

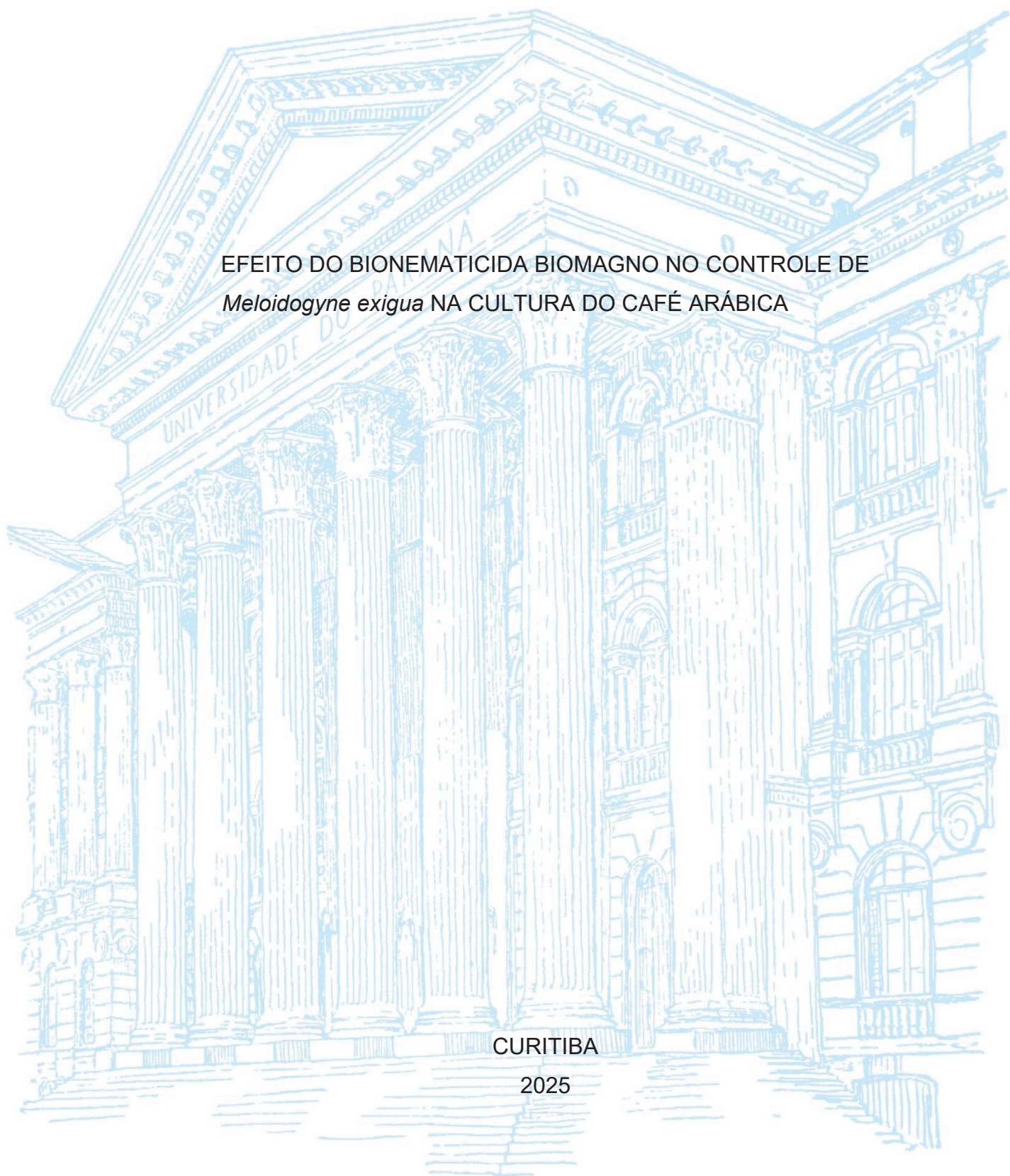
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

JOSÉ ALDO TAMBURI

EFEITO DO BIONEMATICIDA BIOMAGNO NO CONTROLE DE
Meloidogyne exigua NA CULTURA DO CAFÉ ARÁBICA

CURITIBA

2025



JOSÉ ALDO TAMBURI

EFEITO DO BIONEMATICIDA BIOMAGNO NO CONTROLE DE
Meloidogyne exigua NA CULTURA DO CAFÉ ARÁBICA

Trabalho de Conclusão 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: Prof. Dr. Alessandro Antônio Fortunato

CURITIBA
2025

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me conceder força, saúde e perseverança durante toda essa caminhada acadêmica.

Aos meus pais, esposa e familiares, pelo amor incondicional, apoio e compreensão em todos os momentos, principalmente nos dias de maior dificuldade.

Ao meu orientador, pela paciência, dedicação e valiosas contribuições que foram fundamentais para a realização deste trabalho.

Aos colegas e amigos, pelo incentivo, pelas conversas motivadoras e pela parceria ao longo dessa trajetória.

À instituição de ensino, professores e demais colaboradores, pelo conhecimento compartilhado e pela oportunidade de crescimento acadêmico e pessoal.

RESUMO

A cafeicultura brasileira desempenha papel de destaque na economia nacional e internacional, com o Brasil ocupando a posição de maior produtor e exportador mundial de café. Apesar da relevância econômica e social da atividade, a produtividade da cultura é frequentemente comprometida por fatores bióticos, entre os quais se destacam os fitonematoides do gênero *Meloidogyne*, especialmente *M. exigua*. Essa espécie, embora considerada menos patogênica, apresenta ampla disseminação e elevado potencial de causar danos aos cafezais, principalmente em situações de estresse hídrico ou nutricional, podendo ocasionar reduções expressivas na produção. O parasitismo de *Meloidogyne* compromete o sistema radicular, reduz a absorção de nutrientes e água e favorece a entrada de patógenos oportunistas, refletindo em perdas econômicas significativas. Diante da crescente preocupação com os impactos ambientais e limitações do controle químico, os bionematicidas surgem como alternativas promissoras no manejo integrado da cultura. Entre eles, destacam-se os produtos à base de bactérias do gênero *Bacillus*, capazes de atuar por diversos mecanismos, como antibiose, produção de metabólitos tóxicos, indução de resistência sistêmica e promoção do crescimento vegetal. O presente estudo avaliou a eficácia do bionematicida Biomagno no controle de *M. exigua* em mudas de café arábica. Os resultados demonstraram que a formulação apresentou desempenho significativo na redução populacional do nematoide, especialmente na dose de 0,5 L/ha, sendo superior ao bionematicida comercial Quartzo e próximo ao nematicida químico Verango Prime. Esses achados reforçam o potencial do Biomagno como ferramenta sustentável para o manejo fitossanitário, contribuindo para a redução da dependência de produtos químicos e para a sustentabilidade da cafeicultura brasileira.

Palavras-chave: Cafeicultura; *Meloidogyne exigua*; Bionematicidas; *Bacillus* spp.

