

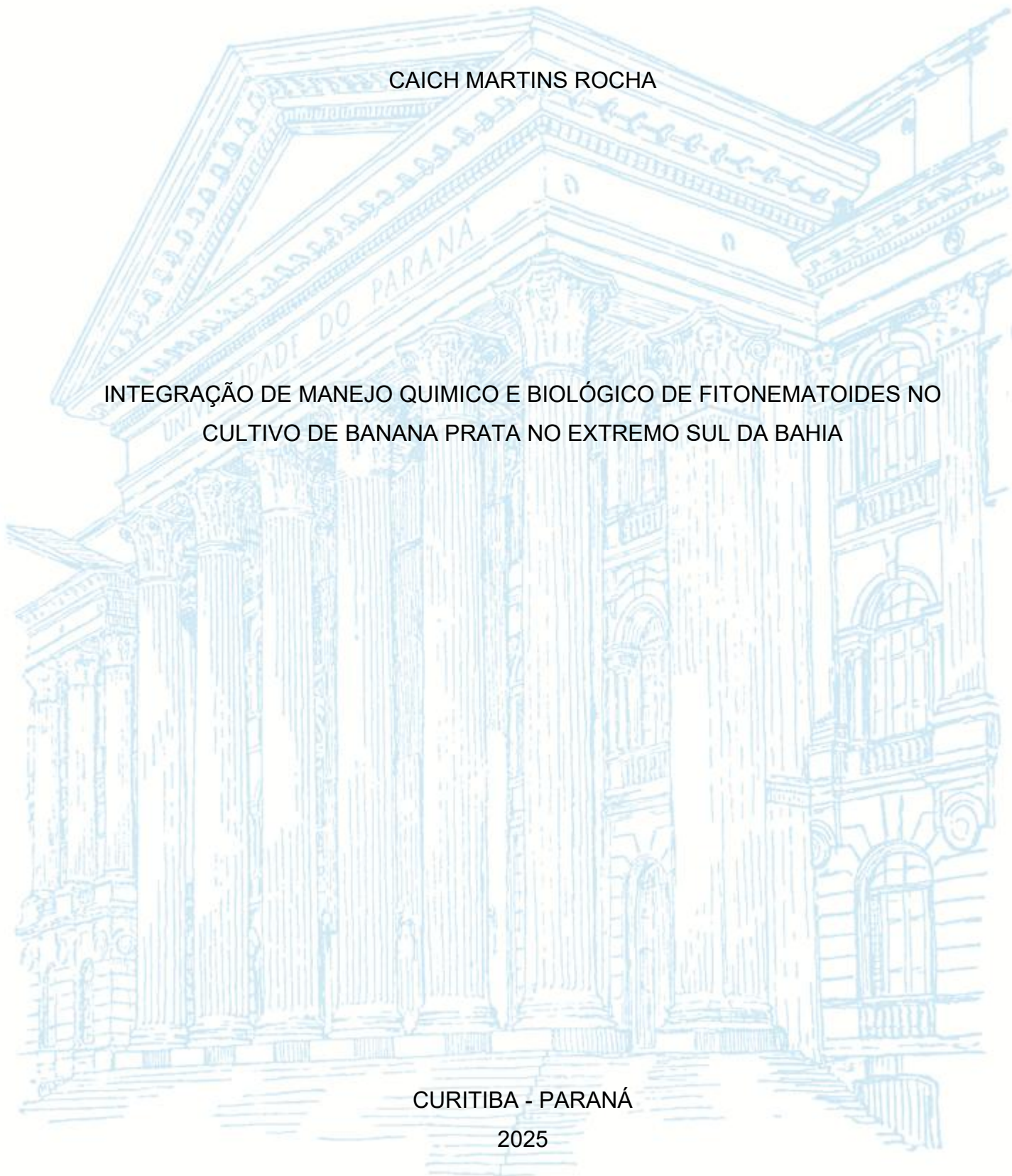
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

CAICH MARTINS ROCHA

INTEGRAÇÃO DE MANEJO QUÍMICO E BIOLÓGICO DE FITONEMATÓIDES NO
CULTIVO DE BANANA PRATA NO EXTREMO SUL DA BAHIA

CURITIBA - PARANÁ

2025



CAICH MARTINS ROCHA

INTEGRAÇÃO DE MANEJO QUIMICO E BIOLÓGICO DE FITONEMATOIDES NO
CULTIVO DE BANANA PRATA NO EXTREMO SUL DA BAHIA

Artigo apresentado ao curso de Pós-Graduação
Lato Sensu em Fitossanidade, Setor de Ciências
Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como
requisito parcial à obtenção do título de Especialista
em Fitossanidade.

Orientador(a): Prof. Dr. Paulo Afonso Ferreira

CURITIBA - PARANÁ

2025

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela dádiva da vida e pela oportunidade de trilhar um caminho profissional que me realiza e me permite crescer a cada dia.

À minha esposa, Geovana da Palma Celestino, meu mais profundo obrigado por ser o alicerce dos meus dias. Sua confiança em mim e sua presença constante é essencial para que eu supere os momentos mais desafiadores.

Aos meus pais, por todos os sacrifícios e, principalmente, por me guiarem pelos caminhos da verdade e da honestidade, valores que carrego como pilares em minha vida.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Paulo Afonso Ferreira, por sua atenção, paciência e prestatividade ímpares durante toda a execução deste trabalho. Estendo minha gratidão à sua competente equipe do Laboratório Fitonema - UFMT, que conduziu com excelência todas as análises laboratoriais.

Ao Sr. Arnaldo Guerini, pela generosidade em ceder o espaço na Fazenda Marilândia para a realização deste experimento, e ao Sr. Francisco Gomes, pelo valioso auxílio na execução do projeto em campo.

Por fim, ao Iedo Teodoro, por toda a ajuda e paciência na elaboração do desenho estatístico deste trabalho, cujo rigor foi fundamental para a análise e interpretação dos resultados.

