSE E ESTRATÉGIAS DE CONTROLE DE NEMATOIDES  
FITOPATOGÊNICOS NA CULTURA DA CANA-DE- AÇÚCAR NO SUL DO  
ESTADO DE GOIÁS**

**MORRINHOS - GO 2026**

**IGOR CALIXTO MORSOLETTTO**

**DIAGNOSE E ESTRATÉGIAS DE CONTROLE DE NEMATOIDES  
FITOPATOGÊNICOS NA CULTURA DA CANA-DE- AÇÚCAR NO SUL DO  
ESTADO DE GOIÁS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Instituto Federal Goiano – Campus  
Morrinhos, como parte da exigência para  
obtenção do título de Bacharel em Agronomia.  
**Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Vieira da  
Silva**

**MORRINHOS - GO 2026**

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

M884d Morsolotto, Igor Calixto.

Diagnose e estratégias de controle de nematoides fitopatogênicos na cultura da cana-de-açúcar no sul do Estado de Goiás. / Igor Calixto Morsolotto. – Morrinhos, GO: IF Goiano, 2026.

38 f. : il. color.

Orientador: Dr. Rodrigo Vieira da Silva.

Coorientadora: Ma. Brenda Ventura de Lima e Silva.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) – Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, Bacharelado em Agronomia, 2026.

1. *Saccharum spp.* 2. *Meloidogyne spp.* 3. *Pratylenchus spp.* I. Silva, Rodrigo Vieira da. II. Silva, Brenda Ventura de Lima e. III. Instituto Federal Goiano. IV. Título.

CDU 633.61



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

- Tese (doutorado)  Artigo científico  
 Dissertação (mestrado)  Capítulo de livro  
 Monografia (especialização)  Livro  
 TCC (graduação)  Trabalho apresentado em evento

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Igor Calixto Morsoletto

Matrícula:

2021104220210240

Título do trabalho:

DIAGNOSE E ESTRATÉGIAS DE CONTROLE DE NEMATOIDES FITOPATOGÊNICOS NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR NO SUL DO ESTADO DE GOIÁS

RESTRICÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial:  Não  Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano:  /  /

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 inclusos 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

04 / 05 / 2026

Documento assinado digitalmente

Local

Data



IGOR CALIXTO MORSOLETO

Data: 18/05/2026 02:03:45-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Assinatura digitalizada e autografa

Documento assinado digitalmente



RODRIGO VIEIRA DA SILVA

Data: 28/01/2026 15:32:46-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)



Documento assinado eletronicamente por:

- **Rodrigo Vieira da Silva, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO** , em 18/05/2026 20:58:55.
- **João Paulo Marques Furtado, 2024101330540005 - Discente**, em 18/05/2026 21:14:46.
- **Brenda Ventura de Lima e Silva, ASSISTENTE DE ALUNO**, em 18/05/2026 22:08:10.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 18/05/2026. 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:** 821183

**Código de Autenticação:** 3d6459352e



INSTITUTO FEDERAL GOIANO  
Campus Morrinhos  
Rodovia BR-153, Km 633, Zona Rural, SN, Zona Rural, MORRINHOS / GO, CEP 75650-000  
(64) 3413-7900

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, pela força e serenidade concedidas em cada etapa desta jornada, aos meus pais, que sempre foram meu alicerce e inspiração, oferecendo amor, apoio e incentivo nos momentos mais desafiadores, aos meus familiares, que sempre me apoiaram para nunca desistir e que hoje eu sou extremamente grato, agradecer ao professor Dr. Rodrigo Vieira da Silva que esteve comigo desde o início do curso e me deu a oportunidade de participar da equipe de Nematologia, contribuindo para minha formação acadêmica e pessoal, por fim, a mim mesmo, pela persistência, disciplina e coragem de seguir até o fim, transformando sonhos em realidade.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, pela força, serenidade e sabedoria concedidas ao longo desta jornada acadêmica; aos meus pais, pelo amor incondicional, apoio constante e incentivo nos momentos mais desafiadores, sendo sempre meu alicerce e inspiração; ao professor Dr. Rodrigo Vieira da Silva, orientador deste trabalho, pela dedicação, paciência e valiosas contribuições que foram fundamentais para meu crescimento acadêmico e pessoal; aos professores do curso de Agronomia do IF Goiano – Campus Morrinhos, que compartilharam conhecimento e experiências que enriqueceram minha formação; aos colegas e amigos da equipe de Nematologia, pela parceria, companheirismo e apoio durante a realização dos experimentos e análises; à minha família e amigos, que sempre acreditaram em mim e me motivaram a seguir em frente; e, por fim, a mim mesmo, pela persistência, disciplina e coragem de transformar desafios em conquistas, tornando possível a realização deste sonho.

## RESUMO

A cana-de-açúcar é uma das culturas mais importantes e amplamente cultivadas em diversas partes do mundo, fato que se deve à sua relevância na produção de açúcar, etanol, água ardente, dentre outros produtos. Além do valor econômico, apresenta relevância social e ambiental. Os fitonematoides representam uma das principais ameaças à obtenção de alta produtividade e qualidade da cana-de-açúcar. O controle de nematoides na cultura é desafiador, uma vez que não existem métodos totalmente eficazes e sustentáveis. Assim, objetivou-se realizar um levantamento sobre a incidência dos nematoides e avaliar a eficiência de estratégias de controle na cultura da cana-de-açúcar cultivada no IF Goiano – Campus Morrinhos. Foram conduzidos ensaios com quatro tratamentos e quatro repetições, utilizando métodos clássicos de extração de nematoides em solo e raízes. Os resultados evidenciaram maior incidência dos gêneros *Meloidogyne spp.* e *Helicotylenchus dihystra*, responsáveis por deformações e necroses radiculares que comprometem o desenvolvimento da planta. Entre os tratamentos avaliados, os agentes biológicos e a incorporação de matéria orgânica reduziram significativamente as populações de nematoides, aproximando-se da eficácia dos nematicidas químicos. Conclui-se que o manejo integrado, aliado ao diagnóstico preciso, é essencial para reduzir perdas de produtividade, prolongar a longevidade dos canaviais e garantir a sustentabilidade do cultivo.

**Palavras-chave:** *Saccharum spp.*, *Meloidogyne spp.*, *Pratylenchus spp.*, Solo; Raízes; Nematicidas.

## ABSTRACT

Sugarcane is one of the most important and widely cultivated crops worldwide due to its relevance in the production of sugar, ethanol, and other products. Beyond its economic value, it also plays a significant social and environmental role. Plant-parasitic nematodes are among the main threats to achieving high productivity and quality in sugarcane. Their control is challenging, as no method is fully effective and sustainable. Therefore, this study aimed to survey the incidence of nematodes and evaluate the efficiency of control strategies in sugarcane cultivated at IF Goiano – Campus Morrinhos. Field trials were conducted with four treatments and four replications, using classical extraction methods for nematodes in soil and roots. Results revealed that *Meloidogyne spp.* and *Helicotylenchus dihystra* were the most prevalent and damaging genera, causing root deformities and necrosis that compromised plant development. Treatments involving biological agents and organic matter incorporation significantly reduced nematode populations, achieving results close to those obtained with chemical nematicides. It is concluded that integrated management, combined with accurate diagnosis, is essential to minimize productivity losses, extend the longevity of sugarcane fields, and ensure the sustainability of the production system.

**Keywords:** *Saccharum spp.*; *Meloidogyne spp.*; *Pratylenchus spp.*; Sustainability; Nematicides.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	6
2. JUSTIFICATIVA.....	7
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	8
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	11
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	14
6. CONCLUSÃO .....	21
7. REFERENCIAS.....	22

## 1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar representa uma das principais plantas cultivadas no mundo e o Brasil é o maior produtor mundial (CONAB, 2026). O Estado de Goiás merece destaque como o terceiro maior produtor nacional. A produção da safra de 2025/26 foi de 673,2 milhões de toneladas com produtividade média de 76 t. A cadeia produtiva da cana-de-açúcar é uma das mais versáteis do agronegócio mundial. O que antes era focado apenas em "açúcar e álcool" hoje se transformou em um ecossistema de bioenergia e bioprodutos de alto valor agregado (CONAB, 2026).

Os nematoides representam uma das principais ameaças à sustentabilidade da cultura da cana-de-açúcar, pois comprometem diretamente o desenvolvimento radicular e, conseqüentemente, a produtividade agrícola. Além de reduzirem a capacidade de absorção de água e nutrientes, esses organismos favorecem a entrada de patógenos e aceleram a degradação dos canaviais, diminuindo sua longevidade e valor econômico. Este patógeno pode ocasionar perdas que variam de 20% a 50% do potencial agrícola, a depender da cultivar e do nível de infestação do solo. As espécies de maior relevância econômica pertencem ao gênero *Meloidogyne*, com destaque para *M. javanica* e *M. incognita* (nematoides de galhas), que provocam deformações radiculares e impedem a absorção eficiente de água e nutrientes, e ao gênero *Pratylenchus*, representado pelas espécies *P. zae* e *P. brachyurus* (nematoides-das-lesões-radiculares), que causam necroses no córtex radicular e facilitam a entrada de patógenos secundários, resultando no declínio progressivo do vigor e da longevidade do canavial (DINARDO-MIRANDA, 2008; GOULART, 2007).