ABSTRACT

Brazilian coffee growing plays a key role in both national and international economies, with the country ranking as the world's largest coffee producer and exporter. Despite its economic and social relevance, the crop's productivity is often constrained by biotic factors, among which plant-parasitic nematodes of the genus *Meloidogyne* stand out, especially *M. exigua*. Although considered less pathogenic, this species is widely disseminated and has a high potential to damage coffee plantations, particularly under water or nutritional stress, which can lead to significant yield losses. *Meloidogyne* parasitism compromises the root system, reducing water and nutrient uptake and favoring the entry of opportunistic pathogens, ultimately resulting in considerable economic impacts. Given the increasing concern about environmental impacts and the limitations of chemical control, bionematicides have emerged as promising alternatives within integrated crop management. Among these, products based on *Bacillus* spp. are noteworthy due to their diverse mechanisms of action, such as antibiosis, production of toxic metabolites, induction of systemic resistance, and promotion of plant growth. This study evaluated the effectiveness of the bionematicide Biomagno in controlling *M. exigua* in *Coffea arabica* seedlings. Results showed that the formulation significantly reduced nematode populations, particularly at the 0.5 L/ha dose, outperforming the commercial bionematicide Quartzo and showing performance close to that of the chemical nematicide Verango Prime. These findings highlight Biomagno's potential as a sustainable tool for nematode management, contributing to reduced dependence on chemical products and reinforcing sustainable practices in Brazilian coffee cultivation.

Keywords: Coffee cultivation; *Meloidogyne exigua*; Bionematicides; *Bacillus* spp.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
1.1 JUSTIFICATIVA	8
1.2 OBJETIVOS	9
1.2.1 OBJETIVO GERAL	9
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
2. REVISÃO DE LITERATURA	9
2.1. CAFEICULTURA NO BRASIL	9
2.2 <i>FITONEMATOIDES</i> DA GALHA E SUA IMPORTÂNCIA PARA O CAFEEIRO	10
2.3 CONTROLE BIOLÓGICO DE FITONEMATOIDES	13
3. MATERIAL E MÉTODOS	15
4. RESULTADOS	17
5. DISCUSSÃO	22
6. CONCLUSÃO	24
7. RERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24

1. INTRODUÇÃO

A cafeicultura, economicamente, está entre uma das atividades agrícolas mais importantes do Brasil (Araújo et al., 2023). Além da sua contribuição no produto interno bruto do país, gera inúmeros empregos diretos e indiretos para a população que vive no entorno das lavouras. Segundo a associação Brasileira da indústria do Café, ABIC (2009), o café inicialmente chegou à região norte do país, e logo após, sendo difundido principalmente pelos estados do Pará, Maranhão, Bahia, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Minas Gerais, sua expansão territorial se deu principalmente pelas condições climáticas do Brasil. O que também favoreceu a economia, ocasionando um maior investimento em diversos outros setores, tornando-se um dos principais produtos de exportação do país (Melo et al., 2018).

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2025), estima-se que a safra de 2025 alcance a marca de 51,8 milhões de sacas, representando uma queda de 4,4% em relação à safra anterior. Essa redução é ocasionada devido aos efeitos fisiológicos típicos do ciclo, intensificados por longos períodos de estiagem e temperaturas elevadas, comprometendo assim o desenvolvimento das plantas. Mesmo com essas diminuições, as áreas de cultivo apresentaram uma leve expansão, totalizando 2,25 milhões de hectares, com destaque para o aumento das lavouras em formação (CONAB, 2025).

Em relação às exportações, no ano de 2024 as exportações atingiram patamares recordes, com 50,5 milhões de sacas exportadas e receita de US\$ 12,3 bilhões, impulsionadas pela valorização do produto no mercado internacional e pela alta do dólar frente ao real (CECAFÉ, 2024). Mesmo apresentando oscilações mensais nas exportações, o mercado brasileiro segue liderando as exportações do café (CECAFÉ, 2025). Em abril de 2025, o volume de café exportado apresentou redução de 27,7% em comparação ao mesmo mês de 2024, totalizando 3,093 milhões de sacas. De acordo com o presidente do Conselho dos Exportadores de Café do Brasil (CECAFÉ), essa queda foi atribuída às condições climáticas desfavoráveis registradas no período. No total dos 10 primeiros meses da safra 2024/25, o país exportou cerca de 40 milhões de sacas, totalizando mais de US\$ 12,4 bilhões em receita, números que confirmam o desempenho recorde do setor (CECAFÉ, 2025).

Apesar do Brasil ser considerado o maior produtor mundial de café e ter muita tradição e conhecimentos técnicos no seu cultivo, a cultura ainda é impactada por diversos fatores climáticos, fisiológicos e bióticos, que podem afetar diretamente a sua produtividade. Dentre os diversos fatores bióticos (plantas daninhas, pragas e doenças), os fitonematoides têm sido associados como sendo um dos mais importantes e limitantes nas altas produtividades (CECAFÉ, 2025). Segundo Shigueoka (2013), diversos fitonematoides vêm sendo encontrados em associação com raízes de cafeeiro. No entanto, segundo o autor, os dois gêneros que podem ser considerados os mais prejudiciais são o *Meloidogyne* e o *Pratylenchus*.

Segundo Oliveira et al. (2018), os fitonematoides mais prejudiciais para a cafeicultura brasileira são as espécies *Meloidogyne incognita*, *Meloidogyne paranaensis* e o *Meloidogyne exigua*. Além disso, apesar de ser menos patogênico, *M. exigua* apresenta ampla capacidade de disseminação nos cafezais, tornando-se a espécie que mais causa danos à cultura (Oliveira et al., 2018).

Esses organismos parasitam as raízes das plantas, provocando a formação de engrossamentos nas raízes (galhas), reduzindo a absorção de nutrientes e água, além de favorecer a entrada de patógenos oportunistas (Oliveira et al., 2018). Todos esses fatores impactam o desenvolvimento das lavouras, e consequentemente, a rentabilidade das plantas (Amaral et al., 2023. Arpini et al., 2018). Diante desses problemas, os produtos biológicos têm se destacado como alternativas para o manejo fitossanitário.

Os bionematicidas, em especial, vêm ganhando espaço na cafeicultura por oferecerem não apenas o controle de nematoides, mas também benefícios adicionais, como a promoção do crescimento vegetal, maior disponibilidade de nutrientes e a indução de mecanismos naturais de resistência nas plantas (Arpini et al., 2018). De acordo com Carvalho (2017), a seleção de microrganismos para o controle de nematoides leva em consideração características essenciais que garantam sua eficácia e segurança. Entre esses critérios estão: a inocuidade para plantas, humanos e outros animais; a capacidade de reduzir significativamente a população de nematoides; a habilidade de sobreviver em condições adversas, mesmo na ausência do hospedeiro; a possibilidade de parasitar diferentes espécies de fitonematoides; a facilidade de dispersão no

solo; e a viabilidade econômica e técnica de produção e aplicação desses agentes (Carvalho, 2017).

Dentre os agentes mais utilizados para o controle dos fitonematoides e com produtos registrados comercialmente para tal finalidade estão os fungos e bactérias (AGROFIT, 2025). Dentre os fungos, os gêneros *Paecilomyces* e *Trichoderma* são os mais utilizados na agricultura brasileira e apresentam variados mecanismos de ação a depender do isolado de cada espécie (AGROFIT, 2025). Os endoparasitas produzem hifas que se aderem a cutícula do fitonematoide e se alimentando do pseudoceloma, embora apresentem fase saprófita limitada e não desenvolvem hifas externas, dificultando assim sua dispersão (Carvalho, 2017). Os predadores formam armadilhas, como hifas adesivas ou anéis constritores, e seu sucesso depende da presença de fitonematoides e matéria orgânica no solo. Por último destacam-se os produtores de metabólitos tóxicos afetam a eclosão, a mobilidade e a penetração dos fitonematoides, podendo ainda alterar a fisiologia da planta (Vaz et al., 2011).