INTEGRAÇÃO DE MANEJO QUÍMICO E BIOLÓGICO DE FITONEMATOIDES NO CULTIVO DE BANANA PRATA NO EXTREMO SUL DA BAHIA

Caich Martins Rocha

RESUMO

Os fitonematoides representam um dos principais entraves à produtividade da bananeira (*Musa* spp.) no Extremo Sul da Bahia, causando severos danos ao sistema radicular. Objetivou-se com este trabalho avaliar a eficácia de um programa de manejo integrado para o controle de nematoides em um cultivo comercial de banana Prata. O experimento consistiu em um tratamento com aplicação inicial do nematicida Fluopiram, seguida por duas aplicações do consórcio biológico com *Bacillus amyloliquefaciens* (cepa UMAF6614) e *Trichoderma harzianum* (cepa ESALQ-1306), comparado a uma testemunha sem controle. Foram avaliadas as populações de nematoides no solo e nas raízes e o peso fresco do sistema radicular ao longo de 120 dias. Os resultados demonstraram que o manejo integrado promoveu uma supressão significativa das populações dos principais gêneros patogênicos, como *Meloidogyne* spp. e *Helicotylenchus* spp. Consequentemente, observou-se um aumento estatisticamente significativo de 88,5% no peso fresco de raiz das plantas tratadas em relação à testemunha. Conclui-se que a integração das ferramentas de controle químico e biológico é uma estratégia eficaz e sustentável, capaz de mitigar os danos causados por nematoides e promover a saúde da cultura na região.

Palavras-chave: Bananicultura. Manejo integrado. Fluopiram. *Trichoderma harzianum* Controle biológico. *Bacillus amyloliquefaciens*.

ABSTRACT

Phytonematodes represent one of the main constraints to banana (*Musa* spp.) productivity in the Extreme South of Bahia, Brazil, causing severe damage to the root system. The objective of this study was to evaluate the efficacy of an integrated management program for nematode control in a commercial plantation of 'Prata' bananas. The experiment consisted of a treatment with an initial application of the nematicide Fluopyram, followed by two applications of a biological consortium with *Bacillus amyloliquefaciens* (strain UMAF6614) and *Trichoderma harzianum* (strain ESALQ-1306), compared to an untreated control. Nematode populations in the soil and roots and the root fresh weight were evaluated over 120 days. The results demonstrated that the integrated management promoted a significant suppression of the populations of the main pathogenic genera, such as *Meloidogyne* and *Helicotylenchus*. Consequently, a statistically significant increase of 88.5% in the root fresh weight of the treated plants was observed in relation to the control. It is concluded that the integration of chemical and biological control tools is an effective and sustainable strategy, capable of mitigating the damage caused by nematodes and promoting crop health in the region.

Keywords: Banana cultivation. Phytonematodes. Integrated management. Fluopyram. *Trichoderma harzianum*. *Bacillus amyloliquefaciens*.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Vista aérea dos pontos de coleta de amostra de solo e raiz, no plantio de banana prata na Fazenda Marilândia, Itabela-BA.8
- Figura 2:** População de gêneros de nematoides e ovos (indivíduos / 100 cm³ de solo) em amostras de solo nas três coletas, para os tratamentos Testemunha (vermelho) e Manejo Integrado (verde). 11
- Figura 3:** População de gêneros de nematoides e ovos (indivíduos / 5g de raiz) em amostras de raiz nas três coletas, para os tratamentos Testemunha (vermelho) e Controle (verde). 12
- Figura 4:** Peso fresco médio de raízes (g) de bananeira Prata aos 120 dias. 13

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
2 MATERIAL E MÉTODOS	7
2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL	7
2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS	7
2.3 APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS E COLETA DE AMOSTRAS	8
2.4 PROCESSAMENTO DAS AMOSTRAS E ANÁLISE NEMATOLÓGICA	9
2.5 AVALIAÇÃO DO SISTEMA RADICULAR	9
2.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA	10
3 RESULTADOS.....	10
3.1 POPULAÇÃO DE FITONEMATOIDES NO SOLO	10
3.2 POPULAÇÃO DE FITONEMATOIDES NAS RAÍZES	11
3.3 EFEITO NO SISTEMA RADICULAR.....	12
4 DISCUSSÃO	13
5 CONCLUSÃO	17
6 REFERÊNCIAS.....	18

1 INTRODUÇÃO

A cultura da bananeira (*Musa* spp.) representa uma das atividades agrícolas de maior relevância socioeconômica para o Brasil, tendo produzido, em 2023, 6,85 milhões de toneladas e gerado um valor de produção superior a R\$ 14,3 bilhões (IBGE, 2024). Neste cenário, a Bahia se destaca como o segundo maior produtor nacional, com 913.790 toneladas colhidas em 63.490 hectares. A mesorregião do Extremo Sul da Bahia é um pilar desta produção, onde os principais municípios produtores somaram mais de 115 mil toneladas e geraram um valor de R\$ 195 milhões no mesmo ano, destacando-se não apenas pelo seu valor na segurança alimentar, mas também pela expressiva geração de emprego e renda (IBGE, 2024).

Contudo, a sustentabilidade desta cadeia produtiva é constantemente ameaçada por fitonematoides, patógenos de solo que infectam o sistema radicular, notadamente os dos gêneros *Radopholus*, *Meloidogyne* e *Pratylenchus*, são considerados os mais prejudiciais em escala global, comprometendo a absorção de nutrientes e podendo ocasionar perdas de produtividade de até 75% (GOWEN; QUÉNÉHERVÉ, 2005; SIKORA; FERNANDEZ, 2005).

Historicamente, o manejo de nematoides em áreas comerciais tem sido realizado aplicações intensivas de nematicidas químicos. Embora eficazes em curto prazo, o uso excessivo e exclusiva deste controle gera crescentes preocupações, trazendo o risco de seleção de populações resistentes. Este cenário reforça a importância de estratégias de manejo integrado que visem a redução do uso de agroquímicos, conforme demonstrado em trabalhos que alcançaram sucesso no controle de nematoides ao avaliar métodos alternativos (CHABRIER; QUÉNÉHERVÉ, 2008).

