

**INSTITUTO FEDERAL GOIANO DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
CENTRO DE EXCELÊNCIA EM BIOINSUMOS
COORDENAÇÃO DE CAPACITAÇÃO EM BIOINSUMOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *lato sensu* EM BIOINSUMOS
IF GOIANO - CAMPUS MORRINHOS**

LUAM SANTOS

**POTENCIAL DA UTILIZAÇÃO DE *Bacillus amyloliquefaciens* NA INIBIÇÃO DA
ECLOSÃO DE JUVENIS DE SEGUNDO ESTÁDIO DE *Meloidogyne javanica*.**

Morrinhos, GO

2025

LUAM SANTOS

**POTENCIAL DA UTILIZAÇÃO DE *Bacillus amyloliquefaciens* NA INIBIÇÃO DA
ECLOSÃO DE JUVENIS DE SEGUNDO ESTÁDIO DE *Meloidogyne javanica*.**

Monografia apresentada à Banca Examinadora do Curso de especialização em Bioinsumos do Instituto Federal Goiano como exigência parcial para obtenção do título de especialista em Bioinsumos.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Vieira da Silva

Morrinhos, GO

2025

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema Integrado de Bibliotecas do IF Goiano - SIBi**

S237p Santos, Luam
POTENCIAL DA UTILIZAÇÃO DE *Bacillus amyloliquefaciens*
NA INIBIÇÃO DA ECLOSÃO DE JUVENIS DE SEGUNDO
ESTÁDIO DE *Meloidogyne javanica*. / Luam Santos. Morrinhos
2026.

34f. il.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Vieira da Silva.
Monografia (Especialista) - Instituto Federal Goiano, curso de
0430426 - Especialização em Bioinsumos - Morrinhos (Campus
Morrinhos).

1. Controle biológico. 2. Fitonematóides. 3. bacterias. 4.
nematoides de galha. 5. bioinsumo. I. Título.

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)

Dissertação (mestrado)

Monografia (especialização)

TCC (graduação)

Artigo científico

Capítulo de livro

Livro

Trabalho apresentado em evento

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Matrícula:

Título do trabalho:

RESTRIÇÕES 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.

Documento assinado digitalmente

LUAM SANTOS
Data: 19/02/2026 07:54:07-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Local / /
Data

Assinatura 
RODRIGO VIEIRA DA SILVA
Data: 19/02/2026 17:13:49-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Autorais

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)



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

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Aos 28 dias do mês de novembro de dois mil e vinte e cinco, às 14 horas, reuniu-se a Banca Examinadora composta por: Prof. Dr. Rodrigo Vieira da Silva (orientador), Dr. João Pedro Elias Gondim (membro externo) e a Mestra Gabriela Araújo Martins (membro externo), para examinar o Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) intitulado "**POTENCIAL DA UTILIZAÇÃO DE *Bacillus amyloliquefaciens* NA INIBIÇÃO DA ECLOSÃO DE JUVENIS DE SEGUNDO ESTÁDIO DE *Meloidogyne javanica*.**" de LUAM SANTOS, estudante do curso de Pós-graduação *Lato Sensu* em Bioinsumos do IF Goiano – Campus Morrinhos. A palavra foi concedida ao (à) estudante para a apresentação oral do TC, em seguida houve arguição do candidato pelos membros da Banca Examinadora. Após tal etapa, a Banca Examinadora decidiu pela APROVAÇÃO do (a) estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata, que, após apresentação da versão corrigida do TC, foi assinada pelos membros da Banca Examinadora.

Documento assinado digitalmente



RODRIGO VIEIRA DA SILVA
Data: 16/12/2025 12:06:37-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Rodrigo Vieira da Silva

Orientador (a)

Documento assinado digitalmente



JOAO PEDRO ELIAS GONDIM
Data: 16/12/2025 22:16:42-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. João Pedro Elias Gondim

Membro

Documento assinado digitalmente



GABRIELA ARAUJO MARTINS
Data: 22/12/2025 15:29:13-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Me. Gabriela Araújo Martins

Membro

Dedico a todos meus familiares.

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer primeiramente a Deus e a meu orientador professor Doutor Rodrigo Vieira da Silva. Quero agradecer a s instituições que tornaram possível essa especialização em especial: FAPEG, FUNAPE, IF GOIANO e CEBIO.



*Cultivar a terra com amor e bravura, nobre
missão que alimenta o mundo através da
agricultura*

Rafael Nolêto

BIOGRAFIA DO ALUNO

Luam Santos, natural de Pontalina-GO, engenheiro agrônomo e mestre em Olericultura pelo Instituto Federal Goiano- Campus Morrinhos. Experiência nas áreas de fitopatologia e produção vegetal com foco em culturas anuais como soja, milho e sorgo e hortaliças em geral.