A maioria dos produtos disponíveis no mercado para manejo de fitonematoides tem em sua formulação uma ou mais espécies de bactérias (AGROFIT, 2025). Dentre os gêneros de bactérias, *Bacillus* e *Pseudomonas* têm se mostrado eficazes na supressão de *Meloidogyne* spp. em culturas de café (Arpini et al., 2014). *Bacillus* spp. produzem proteases que degradam a cutícula dos fitonematoides, enquanto *Pseudomonas*, como a *Pseudomonas fluorescens* reduzem a eclosão de juvenis e destroem a massa gelatinosa dos ovos. Além disso, cepas de *Bacillus subtilis* e *Bacillus methylotrophicus* atuam como antagonistas, interferindo na reprodução dos fitonematoides e demonstrando grande potencial nematicida (Vaz et al., 2011).

Diante do exposto, objetiva-se com a realização deste trabalho avaliar a eficácia do bionematicida Biomagno no controle de *Meloidogyne exigua* em mudas de café arábica.

1.1 JUSTIFICATIVA

A cafeicultura brasileira sofre impactos significativos causados por fitonematoides, especialmente *Meloidogyne exigua*, que comprometem a produtividade e a saúde dos cafezais. O uso de nematicidas químicos, embora eficaz, apresenta limitações ambientais, econômicas e legais, reforçando a

necessidade de alternativas sustentáveis. Nesse contexto, os bionematicidas, como o Biomagno, justificam-se como opção promissora no manejo integrado, visando reduzir perdas, minimizar impactos ambientais e contribuir para a sustentabilidade da cultura.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito do bionematicida Biomagno no controle de *Meloidogyne exigua* na cultura do café em comparação com outros nematicidas disponíveis no mercado.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar a eficácia dos diferentes tratamentos na redução da população de *Meloidogyne exigua* nas raízes do cafeeiro;
- Comparar os resultados de Biomagno com os de outro nematicidas comerciais em condições semelhantes;
- Analisar o potencial do uso de bionematicidas como alternativa sustentável no manejo de fitonematoides na cafeicultura.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. CAFEICULTURA NO BRASIL

A produção cafeeira ocupa posição de destaque nas atividades agroindustriais brasileiras, sendo o país o maior produtor mundial (CONAB, 2022). A produção gera empregos e renda, principalmente em Minas Gerais, São Paulo e Espírito Santo (CONAB, 2022). Somente no ano-cafeeiro de 2024, houve um faturamento bruto de R\$ 79,59 bilhões na produção das lavouras brasileiras. Desse montante, calcula-se que R\$ 57,63 bilhões são provenientes da produção de cafés da espécie *Coffea arabica* L. (café arábica), correspondendo a 72,4% do total. Sob a perspectiva regional, o Sudeste ocupa lugar de destaque, liderando o faturamento e acumulando R\$ 68,57 bilhões da receita total, o que representa cerca de 86,1% do faturamento bruto nacional (Brasil, 2024).

Esse protagonismo atual da cafeicultura está diretamente ligado com sua trajetória histórica no país. Segundo a ABIC (2009), o café foi introduzido no país em 1727 por Francisco de Mello Palheta, que encontrou condições climáticas favoráveis para sua expansão, especialmente nos estados do Pará, Maranhão,

Bahia, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Minas Gerais. Seu cultivo impulsionou a economia nacional, sustentado inicialmente pela mão de obra escrava e, posteriormente, por imigrantes europeus após a abolição (ABIC, 2009; Melo et al., 2018). Sua expansão promoveu grandes investimentos em infraestrutura, como a construção da ferrovia ligando as áreas produtoras ao porto de Santos. Dessa forma, o café consolidou-se como principal produto de exportação do Brasil, com destaque para São Paulo, que se tornou o estado mais beneficiado economicamente (Melo et al., 2018). Ainda hoje, a cadeia produtiva do café mantém relevância global, gerando milhões de empregos diretos e indiretos (Melo et al., 2018).

Apesar de toda pujança da cafeicultura brasileira, diversos fatores podem afetar sua produção. Entre os fatores abióticos, destaca-se a deficiência ou desequilíbrio de nutrientes minerais, características físicas do solo, práticas de cultivo inadequadas e condições climáticas desfavoráveis (Carvalho et al., 2013). Todas essas condições provocam sintomas que podem ser confundidos com agentes bióticos, como fungos, bactérias, vírus, nematoides e insetos, exigindo maior cuidado e avaliação sobre a origem dos sintomas (Carvalho et al., 2013).

Entre os fatores bióticos, os fitonematoides destacam-se devido à sua capacidade de afetar silenciosamente a produtividade do cafeeiro. Esses patógenos, de maneira geral, representam uma importante limitação para o cultivo de café, principalmente em solos arenosos, pobres em nutrientes e sujeitos à escassez hídrica (Oliveira, 2018).

2.2 FITONEMATOIDES DA GALHA E SUA IMPORTÂNCIA PARA O CAFEIEIRO

A ação dos fitonematoides do gênero *Meloidogyne* spp. está associada à sua natureza sedentária e endoparasitária (Freire, 2009; Salgado et al., 2011). Os ovos depositados pelas fêmeas eclodem no solo e penetram as raízes da planta, migrando até o cilindro central, onde se alimentam no sistema vascular e induzem a formação de tecidos nutritivos (Oliveira, 2018). A eclosão dos juvenis (J2) é influenciada por diversos fatores do solo, incluindo suas características físicas e químicas, como a presença de substâncias orgânicas e inorgânicas. Além disso, condições ambientais como umidade, temperatura, aeração e pH do solo desempenham papel fundamental nesse processo (Salgado et al., 2011). Produtos químicos presentes na água do solo também podem afetar a

viabilidade e a mobilidade dos juvenis (Freire, 2009; Salgado et al., 2011; Oliveira, 2018).

Seu ciclo de vida se completa com aproximadamente 25 dias, abrangendo as fases de vida livre e parasitária, ocorrendo a penetração na raiz no segundo estágio (J2) da larva, que migram até o cilindro vascular para iniciar a fase sedentária e reprodutiva (Freire, 2009). Durante a fase de vida livre, os J2 dependem de condições adequadas de umidade no solo para se locomover. Após localizar as raízes, os juvenis a penetram pela zona de alongamento radicular ou pontos de brotação, utilizando o estilete e enzimas salivares para alcançar as células do córtex e estabelecer seu sítio de alimentação. Nesse processo, ocorre a formação de células-gigantes devido a alterações morfológicas e metabólicas induzidas pelas secreções do nematoide, resultando em hipertrofia e hiperplasia dos tecidos vegetais (Freire, 2009; Salgado et al., 2011).

O desenvolvimento do parasitismo segue com as larvas evoluindo para os estádios J3 e J4, permanecendo sedentárias e alimentando-se nos locais de infecção (Salgado et al., 2011). A fêmea, que apresenta formato globoso, pode produzir centenas de ovos em poucos dias, permanecendo internamente nas raízes até o fim de seu ciclo, enquanto os machos, de forma vermiforme, retornam ao solo (Salgado et al., 2005; Salgado et al., 2011). Diferentemente, as fêmeas permanecem em regiões mais internas das raízes, provocando lesões severas que comprometem o sistema radicular e, conseqüentemente, a produtividade das plantas (Salgado et al., 2011).

Esse processo compromete o desenvolvimento vegetal, afetando diretamente o sistema radicular e conseqüentemente provocando desequilíbrios nutricionais que resultam na queda da produtividade (Oliveira et al., 2024). Na parte aérea da planta hospedeira, os sintomas mais comuns incluem a redução do tamanho das folhas e frutos, murchamento, amarelamento e queda prematura das folhas, além de desuniformidade da altura em plantas da mesma idade e nanismo (Oliveira et al., 2024).