Nesse contexto, o controle biológico surge como uma alternativa promissora, aumentando o retorno sobre o investimento, além de ecologicamente mais segura. O uso de microrganismos antagonistas, como fungos do gênero *Trichoderma* e bactérias do gênero *Bacillus*, tem demonstrado notável potencial. A cepa ESALQ-1306 de *Trichoderma harzianum* comprovou sua capacidade de reduzir significativamente a população de *Meloidogyne incognita* por meio de mecanismos como micoparasitismo e antibiose (MEDEIROS et al., 2014). Similarmente, a cepa UMAF6614 de *Bacillus amyloliquefaciens* — a mesma utilizada neste trabalho — atua na formação de

biofilmes protetores na rizosfera e na produção de lipopeptídeos com ação nematicida, além de induzir a resistência sistêmica na planta hospedeira (CAWOY et al., 2015).

A justificativa para esta abordagem reside na hipótese de um efeito sinérgico entre os métodos e é suportada por estudos que atestam a compatibilidade do moderno nematicida Fluopiram com agentes de biocontrole (DIAS, 2024; ORTEGA-GARCÍA et al., 2020). Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo geral avaliar a eficácia de um programa de manejo que integra o controle químico e o biológico para a supressão de nematoides em banana Prata, no Extremo Sul da Bahia.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido em uma área de produção comercial de banana Prata, Fazenda Marilândia, localizada no município de Itabela, no Extremo Sul do estado da Bahia, Brasil. A região apresenta clima tropical úmido, classificado como Af segundo Köppen, com chuvas bem distribuídas ao longo do ano e temperaturas médias anuais em torno de 24 °C. O solo da área experimental é característico da região, sendo um Latossolo Amarelo de textura média (ALVARES et al., 2013; BAHIA, 2020). A área já possuía uma população de fitonematoides estabelecida, sendo uma condição representativa dos desafios enfrentados pelos produtores locais.

2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, com dois tratamentos e três repetições. Cada repetição foi constituída por um ponto georreferenciado dentro da área de cultivo de banana. Os tratamentos consistiram em:

1- Manejo integrado: Aplicação de um programa de manejo consorciando nematicidas químico e biológico. Este sendo composto por Fluopiram, *Bacillus amyloliquefaciens* Cepa UMAF6614 e *Trichoderma harzianum* cepa ESALQ-1306.

2- Testemunha: Área sem aplicação de nematicidas durante o período experimental.

As coordenadas geográficas dos pontos amostrais (repetições) foram registradas utilizando o Google Maps (Figura 1) para garantir a precisão nas coletas subsequentes, conforme metodologia de monitoramento em larga escala descrita por Silva (2023). Os pontos foram definidos da seguinte forma:

- **Manejo integrado:**
 - Ponto 1: 16°39'48.0"S 39°32'07.5"W
 - Ponto 2: 16°39'46.7"S 39°32'08.8"W
 - Ponto 3: 16°39'45.5"S 39°32'07.4"W
- **Testemunha:**
 - Ponto 1: 16°39'46.9"S 39°32'13.4"W
 - Ponto 2: 16°39'45.2"S 39°32'13.1"W
 - Ponto 3: 16°39'43.9"S 39°32'12.3"W

Figura 1: Vista aérea dos pontos de coleta de amostra de solo e raiz, no plantio de banana prata na Fazenda Marilândia, Itabela-BA.



2.3 APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS E COLETA DE AMOSTRAS

O cronograma de aplicação dos produtos no Manejo Integrado seguiu um programa pré-definido ao longo de 120 dias:

1. **Dia 0:** Realizou-se a primeira coleta de amostras (solo e raízes) em todos os pontos georreferenciados para caracterizar a população inicial de nematoides. Imediatamente após, foi feita a aplicação do nematicida químico Fluopiram na dose de 500 g de ingrediente ativo por hectare (i.a. ha⁻¹), via drench, no solo no sentido do plantio.
2. **Dia 3:** Realizou-se a aplicação do consórcio de agentes de controle biológico, composto por *Bacillus amyloliquefaciens* cepa UMAF6614 na dose de 3 x 10¹²

UFC ha⁻¹ e *Trichoderma harzianum* cepa ESALQ-1306 na dose de 2×10^{12} conídios viáveis ha⁻¹, também aplicados via drench.

3. **Dia 60:** Realizou-se a segunda coleta de amostras de solo e raízes em todos os pontos.
4. **Dia 90:** Realizou-se a segunda aplicação do consórcio biológico, nas mesmas doses e formulações da aplicação anterior.
5. **Dia 120:** Realizou-se a terceira e última coleta de amostras de solo e raízes.

As coletas de amostras seguiram um protocolo padronizado para nematoides em bananeira (CHABRIER; QUÉNÉHERVÉ, 2008). Em cada ponto georreferenciado, foram coletadas três subamostras de solo e raízes na projeção da copa da planta-filha, a uma profundidade de 0-20 cm. As três subamostras foram homogeneizadas para formar uma amostra composta por repetição. As amostras foram devidamente acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e mantidas em caixa térmica para serem imediatamente encaminhadas ao Laboratório Fitonema, na Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), para processamento.

2.4 PROCESSAMENTO DAS AMOSTRAS E ANÁLISE NEMATOLÓGICA

No laboratório, os nematoides foram extraídos de 100 cm³ de solo por meio do método de centrifugação em solução de sacarose (JENKINS, 1964). Para a extração das raízes, 5 g de raízes finas de cada amostra foram processadas pelo método de liquidificação e peneiramento (COOLEN & D'HERDE, 1972). Após a extração, os nematoides foram contados em câmara de Peters sob microscópio óptico, e os gêneros foram identificados com base em suas características morfológicas, seguindo chaves de identificação e protocolos padrão para o filo (COYNE et al., 2014).