RESUMO

Meloidogyne javanica, representa um importante patógeno, responsável por expressivas perdas em diversas culturas agrícolas. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da utilização da bactéria *Bacillus amyloliquefaciens* sobre a eclosão de juvenis de segundo estágio do nematoide. O experimento foi conduzido em condições controladas, 200 ovos em tudo de ensaio no escuro a temperatura de 26 °C por 7 dias no Laboratório de Nematologia. O inóculo de *M. javanica* foi obtido de raízes de jiloeiro, processadas segundo a metodologia de Bonetti e Ferraz (1981). Utilizou o delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e cinco repetições totalizando vinte e cinco unidades experimentais. Os tratamentos foram compostos por: T1 (água), T2 (10%), T3 (20%), T4 (40%) e T5 (50%) de suspensão bacteriana. A cepa de *B. amyloliquefaciens* foi cultivada em meio Ágar Nutriente e, posteriormente, em meio líquido Triptona Soja Caldo (TSB) por 24 horas. As contagens de ovos e juvenis (J2) eclodidos foram realizadas em Microscópio fotônico na ampliação de 100X aos sete dias após a instalação do experimento, e os dados submetidos à análise de variância, teste de Scott-Knott e análise de regressão linear. Os resultados demonstraram efeito significativo dos tratamentos, com redução média de 54,81% na eclosão de J2 na concentração de 40%. Observou-se relação dose dependente até o nível de 40%, acima do qual não houve ganho expressivo de eficiência. Conclui-se que *B. amyloliquefaciens* apresenta potencial como agente biológico no manejo de *M. javanica*, podendo contribuir para estratégias sustentáveis de controle de fitonematoides em sistemas agrícolas. Experimentos em condições de casa de vegetação de campo devem ser realizados para confirmação dos resultados.

Palavras-chave: Controle biológico. Fitonematoides. Nematoide de galhas. Bactéria.

ABSTRACT

Meloidogyne javanica represents an important pathogen, responsible for significant losses in several agricultural crops. The present study aimed to evaluate the effect of using the bacterium *Bacillus amyloliquefaciens* on the hatching of second-stage juveniles of the nematode. The experiment was conducted under controlled conditions, with 200 eggs in test tubes, kept in the dark at a temperature of 26 °C for 7 days in the Nematology Laboratory. The inoculum of *M. javanica* was obtained from gilo roots, processed according to the methodology of Bonetti and Ferraz (1981). A completely randomized design was used, with five treatments and five replications, totaling twenty-five experimental units. The treatments consisted of: T1 (water), T2 (10%), T3 (20%), T4 (40%), and T5 (50%) of bacterial suspension. The strain of *B. amyloliquefaciens* was cultured in Nutrient Agar medium and subsequently in liquid Tryptone Soy Broth (TSB) medium for 24 hours. Counts of eggs and hatched juveniles (J2) were performed using a light microscope at 100× magnification, seven days after the experiment setup, and the data were subjected to analysis of variance, Scott-Knott test, and linear regression analysis. The results demonstrated a significant effect of the treatments, with an average reduction of 54.81% in J2 hatching at the concentration of 40%. A dose-dependent relationship was observed up to the 40% level, above which there was no significant gain in efficiency. It is concluded that *B. amyloliquefaciens* shows potential as a biological agent in the management of *M. javanica*, and may contribute to sustainable strategies for the control of phytonematodes in agricultural systems. Experiments under greenhouse and field conditions should be carried out to confirm the results.

Keyword: Biological control. Fitonematode. Root-knot nematode. Bacteria.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1- Resumo ANOVA dos juvenis de segundo estágio (J2) de <i>Meloidogyne javanica</i> eclodidos pelo teste <i>in vitro</i> com aplicação de <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	27
---	----

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1. Preparação da suspensão bacteriana utilizada no experimento.....	24
FIGURA 2- Extração de raízes realizada pela técnica de Boneti e Ferraz (1981)....	25
FIGURA 3- Instalação do experimento <i>in vitro</i> com <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> sobre a eclosão de juvenis de segundo estágio (J2) <i>Meloidogyne javanica</i>	26
FIGURA 4- Ovos e juvenis de <i>Meloidogyne javanica</i> contabilizados na avaliação.....	26
FIGURA 5- Análise de regressão linear do percentual de controle comparado com o tratamento controle, com diferentes concentrações da bactéria <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	28

LISTA DE SIGLAS

AN	– Ágar nutrientes
BOD	– Biological Oxygen Demand incubator
OD	– Densidade ótica

SUMÁRIO

Resumo.....	X
Abstract.....	XI
Lista de Tabelas.....	XII
Lista de Ilustrações.....	XIII
Lista de Siglas.....	XIV
1. Introdução Geral.....	16
2. Objetivos.....	18
3. Capítulo I.....	19
3.1 Introdução.....	20
3.2 Revisão bibliográfica.....	21
3.3 Material e métodos.....	24
3.4 Resultados e discussões.....	26
3.5 Conclusões finais.....	31
3.6 Referências.....	32

1. INTRODUÇÃO GERAL

A utilização de controle biológico, representam tecnologias que fazem uso de microrganismos e macroorganismos, como inimigos naturais, para controlar pragas e doenças nas produções agrícolas. Entre as características do controle biológico elas possuem características de promover a sustentabilidade ao reduzir os impactos do intenso uso de agrotóxicos químicos (Parra et al., 2024).

Os fitonematoides parasitas de plantas, provocam prejuízos de cerca de 15% de na produtividade em culturas de países tropicais e subtropicais, sendo seu estudo de grande importância para sustentabilidade agrícola (Dutta et al., 2019). No caso dos nematoides do gênero *Meloidogyne*, que representa o principal gênero de fitonematoides da agricultura mundial, as espécies mais importantes nas culturas brasileiras estão *M. incógnita*, *M. javanica* e *M. enterolobii*. O juvenil de segundo estágio (J2), infecta as raízes e estabelece um sitio de alimentação induzindo a hipertrofia e hiperplasia das células formando as galhas (Salas; Tofoli, 2017). Os fitonematoides reduzem a absorção de água e nutrientes reduzindo a produção e qualidade do produto final.