Na literatura as espécies que apresentam importância para a cafeicultura são *M. coffeicola*, *M. incognita*, *M. paranaensis* e *M. exigua*, *Meloidogyne hapla*, *Meloidogyne javanica* e *Meloidogyne arenaria* (Mesquita et al., 2016; Arpini et al., 2018). Dentre as espécie acima relatadas como danosas na cultura do café,

Com relação à distribuição geográfica, *M. exigua* é a mais amplamente disseminada nas regiões cafeeiras em comparação com as demais (Salgado et al., 2011), sendo considerada como uma das espécies responsáveis por causar grandes prejuízos aos cafezais (Mesquita et al., 2016). Segundo Salgado (2011) essa espécie apresenta maior severidade em cafeeiros submetidos a estresse hídrico ou nutricional, bem como em mudas e plantas jovens, podendo ocasionar reduções de até 70% na produção. Em lavouras tecnificadas, mesmo sob condições adequadas de adubação, manejo fitossanitário e controle de plantas daninhas, o parasitismo por *M. exigua* compromete a produtividade. Barbosa et al. (2004) verificaram que populações de 10 a 15 J2/100 cm³ de solo resultaram em perdas de aproximadamente 13% na produção de café arábica, podendo chegar a 30% quando a densidade ultrapassou 40 J2/100 cm³ de solo.

Carvalho et al. (2019) afirmam que estratégias preventivas se destacam como as mais eficientes e sustentáveis, principalmente quando comparadas às práticas curativas, que apresentam eficácia limitada no controle dos fitonematoides no solo. Entre as principais medidas de controle preventivo, ressalta-se o uso de mudas sadias e certificadas, bem como a escolha de áreas não infestadas, o que demanda análises nematológicas prévias do solo e das raízes da cultura anteriormente cultivada (Salgado, 2005). A principal via de introdução dos fitonematoides em novas áreas de cultivo é, frequentemente, o plantio de mudas contaminadas, o que evidencia a importância do monitoramento rigoroso na fase inicial do estabelecimento das lavouras (Salgado et al., 2011). Outras medidas como pousio, alqueive ou rotação de culturas na renovação de cafezais que também podem contribuir para a redução de inóculo, seu uso tem que ser adotado com base na diagnose da espécie prevalente na área (Barbosa, 2003). De acordo com Barbosa (2003), as espécies *M. exigua* e *M. coffeicola* na ausência de hospedeiros sobrevivem no solo por cerca de seis meses tornando seu manejo através das medidas acima citadas exequível, no entanto para *M. incognita* que pode sobreviver no solo por até dois anos, fica mais complicado se o pousio da área não possa ser inferior a este período.

No âmbito das ações curativas, o uso de cultivares resistentes é amplamente adotado por apresentar eficiência significativa no controle populacional de fitonematoides, sem causar impactos negativos ao ambiente ou

à saúde humana (Salgado, 2005). Algumas cultivares de *Coffea canephora*, como a Apoatã, demonstram resistência às espécies *M. exigua* e *M. incognita*, sendo utilizadas como porta-enxertos em regiões com histórico de infestação (Salgado, 2005).

No entanto, em áreas onde a infestação já está estabelecida, o controle químico ainda é amplamente utilizado. Produtos como o Verango Prime (à base de Fluopiran do grupo químico Benzamida piramida) e o Nimitz EC (fluensulfona do grupo químico Fluoroalquenil sulfona heterocíclica) têm apresentado resultados satisfatórios na redução da população de juvenis (J2) de *M. exigua* quando aplicados via quimigação (Rodrigues, 2020). Apesar disso, o uso contínuo de nematicidas químicos acarreta riscos consideráveis, como a seleção de populações resistentes, degradação da microbiota do solo, toxicidade ambiental e riscos à saúde humana (Oliveira, 2018). Algumas moléculas, como os organofosforados, inclusive, já foram descontinuadas em diversos países em virtude de sua elevada toxicidade (Oliveira, 2018). Nesse contexto, cresce o interesse pelo uso de bionematicidas como alternativa viável e sustentável.

2.3 CONTROLE BIOLÓGICO DE FITONEMATOIDES

Nos últimos anos, o controle biológico vem ganhando destaque como alternativa viável no manejo de doenças e pragas agrícolas. Embora não seja uma prática nova, a adoção dessa estratégia tem sido intensificada.

2.4 GÊNERO *Bacillus*: UM IMPORTANTE ALIADO NO MANEJO DE FITONEMATOIDES DA GALHA

Os produtos biológicos, especialmente aqueles à base de bactérias do gênero *Bacillus*, têm demonstrado ação nematicida ao inibir a eclosão de ovos e reduzir a mobilidade dos juvenis (Areal, 2019). O gênero *Bacillus* vem ganhando destaque como microrganismo agente de controle biológico. Classificadas no reino *Bacteria*, filo *Firmicutes*, classe *Bacilli*, ordem *Bacillales* e família *Bacillaceae*, são bactérias gram-positivas, bastonetes e amplamente encontradas no solo e ambientes aquáticos, devido à sua grande versatilidade metabólica e à sua habilidade de formar endósporos, estruturas resistentes que permitem sua sobrevivência em condições ambientais discrepantes por longos períodos (Areal, 2019; Moraes; Sumita, 2022).

Dentre as espécies mais estudadas e aplicadas na agricultura, destacam-se *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus pumilus*, *Bacillus*

megaterium e *Bacillus thuringiensis* (Arpini et al., 2018; Russi, 2024; Machado et al., 2012; Monnerat et al., 2020). Além das citadas, podemos encontrar no AGROFIT (2025) produtos à base de *Bacillus circulans*, *Bacillus firmus*, *Bacillus licheniformis* e *Bacillus velezensis*. Cepas superiores desses microrganismos podem beneficiar as plantas por meio de diversos mecanismos: síntese de metabólitos tóxicos (antibiose) aos patógenos, indução de resistência sistêmica nas plantas, promoção de crescimento vegetal e a recuperação do sistema radicular afetado (Arpini et al., 2018; Moraes; Sumita, 2022).

As bactérias do gênero *Bacillus* apresentam diferentes mecanismos que justificam sua utilização como agentes de controle biológico em sistemas agrícolas. Entre os mais relevantes está a antibiose, caracterizada pela produção de compostos antimicrobianos como peptídeos e lipopeptídeos, capazes de inibir o desenvolvimento de diversos fitopatógenos (Areal, 2019). Além disso, essas bactérias competem por recursos na rizosfera, dificultando o estabelecimento de organismos nocivos, e estimulam a indução de resistência sistêmica nas plantas hospedeiras, aumentando sua capacidade de resposta frente a estresses bióticos.

No caso do cafeeiro, pesquisas têm destacado o potencial de espécies como *B. subtilis* e *B. amyloliquefaciens* no manejo de fitonematoides, especialmente *M. exigua*, considerado um dos principais patógenos radiculares da cultura (Arpini et al., 2018; Moraes; Sumita, 2022). Esses microrganismos podem produzir metabólitos tóxicos capazes de inibir a eclosão de ovos e reduzir a motilidade dos juvenis de segundo estágio (J2), comprometendo a viabilidade da população do nematoide (Arpini et al., 2018). Essa ação biocontroladora torna o gênero *Bacillus* uma alternativa viável e sustentável, particularmente relevante em culturas perenes como o café, em que práticas contínuas de manejo são necessárias para a manutenção da produtividade (Monnerat et al., 2022).

As espécies do gênero *Bacillus* vêm se destacando como importantes agentes de biocontrole e promotores do crescimento vegetal, sendo utilizadas no manejo integrado de diversas culturas agrícolas, incluindo a cafeicultura (Monnerat et al., 2020). Dentre elas, *B. amyloliquefaciens* apresenta grande potencial por produzir enzimas de interesse industrial e metabólitos com atividade antimicrobiana, capazes de atuar contra fungos, bactérias e nematoides (Machado et al., 2012; Monnerat et al., 2020).