Diante da complexidade de controle desses patógenos e das crescentes pressões por práticas agrícolas mais sustentáveis, a adoção de métodos alternativos ao controle químico convencional tornou-se imperativa na cultura da cana-de-açúcar. A dependência exclusiva de nematicidas sintéticos tem demonstrado limitações, como o alto custo operacional, o risco de contaminação ambiental e a possibilidade de seleção de populações resistentes. Nesse contexto, o manejo integrado, fundamentado no uso de agentes de controle biológico, como fungos e bactérias nematofágicos, na rotação de culturas com plantas não hospedeiras e na incorporação de matéria orgânica, apresenta-se como uma estratégia eficaz. Essas alternativas não apenas reduzem a densidade populacional de *Meloidogyne* e *Pratylenchus* a níveis abaixo do dano econômico, como também promovem a saúde do solo e a preservação da biodiversidade microbiana,

garantindo a sustentabilidade e a longevidade do canavial (MAZZA et al., 2021; CHAVES et al., 2022).

Neste contexto, os biológicos representa uma estratégia importante. O uso de microrganismos antagonistas, como bactérias do gênero *Bacillus* e fungos nematófagos, apresenta resultados promissores na redução das populações de nematoides, além de contribuir para práticas agrícolas mais sustentáveis. Essas abordagens modernas reforçam a necessidade de substituir gradualmente o uso exclusivo de nematicidas químicos por alternativas biológicas, capazes de manter a produtividade sem comprometer o equilíbrio ambiental (VASANTHA-SRINIVASAN et al., 2025).

## 2. JUSTIFICATIVA

A execução deste trabalho salienta a importância de diagnosticar, quantificar e avaliar estratégias de controle de nematoides na cultura da cana-de-açúcar, uma vez que esses patógenos comprometem diretamente a produtividade e a longevidade dos canaviais. Os resultados obtidos reforçam a necessidade de adoção de práticas de manejo integrado, capazes de reduzir os danos radiculares e assegurar maior eficiência produtiva. Dessa forma, o impacto do estudo se traduz em benefícios econômicos para os produtores e em avanços na sustentabilidade do cultivo.

A relevância deste trabalho fundamenta-se na necessidade crítica de otimização dos sistemas produtivos de cana-de-açúcar frente aos desafios fitossanitários impostos pelos nematoides, que figuram entre os principais gargalos econômicos do setor sucroenergético nacional. Embora o controle químico tenha sido a estratégia predominante nas últimas décadas, a crescente demanda por modelos de agricultura regenerativa e a pressão por práticas de baixo impacto ambiental (ESG) tornam o estudo de métodos alternativos não apenas viável, mas indispensável. A investigação de estratégias baseadas no manejo biológico, na rotação de culturas e na melhoria da saúde do solo justifica-se pela possibilidade de reduzir a dependência de insumos sintéticos, diminuir os custos de produção e mitigar riscos ambientais. Dessa forma, esta pesquisa busca fornecer subsídios técnicos que auxiliem produtores e técnicos na tomada de decisão, visando assegurar a longevidade dos canaviais e a manutenção da competitividade brasileira no mercado global de bioenergia.

Vale salientar que a eficácia de qualquer estratégia de manejo integrado é estritamente dependente de uma diagnose precisa e precoce. Uma vez que os sintomas

aéreos da infestação por nematoides são frequentemente confundidos com deficiências nutricionais ou estresse hídrico, a identificação taxonômica e a quantificação populacional via análise laboratorial de solo e raízes tornam-se ferramentas indispensáveis. Sem a correta diagnose, corre-se o risco de subestimar danos ou aplicar métodos de controle inadequados para as espécies presentes na área. Portanto, o fortalecimento das práticas de monitoramento e diagnose não apenas otimiza o uso de recursos biológicos e químicos, como também serve de alicerce para a sustentabilidade econômica e técnica do sistema produtivo (FERRAZ; BROWN, 2016; ROSA et al., 2023)."

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Cultura da Cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar é uma gramínea perene pertencente à família Poaceae, originária do sudeste asiático, mas que encontrou no Brasil as condições edafoclimáticas ideais para o seu desenvolvimento em larga escala. Geneticamente, as variedades cultivadas atualmente são híbridos complexos de *Saccharum officinarum* e *Saccharum spontaneum*, desenvolvidos para aliar alto teor de sacarose à rusticidade e resistência a pragas e doenças (LANDELL et al., 2023).

Do ponto de vista morfológico, a planta é constituída por sistema radicular, colmos, folhas e gemas. O colmo é a estrutura de maior interesse comercial, funcionando como o principal órgão de reserva de açúcares (sacarose), que são extraídos para a produção de açúcar, etanol e outros bioprodutos. O ciclo da cultura é dividido em fases de brotação, perfilhamento, crescimento intenso e maturação, sendo este último o estágio em que ocorre o acúmulo máximo de açúcar sob condições de déficit hídrico moderado ou baixas temperaturas (MARIN et al., 2021).

No contexto econômico, o Brasil mantém a liderança mundial na produção de cana-de-açúcar. Na safra 2025/26, a produção nacional consolidou-se em torno de 673 milhões de toneladas, com o estado de São Paulo concentrando mais de 50% desse volume (CONAB, 2025). A relevância da cultura transcende a produção de commodities, posicionando-se como pilar da matriz energética sustentável através da bioeletricidade e do etanol de primeira e segunda gerações (E2G), essenciais para as metas globais de descarbonização.

O manejo fitossanitário representa um dos maiores desafios para a manutenção da longevidade dos canaviais. A cultura é hospedeira de uma vasta gama de pragas e patógenos, com destaque para o complexo de fitonematoides. Estes organismos atacam o sistema radicular, comprometendo a absorção de água e nutrientes, o que resulta em falhas na brotação e redução do número de cortes economicamente viáveis (soqueira). A transição para um modelo de manejo integrado, que combina variedades resistentes, controle biológico e monitoramento constante através da diagnose laboratorial, é a tendência atual para garantir a rentabilidade e a sustentabilidade ambiental do setor (DINARDO-MIRANDA, 2008).

### **3.2 Nematoides Fitoparasitas**

A produtividade média brasileira poderia ser ainda bem maior se o desenvolvimento da cultura não fosse prejudicado por fatores abióticos como clima, solo, competição por plantas daninhas e por fatores bióticos. Dentre os agentes biológico merece destaque especial os fitonematoides, que contribuem para redução acentuada na produtividade. A característica da cultura ser cultivada continuamente, com poucos meses de pausa entre a remoção da soca e o replantio, favorece o aumento de populações de fitonematoides a níveis capazes de causarem danos à cultura (CADET e SPAULL, 2005).

### **3.3 Nematoides importantes na cana-de-açúcar**

Os nematoides constituem-se num dos principais problemas fitossanitários na cultura da cana-de-açúcar no Brasil. As perdas causadas por fitonematoides na cultura da cana-de-açúcar podem variar de 20 a 50% ao ano Dinardo-Miranda (2005), representando um dos maiores entraves à produtividade agrícola. Os principais gêneros de importância econômica são *Pratylenchus* spp., *Helicotylenchus* spp. e *Meloidogyne* spp., (SHOKO e ZHOU, 2009). Estes vermes atacam o sistema radicular, provocando lesões, necroses e deformações que comprometem a absorção de água e nutrientes. Os sintomas mais comuns incluem reboleiras de plantas com crescimento desigual, folhas amareladas, redução no vigor e morte prematura de perfilhos. A disseminação ocorre principalmente pelo uso de mudas contaminadas, movimentação de solo infestado e irrigação, favorecendo o aumento populacional em áreas cultivadas continuamente. Além de reduzir a produtividade, os nematoides abrem portas para outros patógenos, aceleram a

degradação dos canaviais e diminuem sua longevidade, tornando o manejo integrado essencial para minimizar os impactos.

### **3.4 Levantamentos de nematoides em áreas de cana-de-áçúcar**

Na região Sul de Goiás, considerada uma das mais importantes para a produção de cana-de-açúcar no Centro-Oeste, levantamentos recentes têm confirmado a presença de fitonematoides de grande relevância econômica, como *Pratylenchus* spp., *Helicotylenchus* spp. e *Meloidogyne* spp (DUARTE, 2025). Esses organismos comprometem o sistema radicular, provocando sintomas como necroses, deformações e redução da absorção de água e nutrientes, que se refletem em reboleiras de plantas com baixo vigor e perdas de produtividade que podem chegar a 50% ao ano. A disseminação ocorre principalmente pelo uso de mudas contaminadas e pela movimentação de solo infestado, favorecendo o aumento populacional em áreas cultivadas continuamente. Esses dados reforçam a necessidade de diagnósticos periódicos e estratégias de manejo integrado para reduzir os impactos econômicos e ambientais da infestação na região (DUARTE, 2025).