O manejo de nematoides geralmente é realizado por meio de práticas como rotação de culturas, uso de cultivares resistentes, manejo adequado do solo e adoção de práticas culturais que reduzam a população do patógeno. No entanto, existem diversas dificuldades nesse manejo, como a ampla gama de hospedeiros, a sobrevivência prolongada dos nematoides no solo e a limitação de métodos de controle químico eficientes e economicamente viáveis. Diante desses desafios, o manejo integrado de nematoides torna-se fundamental, pois combina diferentes estratégias de controle de forma sustentável. Nesse contexto, destaca-se também a utilização de agentes biológicos, que auxiliam na redução populacional dos nematoides no solo. O uso de biológicos contribui para diminuir impactos ambientais e favorecer o equilíbrio do sistema produtivo. Assim, a integração de métodos é considerada a abordagem mais eficiente no manejo a longo prazo (Moreira et al., 2025).

Principalmente nos últimos 10 anos o uso de produtos biológicos vem crescendo significativamente e no manejo de fitonematoides não é diferente, tendo crescido principalmente a utilização de produtos a base de fungos e bactérias. Podemos destacar a utilização de fungos como *Paecilomyces lilacinus*, *Pochonia chlamydosporia* e *Trichoderma* spp. que normalmente agem sobre os ovos com enzimas quitinolíticas (Yadav, 2017). Quando falamos de bactérias podemos destacar a utilização de

rizobactérias, com destaque para o gênero do *Bacillus* e as espécies *Bacillus subtilis*, *Bacillus thuringiensis*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus firmus*, *Bacillus velezensis* que apresenta vários mecanismos de ação como produção de biofilme, promovem crescimento radicular e produção de metabolitos com efeito nematicida (Favoreto *et al.*, 2019).

A crescente demanda por sistemas produtivos mais sustentáveis reforça a importância de pesquisas que ofereçam alternativas eficazes ao manejo químico de fitonematoides. O uso prolongado de nematicidas sintéticos tem gerado efeitos indesejáveis, como contaminação ambiental, riscos ocupacionais e seleção de populações resistentes, tornando urgente o desenvolvimento de estratégias que conciliem produtividade e conservação dos recursos naturais. Nesse cenário, o estudo de microrganismos com atividade antagonista, como *Bacillus amyloliquefaciens*, apresenta grande relevância, pois estes organismos se destacam pela versatilidade, segurança ambiental e eficiência comprovada em sistemas agrícolas (Sabaté *et al.*, 2022).

Além disso, entender os mecanismos pelos quais espécies de *Bacillus* interferem na eclosão e no desenvolvimento de nematoides é fundamental para aprimorar programas de manejo integrado. A fase de eclosão de J2 representa um estágio importante no ciclo biológico de *Meloidogyne javanica*, pois determina a liberação dos juvenis infectivos (J2), responsáveis pela penetração nas raízes e início do processo de formação de galhas. Portanto, estratégias que reduzam a eclosão têm potencial direto de mitigar a severidade das infecções, diminuir perdas econômicas e aumentar a longevidade das áreas de cultivo sem necessidade de intervenções químicas intensivas (Xiang; Lawrence; Donald, 2018).

A relevância deste trabalho também se justifica pela necessidade de ampliar o conhecimento sobre isolados específicos de *Bacillus amyloliquefaciens* utilizados no manejo biológico de nematoides em condições brasileiras. Embora existam diversos estudos internacionais, as interações entre microrganismos, clima, solo e espécies de plantas variam significativamente entre regiões, tornando essencial a validação de agentes biológicos em contextos locais. Assim, a presente pesquisa contribui para fortalecer a base científica necessária ao desenvolvimento de bioinsumos nacionais, fomentando inovação tecnológica e auxiliando produtores na adoção de práticas agrícolas mais resilientes e ambientalmente adequadas.

2. OBJETIVOS

GERAL:

Avaliar a eficiência da utilização da bactéria *B. amyloliquefaciens* no controle *in vitro* de *M. javanica*.

ESPECÍFICOS:

- Estudar o efeito de isolados de *Bacillus amyloliquefaciens* sobre a eclosão de juvenis de segundo estágio de *Meloidogyne javanica*, quantificando o impacto em diferentes concentrações da suspensão bacteriana.
- Analisar a influência de *B. amyloliquefaciens* na eclosão e liberação de juvenis de segundo estágio (J2) de *M. javanica*, identificando possíveis padrões de resposta dose-dependente.

.

3. CAPÍTULO I

EFEITO DA UTILIZAÇÃO DE *Bacillus amyloliquefaciens* NA ECLOSÃO DE OVOS DE *Meloidogyne javanica*.

Resumo: Objetivou-se avaliar a ação de *Bacillus amyloliquefaciens* sobre a eclosão de juvenis de segundo estágio do nematoide de galhas, *Meloidogyne javanica*. O experimento foi realizado no Laboratório de Nematologia do Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, seguindo delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e cinco repetições, totalizando vinte e cinco unidades experimentais. Os tratamentos foram compostos por: T1 (água), T2 (10%), T3 (20%), T4 (40%) e T5 (50%) da suspensão bacteriana. A cepa de *B. amyloliquefaciens* foi cultivada inicialmente em meio Ágar Nutriente e, posteriormente, em meio líquido Triptona Soja Caldo (TSB) por 24 horas. O inóculo de *M. javanica* foi extraído de raízes de jiloeiro conforme o método descrito por Bonetti e Ferraz (1981). As contagens dos juvenis (J2) eclodidos foram efetuadas sete dias após a instalação, e os resultados analisados por meio de variância (ANOVA), teste de Scott-Knott e regressão linear. Observou-se efeito significativo dos tratamentos, com redução média de 54,81% e 50,00% na eclosão de J2 nas concentrações de 40% e 50%, respectivamente. Conclui-se que *B. amyloliquefaciens* possui potencial promissor como agente biológico para o manejo de *M. javanica*, representando alternativa sustentável e ecologicamente viável para o controle de fitonematoides.