2.5 AVALIAÇÃO DO SISTEMA RADICULAR

Na terceira e última coleta (120 dias), juntamente com a amostragem de solo, foram coletadas todas as raízes funcionais contidas em um bloco de solo de 20x20x20 cm na base da planta-filha. As raízes foram cuidadosamente lavadas em água corrente para a remoção do solo aderido. O material foi seco superficialmente com papel toalha e teve seu peso fresco determinado em uma balança de precisão (0,01 g). Esta metodologia foi adaptada de Jaramillo, Aguirre e Montero (2019), que avaliaram o efeito do Fluopiram no sistema radicular de bananeiras.

2.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

As variáveis analisadas foram inicialmente interpretadas com a estatística descritiva (média, mediana e desvio padrão); posteriormente submetidas ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk (SHAPIRO; WILK, 1965). Em seguida, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) por meio do teste t, com o pacote *ExpeDes* do Software R, v.4.3.1 (R CORE TEAM, 2024). As correlações foram analisadas com o coeficiente de correlação de Pearson (r) e gráficos realizados em linguagem de programação Python, com as bibliotecas *scipy.stats*, *matplotlib* e *seaborn*.

3 RESULTADOS

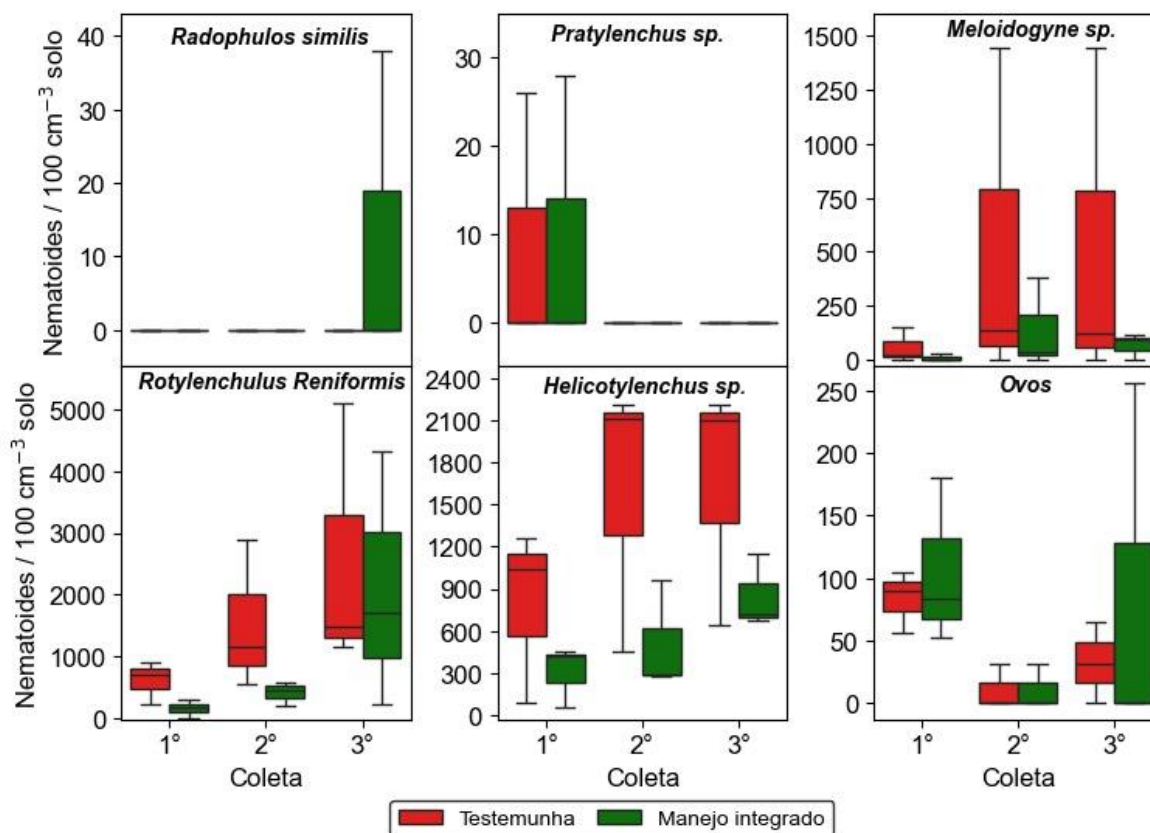
3.1 POPULAÇÃO DE FITONEMATOIDES NO SOLO

A comunidade inicial de nematoides no solo era composta predominantemente pelos gêneros *Helicotylenchus*, *Rotylenchulus* e *Meloidogyne*. Ao longo dos 120 dias do experimento, a dinâmica populacional variou significativamente entre os tratamentos.

Na Testemunha, observou-se um crescimento expressivo das populações patogênicas, com destaque para *Meloidogyne* sp., que apresentou um aumento de 346%, e *Helicotylenchus* sp., com um aumento de 107%. No tratamento Manejo integrado, a população final de *Meloidogyne* sp. foi 95,4% menor que a Testemunha, e a de *Helicotylenchus* sp. foi 48,5% menor, demonstrando um forte efeito supressor do manejo integrado no potencial de inóculo do solo (Figura 2).

A dinâmica populacional do gênero *Rotylenchulus reniformis*, no solo do tratamento Manejo integrado se destacou por um comportamento tardio. Nas duas primeiras coletas (dias 0 e 60), a população manteve-se em níveis baixos, com médias de 152 e 406 indivíduos/100 cm³ de solo, respectivamente. Foi somente na avaliação final, aos 120 dias, que ocorreu um aumento acentuado, atingindo uma média de 2.080 indivíduos. Em contraste, a área Testemunha já apresentava uma alta pressão inicial (655 indivíduos) e manteve suas populações em patamares elevados durante todo o experimento (Figura 2), indicando uma menor eficácia do tratamento para este gênero especificamente na avaliação do solo.

Figura 2: População de gêneros de nematoides e ovos (indivíduos / 100 cm³ de solo) em amostras de solo nas três coletas, para os tratamentos Testemunha (vermelho) e Manejo Integrado (verde).