### **3.5 Controle de nematoides**

O controle de nematoides na cultura da cana-de-açúcar exige uma abordagem integrada, já que esses patógenos podem causar perdas de até 50% na produtividade anual. Entre as principais estratégias estão o uso de cultivares resistentes, a rotação de culturas com espécies não hospedeiras, a incorporação de matéria orgânica e a aplicação de nematicidas químicos ou biológicos. Os sintomas mais comuns da infestação incluem reboleiras de plantas com baixo vigor, folhas amareladas, necroses e deformações radiculares, que comprometem a absorção de água e nutrientes. A disseminação ocorre principalmente pelo uso de mudas contaminadas e pela movimentação de solo infestado, o que reforça a importância de medidas preventivas associadas ao manejo integrado. Estudos recentes destacam que o uso de agentes biológicos, como fungos nematófagos e bactérias do gênero *Bacillus*, tem se mostrado promissor, reduzindo as populações de nematoides e contribuindo para práticas agrícolas mais sustentáveis (VASANTHA-SRINIVASAN et al., 2025).

### **3.6 Controle químico**

A viabilidade econômica oferecida pela aplicação de nematicidas no momento correto confere acréscimo na produção de cana e na produção de açúcar por hectare. Portanto, o monitoramento, a conscientização no uso dos métodos de controle, a correta abordagem do problema e as recomendações de controle são os atuais desafios. Desta forma se torna importante o conhecimento das espécies causadoras dos prejuízos e da biologia destas, o conhecimento da ação e interação dos métodos empregados sobre as demais pragas da cultura e a definição dos custos e benefícios dos métodos de controle (Novaretti, 2009).

### 3.7 Controle Biológico

O controle biológico de fitonematoides na cana-de-açúcar tem se destacado como uma alternativa sustentável ao uso de nematicidas químicos. Essa prática utiliza microrganismos antagonistas, como bactérias do gênero *Bacillus* e fungos como *Trichoderma* e *Pochonia*, capazes de parasitar ovos ou interferir no desenvolvimento dos nematoides. Além de reduzir as populações desses patógenos, o controle biológico contribui para a manutenção da biodiversidade do solo e para a diminuição de impactos ambientais. Estudos recentes demonstram que espécies de *Bacillus* podem induzir resistência sistêmica nas plantas, aumentando sua capacidade de defesa contra nematoides e outras doenças. Dessa forma, o controle biológico se consolida como uma ferramenta essencial dentro do manejo integrado, promovendo maior eficiência produtiva e sustentabilidade nos canaviais (VASANTHA-SRINIVASAN et al., 2025).

### 3.8 Novos métodos

<b>Método</b>	<b>Descrição</b>	<b>Mecanismo de ação</b>
<b>Bioestimulantes e extratos vegetais</b>	Compostos naturais derivados de plantas com efeito nematicida.	Produção de metabólitos secundários que inibem o desenvolvimento e a reprodução dos nematoides.
<b>Nanotecnologia</b>	Uso de nanopartículas para liberação controlada de compostos ativos.	Liberação gradual de moléculas nematicidas diretamente na rizosfera, aumentando eficácia e reduzindo impacto ambiental.

<b>Método</b>	<b>Descrição</b>	<b>Mecanismo de ação</b>
<b>RNA interferente (RNAi)</b>	Tecnologia molecular para silenciar genes essenciais dos nematoides.	Interrupção da expressão gênica, levando à inviabilidade ou morte dos parasitas.
<b>Modificação da microbiota do solo</b>	Alteração da comunidade microbiana para favorecer microrganismos antagonistas.	Competição por espaço e nutrientes, além da produção de enzimas e toxinas contra nematoides.
<b>Agentes biológicos avançados</b>	Uso de fungos e bactérias melhorados por seleção ou engenharia genética.	Parasitismo direto, produção de enzimas líticas e indução de resistência sistêmica nas plantas.

### 3.9 Manejo integrado de nematoides

O manejo integrado de fitonematoides na cana-de-açúcar é fundamental para garantir a produtividade e a sustentabilidade dos canaviais. Essa abordagem combina diferentes estratégias, como o uso de cultivares resistentes, a rotação de culturas, a aplicação de agentes biológicos e o uso racional de defensivos químicos. A integração dessas práticas permite reduzir as populações de nematoides, minimizar impactos ambientais e prolongar a longevidade dos canaviais. Além disso, o monitoramento constante e a correta identificação das espécies presentes são etapas indispensáveis para que o manejo seja eficaz e adaptado às condições locais, consolidando um sistema de produção mais eficiente e sustentável (SILVA; ALMEIDA, 2022).

A procura pela adoção de insumos agrícolas que garantam o desenvolvimento sustentável é crescente em todo o mundo. A utilização de um fertilizante calcário à base de algas do gênero *Lithothamnium* para a correção da acidez e melhoria da fertilidade natural vem sendo estudada por pesquisadores (Melo & Furtini Neto, 2003; Mendonça et al., 2006; Souza et al., 2007; Cruz et al., 2008). Comercialmente conhecido por Concinal Fertilizador®, este produto também é estudado com o fim de proporcionar às plantas menores taxas de crescimento da densidade populacional de nematoides (Lordello & Lordello, 1994; Chaves et al., 2004).

Segundo (Dias et al., 2000), o aumento da biodiversidade antagonista resulta da liberação de compostos tóxicos durante a decomposição, contribuindo para a redução da população de *Meloidogyne* spp.

### **Objetivo Geral**

Realizar um levantamento sobre a incidência dos nematoides e avaliar a eficiência de estratégias de controle na cultura da cana-de-açúcar cultivadas no IF Goiano - Campus Morrinhos

### **Objetivos Específicos**

Realizar o levantamento nematológico em de amostras de solo e raízes em propriedades de cana-de-açúcar no município de Morrinhos.

- Quantificação dos principais gêneros de nematoide.
- Extração de solo e raiz para análise em laboratório.
- Analisar alternativas para controle dos nematoides fitoparasitas.

## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

### **• Coleta das amostras**

As amostras de solo e raiz foram coletadas nos dias 30/11/2024 e 11/03/2025 do IF Goiano – Campus Morrinhos. Foram feitas 10 amostragem simples em cada tratamento totalizando 160 amostras simples feitas em aleatoriamente para gerar 16 amostras compostas. As amostras foram retiradas na área com auxílio de um trado ou enxadão a uma profundidade de 0-25 cm. Foram colhidas amostras de solo e raízes, onde as amostras simples foram reunidos em um balde limpo e em seguida bem misturados antes de se obter a amostra composta de aproximadamente 500g de solo e 250g de raiz. As amostras compostas foram colocadas em sacos plásticos, etiquetadas e mantidas em geladeira e levadas para a análise, juntamente com uma ficha de informações para cada amostra.

### **Extração dos Nematoides**

A extração de nematoides do solo foi realizada por flotação centrífuga utilizando

solução de sacarose pelo método de Jenkins (1964), enquanto os nematoides presentes nas raízes foram extraídos pelo método de Boneti & Ferraz (1981). Posteriormente, os nematoides foram mortos em banho-maria a 55°C por cinco minutos, fixados em solução de formalina a 4% (TAF) e transferidos para lâminas para análise microscópica. A observação foi feita em microscópio fotônico com aumentos de 400X e 1000X, analisando-se características morfológicas específicas para identificação de gênero e espécie, como região labial, estilete, posição da vulva e formato da cauda (MAI&MULLIN, 1996).

Para tal retirou-se uma alíquota de 150 cm<sup>3</sup> de solo, homogeneizada bem em um balde com um litro de água, de tal forma que os torrões sejam desagregados, liberando os nematoides para a suspensão, verte o líquido através de uma peneira de malha de 20 mesh que deve estar sobre um bacia para recolher a suspensão que passa, a seguir verte a suspensão da bacia através de uma peneira de 400 mesh, com auxílio de uma piseta, recolhe o líquido e as impurezas da peneira de 400 mesh, no máximo 40 ml da suspensão em um Becker com capacidade para 10 ml. A seguir passa a suspensão para os tubos da centrífuga e com os tubos balanceados no interior da centrífuga, centrifuga por 5 minutos a uma velocidade de 1800 rpm, transcorrido o tempo retira-se os tubos, eliminando o sobrenadante e limpando as bordas do tubo. Adiciona-se a solução de sacarose (454g de açúcar refinado dissolvido em 1 L água), e novamente centrifugado, só que agora por um minuto, findo tempo, retiram-se os tubos e verte o líquido sobrenadante em uma peneira de 400 mesh e lavar bem para retirar a solução de sacarose e com auxílio da piseta recolheu-se os nematoides em um Becker com capacidade para 100 ml (JENKINS, 1964).

Para a extração dos nematoides endoparasitas das raízes utilizou o método do liquidificador (BONETI & FERRAZ, 1981). Cortar as raízes em pedaços de cerca de 1,0 cm de comprimento, Triturar as raízes em liquidificador (recomendado: 300 W de potência) por 20 segundos, com solução de hipoclorito de sódio a 0,5%, em água e Verter a suspensão obtida em peneira de 200 mesh acoplada sobre outra de 500 mesh. Lavar abundantemente com água de torneira e recolher os ovos retidos na peneira de 500 mesh com auxílio de pisseta com água.