Outra espécie relevante é *B. thuringiensis*, caracterizada pela produção de inclusões proteicas cristalinas durante a esporulação, conhecidas como δ -endotoxinas. Dentre elas, as proteínas tóxicas Cry são as mais estudadas e aplicadas, apresentando um amplo espectro de ação, principalmente contra insetos das ordens Lepidoptera e Coleoptera (Machado et al., 2012). Além disso, algumas estirpes de *B. thuringiensis* são capazes de produzir moléculas bioestimuladoras e biofertilizadoras, como fitohormônios, sideróforos e proteínas solubilizadoras de fosfato, ampliando seu papel não apenas no controle biológico, mas também na promoção de crescimento vegetal. No Brasil, existem mais de vinte formulações comerciais registradas à base dessa espécie, reforçando sua relevância no manejo de pragas agrícolas (Monnerat et al., 2020; Machado et al., 2012).

Mais recentemente, *B. velezensis* tem se destacado por sua ampla diversidade de mecanismos de supressão de fitopatógenos, incluindo competição por espaço e nutrientes, síntese de compostos antimicrobianos, produção de sideróforos, biossurfactantes e compostos orgânicos voláteis, além da capacidade de induzir resistência sistêmica nas plantas (Russi, 2024). Essa espécie também apresenta habilidade de formar biofilmes, o que favorece sua colonização e persistência no hospedeiro. Estudos moleculares demonstraram que *B. velezensis* agrupa linhagens anteriormente classificadas como *B. amyloliquefaciens* e *B. methylotrophicus*, confirmando sua relevância dentro do gênero.

No contexto da cafeicultura, especialmente no manejo de fitonematoides como *M. exigua*, essas espécies de *Bacillus* representam alternativas sustentáveis frente ao uso de nematicidas sintéticos, devido à sua eficácia, especificidade e menor impacto ambiental. Dessa forma, o uso de espécies de *Bacillus* representa uma estratégia sustentável no manejo de fitonematoides, permitindo reduzir o uso de nematicidas químicos, minimizar impactos ambientais e promover a produtividade de forma contínua em culturas perenes como o café.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em uma casa de vegetação na estação experimental da empresa Biotrop, localizada em Santo Antônio de Posse – SP (22° 36' 21" S, 46° 55' 08" O). O delineamento experimental adotado foi

inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e oito repetições. Foi utilizado o cultivar Catucaí Amarelo 24/137, sendo cada unidade experimental composta por um vaso de 7 litros contendo uma planta de café de aproximadamente 90 dias. O tipo de solo utilizado no experimento possuía as propriedades físicas de 66% de areia, 8% de silte e 26% de argila, o mesmo foi esterilizado em aparelho de autoclave a 100°C por 40 minutos. A adubação realizada durante o experimento foi de 21g de N, 7g de P e 7g de K por planta, a irrigação utilizada foi do tipo gotejamento de acordo com a necessidade das plantas, sendo essa homogênea em todos os vasos. O inóculo de de *M. exigua* foi adquirido da empresa Machado & Silva Comércio de Fitonematoides LTDA, CNPJ 33.386.470./0001-94, localizada na cidade de Grandes Rios – PR, na concentração de 500 juvenis J2/mL de solução comercializa.

A extração pelo método de Jenkins (1964), que consiste na combinação de peneiramento e centrifugação com solução de sacarose. Inicialmente, um volume de 150 cm³ de solo proveniente de cada vaso foi adicionado em 2 L de água e homogeneizadas, em seguida a solução foi peneirada com auxílio de uma combinação de peneiras de 50 e 500 mesh visando a separação de partículas grossas da fração contendo os fitonematoides. Em seguida, o material retido foi submetido à centrifugação a 1750 rpm por 2 minutos, e ao término desta etapa o sobrenadante foi descartado e o precipitado foi mantido no frasco. O precipitado foi ressuscitado com auxílio de um jato de uma solução de sacarose com densidade aproximada de 1,15 g/cm³, e novamente centrifugado por 1 min, permitindo que os nematoides permanecessem em suspensão. A fração sobrenadante contendo os organismos foi então filtrada em peneira fina, transferida para placas de Petri e observada em microscópio para contagem e identificação dos fitonematoides (J2). Cada vaso foi inoculado com um volume de 4 mL contendo 2.000 juvenis de segundo estágio (J2) do nematoide *M. exigua*, utilizando-se uma micropipeta para aplicação direta distribuídos em 4 pontos cardeais. A aplicação dos tratamentos foi realizada na modalidade drench, com pulverizador costal pressurizado por CO₂, em volume de calda equivalente a 200 L/ha, e pressão de 30 psi, sete dias após a inoculação dos nematoides. O referido volume foi adotado considerando uma população de 4166 plantas de cafeeiro por hectare totalizando 48 mL de calda por planta.

Durante a condução do trabalho a temperatura da casa de vegetação foi monitora e mantida entre 22 à 25°C,

Na tabela 1 é apresentado os diferentes tratamentos avaliados e as respectivas doses adotadas de cada um considerando 1 hectare.

Tabela 1. Descrição dos tratamentos avaliados no experimento. Santo Antônio do Posse, SP, 2025.

Tratamento	Ingrediente ativo	Dose (L/ha)
T1 – Testemunha	—	—
T2 – Biomagno	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> isolado CNPSO 3202 ($2,1 \times 10^{11}$ endósporos viáveis/L de p.c.*) + <i>Bacillus velezensis</i> isolado CNPSO 3602 ($1,2 \times 10^{11}$ endósporos viáveis/L de p.c.) + <i>Bacillus thuringiensis</i> isolado CNPSO 3915 ($1,9 \times 10^{11}$ endósporos viáveis/L de p.c.)	0,3
T3 – Biomagno	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> isolado CNPSO 3202 + <i>B. velezensis</i> isolado CNPSO 3602 + <i>Bacillus thuringiensis</i> isolado CNPSO 3915	0,5
T4 – Quartzo	<i>Bacillus subtilis</i> linhagem FMCH002(DSM32155) (Mín. de $1,0 \times 10^{11}$ UFC/g) + <i>Bacillus licheniformis</i> linhagem FMCH001(DSM32154) (Mín. de $1,0 \times 10^{11}$ UFC/g)	0,3
T5 –Verango Prime	Fluopyram (500 g i.a./L p.c.)	0,5

*p.c. = produto comercial;

Fonte: próprio autor.

As avaliações foram realizadas de forma destrutiva em duas etapas: aos 60 e 120 dias após a aplicação dos produtos. Nessas datas, amostras de solo e raízes foram coletadas para quantificação da população de fitonematoides, com base na metodologia de Jenkins (1964). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$) com auxílio do programa estatístico Minitab 17, LLC (2017).

4. RESULTADOS

Na Figura 1 podemos ver as plantas utilizadas no estudo dentro da casa de vegetação. Não se observou diferença significativa na avaliação de massa fresca e volume raízes, e altura de plantas entre tratamentos nas avaliações realizadas aos 60 e aos 120 dias após a inoculação.