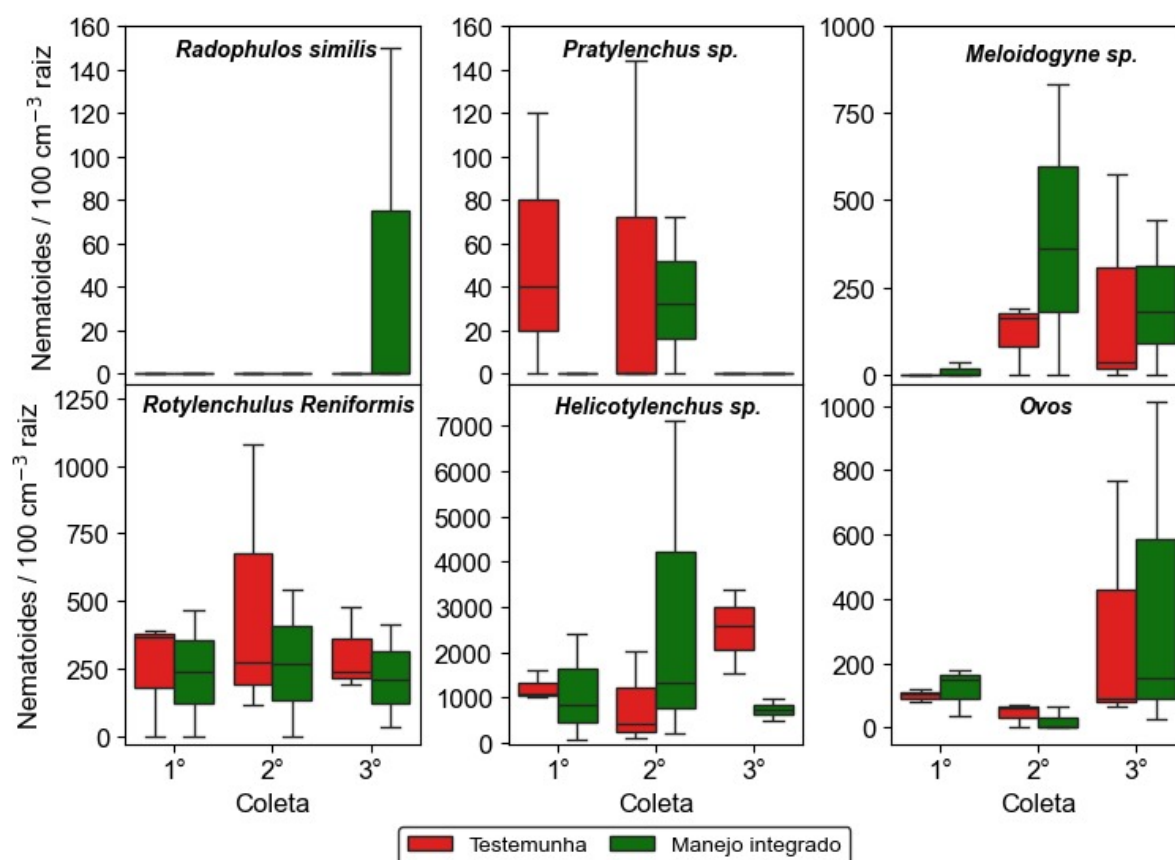


3.2 POPULAÇÃO DE FITONEMATOIDES NAS RAÍZES

A análise das raízes revelou o impacto direto dos tratamentos nos fitonematoides nas bananeiras. Na Testemunha, a população de *Helicotylenchus sp.* nas raízes aumentou 104%, e a de ovos cresceu 153%, indicando intensa atividade e reprodução dos patógenos.

Em contraste, o tratamento Manejo integrado resultou em uma redução de 34% na população de *Helicotylenchus sp.* e de 16% em *Rotylenchulus reniformis* ao longo dos 120 dias. Ao final do experimento, a população de *Helicotylenchus sp.* nas raízes do tratamento Manejo integrado foi 71% menor que na Testemunha. Foi detectada pontualmente a presença de *Radopholus similis* em uma única repetição do tratamento Manejo integrado na terceira coleta (150 indivíduos / 5g de raiz), não sendo encontrado em nenhuma outra amostra do estudo (Figura 3).

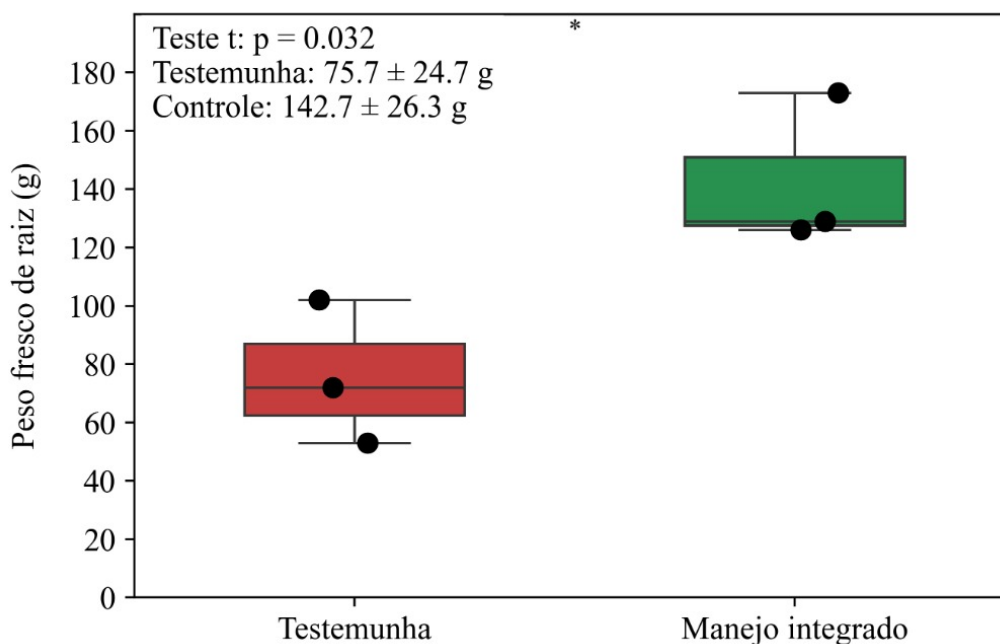
Figura 3: População de gêneros de nematoides e ovos (indivíduos / 5g de raiz) em amostras de raiz nas três coletas, para os tratamentos Testemunha (vermelho) e Controle (verde).