**Figura 1-** Extrações de nematoides de raiz pelo método do liquidificados

### **Produtos Utilizados no experimento**

- **Trichodermil Super SC**

Foi utilizado o produto Trichodermil Super SC, um biofungicida e bionematicida microbiológico composto pelo fungo *Trichoderma harzianum* Rifai, cepa ESALQ-1306, com concentração mínima de  $(2,0 \times 10^9)$  conídios viáveis/mL. Registrado no MAPA sob nº 22318, apresenta eficiência comprovada no controle de doenças radiculares e do nematoide-das-lesões (*Pratylenchus zae*). A aplicação foi realizada no sulco de plantio, garantindo a distribuição uniforme dos esporos e a colonização do sistema radicular. O uso do Trichodermil integra o manejo biológico da cultura, contribuindo para a redução das populações de nematoides e para a sustentabilidade do sistema produtivo (KOPPERT, 2025).

- **AUBA**

O produto AUBA é um nematicida microbiológico composto pela bactéria *Bacillus amyloliquefaciens* cepa CN-307, com concentração mínima de  $(1 \times 10^9)$  UFC/mL. Registrado no MAPA sob nº 20923, apresenta eficiência comprovada no controle de nematoide-das-galhas (*Meloidogyne incognita*), nematoide-do-cisto

(*Heterodera glycines*) e nematoide-das-lesões (*Pratylenchus brachyurus*). Sua aplicação foi realizada por pulverização dirigida no sulco de plantio, utilizando volume de calda de 60 L/ha. O mecanismo de ação está relacionado à colonização do sistema radicular e formação de biofilme, que impede ou reduz a infecção pelos nematoides (NOOA, 2024).

- **Boneville**

O produto Boneville é um nematicida microbiológico à base de *Bacillus amyloliquefaciens* cepa UMAF6614, com concentração mínima de  $(1 \times 10^{10})$  UFC/g. Registrado no MAPA sob nº 11720, é indicado para o controle de nematoide-das-galhas (*Meloidogyne incognita* e *Meloidogyne javanica*) e nematoide-das-lesões (*Pratylenchus zaei*). A aplicação foi feita no sulco de plantio ou dirigida à base das soqueiras, com dose de 200 a 400 g/ha e volume de calda de 150 L/ha. O mecanismo de ação envolve a colonização do sistema radicular e a formação de biofilme protetor, que reduz a infestação e auxilia no manejo integrado de nematoides (KOPPERT, 2025).

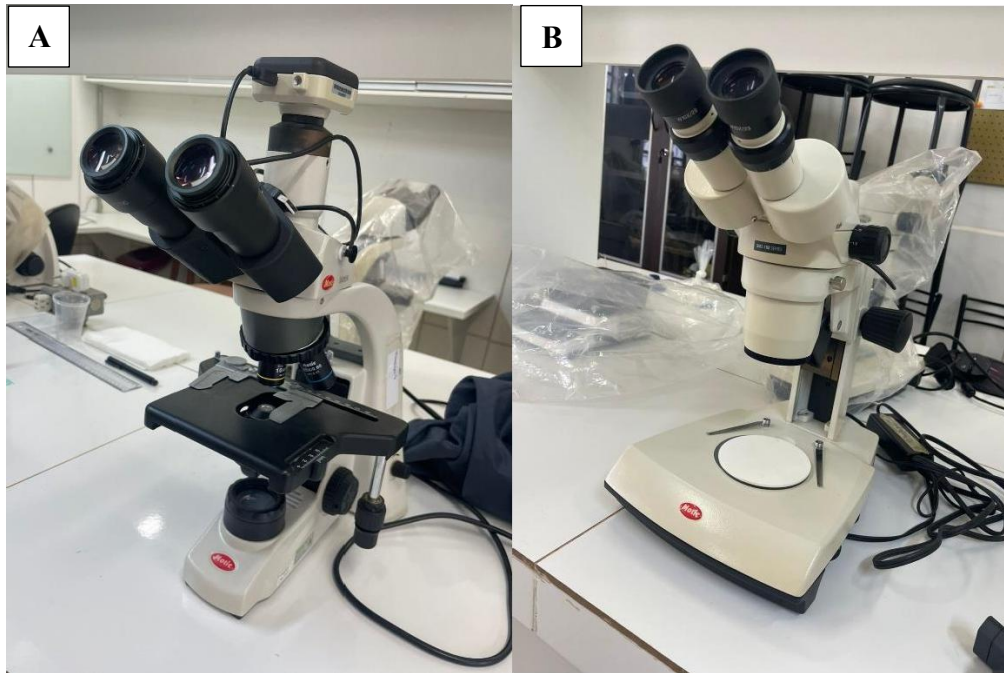
- **Protege**

O produto Protege® é um fungicida e nematicida microbiológico composto por *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus velezensis* e *Bacillus thuringiensis*, cada um com concentração de 33,3 g/L. Registrado no MAPA sob nº 10822, é indicado para o controle de nematoide de galhas (*Meloidogyne incognita*, *M. javanica* e *M. exigua*), nematoide-do-cisto (*Heterodera glycines*), nematoide-das-lesões (*Pratylenchus brachyurus*) e nematoide-reniforme (*Rotylenchulus reniformis*), além de patógenos de solo como *Rhizoctonia solani*, *Ceratocystis paradoxa* e *Macrophomina phaseolina*. A aplicação foi realizada no tratamento de sementes ou diretamente no sulco de plantio, em dose única por ciclo da cultura, garantindo a colonização do sistema radicular e a formação de biofilme protetor contra os nematoides (ADAMA, 2025).



**Figura 2-** Extrações de nematoides de solo colocadas em copos plásticos

Para a identificação dos nematoides, a suspensão os contendo foi vertida em uma câmara de peters de vidro. Sob microscópio estereoscópico aumento de 40 X os nematoides foram identificados com auxílio de uma chave identificação de nematoides.



**Figura 3-** Equipamentos que serão utilizados para análise de identificação de nematoides. **A:** Microscópio fotônico e **B:** Lupa estereoscópica.

Área experimental: No campo experimental do IF Goiano – Campus Morrinhos, utilizando a Cultivar: RB98-7935, no delineamento de blocos casualizados, dividida em 4 blocos, onde cada tratamento foi de 50 m<sup>2</sup>, totalizando uma área total de 800 m<sup>2</sup>.

A	B	C	D
T4	T1	T2	T3
T3	T4	T1	T2
T2	T3	T4	T1
T1	T2	T3	T4

TRATAMENTO A	TRATAMENTO B	TRATAMENTO C	TRATAMENTO D
TRICHODERMIL e BONEVILLE	TRICHODERMIL e PROTEGE	AUBA	Sem controle

No campo avaliou-se a atividade de nematicidas nos seguintes tratamentos: A: TRICHODERMIL (Fungicida e Nematicida microbiológico) e BONEVILLE (Nematicida microbiológico), B: TRICHODERMIL (Fungicida e Nematicida microbiológico) e PROTEGE (Fungicida e Nematicida microbiológico), C: AUBA

(Nematicida microbiológico) e o D: sem nenhum nematicida, todos os produtos aplicados via sulco respeitando a dosagem recomendada.

### Análises estatística

As análises foram conduzidas no ambiente R. As contagens de nematoides foram analisadas por modelos lineares generalizados mistos (GLMM), considerando distribuição binomial negativa para acomodar sobredispersão típica de dados de contagem.

Para cada gênero e para a densidade total de fitoparasitas, foi ajustado o seguinte modelo:

$$Y_{ijk} \sim NB(\mu_{ijk}, \theta)$$

$$\log(\mu_{ijk}) = \beta_0 + \beta_i + \gamma_j + (\beta\gamma)_{ij} + b_k$$

em que:

- $Y_{ijk}$  representa a contagem observada
- $\mu_{ijk}$  é a média esperada
- $\beta_i$  corresponde ao efeito fixo de tratamento
- $\gamma_j$  corresponde ao efeito fixo de avaliação
- $(\beta\gamma)_{ij}$  representa a interação tratamento  $\times$  avaliação
- $b_k \sim N(0, \sigma^2)$  representa o efeito aleatório da unidade experimental
- $\theta$  é o parâmetro de dispersão da binomial negativa

As médias ajustadas foram obtidas por estimativas marginais (EMMs) e comparadas por contrastes múltiplos com ajuste para erro do tipo I. Intervalos de confiança de 95% foram calculados na escala do preditor e posteriormente retransformados para a escala original.

A estrutura da comunidade foi avaliada por ordenação não métrica multidimensional (NMDS), baseada na distância de Bray–Curtis após transformação de Hellinger:

$$d_{BC} = 1 - \frac{2 \sum \min(x_{ij}, x_{ik})}{\sum x_{ij} + \sum x_{ik}}$$

A significância das diferenças estruturais foi testada por PERMANOVA:

$$Y = X\beta + \varepsilon$$

com estatística pseudo-F obtida por 999 permutações. A homogeneidade das dispersões multivariadas foi verificada por análise de Betadisper.

A contribuição relativa dos gêneros para a dissimilaridade temporal foi

determinada por análise SIMPER, baseada na decomposição da distância média de Bray–Curtis entre grupos. O nível de significância adotado foi  $\alpha = 0,05$ .

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os nematoides dos gêneros *Helicotylenchus*, *Meloidogyne* e *Pratylenchus* foram os mais comuns nas amostras analisadas. Esses são gêneros de nematoides fitoparasitas, ou seja, que atacam as plantas, sendo *Meloidogyne* conhecido como nematoide de galhas, e *Pratylenchus* como nematoide-das-lesões-radiculares, que causam danos ao sistema radicular e a outros tecidos vegetais.