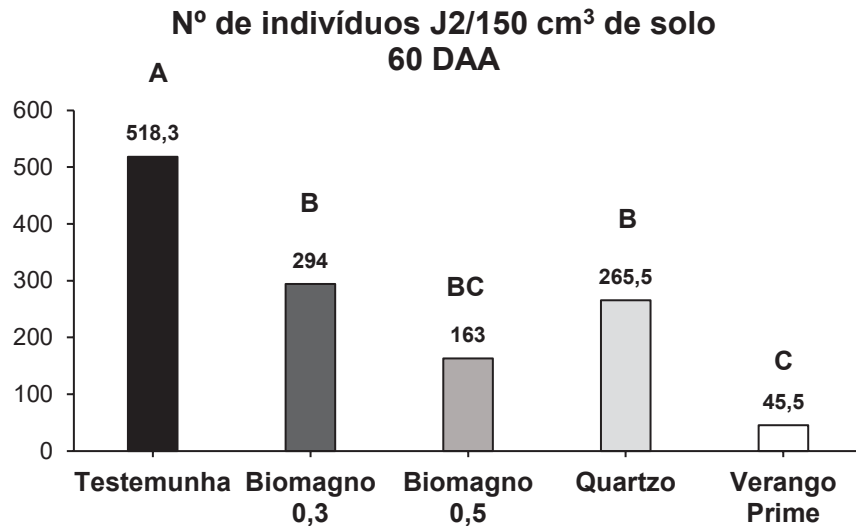
Figura 1 - Visão geral das plantas de cafeeiro cultivar Catucaí Amarelo 24/137 utilizadas no estudo mantidas em condições controladas.



Fotos: próprio autor. Santo Antônio do Posse, SP, 2025.

Na avaliação realizada aos 60 dias após a aplicação dos tratamentos, observou-se redução significativa na população de *M. exigua* no solo em comparação com a testemunha (Figura 2 e 3). Os tratamentos avaliados apresentaram respostas diferenciadas no controle da população de nematoides. A aplicação do Biomagno a 0,3 L/ha resultou em redução de 43,28%, enquanto a dose de 0,5 L/ha promoveu maior efeito, atingindo 68,55% de controle. O bionemático padrão Quartzo apresentou desempenho semelhante ao da menor dose do Biomagno, com 48,78% de controle, evidenciando potencial de uso em programas de manejo.

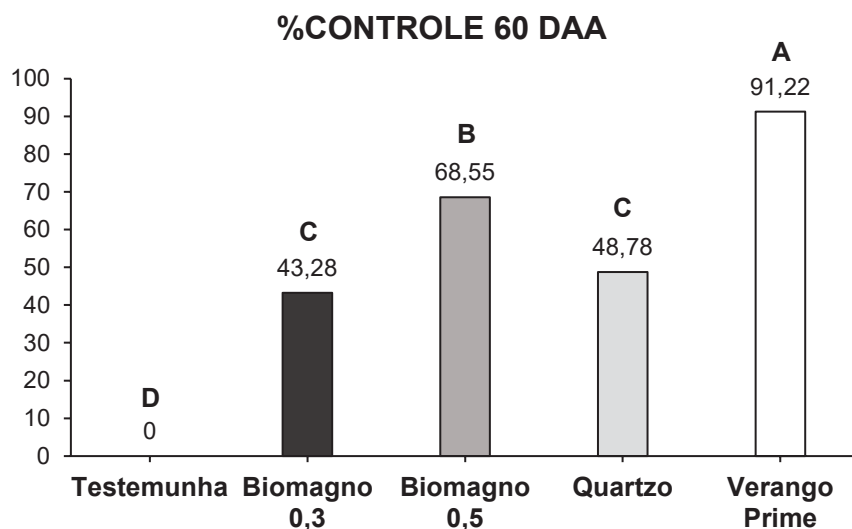
Figura 2 - Efeito dos tratamentos sobre o número de indivíduos *Meloidogyne exigua* no solo em plantas de cafeeiro cultivar Catucaí Amarelo 24/137 aos 60 dias após a aplicação. Santo Antônio de Posse, SP, 2025.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O tratamento químico Verango Prime destacou-se pelo maior nível de eficácia, reduzindo a população para 45,5 indivíduos/150 cm³ de solo e alcançando 91,22% de controle. Esses resultados indicam que, embora o Verango Prime tenha apresentado a maior eficiência, os demais produtos também demonstraram capacidade de reduzir a população de nematoides, configurando alternativas importantes dentro de estratégias integradas de manejo.

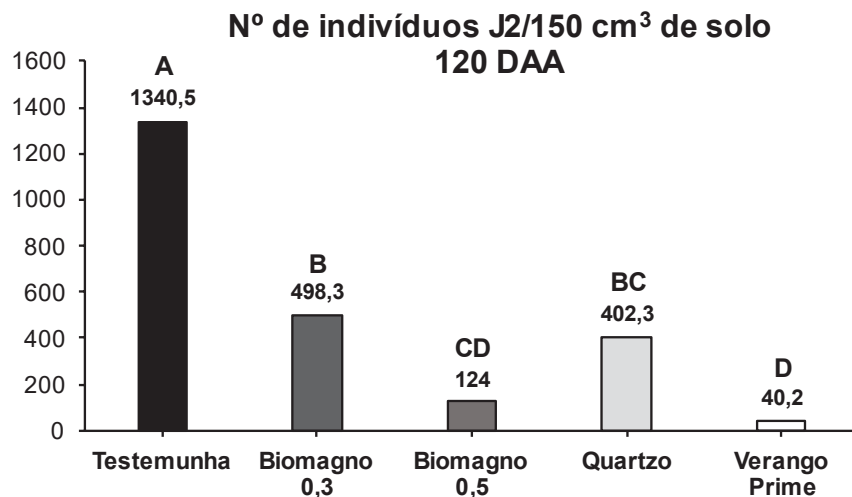
Figura 3 - Efeito dos tratamentos sobre a porcentagem de controle de juvenis J2 de *Meloidogyne exigua* em comparação com a testemunha aos 60 dias após a aplicação plantas de cafeeiro cultivar Catucaí Amarelo 24/137. Santo Antônio de Posse, SP, 2025.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Nas Figuras 4 e 5 são apresentados respectivamente os efeitos dos tratamentos sobre o número de juvenis J2/cm³ aos 120 dias. Conforme evidenciado na Figura 4, todos os tratamentos avaliados foram estatisticamente superiores na redução da população final de juvenis J2 de *M. exigua* em comparação com a testemunha (sem tratamento). Ao compararmos entre si os ativos biológicos, os tratamentos Biomagno 0,3 e Quartzo não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey (Tabela 4). Apesar de estatisticamente não diferir do tratamento Quartzo, o tratamento Biomagno 0,5 teve melhor tendência de redução na população final apresentando 278 juvenis a menos na população final (Tabela 4). Ao compararmos os tratamentos biológicos testados com o tratamento químico Verango prime, podemos notar que o tratamento que apresentou melhor eficácia na redução final da população dos fitonematoídeos foi o Biomagno 0,5 (Figura 4).