3.3 EFEITO NO SISTEMA RADICULAR

O efeito dos tratamentos na saúde da planta foi quantificado pelo peso fresco de raízes. As plantas do tratamento Manejo integrado apresentaram uma média de 142,7 g de raízes, enquanto as plantas da Testemunha apresentaram uma média de 75,7 g. A análise estatística confirmou que essa diferença é significativa (Teste t, $p = 0,032$), representando um aumento de 88,5% na massa radicular em favor do manejo integrado (Figura 4).

Figura 4: Peso fresco médio de raízes (g) de bananeira Prata aos 120 dias.



*As caixas representadas pelo BoxPlot representam o intervalo interquartil, os pontos pretos indicam os valores obtidos no experimento. As médias diferiram estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

4 DISCUSSÃO

Os resultados obtidos ao final de 120 dias demonstram a superioridade do programa de manejo integrado em comparação à testemunha, sem nenhuma medida de controle, refletida tanto na supressão das populações de nematoides quanto na promoção da saúde do sistema radicular da bananeira.

A eficácia da combinação de produtos químicos e biológicos no controle de *Meloidogyne* spp. em bananeira Prata-Anã corrobora os achados de outros estudos conduzidos no Brasil. Por exemplo, Santos e Souza (2021) também observaram a efetividade de nematicidas químicos e biológicos no controle de *Meloidogyne incognita* na mesma cultivar, enquanto Almeida et al. (2021) validaram o uso de produtos biológicos e alternativos para o manejo de *Meloidogyne javanica*. Esses trabalhos reforçam que a estratégia adotada nesta pesquisa está alinhada com as práticas mais atuais e promissoras para a cultura

O controle significativo observado sobre *Meloidogyne* sp. e *Rotylenchulus reniformis*, cujas populações nas raízes da testemunha indicaram infecção ativa, é um dos resultados mais relevantes. A eficácia do manejo integrado sobre estes nematoides endo e semi-endoparasitas pode ser atribuída a uma sinergia de ações.

O Fluopiram, por sua atividade sistêmica localizada, provavelmente conferiu uma proteção química inicial aos tecidos radiculares, além do seu efeito direto no solo (BURELLE; KINLOCH, 2015). Subsequentemente, a colonização da rizosfera pelos agentes biológicos criou uma barreira secundária.

O *Bacillus amyloliquefaciens* (cepa UMAF6614), como outras rizobactérias, é reconhecido pela sua capacidade de formar biofilmes protetores na superfície das raízes, impedindo fisicamente a penetração de juvenis infectivos, um mecanismo detalhado por Cawoy et al. (2015). Esta barreira biológica é crucial para a proteção contínua das novas raízes emitidas após o efeito residual do químico diminuir, um mecanismo que tem se mostrado eficaz no controle de *M. incognita* em mudas de bananeira Prata Anã (MENEZES et al., 2017). A eficácia de rizobactérias como *Bacillus amyloliquefaciens* e fungos como *Trichoderma harzianum* contra nematoides do gênero *Meloidogyne* é amplamente documentada em outras culturas, como o tomateiro (AL-ANI, 2014; COKCE; KEPENEKCI, 2019), o que corrobora o aumento da massa fresca de raiz observado neste trabalho.

Já o *Trichoderma harzianum* (cepa ESALQ-1306) atua por múltiplos modos de ação, incluindo micoparasitismo, antibiose e competição, sendo um agente de biocontrole de amplo espectro contra patógenos de solo (HARMAN, 2000; SHARON; CHET; SPIEGEL, 2001)."

A supressão da população de *Helicotylenchus* sp. nas raízes do tratamento Manejo integrado, que foi 71% menor que na testemunha, evidencia a alta vulnerabilidade deste ectoparasita à estratégia integrada. Por se alimentar externamente, este nematoide fica exposto tanto à ação do nematicida presente na solução do solo quanto aos microrganismos antagonistas que colonizam a epiderme radicular. A paralisia induzida pelo Fluopiram (DANE; JONES; SIKORA, 2016) somada à competição por espaço e à produção de metabólitos antifúngicos e nematicidas pelo *Trichoderma* e *Bacillus* na rizosfera (FERRAZ; DIAS, 2023), cria um ambiente hostil que impede a alimentação e a sobrevivência do patógeno.

A drástica diferença na quantidade final de ovos encontrados nas raízes é, talvez, o indicador mais forte do sucesso do tratamento a longo prazo. Enquanto a testemunha apresentou um aumento de 153% na contagem de ovos, indicando intensa reprodução dos patógenos, o tratamento Manejo integrado conteve este aumento. Este resultado pode ser diretamente correlacionado à conhecida atividade ovicida de fungos como o *Trichoderma harzianum*. Esta cepa produz um complexo de

enzimas, como quitinases e proteases, que degradam o invólucro do ovo do nematoide, inviabilizando o embrião (SHARON; CHET; SPIEGEL, 2007). A combinação de um nematicida que afeta a vitalidade dos adultos com um agente biológico que destrói as estruturas de resistência (ovos) é uma estratégia de manejo de resistência extremamente robusta.