**Figura 4-** Principais Gêneros. **A:** *Helicotylenchus*, **B:** *Pratylenchus* e **C:** Juvenil de *Meloidogyne*

Para *Meloidogyne* spp., as populações foram praticamente nulas aos 30 DAP para todos os tratamentos. Aos 120 DAP, as médias ajustadas variaram entre 32 e 68 indivíduos, sem diferenças significativas em relação ao Teste ( $p > 0,05$ ). Aos 280 DAP, observou-se incremento populacional expressivo, atingindo média ajustada de aproximadamente 854 indivíduos no Teste, enquanto Auba (552 indivíduos), Tric+Bone (610 indivíduos) e Tric+Prot (908 indivíduos) não diferiram estatisticamente do controle ( $p > 0,05$ ). Assim, apesar do aumento populacional ao longo do tempo, não foi detectado efeito consistente dos biológicos sobre esse gênero (Figura 5).

A dinâmica populacional de *Meloidogyne* spp. e *Helicotylenchus dihystrera* ao longo das avaliações revelou respostas distintas aos tratamentos biológicos (Figura 5). A primeira, segunda e terceira avaliações corresponderam, respectivamente, a 30, 120 e 280

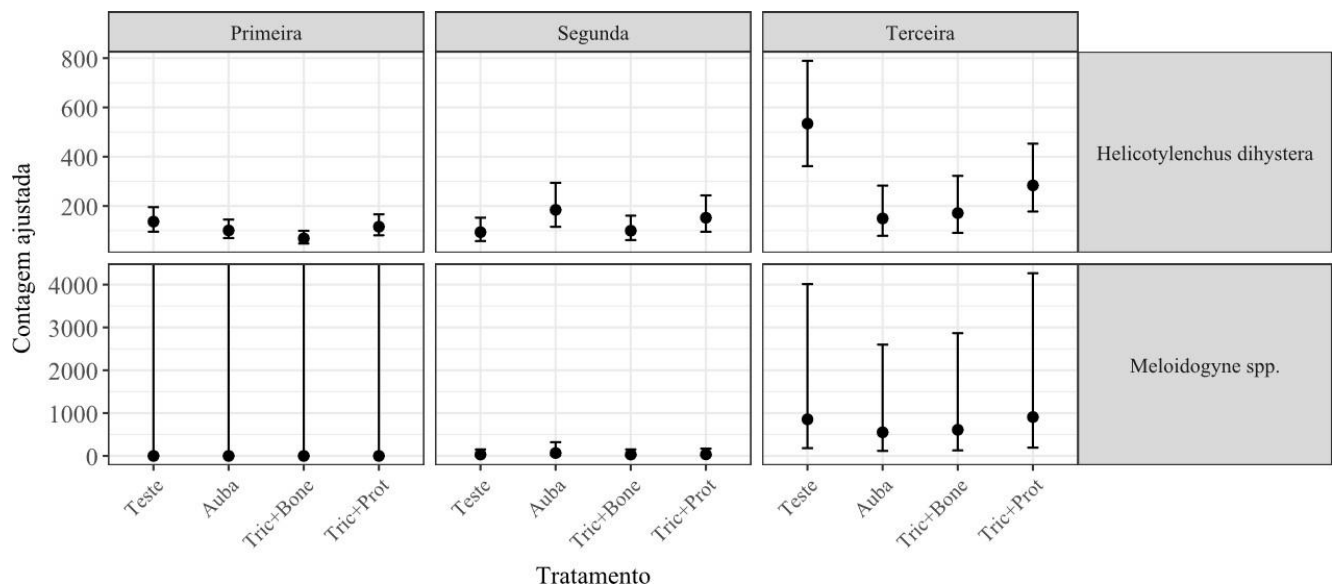
dias após a aplicação (DAP) dos produtos.

Em contraste, *Helicotylenchus dihystra* apresentou resposta clara aos tratamentos (Figura 5). Aos 30 DAP, o Teste apresentou média ajustada de 136 indivíduos, enquanto Tric+Bone reduziu a população para aproximadamente 69 indivíduos, representando redução de cerca de 50% em relação ao controle ( $p = 0,003$ ). Auba (101 indivíduos) e Tric+Prot (116 indivíduos) não diferiram do Teste nessa fase inicial.

Aos 120 DAP, as populações oscilaram entre 94 e 184 indivíduos, sem diferenças estatísticas entre tratamentos e controle.

O efeito mais expressivo foi observado aos 280 DAP (Figura 5). O Teste atingiu média ajustada de aproximadamente 534 indivíduos, enquanto Auba reduziu para 149 indivíduos e Tric+Bone para 171 indivíduos, correspondendo a reduções superiores a 65% ( $p < 0,01$ ). Tric+Prot apresentou média intermediária (284 indivíduos) e tendência de redução ( $p = 0,057$ ), embora sem significância estatística.

Esses resultados indicam que o efeito dos tratamentos biológicos foi dependente do tempo, com maior magnitude aos 280 DAP e eficácia mais consistente sobre *Helicotylenchus dihystra* do que sobre *Meloidogyne* spp.



**Figura 5**–Efeito dos tratamentos biológicos sobre *Meloidogyne* spp. e *Helicotylenchus dihystra* ao longo das avaliações experimentais.

Médias ajustadas por modelo linear generalizado misto (GLMM) com

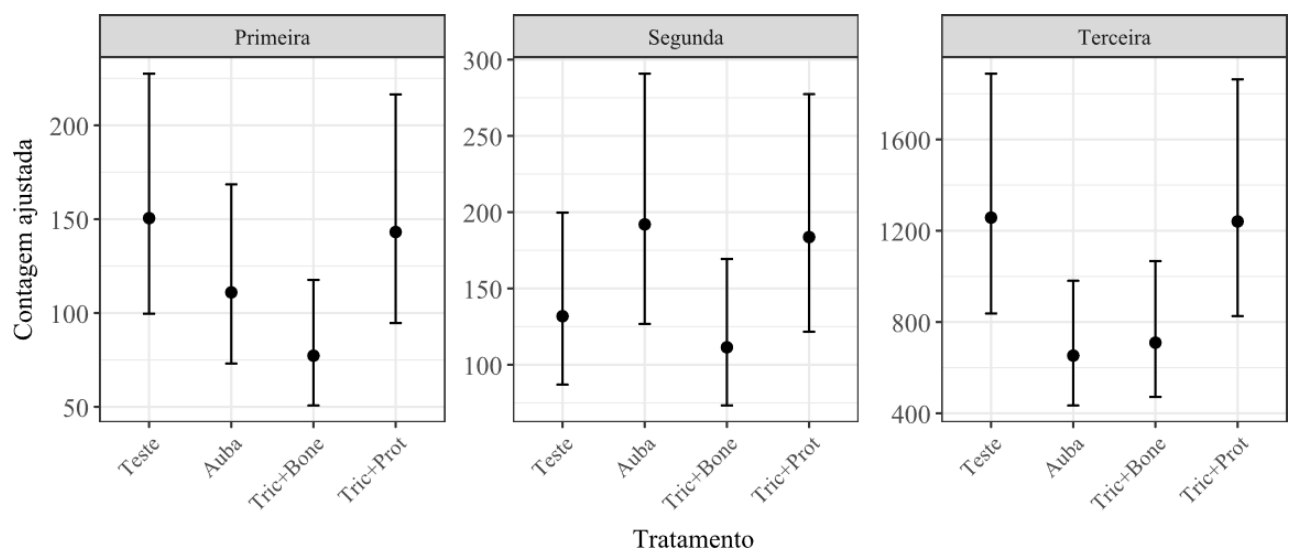
distribuição binomial negativa, estimadas por máxima verossimilhança, e intervalos de confiança de 95%.

A resposta diferenciada observada para *Helicotylenchus dihystra* (Figura 5) refletiu-se parcialmente na dinâmica da densidade total de fitoparasitas ao longo do período experimental (Figura 6). A análise do modelo indicou efeito altamente significativo da avaliação ( $p < 0,0001$ ), enquanto o efeito de tratamento apresentou tendência à significância ( $p = 0,057$ ), sem interação significativa entre tratamento e avaliação ( $p = 0,20$ ).

Aos 30 DAP, o Teste apresentou média ajustada de aproximadamente 151 indivíduos, enquanto Tric+Bone reduziu essa densidade para 77 indivíduos, representando redução de cerca de 49% ( $p < 0,05$ ). Auba (111 indivíduos) e Tric+Prot (143 indivíduos) não diferiram do controle nessa fase inicial. Aos 120 DAP, as médias variaram entre 111 e 192 indivíduos, sem diferenças estatísticas entre tratamentos e Teste, indicando estabilização temporária da comunidade de fitoparasitas.

O maior contraste ocorreu aos 280 DAP, quando o Teste atingiu média ajustada de aproximadamente 1257 indivíduos. Nessa avaliação, Auba reduziu a densidade para cerca de 653 indivíduos (redução aproximada de 48%;  $p < 0,05$ ), enquanto Tric+Bone apresentou média de 710 indivíduos (tendência de redução;  $p \approx 0,08$ ). Tric+Prot manteve densidade semelhante ao Teste (1241 indivíduos).