Palavras-chave: Antagonismo. Rizobacteria. Biológico.

Abstract: The objective was to evaluate the action of *Bacillus amyloliquefaciens* on the hatching of second-stage juveniles of the root-knot nematode, *Meloidogyne javanica*. The experiment was carried out at the Nematology Laboratory of the Goiano Federal Institute – Morrinhos Campus, following a completely randomized design, with five treatments and five replications, totaling twenty-five experimental units. The treatments consisted of: T1 (water), T2 (10%), T3 (20%), T4 (40%), and T5 (50%) of the bacterial suspension. The strain of *B. amyloliquefaciens* was initially cultured in Nutrient Agar medium and subsequently in liquid Tryptone Soy Broth (TSB) medium for 24 hours. The inoculum of *M. javanica* was extracted from gilo roots according to the method described by Bonetti and Ferraz (1981). Counts of hatched juveniles (J2) were performed seven days after experiment setup, and the results were analyzed by analysis of variance (ANOVA), Scott-Knott test, and linear regression. A significant effect of the treatments was observed, with an average reduction of 54.81% and 50.00% in J2 hatching at the concentrations of 40% and 50%, respectively. It is concluded that *B. amyloliquefaciens* has promising potential as a biological agent for the management of *M. javanica*, representing a sustainable and ecologically viable alternative for the control of phytonematodes.

Keywords: Antagonism; Rhizobacteria; Biological

3.1 Introdução

O parasitismo dos nematoides de galhas, gênero *Meloidogyne*, representa um dos principais problemas fitossanitários da agricultura mundial, causando redução significativa da produtividade em culturas diversas devido à formação de galhas radiculares levando a redução da absorção de água e nutrientes, ajudando também outras doenças radiculares. Em especial, a espécie *Meloidogyne javanica* é relatada como agente de perdas importantes em várias culturas tropicais e subtropicais, o que torna necessário o desenvolvimento de estratégias de manejo sustentáveis e eficazes (Cunha et al., 2024).

A espécie *M. javanica* é reconhecido como um dos nematoides de galha mais polípagos e de ampla distribuição geográfica, o que evidencia sua importância como doença. Ele possui uma gama de hospedeiros estimada em mais de 770 espécies de plantas, abrangendo hortícolas, frutíferas, forrageiras grãos e plantas daninhas (Oliveira et al., 2017).

Em diversas regiões agrícolas, culturas como tomate, batata-doce, soja, cana-de-açúcar, beterraba, citros e videira são relatadas como suscetíveis a infestações de *M. javanica*, o que resulta em raízes com formação de galhas, comprometendo a absorção de água e nutrientes da planta. Especialmente em sistemas tropicais e subtropicais, os danos podem traduzir-se em perdas de rendimento superiores a 30 % em culturas amplamente cultivadas, como soja e feijão, quando não adotadas medidas de manejo adequadas (Chidichima et al., 2021). Essa amplitude de hospedeiros e o potencial de dano tornam a implementação de estratégias de controle, como agentes biológicos, rotação de culturas, cobertura verde e resistência genética, essenciais para sistemas agrícolas sustentáveis e produtivos em regiões afetadas.

O uso de agentes de controle biológico, especialmente bactérias do gênero *Bacillus*, tem se destacado como alternativa ambientalmente amigável aos nematicidas químicos convencionais (Vasanth-Srinivasan et al., 2025). Espécies como *Bacillus amyloliquefaciens* apresentam múltiplos mecanismos de ação, produção de metabolitos secundários (enzimas, lipopeptídeos, antibióticos), competição por espaço e estímulo indireto da resistência da planta, o que contribuem para a supressão de populações de nematoides e melhoria do desenvolvimento vegetal (Ngalimat et al., 2021). Estudos recentes reforçam o potencial das comunidades de rizobactérias para manejo de nematoides de galha, apontando *B. amyloliquefaciens* entre as espécies promissoras (Vasanth-Srinivasan et al., 2025).

Estudos experimentais demonstram efeitos nematocidas de *Bacillus* sobre ovos e juvenis de *Meloidogyne*. Trabalhos *in vitro* e *in vivo* relataram redução na eclosão de ovos, aumento da mortalidade de J2 e diminuição da infestação em plantas tratadas com suspensões bacterianas ou extratos/metabólitos bacterianos. Em particular, isolados de *B. amyloliquefaciens* vêm sendo descritos como capazes de reduzir populações de nematoides e inibir a eclosão de ovos, tanto em ensaios de laboratório quanto em avaliações em planta (Messa, Nunes e Mattei, 2019). Com base nesse contexto, a presente pesquisa teve como objetivo avaliar a eficiência da utilização de *Bacillus amyloliquefaciens* na eclosão de ovos de *M. javanica*.

3.2 Revisão Bibliográfica

Nematoides

Os nematoides são animais invertebrados do filo Nematoda, de corpo cilíndrico, filiforme e geralmente translúcido, com locomoção serpentiforme. Embora apresentem hábito predominantemente aquático, ocorrem em diversos ambientes úmidos. Quanto ao hábito alimentar, dividem-se em nematoides de vida livre, parasitas de animais e fitonematoides, os que parasitam plantas (Forghanie; Hajihassani, 2019).