A detecção pontual de *Radopholus similis* em uma única repetição do tratamento Manejo integrado na coleta final deve ser analisada com critério. Considerando sua ausência nas demais amostras e coletas, e a conhecida distribuição agregada de nematoides no campo (BANZATTO; KRONKA, 2013), é improvável que represente uma falha do tratamento. Pelo contrário, este achado reforça a importância de medidas preventivas no manejo da bananicultura, como o uso de mudas sadias e o saneamento da área, uma vez que a erradicação de um patógeno tão agressivo como *R. similis* (GOWEN; QUÉNÉHERVÉ, 2005) após o seu estabelecimento é um desafio agrônomo considerável, sendo o manejo integrado a abordagem mais recomendada para o controle de *R. similis* em diversas regiões produtoras da América Latina (POCASANGRE et al., 2007).

O reflexo agrônomo de todo o controle exercido sobre a comunidade de nematoides foi o expressivo aumento de 88,5% no peso fresco do sistema radicular. Este ganho de biomassa é a resposta fisiológica da planta ao alívio do estresse biótico. Livre do ataque contínuo e da drenagem de fotoassimilados pelos patógenos, a planta pôde alocar seus recursos para o desenvolvimento de um sistema radicular mais denso e funcional. Este resultado prático está em total consonância com a literatura, que consistentemente correlaciona a redução da população de nematoides com a melhoria da saúde e do peso das raízes em bananeira (JARAMILLO; AGUIRRE; MONTERO, 2019).

A dinâmica populacional de *Pratylenchus* sp., caracterizada pelo seu surgimento nas raízes do tratamento Manejo integrado na avaliação de 60 dias, merece uma discussão aprofundada. Este fenômeno, em que um gênero secundário aumenta ou surge após a aplicação de um tratamento que suprime os gêneros dominantes, pode ser explicado por hipóteses ecológicas. A mais provável é a da liberação competitiva, também conhecida como "efeito do nicho vago". O programa de manejo foi altamente eficaz em reduzir as populações de *Meloidogyne* e *Helicotylenchus*, que eram os competidores dominantes por espaço e sítios de alimentação nas raízes. A literatura indica que o Fluopiram tende a ser mais eficaz

contra nematoides sedentários endoparasitas, como *Meloidogyne*, do que contra migratórios como *Pratylenchus* (FASKE; KECKLER, 2016).

A supressão destes competidores pode ter criado uma janela de oportunidade, um nicho ecológico temporariamente vago, que permitiu que uma população residual e não detectada de *Pratylenchus* se estabelecesse sem a pressão competitiva que anteriormente limitava seu desenvolvimento (RICCI et al., 2021).

Adicionalmente, a suscetibilidade diferencial entre os gêneros de nematoides aos produtos aplicados é um fator crucial. Estudos demonstram que a eficácia de nematicidas, incluindo os do grupo dos SDHIs como o Fluopiram, pode variar entre espécies de *Pratylenchus* e *Meloidogyne* (FASKE; HURD, 2015). É plausível que *Pratylenchus* possua uma tolerância intrinsecamente maior aos modos de ação dos agentes de controle utilizados neste estudo. Contudo, o desaparecimento completo da população de *Pratylenchus* nas raízes de ambos os tratamentos aos 120 dias sugere que o efeito combinado e contínuo do programa de manejo, incluindo a segunda aplicação dos agentes biológicos no dia 90, foi finalmente eficaz em suprimir este gênero. Na área Testemunha, sua erradicação pode ser atribuída à competição esmagadora com as populações crescentes dos outros gêneros ou a fatores sazonais, demonstrando a complexidade das interações na comunidade de nematoides.

Assim, os resultados de 120 dias revelam que o sucesso do tratamento não se deveu a um único modo de controle, mas à sequência lógica e à complementaridade de diferentes modos de ação. A estratégia de utilizar um nematicida químico moderno e seletivo para um "reset" inicial na população, seguida pela introdução de agentes de controle biológico para estabelecer uma rizosfera supressora e protetora, alinha-se perfeitamente aos preceitos do Manejo Integrado de Pragas (QUÉNÉHERVÉ, 2009).

A viabilidade desta integração, fundamentada na compatibilidade entre os produtos (DIAS, 2024), representa um avanço significativo para uma bananicultura mais sustentável e produtiva no Extremo Sul da Bahia. Essa abordagem, que combina diferentes modos de ação, tem se mostrado fundamental para o manejo sustentável de nematoides na bananicultura, seja pela combinação de múltiplos agentes biológicos (MENDOZA; SIKORA, 2009) ou por programas que alternam aplicações químicas e biológicas (JARAMILLO et al., 2023).

5 CONCLUSÃO

O programa de manejo integrado com nematicida químico e agentes biológicos foi eficaz no controle de nematoides em bananeira Prata. A estratégia suprimiu eficientemente os principais gêneros patogênicos, como *Meloidogyne* e *Helicotylenchus*, resultando em um aumento de 88,5% na massa de raiz.

6 REFERÊNCIAS

- AL-ANI, L. K. T.** Efficacy of *Trichoderma harzianum* and *Bacillus subtilis* as biocontrol agents against *Meloidogyne javanica* on tomato. **Plant Pathology Journal**, v. 30, n. 4, p. 360-368, 2014.
- ALMEIDA, D. O.; ALMEIDA, A. F.; SANTOS, L. S.** Controle de nematoides em bananeira com produtos biológicos. **Magna Scientia**, v. 5, n. 1, p. 1-10, 2021.
- ALVARES, C. A. et al.** Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, dec. 2013.
- BAHIA.** Secretaria do Planejamento. Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado da Bahia: Território de Identidade Extremo Sul. Salvador: **SEPLAN/SEI**, 2020. 2 v.
- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N.** **Experimentação Agrícola**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2013. 237 p.
- BURELLE, T. R.; KINLOCH, R. A.** Efficacy of a Fluopiram-based nematocide for the management of *Meloidogyne incognita* in tomato production. **Journal of Nematology**, v. 47, n. 4, p. 325-329, 2015.
- CAWOY, H. et al.** Surfactin- and fengycin-like lipopeptides from *Bacillus amyloliquefaciens* UMAF6614 are efficient biological control agents against gray mold. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 140, n. 4, p. 359-367, 2015.
- CHABRIER, C.; QUÉNÉHERVÉ, P.** Control of the burrowing nematode (*Radopholus similis*) on banana: impact of the banana field sanitation strategy on the use of nematicides. **Crop Protection**, v. 27, n. 10, p. 1325-1331, 2008.
- COKCE, E.; KEPENEKCI, I.** In vitro evaluation of the nematocidal activity of *Bacillus amyloliquefaciens* strain FZB42 against the root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 43, n. 3, p. 265-274, 2019.
- COOLEN, W. A.; D'HERDE, C. J.** **A method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue**. Ghent: State Nematology and Entomology Research Station, 1972. 77 p.
- COYNE, D. L.; NICOL, J. M.; CLAUDIUS-COLE, B.** **Practical plant nematology: a field and laboratory guide**. Cotonou, Benin: SP-IPM Secretariat, International Institute of Tropical Agriculture (IITA), 2014. 88 p.
- DANE, S.; JONES, J. D.; SIKORA, R. A.** Fluopiram affects the motility and infectivity of the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* and the potato cyst nematode *Globodera pallida*. **Nematology**, v. 18, n. 5, p. 577-587, 2016.
- DIAS, W. P.** Compatibilidade entre produtos químicos e biológicos. **Revista Cultivar Grandes Culturas**, n. 297, p. 12-14, fev. 2024.