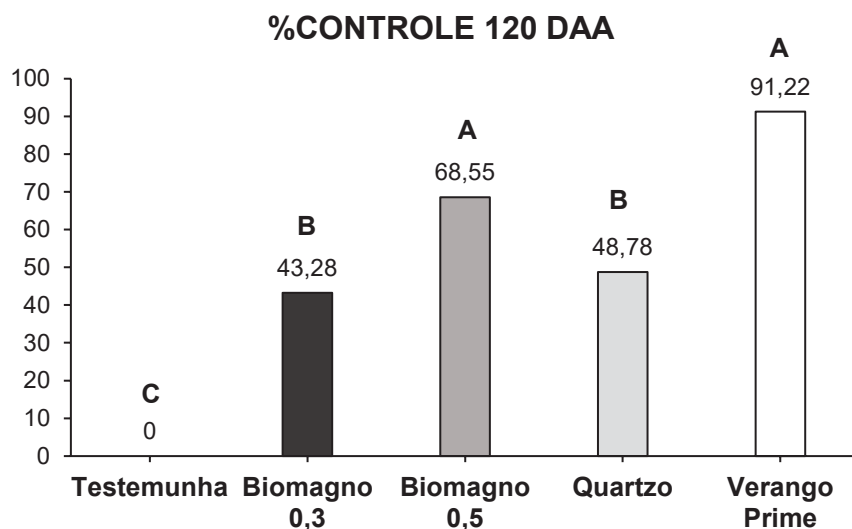
Figura 5 - Efeito dos tratamentos sobre o número de indivíduos *Meloidogyne exigua* no solo em plantas de cafeeiro cultivar Catucaí Amarelo 24/137 aos 120 dias após a aplicação. Santo Antônio de Posse, SP, 2025.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Ao analisarmos o efeito dos tratamentos sobre a porcentagem de controle dos juvenis J2 de *M. exigua* nas raízes das plantas avaliadas em comparação com a testemunha (Figura 5), podemos observar que os tratamentos Biomagno 0,5 e Verango Prime foram os melhores não diferindo estatisticamente entre si (Figura 5). Ambos os tratamentos apresentaram valores de controle superiores a 60%. Diferentemente os tratamentos Biomagno 0,3 e Quartzo, além de se diferirem estatisticamente entre si, apresentaram valores de porcentagem de controle inferiores a 50% (Figura 5).

Figura 6 - Efeito dos tratamentos sobre a porcentagem de controle de juvenis J2 de *Meloidogyne exigua* em comparação com a testemunha aos 120 dias após a aplicação plantas de cafeeiro cultivar Catucaí Amarelo 24/137.. Santo Antônio de Posse, SP, 2025.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

5. DISCUSSÃO

O manejo de nematoides na cafeicultura, especialmente de espécies do gênero *Meloidogyne*, continua sendo um dos principais entraves para a manutenção da produtividade e da longevidade dos cafezais. Entre eles, *M. exigua* é uma das espécies mais disseminadas e prejudiciais, capaz de reduzir a produção em até 70% em situações de estresse hídrico ou nutricional (Santos et al., 2021). Nesse contexto, diferentes alternativas vêm sendo testadas, incluindo produtos químicos altamente eficazes e bioinsumos baseados em microrganismos, que buscam conciliar controle agrônômico com sustentabilidade.

No presente estudo, o nematicida químico Verango® Prime apresentou o melhor desempenho, atingindo reduções de até 91% na população de *M. exigua* no solo aos 60 dias e 81,9% nas raízes aos 120 dias. Esses resultados confirmam achados da Bayer (2025), que descreve o produto como um inibidor da cadeia respiratória (SDHI) com ação rápida, paralisando os juvenis J2 em até 2 horas e persistência de pelo menos 90 dias no solo (Bayer, 2025).

Apesar da eficácia, ressalta-se que o uso contínuo de químicos está associado à seleção de populações resistentes e riscos ambientais já descritos na literatura (Oliveira et al., 2018).

O bionematicida Quartzo, formulado com *B. subtilis* e *B. licheniformis*, apresentou controle mais modesto, variando entre 28,9% e 42% neste estudo.

Esse desempenho está em consonância com experimentos reportados por Arpini et al. (2018), nos quais o controle de *M. exigua* em cafeeiros com esse tipo de formulação foi parcial e bastante dependente das condições ambientais. Estudos recentes reforçam que produtos à base apenas dessas espécies de *Bacillus* podem ter eficácia limitada quando aplicados isoladamente em campo (Gouveia et al., 2024).

Já o bionematicida Biomagno destacou-se ao apresentar reduções de 65,5% aos 60 dias e 58,8% aos 120 dias na dose de 0,5 L/ha, superando o Quartzo e aproximando-se da eficácia observada para Verango Prime. Esse resultado pode ser atribuído à sua formulação, que combina três espécies de *Bacillus*: *B. amyloliquefaciens* e *B. velezensis*, produtores de metabólitos que inibem eclosão e mobilidade dos juvenis, além de induzirem resistência sistêmica, e *B. thuringiensis*, que complementa a ação por meio da produção de toxinas bioativas (Biotrop, 2025; Monnerat et al., 2020). Essa diversidade de mecanismos confere maior amplitude e persistência ao efeito biocontrolador.

Outro aspecto relevante foi a persistência da ação do Biomagno até 120 dias, o que reforça sua capacidade de colonização da rizosfera e sobrevivência em condições de solo. Resultados semelhantes foram obtidos por Vaz et al. (2011), que observaram reduções de até 60% na população de *M. incognita* em tomateiro tratados com *B. subtilis*, e por Carvalho (2017), que relatou efeito prolongado de bionematicidas à base de *Bacillus* em solos cultivados com hortaliças. Essa durabilidade é um diferencial importante para culturas perenes como o café, que demandam estratégias de manejo contínuas e de longo prazo.

Embora o Verango Prime tenha se destacado pela alta eficácia, seu uso exclusivo pode não ser sustentável a longo prazo. Nesse sentido, o Biomagno representa uma alternativa viável e sustentável, com potencial de integrar programas de manejo de nematoides, reduzindo a dependência de químicos e contribuindo para a manutenção da microbiota benéfica do solo. O Quartzo, apesar do desempenho inferior, também tem papel complementar em sistemas de manejo integrado. Esse cenário se alinha à tendência global de expansão do mercado de bioinsumos, que cresce, em média, cerca de 21% ao ano, aproximadamente quatro vezes acima da média global, com forte adesão também na cafeicultura brasileira (Reuters, 2024).

Portanto, os resultados obtidos reforçam que, apesar da maior eficácia absoluta do Verango Prime, o Biomagno se apresenta como alternativa promissora dentro do manejo integrado, oferecendo equilíbrio entre controle agrônômico, sustentabilidade e benefícios adicionais à planta e ao solo. A redução consistente da população de fitonematoides no solo e nas raízes evidencia o potencial do Biomagno como alternativa sustentável para o manejo fitossanitário na cafeicultura. Além de reduzir o número de *M. exigua*, o uso de microrganismos do gênero *Bacillus* pode contribuir para a promoção do crescimento vegetal e manutenção da qualidade do solo, alinhando-se às práticas de manejo integrado de pragas.

6. CONCLUSÃO

O presente trabalho demonstrou que o bionemático Biomagno em ambas as doses avaliadas apresenta eficácia no controle de *Meloidogyne exigua* em cafeeiro em comparação com a testemunha.

O bionemático Biomagno em especial na dose de 0,5 L/ha foi superior aos demais tratamentos biológicos avaliados.

O tratamento Verango Prime além de apresentar os maiores valores de redução na população de juvenis J2 aos 60 e aos 120 dias após a inoculação, apresentou também os maiores valores de porcentagem de controle com os demais tratamentos avaliados.

No presente estudo o tratamento Biomagno na dose de 0,5 L/ha apresentou eficácia semelhante ao tratamento químico mesmo que este teve uma tendência de maior controle.

O Biomagno representa uma ferramenta promissora para o manejo de fitonematoides na cafeicultura, podendo contribuir para maior sustentabilidade da produção e menor impacto ambiental, em consonância com a demanda atual por sistemas agrícolas mais resilientes e menos dependentes de insumos químicos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIC. **Os primeiros cultivos do café**. Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <http://www.abic.com.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?Sid=38> Acesso em: 13/05/2025.

AGROFIT - Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 04 de setembro de 2025.