Os fitonematoides representam cerca de 10% das espécies descritas de Nematoda, caracterizando-se pela presença de estilete e tamanho entre 0,2 e 3,0 mm. Eles parasitam principalmente raízes, mas também bulbos, rizomas, tubérculos, caules, folhas, frutos e sementes (Hajihassani et al., 2019). Devido ao alto potencial de danos, são especialmente relevantes em hortaliças cultivadas em regiões tropicais, podendo causar perdas que chegam a 100%. No Brasil, fatores como extensas áreas de monocultivo, trânsito de máquinas e materiais contaminados favorecem sua disseminação (Zary et al., 2020).

Nematoides de galhas (*Meloidogyne javanica*)

Os nematoides de galhas (*Meloidogyne* spp.) são considerados os fitonematoides de maior importância econômica. No Brasil, foram registrados pela primeira vez em 1887, em cafeeiros. Entre as várias espécies descritas mundialmente, *M. incognita*, *M. javanica* e *M. enterolobii* destacam-se como as mais prejudiciais às hortaliças no país (Pinheiro, 2017).

Esses nematoides são parasitas obrigatórios de raízes e apresentam grande capacidade de adaptação a diferentes solos e condições climáticas, mantendo atividade durante todo o ano em regiões quentes e úmidas. Em locais frios, o ciclo de vida é prolongado (Pinheiro et al., 2020). O ciclo inicia-se com a deposição de ovos pela fêmea em matriz gelatinosa. No interior do ovo ocorre o primeiro estágio (J1), que sofre ecdisse e origina o juvenil J2, estágio infectivo. Atraído por exsudatos radiculares, o J2 penetra as raízes e migra até o córtex, onde estabelece o sítio de alimentação. A ação do estilete e secreções esofagianas induz hiperplasia e hipertrofia de células, formando as células gigantes, denominadas de galhas, que sustentam o desenvolvimento dos estágios subsequentes (J3, J4 e adultos) (Xiang; Lawrence; Donald, 2018).

Bactéria *Bacillus amyloliquefaciens*

A bactéria *Bacillus amyloliquefaciens* é uma das espécies de *Bacillus* estudadas devido à sua capacidade de promover crescimento vegetal e atuar no controle biológico. Bactérias desse grupo apresentam características como formação de endósporos, colonização eficiente da rizosfera e produção de metabólitos bioativos. Elas se destacam como promissoras ferramentas biotecnológicas para o manejo sustentável na agricultura, substituindo ou reduzindo o uso de insumos químicos tradicionais que apresentam riscos ambientais (Sabaté et al., 2022).

Um dos principais atributos de *B. amyloliquefaciens* e espécies relacionadas é seu papel como promotoras de crescimento vegetal. Elas atuam diretamente na fisiologia da planta por meio da fixação biológica de nitrogênio, solubilização de fosfatos, produção de sideróforos e síntese de fitohormônios como o ácido indolacético (AIA). Esses mecanismos, combinados, melhoram o desenvolvimento radicular e o aproveitamento de nutrientes, aumentando a produtividade das culturas agrícolas (Moreira et al., 2025; Ngalimat et al., 2021).

Outro ponto de grande relevância na agricultura é o controle biológico de patógenos. *B. amyloliquefaciens* produz diversos compostos antimicrobianos, como surfactina, fengicina, bacilomicina e outros lipopeptídeos, que inibem fungos, bactérias e até fitonematoides. Esses compostos também são reconhecidos por induzir resistência sistêmica em plantas, reforçando mecanismos naturais de defesa. Estudos mostram que tratamentos com espécies do grupo reduzem a severidade de doenças como marchas, podridões e tombamentos, demonstrando grande potencial para aplicação no manejo

integrado de pragas (Nascimento et al., 2021; Ngalimat et al., 2021).

Por fim, isolados de *B. amyloliquefaciens* também demonstrado potencial adicional na agricultura. Determinadas espécies são capazes de degradar compostos organofosforados ao mesmo tempo em que promovem o crescimento das plantas, oferecendo uma alternativa ambientalmente segura para áreas contaminadas. Assim, além de promotoras de crescimento e agente de controle biológico para combate de doenças, *B. amyloliquefaciens* surge como um microrganismo multifuncional para sistemas agrícolas sustentáveis (Ngalimat et al., 2021).

Controle biológico de nematoides com *Bacillus amyloliquefaciens*

O uso de *Bacillus amyloliquefaciens* como ferramenta de manejo biológico tem se destacado no controle de nematoides de galhas, incluindo *M. javanica*. Espécies pertencentes ao grupo operacional *B. amyloliquefaciens* apresentam a capacidade de produzir uma ampla variedade de metabólitos, como surfactina, fengicina e bacilomicinas, que afetam diretamente os fitonemátodes. Estudos relatam que esses compostos reduzem a eclosão de ovos, inibem movimentos dos juvenis de segundo estágio (J2) e comprometem sua habilidade de penetrar nas raízes, tornando essa bactéria uma aliada promissora no manejo integrado de nematoides em sistemas agrícolas sustentáveis (Moreira et al., 2025).

Além da ação direta, *B. amyloliquefaciens* também atua estimulando respostas de defesa na planta hospedeira, o que contribui para reduzir o impacto de *M. javanica*. A indução de resistência sistêmica, promovida por lipopeptídeos produzidos pela bactéria, fortalece as barreiras estruturais e bioquímicas das raízes, dificultando a instalação dos sítios de alimentação necessários para o desenvolvimento do nematoide. Esse efeito combinado, ação antimicrobiana e ativação de defesas vegetais, resulta em menor formação de galhas, redução populacional no solo e menor comprometimento fisiológico das plantas, sendo útil em culturas susceptíveis ao ataque do patógeno (Wang et al., 2022).