De modo geral, a densidade total de fitoparasitas foi fortemente influenciada pelo tempo, com incremento populacional expressivo aos 280 DAP, enquanto os efeitos dos tratamentos biológicos foram pontuais e mais evidentes nas avaliações inicial e final (Figura 6).



**Figura 6-** Efeito dos tratamentos biológicos sobre o total de nematoides fitoparasitas ao longo das avaliações experimentais.

Médias ajustadas por modelo linear generalizado misto (GLMM) com estrutura de efeitos aleatórios para unidade experimental e intervalos de confiança de 95%.

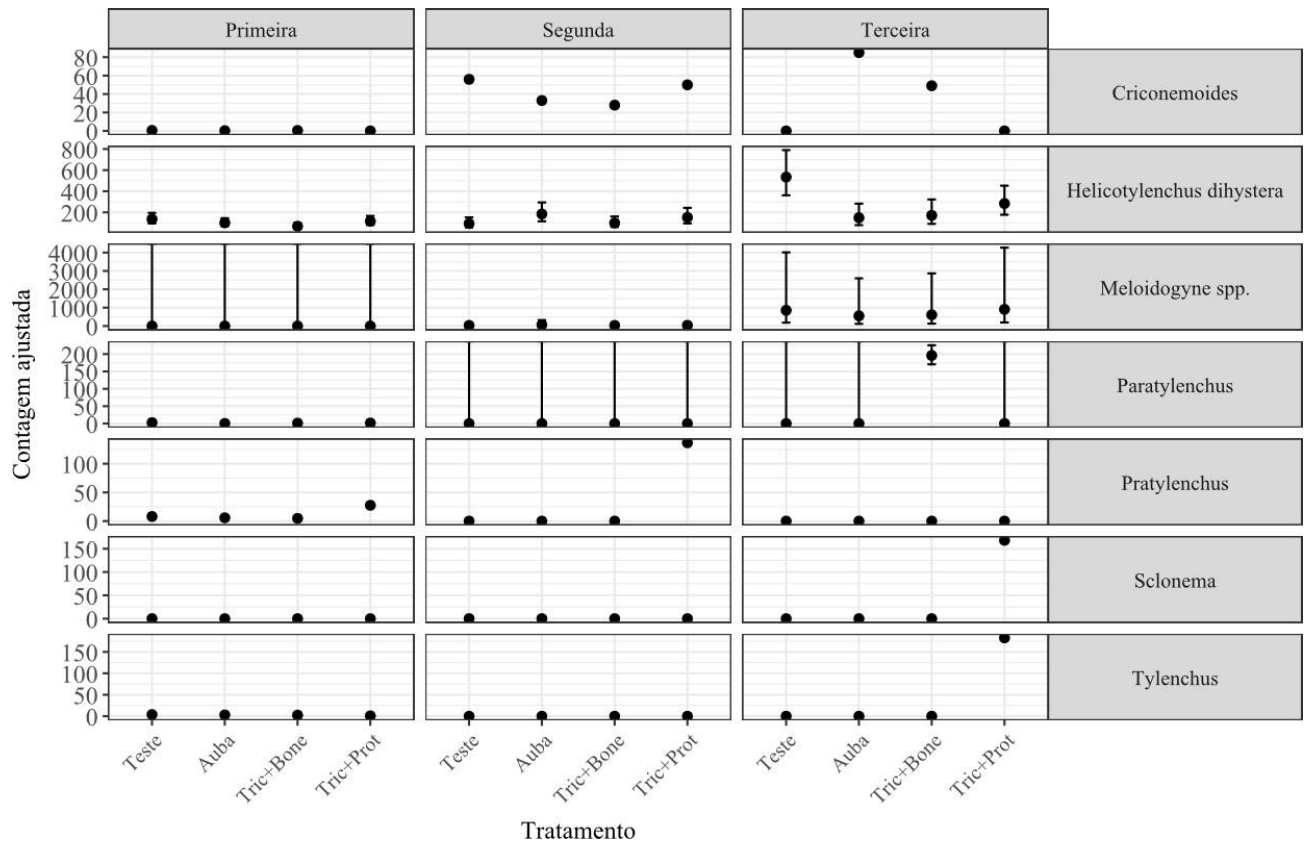
O aumento expressivo da densidade total de fitoparasitas aos 280 DAP (Figura 6) refletiu alterações específicas na composição da comunidade de nematoides (Figura 3). Entre os gêneros de menor densidade relativa, *Criconemoides* apresentou valores próximos de zero aos 30 DAP em todos os tratamentos. Aos 120 DAP, observou-se incremento no Teste (56 indivíduos), com valores inferiores sob Auba (33 indivíduos) e Tric+Bone (28 indivíduos). Aos 280 DAP, a densidade foi praticamente nula no Teste, enquanto aumentos pontuais foram observados sob Auba ( $\approx 85$  indivíduos) e Tric+Bone ( $\approx 49$  indivíduos).

*Paratylenchus* manteve baixa densidade nas duas primeiras avaliações, com valores inferiores a três indivíduos aos 30 DAP e praticamente nulos aos 120 DAP. Aos 280 DAP, houve aumento expressivo apenas sob Tric+Bone ( $\approx 196$  indivíduos), enquanto os demais tratamentos permaneceram próximos de zero.

*Pratylenchus* apresentou densidade moderada aos 30 DAP, variando entre aproximadamente 5 e 28 indivíduos, com maior valor sob Tric+Prot. Aos 120 DAP, observou-se incremento exclusivo sob Tric+Prot ( $\approx 136$  indivíduos), enquanto os demais tratamentos apresentaram valores próximos de zero. Aos 280 DAP, as populações foram praticamente nulas em todos os tratamentos.

*Scionema* permaneceu virtualmente ausente nas duas primeiras avaliações, com incremento detectado apenas aos 280 DAP sob Tric+Prot ( $\approx 168$  indivíduos). *Tylenchus* apresentou densidade baixa aos 30 DAP (2–4 indivíduos), ausência prática aos 120 DAP e aumento pontual aos 280 DAP sob Tric+Prot ( $\approx 183$  indivíduos).

De modo geral, a reorganização observada aos 280 DAP foram predominantemente associada ao incremento de *Meloidogyne* spp. e à redução consistente de *Helicotylenchus dihystera* sob determinados tratamentos (Figura 5), enquanto gêneros secundários apresentaram respostas pontuais e dependentes do tratamento (Figura 7).



**Figura 7-** Dinâmica populacional dos gêneros de nematoides em função dos tratamentos biológicos e das avaliações experimentais.

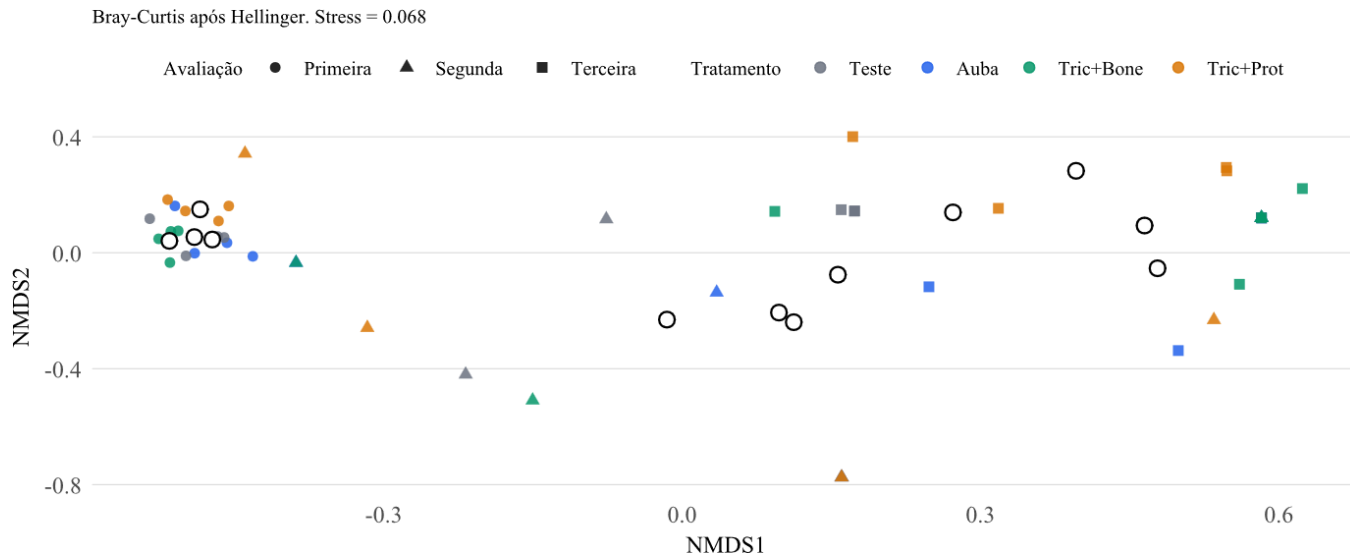
Médias ajustadas por modelo linear generalizado misto (GLMM) e respectivos intervalos de confiança de 95% para cada gênero avaliado.

A reorganização observada na dinâmica dos gêneros individuais (Figura 7) refletiu alteração significativa na estrutura global da comunidade de nematoides ao longo do tempo (Figura 8). A análise de PERMANOVA indicou efeito significativo dos grupos experimentais sobre a composição comunitária ( $F = 5,12$ ;  $R^2 = 0,61$ ;  $p = 0,001$ ), explicando aproximadamente 61% da variação total.