AMARAL, R. A.; PINTO, T. A. **Nematóide no café**, 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso técnico em Agropecuária). Escola Técnica Estadual Professor Carmelino Corrêa Júnior, Franca, 2023.

ARAÚJO, M. R. P.; SILVA, P. L.; ROCHA, A. P. S. Cafeicultura: Evolução do café no Brasil, Minas Gerais e no município de João Pinheiro—MG. **Revista Contemporânea**, v. 3, n. 11, p. 21683-21706, 2023.

ARPINI, B da S.; et al. **Controle de *Meloidogyne exigua* em cafeeiro arábica com uso de bionematicida constituído por *Bacillus subtilis* e *Bacillus licheniformis***. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 22.; ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 18.; ENCONTRO DE INICIAÇÃO À DOCÊNCIA, 8., 2018, São José dos Campos. Anais [...]. São José dos Campos: Universidade do Vale do Paraíba, 2018.

BARBOSA, Dimmy Herllen Silveira Gomes. **Levantamento dos nematóides de galha (*Meloidogyne* spp.) em áreas cafeeiras fluminenses e estimativa dos seus danos à produtividade regional**. 2003.

BAYER. Verango® Prime – modo de ação: inibidor da cadeia respiratória, efeito rápido (30 min–2 h), persistência ≥ 90 dias, ação na fase J2. **Agro Bayer**. Disponível em: <https://www.agro.bayer.com.br/c/verango-prime-hf>. Acesso em: 10 set. 2025.

BAYER. Verango® Prime: controle e eficácia em resultados que você vê. **Agro Bayer**. Disponível em: <https://www.agro.bayer.com.br/marcas/verango-prime>. Acesso em: 10 set. 2025.

BIOTROP. **Biomagno** – bionematicida e biofungicida: composto por três cepas de *Bacillus* (*B. amyloliquefaciens*, *B. velezensis* e *B. thuringiensis*), com alto espectro e estabilidade de resultados. Disponível em: <https://biotrop.com.br/produto/biomagno>. Acesso em: 10 set. 2025.

CARVALHO, Patrícia Honorato de. Controle biológico e alternativo de *Meloidogyne incognita* e *Meloidogyne javanica* em tomateiro. 2017. xvi, 82 f., il. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia)—Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

CARVALHO, V. L. de; CHALFOUN, S. M.; CUNHA, R. L. da. *Doenças do cafeeiro: diagnose e controle*. Belo Horizonte: **EPAMIG**, 2013. 48 p. (Boletim Técnico, 103).

CARVALHO, Yohanna Christien Ferreira et al. Utilização de fertilizante foliar no manejo de nematoides de galha no café arábica. **X Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**, 2019. CECAFÉ – CONSELHO DOS EXPORTADORES DE CAFÉ DO BRASIL. **Relatório mensal: abril de 2025 – Exportações brasileiras de café**. São Paulo: Cecafé, 2025. Disponível em: <https://www.cecafe.com.br/>. Acesso em: 15 maio 2025.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Boletim do Café – Janeiro de 2025**. Brasília: Conab, 2025. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe/boletim-do-cafe>. Acesso em: 15 maio 2025.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira de café, Brasília, DF, v.9 safra 2022, n. 1, primeiro levantamento janeiro 2022. Disponível em: .

CONSELHO DOS EXPORTADORES DE CAFÉ DO BRASIL. Relatório mensal: dezembro de 2024. Santos: **CECAFÉ**, 2024. Disponível em: <https://www.cecafe.com.br/>. Acesso em: 13 ago. 2025

CONSELHO DOS EXPORTADORES DE CAFÉ DO BRASIL. Relatório mensal: Julho de 2025. Santos: **CECAFÉ**, 2025. Disponível em: <https://www.cecafe.com.br/>. Acesso em: 13 ago. 2025

OLIVEIRA, Felipe et al. Manejo sustentável de nematoides no cafeeiro. **OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA**, v. 22, n. 11, p. E7793-e7793, 2024.

FREIRE, Érica Valéria Saliba Albuquerque. Estudo da interação entre *Coffea arabica* e o nematoide da galha *Meloigogyne incognita*: identificação da resistência e caracterização por histopatologia e genômica funcional. 2009.

JENKINS, W. R. A rapid centrifugal – flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Report**, v. 48, 1964. P. 692.

MACHADO, Vilmar et al. Bactérias como agentes de controle biológico de fitonematóides. **Oecologia Australis**, v. 16, n. 2, p. 165-182, 2012.

MELO, Jhonatan Rezende de; DA SILVA, Nielson Fernandes Muri; DE SIQUEIRA NUNES, Neuza Maria. Café: origem e contribuição para a economia do Brasil. **Múltiplos Acessos**, v. 3, n. 1, 2018.

MESQUITA, Carlos Magno de et al. *Manual do café: distúrbios fisiológicos, pragas e doenças do cafeeiro (Coffea arabica L.)*. Belo Horizonte: EMATER-MG, 2016. 62 p. II.

MONNERAT, Rose et al. Manual de produção e controle de qualidade de produtos biológicos à base de bactérias do gênero *Bacillus* para uso na agricultura. 2020.

MORAES, R. B.; SUMITA, R. A. G. Fungicidas biológico e químicos no controle de doenças da soja. 2022.

OLIVEIRA, C. M. G. de; et al. Nematoides parasitos do cafeeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 39, n. 305, p. 23-36, jan./fev. 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1093775/nematoides-parasitos-do-cafeeiro>. Acesso em: 13 ago. 2025.

OLIVEIRA, Claudio Marcelo Gonçalves de; Rosa, Juliana Magrinelli Osório. Nematoides parasitos do cafeeiro. **São Paulo: Instituto Biológico, 2018**. (Boletim técnico, 32).

REUTERS. **Brazil's bioinputs market boasts four times global average growth, research shows**. 25 jun. 2024. Disponível em:

<https://www.reuters.com/markets/commodities/brazils-bioinputs-market-boasts-four-times-global-average-growth-research-shows-2024-06-25/>. Acesso em: 10 set. 2025.

RODRIGUES, Leidiane da Silva. Manejo de fitonematoides na cultura do cafeeiro com *Bacillus* spp. **Em Monte Carmelo-MG**. 2020.

RUSSI, Alessandra. Desenvolvimento de bioformulações contendo endósporos de *Bacillus velezensis* S26 para controle biológico de doenças e promoção do crescimento vegetal. 2024.

SALGADO, S. M. L.; CARNEIRO, R. M. D. G.; PINHO, R. S. C. Aspectos técnicos dos nematoides parasitas do cafeeiro. **EPAMIG, Belo Horizonte**, 2011.

SALGADO, Sônia M. Lima; RESENDE, Mário Lúcio V.; CAMPOS, Vicente P. Reprodução de *Meloidogyne exigua* em cultivares de cafeeiros resistentes e suscetíveis. **Fitopatologia brasileira**, v. 30, p. 413-415, 2005.

SANTOS, Fábio Moreira dos et al. **Controle de nematoides nas principais regiões produtoras de café no Brasil**. Brasília: Embrapa Café, 2021. 49 p. (Documentos / Embrapa Café, ISSN 1983-4035; 58).

SHIGUEOKA, L. H. et al. Desempenho de cultivares de café arábica em área infestada pelo nematoide *Meloidogyne paranaensis*. In: **SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL**, 8., 2013, Salvador. Anais. Brasília, DF: Embrapa Café, 2013.

VAZ, Mara Vieira et al. Controle biológico de *Meloidogyne javanica* e *Meloidogyne incognita* com *Bacillus subtilis*. **Perquirere**, v. 1, n. 8, p. 203-212-203-212, 2011.