Vale destacar que a bactéria *B. amyloliquefaciens* possui elevada capacidade de colonizar a rizosfera, formando uma barreira biológica ao redor das raízes que dificulta o acesso dos J2 de *M. javanica*. Sua persistência no solo e sua multiplicação próxima aos tecidos radiculares permitem que o efeito de supressão se prolongue mesmo após a aplicação. Em alguns estudos, espécies do grupo *B. amyloliquefaciens* demonstraram reduzir de forma significativa o número de juvenis penetrados e interferir na formação de

galhas essenciais ao desenvolvimento do nematoide (Dimopoulou et al., 2021). Assim, seu uso integra estratégias de manejo sustentável ao atuar como agente antagonico, promotor de crescimento.

3.3 Material e Métodos

A cepa da espécie da bactéria *Bacillus amyloliquefaciens* foi cultivada em meio Ágar nutrientes (AN) por 24 horas e incubadas em BOD com temperatura de 28 ± 1 °C e fotofase de 12 h de escuro e 12 h luz. Em seguida com o crescimento bacteriano de *Bacillus* em placa de Petri do realizado o cultivo desse agente de controle biológico em meio Líquido de Triptona Soja Caldo (TSB) por um período de 24 h em mesa agitadora do tipo shaker (Alfenas, 2007). Em seguida foi realizado a mensuração da densidade ótica (OD) em comprimento de onda de 600nm e calibrado a concentração de bactérias para $2,3 \times 10^{-7}$ UFC.

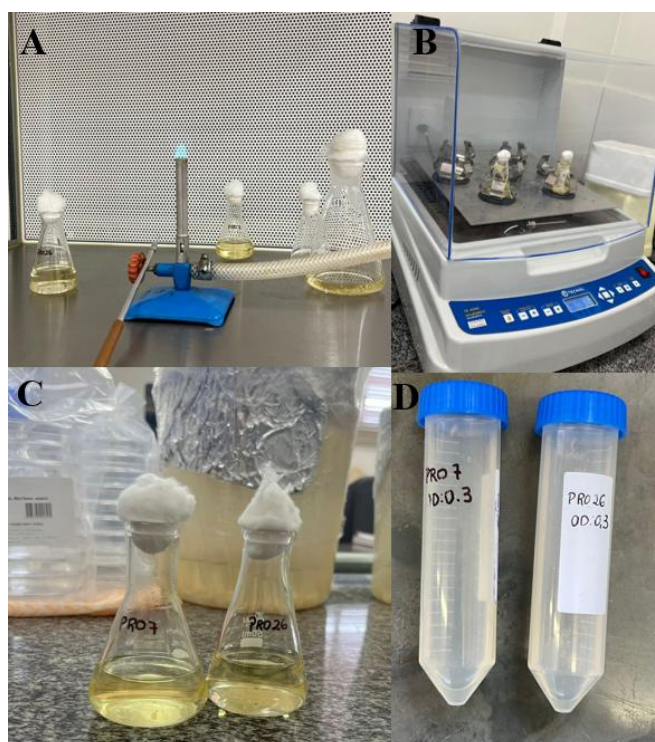


Figura 1. Preparação da suspensão bacteriana utilizada no experimento.

A população de *M. javanica* utilizada para a extração do inóculo foi oriunda de plantas de jiloeiro coletadas na casa de vegetação, e cultivadas por 60 dias, do Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos (GO). A identificação da espécie foi realizada por

meio da técnica de eletroforese de isoenzimas, fenótipo de esterase, confirmando tratar-se de *M. javanica* (Ito, 2019; Ornstein, 1964; Davis, 1964).

Foi utilizada a metodologia proposta por Bonetti e Ferraz (1981), as raízes foram separadas do solo e lavadas em água corrente, cortadas em fragmentos de 1 a 2 cm e colocadas no copo do liquidificador preenchendo com uma solução de hipoclorito de sódio a 0,5% de cloro ativo. A seguir processadas na menor rotação do liquidificador por 20 segundos. A suspensão obtida foi vertida em uma peneira de 200 mesh, sobreposta por uma de 500 mesh. O resíduo da peneira de 500 mesh foi recolhido em um Becker de 200 mL. A suspensão obtida na extração de nematoides de raízes foi quantificada com auxílio da câmara de contagem de Peters sob microscópio fotônico, com calibração de 200 ovos por mL.



Figura 2. Extração de ovos de *Meloidogyne javanica* realizada pela técnica de Bonetti e Ferraz (1981).

O experimento foi conduzido no laboratório de Nematologia em delineamento inteiramente casualizado. Utilizando o fatorial 5x5, sendo cinco tratamentos e cinco repetições, totalizando cinco unidades experimentais. Sendo definido os seguintes tratamentos: T1 - água, T2 – (10%), T3 (20%) T4 (40%) T5 (50%). Foram inoculados 1 mL em cada tubo, contendo aproximadamente 200 ovos por tubo de ensaio, juntamente com as respectivas concentrações bacterianas. Em seguida, os tubos foram mantidos em incubadora B.O.D a 28 °C (± 2 °C), no escuro, durante 7 dias. Após esse período, realizou-se a contagem dos ovos e dos juvenis eclodidos (J2). Para essa contagem, utilizou-se a

câmara de Peters, com observação em microscópio óptico. Posteriormente, os dados foram tabulados e submetidos à análise estatística por meio do software SISVAR, realizando-se análise de variância, teste de Scott-Knott (1974) e análise de regressão linear.



Figura 3: Instalação do experimento *in vitro* com *Bacillus amyloliquefaciens* sobre a eclosão de juvenis de *Meloidogyne javanica*.