Aos 30 DAP, os centróides dos tratamentos apresentaram elevada proximidade no espaço NMDS, indicando estrutura comunitária semelhante e ausência de crescimento diferencial expressivo entre tratamentos. Aos 120 DAP, observou-se deslocamento consistente no eixo NMDS2, evidenciando reorganização populacional intermediária, associada ao início de incremento de gêneros fitoparasitas dominantes.

O maior deslocamento ocorreu aos 280 DAP, quando os centróides migraram para valores positivos no eixo NMDS1, indicando consolidação de uma nova estrutura comunitária. Esse padrão foi compatível com o crescimento expressivo de *Meloidogyne*

*spp.* e *Helicotylenchus dihystrera*, principalmente nos tratamentos Teste e Tric+Prot, enquanto Auba apresentou deslocamento menos pronunciado, sugerindo menor incremento relativo ao final do ciclo.



**Figura 8-** Estrutura da comunidade de nematoides sob diferentes tratamentos biológicos, representada por ordenação não métrica multidimensional (NMDS).

Análise baseada em distância de Bray–Curtis após transformação de Hellinger, com significância testada por PERMANOVA e homogeneidade de dispersão avaliada por análise de Betadisper.

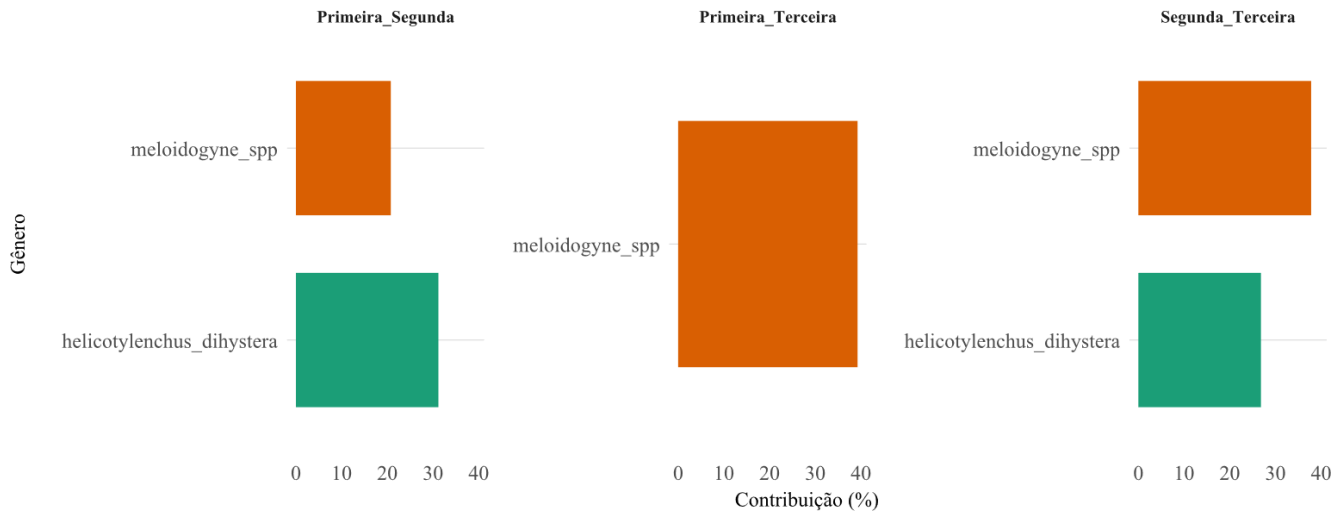
A alteração estrutural da comunidade evidenciada na ordenação NMDS (Figura 8) foram predominantemente explicadas por dois gêneros fitoparasitas, conforme indicado pela análise SIMPER (Figura 9).

Na comparação entre 30 e 120 DAP (Primeira\_Segunda), *Helicotylenchus dihystrera* foi o principal responsável pela dissimilaridade (31,19%), seguido por *Meloidogyne spp.* (20,77%), juntos acumulando mais de 50% da diferença observada. Esse padrão confirma que a reorganização inicial da comunidade esteve associada principalmente à dinâmica de *Helicotylenchus*, com participação secundária de *Meloidogyne*.

Na comparação entre 30 e 280 DAP (Primeira\_Terceira), *Meloidogyne spp.* tornou-se o principal táxon estruturador da diferença temporal, contribuindo isoladamente com 39,26% da dissimilaridade total ( $p = 0,001$ ). Esse resultado indica que o crescimento expressivo desse gênero ao final do ciclo foi o principal fator responsável pela

reorganização comunitária de longo prazo.

De forma semelhante, na comparação entre 120 e 280 DAP (Segunda\_Terceira), *Meloidogyne* spp. manteve-se como principal responsável pela mudança estrutural (37,82%), seguido por *Helicotylenchus dihystera* (26,83%), acumulando juntos aproximadamente 65% da dissimilaridade total.



**Figura 9-** Gêneros responsáveis pela dissimilaridade temporal da comunidade de nematoides segundo análise de similaridade percentual (SIMPER).

Contribuição percentual acumulada até 70% para cada comparação entre avaliações, destacando os táxons que mais influenciaram a reorganização estrutural da comunidade.

De forma integrada, os resultados demonstram que a dinâmica temporal foi o principal fator estruturador da comunidade de nematoides ao longo do experimento. O incremento populacional observado aos 280 DAP foi determinante para a reorganização comunitária, conforme evidenciado pelas análises univariadas e multivariadas.

Embora os tratamentos biológicos não tenham promovido redução consistente de *Meloidogyne* spp., foi detectado efeito significativo e dependente do tempo sobre *Helicotylenchus dihystera*, especialmente nas avaliações inicial e final. Essa resposta diferencial entre gêneros explica, em grande parte, a tendência de redução observada na densidade total de fitoparasitas sob determinados tratamentos.

As análises de NMDS e PERMANOVA confirmaram que a estrutura da comunidade sofreu alteração significativa ao longo das avaliações, sendo que

aproximadamente 61% da variação total foi explicada pelos grupos experimentais. A análise SIMPER demonstrou que a reorganização comunitária foi predominantemente conduzida por *Meloidogyne* spp. e *Helicotylenchus dihystera*, os quais responderam por mais de 60% da dissimilaridade temporal acumulada.

Assim, os efeitos observados não se limitaram a variações numéricas isoladas, mas refletiram mudanças estruturais consistentes na composição da comunidade de nematoides ao longo do ciclo experimental.

Os resultados obtidos evidenciam que os tratamentos biológicos apresentaram respostas diferenciadas frente às populações de *Meloidogyne* spp. e *Helicotylenchus dihystera*. Essa variação confirma a observação de Dinardo-Miranda (2005), que já destacava a complexidade do manejo de fitonematoides na cana-de-açúcar, com perdas que podem variar entre 20% e 50% ao ano. No presente estudo, a redução populacional observada nos tratamentos com Trichodermil e Boneville sugere que o uso de microrganismos antagonistas pode ser uma alternativa viável, corroborando os resultados de Vasantha-Srinivasan et al. (2025), que apontam para a eficácia de fungos e bactérias no controle biológico.

Entretanto, é importante destacar que a eficiência dos produtos não foi uniforme entre os gêneros de nematoides. Enquanto *Pratylenchus* spp. apresentou maior sensibilidade aos tratamentos, *Helicotylenchus dihystera* manteve populações mais estáveis ao longo das avaliações. Esse comportamento reforça a necessidade de diagnósticos precisos e manejo integrado, como salientado por Duarte (2025), uma vez que diferentes espécies exigem estratégias específicas de controle.

Outro ponto relevante é que, apesar da redução significativa em alguns tratamentos, não se observou controle total das populações. Isso confirma a afirmação de Novaretti (2009) de que o uso isolado de nematicidas, sejam químicos ou biológicos, dificilmente garante supressão completa, sendo indispensável a integração com práticas culturais, como rotação de culturas e uso de variedades resistentes.

Além disso, a análise multivariada (NMDS e PERMANOVA) demonstrou que os tratamentos alteraram a estrutura da comunidade de nematoides ao longo do tempo, indicando que o manejo biológico não apenas reduz populações, mas também modifica a dinâmica ecológica do solo. Esse resultado é consistente com Dias et al. (2000), que destacam o papel da biodiversidade antagonista na supressão natural de nematoides.

A alteração estrutural da comunidade foi predominantemente conduzida por *Meloidogyne* spp. e *Helicotylenchus dihystera*, reforçando que estratégias de manejo

devem considerar respostas específicas por gênero e integração com outras práticas para maior eficiência no controle fitonematológico

O presente estudo demonstrou que os produtos biológicos avaliados (Trichodermil, AUBA, Boneville e Protege) apresentam potencial significativo na redução das populações de fitonematoides na cultura da cana-de-açúcar, especialmente *Pratylenchus* spp. e *Meloidogyne* spp.. Contudo, a ausência de controle total e a variabilidade entre espécies reforçam a necessidade de adoção de estratégias de manejo integrado, que combinem insumos biológicos, práticas culturais e monitoramento contínuo

Assim, considera-se que o manejo biológico deve ser incentivado como ferramenta estratégica para a canavicultura no Sul de Goiás, mas sempre associado a práticas complementares. Futuras pesquisas devem avaliar a interação desses produtos com diferentes condições edafoclimáticas e sistemas de cultivo, buscando ampliar sua eficácia e consolidar sua adoção em larga escala.