FASKE, T. R.; HURD, K. Sensitivity of *Meloidogyne incognita* and *Rotylenchulus reniformis* to Fluopiram. **Journal of Nematology**, v. 47, n. 4, p. 316–321, 2015.

FASKE, T. R.; KECKLER, M. S. Efficacy of fluopyram to manage *Meloidogyne incognita* and *Rotylenchulus reniformis*. **Journal of Nematology**, v. 48, n. 4, p. 244–250, 2016. DOI: 10.21307/jofnem-2016-034.

FERRAZ, S.; DIAS, W. P. **Controle Biológico de Fitonematoides**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2023. 345 p.

GOWEN, S. R.; QUÉNÉHERVÉ, P. *Radopholus similis*, the burrowing nematode: a major pest of bananas. In: LUC, M.; SIKORA, R. A.; BRIDGE, J. (eds.). **Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture**. 2. ed. Wallingford: CABI Publishing, 2005. p. 67-101.

HARMAN, G. E. Myths and dogmas of biocontrol: changes in perceptions derived from research on *Trichoderma harzianum* T-22. **Plant Disease**, v. 84, n. 4, p. 377-393, 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção Agrícola Municipal (PAM) 2023**. Rio de Janeiro: IBGE, 2024. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457>. Acesso em: 03 ago. 2025.

JARAMILLO, J.; AGUIRRE, S.; MONTERO, G. Dosis de Fluopiram y su efecto en el control del nematodo barrenador *Radopholus similis* (Cobb) Thorne en banano (*Musa AAA*). **Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo**, Mendoza, v. 51, n. 2, p. 110-123, 2019.

JARAMILLO, J. et al. Manejo de nematodos (*Radopholus similis* y *Helicotylenchus* spp.) en banano (*Musa AAA*) con ciclos de rotación de nematicidas químicos y biológicos. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 12, n. 11, p. 88-102, 2023.

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

MEDEIROS, H. A. et al. *Trichoderma harzianum* reduces population of *Meloidogyne incognita* in cucumber plants under greenhouse conditions. **Nematropica**, v. 44, n. 1, p. 78-83, 2014.

MENDOZA, A. R.; SIKORA, R. A. Biological control of *Radopholus similis* in banana by combined application of the mutualistic endophyte *Fusarium oxysporum* strain 162, the egg pathogen *Paecilomyces lilacinus* strain 251 and the antagonistic rhizobacterium *Bacillus firmus*. **BioControl**, v. 54, n. 2, p. 263-272, 2009.

MENEZES, I. C.; COSTA, M. J. N.; SANTOS, P. R. R. Manejo de nematoides na cultura da bananeira no estado da Bahia. **Embrapa Mandioca e Fruticultura**, Circular Técnica, n. 132, p. 1-8, 2017.

ORTEGA-GARCÍA, J.; PLAZA, V. T.; DíEZ-ROJO, M. A. Effects of Fluopiram on the biological control agent *Pochonia chlamydosporia* and the root-knot nematode *Meloidogyne javanica*. **Pest Management Science**, v. 76, n. 3, p. 949-957, 2020.

POCASANGRE, L. et al. Integrated management of *Radopholus similis* in bananas (*Musa AAA*) in Latin America and the Caribbean. **Crop Protection**, v. 26, n. 11, p. 1591-1596, 2007.

QUÉNÉHERVÉ, P. Integrated management of banana nematodes. *In: Banana improvement: cellular, molecular biology, and induced mutations*. Enfield, NH: Science Publishers, 2009. p. 283-298.

R CORE TEAM. R: The R Project for Statistical Computing. 2024. Disponível em: <<https://www.r-project.org/>>. Acesso em: 24 jun. 2024.

RICCI, W. N. et al. Shifts in the plant-parasitic nematode community in a soybean field after the application of chemical and biological products. **Nematology**, v. 23, n. 9, p. 1045-1055, 2021.

SANTOS, J. M.; SOUZA, R. M. Efeito de nematicidas químicos e biológicos no controle de *Meloidogyne incognita* em bananeira cv. Prata-Anã. **Nematoda**, v. 8, p. 1-9, 2021.

SHARON, E.; CHET, I.; SPIEGEL, Y. *Trichoderma* as a biological control agent. *In: Nematode-trapping fungi*. Springer, Dordrecht, 2007. p. 183-201.

SIKORA, R. A.; FERNANDEZ, E. Nematode parasites of bananas and plantains. *In: Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture*. Wallingford: CABI, 2005. p. 391-432.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples). **Biometrika**, v. 52, n. 3/4, p. 591, dez. 1965.

SILVA, D. R. Monitoramento e manejo de nematoides em bananeiras ‘Nanica’ e ‘BRS Princesa’ no Distrito Federal. 2023. 68 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2023.