3.4 Resultados e discussões

A análise de variância (ANOVA) revelou efeito significativo dos tratamentos com *Bacillus amyloliquefaciens* sobre a eclosão de juvenis de *Meloidogyne javanica* ($p \leq 0,01$) (Tabela 1). O quadrado médio dos tratamentos (259,46) foi superior ao do erro (5,90), indicando diferenças estatísticas entre os tratamentos testados. A média geral de juvenis eclodidos foi de 21,08, com coeficiente de variação de 11,52%, o que demonstra adequada precisão experimental.

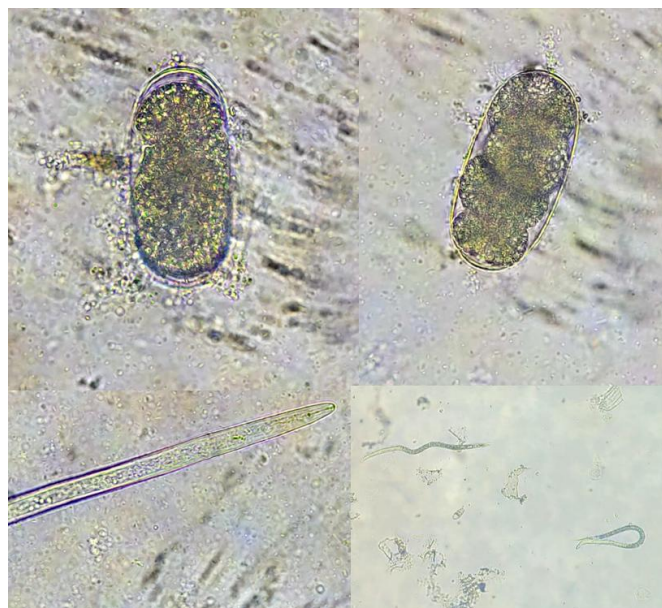


Figura 4. Ovos e juvenis de *Meloidogyne javanica* contabilizados na avaliação.

Tabela 1 - Resumo ANOVA dos juvenis de *Meloidogyne javanica* eclodidos pelo teste *in vitro* com aplicação de *Bacillus amyloliquefaciens*.

Fontes de Variação	GL	Quadrados médios
Tratamentos	4	259.46**
Erro	20	5.90
Total	24	
Média Geral	21,08	
CV (%)	11,52	

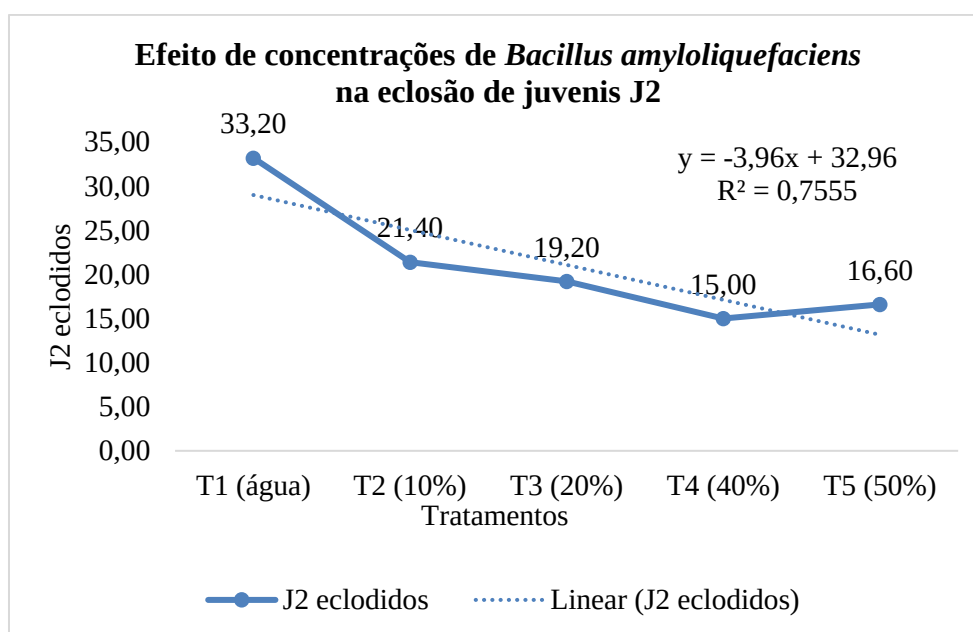
GL - Grau de Liberdade; CV - Coeficiente de Variação; * significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; **significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Na avaliação do efeito das concentrações de *B. amyloliquefaciens* sobre a eclosão de juvenis de *Meloidogyne javanica*, observou-se que os tratamentos diferiram estatisticamente entre si. O tratamento controle (T1), sem a adição da bactéria, apresentou a maior média de J2 eclodidos de *M. javanica* (33,20), diferindo significativamente dos demais tratamentos. As concentrações de 40% (T4) e 50% (T5) apresentaram as menores médias de juvenis eclodidos (15,00 e 16,60, respectivamente), sendo estatisticamente superiores no controle do patógeno, em comparação aos demais tratamentos T2 (10%) e T3 (20%). O percentual de controle variou, destacando-se T4 e T5, que reduziram a eclosão em 54,81 e 50%, respectivamente.