## 6 CONCLUSÃO

A dinâmica temporal foi o principal fator estruturador da comunidade de nematoides ao longo do experimento, culminando em reorganização significativa da composição aos 280 DAP.

Em contrapartida, foi observada redução significativa de *Helicotylenchus dihystera*, especialmente sob Auba e Tric+Bone, indicando maior sensibilidade desse gênero aos biológicos avaliados.

os produtos biológicos avaliados (Trichodermil, AUBA, Boneville e Protege) apresentam potencial significativo na redução das populações de fitonematoides na cultura da cana-de-açúcar, especialmente *Pratylenchus* spp. e *Meloidogyne* spp.

## 7. REFERENCIAS

ADAMA BRASIL S.A. Bula técnica: Protege® (*Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus velezensis* e *Bacillus thuringiensis*). Londrina: Adama, 2025.

AGRIOS, G. Plant diseases caused by nematodes. In: Agrios, G. (ed). Plant pathology, Elsevier Academic Press, San Diego, Estados Unidos, 2004. p. 825-874.

BARBOSA, B. F. F.; SANTOS, J. M.; SOARES, P. L. M.; BARBOSA, J. C. Avaliação comparativa da agressividade de *Meloidogyne javanica* e *M. incognita* à variedade SP

911049 de Cana-de-açúcar. *Nematologia Brasileira*, v. 33, p. 243-247, 2009.

BONETI J.I.S., FERRAZ S. Modificação do método de Hussey & Barker para extração de ovos de *Meloidogyne exigua* de raízes de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**. V.6. p. 553. (Abstract). 1981.

CADET, P.; SPAULL, V. W. Nematode parasites of sugarcane. In: LUC, M.; SIKORA, R. A.; BRIDGE, J. (Ed.). *Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture*. 2nd. ed. Wallingford, UK: CAB International, 2005. 645-674.

CHAVES, A. F. et al. Manejo de nematoides na cultura da cana-de-açúcar: uma revisão. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, v. 12, n. 1, p. 45-58, 2022.

Chaves, A., R. V. L. Maranhão, E. M. R. Pedrosa, L. M. P. Guimarães, and M. K. R. Oliveira. 2009. Incidência de *Meloidogyne* spp. e *Pratylenchus* sp. em cana-de-açúcar no Estado de Pernambuco, Brasil. **Nematologia Brasileira** 33:278-280.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar. Brasília: Conab, 2025.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento de safra brasileira: cana-de-açúcar, segundo levantamento, 2025/26.

Cruz, M.C.M.; Hafle, O.M.; Ramos, J.D.; Ramos, P.S. Desenvolvimento do porta-enxerto de tangerineira ‘Cleópatra’. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.30, n.2, p. 471-475, 2008.

Dias, C.R.; Ezequiel, D.P.; Schwan, Q.V.; Ferraz, S. Efeito da adubação a base de esterco de galinha poedeira sobre a população de *Meloidogyne incognita* no solo. *Nematologia Brasileira*, v.24, n.1, p.59-63, 2000.

DINARDO-MIRANDA, L. L. Nematoides e pragas da cana-de-açúcar. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 2021.

DINARDO-MIRANDA, L. L. Nematoides. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. (ed.). *Cana-de-açúcar*. Campinas: Instituto Agrônômico, 2008. p. 485-499.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M. de; LANDELL, M. G. de A. (Ed.). *Cana-de-açúcar*. Campinas: Instituto Agrônômico, 2008. 882 p.

DUARTE, C. R. Fitonematoides associados à cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) na região Sul do Estado de Goiás. Morrinhos: Instituto Federal Goiano, 2025.

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

GOULART, A. M. C. Nematoides da cana-de-açúcar. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. 32 p. (Documentos / Embrapa Cerrados, 196).

JENKINS, W.R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Reporter**, v.48, n.9, p.692. 1964.

KERRY, B. R.; HOMINICK, W. M. Biological control. In: Lee, D. (ed). The biology of nematodes, Taylor & Francis: London, New York, 2002. p.483- 509.

KOPPERT DO BRASIL HOLDING S.A. **Bula técnica: Boneville (Bacillus amyloliquefaciens cepa UMAF6614)**. Piracicaba: Koppert, 2025.

KOPPERT DO BRASIL HOLDING S.A. **Bula técnica: Trichodermil Super SC (Trichoderma harzianum harzianum rifai, cepa ESALQ-1306)**. Piracicaba: Koppert, 2025.

LANDELL, M. G. A. et al. Melhoramento genético da cana-de-açúcar e os desafios da produtividade sustentável. Revista Brasileira de Pesquisa Agrária, v. 18, n. 4, 2023.

LORDELLO, L. G. E. Nematoides das plantas cultivadas. 6 ed. São Paulo: Nobel, 1981. 314 p.

MARIN, F. R. et al. Fisiologia da produção de cana-de-açúcar: conceitos e aplicações. Série Técnica IAC, Campinas, 2021.

MAZZA, J. A. et al. Manejo integrado de nematoides em cana-de-açúcar. Piracicaba: ESALQ/USP, 2021.

Melo, P.C. de; Furtini Neto, A.E. Avaliação do Lithothamnium como corretivo da acidez do solo e fonte de nutrientes para o feijoeiro. Ciência e Agrotecnologia, v. 27, n.3, p.508-519, 2003.

Mendonça, V.; Orbes, M.Y.; Abreu, N.A.A.; Ramos, J.D.; Teixeira, G.A.; Souza, H.A. Qualidade de mudas de maracujazeiro-amarelo formadas em substratos com diferentes níveis de Lithothamnium. Ciência e Agrotecnologia, v.30, n.5, p.900-906, 2006.

Moura, R. M., E. M. O. Régis and A. M. Moura. Espécies e raças de *Meloidogyne* assinaladas em cana-de-açúcar no estado do Rio Grande do Norte, Brasil. **Nematologia Brasileira** 14:33-38. 1990.

Moura, R.M., E. M. R. Pedrosa, S. R. V. L. Maranhão, M. E. A. Macedo, A. M. Moura, E. G. Silva and R. F. Lima. Ocorrência dos nematóides *Pratylenchus zae* e *Meloidogyne* spp. em cana-de-açúcar no Nordeste do Brasil. **Fitopatologia Brasileira** 25:101-103. 2000.

NOOA CIÊNCIA E TECNOLOGIA AGRÍCOLA LTDA. Bula técnica: AUBA (Bacillus amyloliquefaciens cepa CN-307). Patos de Minas: NOOA, 2024.

Novaretti, W. R. T. and A. M. Reis. Influência do método de aplicação de nematicidas no controle de *Pratylenchus zae* em soqueiras de cana-de-açúcar e definição dos níveis de danos e de controle. **Nematologia Brasileira** 33:83-89. 2009.

Novaretti, W. R. T. and F. O. Téran. Controle de nematoides parasitos da cana-de-açúcar. **Reunião Técnica Agronômica**. 16-24. 1983.

NOVARETTI, W.R.T. **Nematóides desafiam produção de cana-de-açúcar**. 2009. Disponível em: <https://revistacultivar.com.br/noticias/nematoides-desafiam-producao-de-cana-de-acucar>. Acesso em 15 set. 2023.

PICOLI, M. C. A. **Estimativa da produtividade agrícola da cana-de-açúcar utilizando agregados de redes neurais artificiais: estudo de caso usina Catanduva.** (INPE-14669-TDI/1222). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 90 p. 2006.

ROSA, J. M. O. et al. Importância da diagnose e monitoramento de fitonematoides em sistemas agrícolas. *Journal of Agronomic Sciences*, v. 12, n. 2, p. 88-102, 2023.

SEVERINO, J. J.; DIAS-ARIEIRA, C. R.; TESSMANN, D. J. Nematodes associated with sugarcane (*Saccharum* spp.) in sandy soils in Parana, Brazil. *Nematropica*, v. 40, p. 111-119, 2010.

SILVA, J. P.; ALMEIDA, R. C. Manejo integrado de fitonematoides em cana-de-açúcar: práticas sustentáveis e desafios futuros. *Revista Brasileira de Fitopatologia*, v. 40, n. 2, p. 150-162, 2022.

Souza, H.A.; Mendonça, V.; Ramos, J.D.; Ferreira, E.A.; Alencar, R.D. Doses de *Lithothamnium* e diferentes substratos na produção de mudas de maracujazeiro 'doce'. *Caatinga*, v.20, n.4, p.24-30, 2007.

UNICA (União da Indústria de CAna-de-açucar). **Cana-de-açúcar: produtos, Brasil 2012.** Disponível em: [http://www.unica.com.br/pages/cana\\_produtos.asp](http://www.unica.com.br/pages/cana_produtos.asp). Acesso em julho/2012.

VASANTHA-SRINIVASAN, P.; PARK, K. B.; KIM, K. Y.; JUNG, W. J.; HAN, Y. S. The role of *Bacillus* species in the management of plant-parasitic nematodes. *Frontiers in Microbiology*, v. 15, 2025.