O gráfico demonstra o efeito das diferentes concentrações de *Bacillus amyloliquefaciens* sobre a eclosão de juvenis de segundo estágio (J2). Observa-se que, à medida que aumenta a concentração bacteriana, ocorre uma tendência de redução na

eclosão dos J2 em comparação ao tratamento controle (água). A análise de regressão linear confirma essa relação, apresentando comportamento decrescente da eclosão conforme o aumento das concentrações. O coeficiente de determinação ($R^2 = 0,7555$) indica bom ajuste do modelo aos dados experimentais. Esses dados evidenciam o potencial do *B. amyloliquefaciens* em comprometer o desenvolvimento dos ovos e limitar a liberação de juvenis infectivos, o que pode ser atribuído à produção de metabólitos tóxicos e enzimas líticas, frequentemente relatados na literatura como responsáveis pela degradação da parede dos ovos e inviabilização de J2.

Figura 5: Análise de regressão linear do percentual de controle comparado com o tratamento controle, com diferentes concentrações da bactéria *Bacillus amyloliquefaciens*.



Os resultados obtidos neste estudo demonstram que *Bacillus amyloliquefaciens* exerceu efeito significativo na redução da eclosão de juvenis de *Meloidogyne javanica*, com destaque para as concentrações de 40% e 50%, que reduziram a eclosão em 54,81% e 50%, respectivamente (Tabela 2). Em estudo recente, uma cepa específica de *B. amyloliquefaciens* (BaNCT02) apresentou forte atividade nematicida pela produção de Compostos Orgânicos Voláteis (COVs). Tais compostos reduziram a eclosão de *Meloidogyne incognita*, em 77,3% e aumentou a mortalidade em 95,2%, indicando forte efeito tóxico sobre ovos e juvenis do nematoide (Moreira et al., 2025). Embora o presente

estudo não tenha avaliado especificamente a produção ou o efeito de COVs, a redução significativa observada na eclosão de ovos de *M. javanica* sugere que mecanismos semelhantes podem estar envolvidos. A capacidade de *B. amyloliquefaciens* de produzir compostos como lipopeptídeos (surfactina, iturina, fengicina) e enzimas hidrolíticas pode explicar a redução obtida na eclosão. No entanto, os percentuais de controle observados nesse trabalho, variando de 35% a 54,81%, são inferiores aos relatados para a cepa BaNCT02, o que pode ser atribuído a diferenças entre isolados bacterianos, espécies de nematoides, metodologia experimental, tempo de exposição e à ausência de avaliação direta de compostos voláteis no presente experimento.

No presente estudo, observou-se que *Bacillus amyloliquefaciens* reduziu a eclosão de juvenis de segundo estágio de *Meloidogyne javanica*. Esse efeito nematocida pode estar relacionado à produção de substâncias tóxicas também descritas em outras pesquisas com o mesmo grupo bacteriano. Ensaio *in vitro* realizados com *M. enterolobii* demonstraram que *B. amyloliquefaciens* produz COVs e metabólitos presentes no sobrenadante que são altamente prejudiciais aos nematoides. Esses COVs incluem substâncias como 2-undecanona, 2-nonanona, benzenoacetaldeído e 2-heptanona, já reconhecidas por seu efeito tóxico contra nematoides parasitas de plantas (Wu et al., 2019; Grahovac et al., 2023; Paula et al., 2023). Além disso, cepas desse grupo podem produzir enzimas como surfactina, iturina, bacilomicina e fengicina, que danificam ovos e juvenis. Apesar de envolver espécies diferentes (*M. javanica* e *M. enterolobii*), é provável que mecanismos semelhantes expliquem o efeito observado aqui. Assim, mesmo sendo uma cepa distinta, a bactéria utilizada neste estudo pode estar produzindo compostos voláteis ou enzimas nematocidas que contribuíram para a redução da eclosão registrada nos tratamentos de maior concentração, deste trabalho.

Vale destacar, a tendência dose-dependente evidenciada nesse estudo, com estabilização da eficácia a partir de 40%, indica que a cepa utilizada apresenta efeito sobre ovos. Isso reforça que diferentes isolados do mesmo gênero podem variar amplamente em eficiência e no tipo de metabólitos produzidos. Os COVs produzidos por *B. subtilis* Bs-1, como CO₂, ácido acético, 2-heptanona e dissulfeto de dimetila, também são capazes de reduzir a eclosão, repelir juvenis e interferir na quimiotaxia de *M. incognita* (Adam et al., 2014; Oka et al., 2009). Além disso, outras cepas, como *B. cereus* Bc-cm103 e *Bacillus* GBSC56, apresentam compostos que causam estresse oxidativo severo nos nematoides, levando à morte rápida (Yin et al., 2021; Ayaz et al., 2021). Considerando isso, é possível que a cepa utilizada em nosso experimento também produza substâncias

capazes de prejudicar ovos e juvenis de *M. javanica*, contribuindo para os percentuais de controle observados.

Pela análise de regressão verificou-se que quanto maior a concentração de *B. amyloliquefaciens*, maior foi por percentual de controle, porém a redução da curva mostra que a partir de 40% não há ganho no percentual de controle, tal resultado mostra a importância da concentração adequada e da dose para maior eficiência dos resultados. Trabalho de Araújo (2002) mostrou que isolados de *B. subtilis*, conseguiu reduzir significativamente a eclosão de juvenis de *Heterodera glycines in vitro*. Os autores concluíram que o mecanismo envolvido no estímulo à eclosão deve estar relacionado a metabólitos produzidos no desenvolvimento da bactéria.

Em trabalho realizado por Alves (2011), verificou-se que alguns isolados bacterianos proporcionaram ação ovicida para *M. javanica*. Onde evidenciaram que alguns isolados de *B. amyloliquefaciens* e *B. subtilis* apresentaram potencial como agente do controle de J₂ de *M. javanica*. Estes resultados de pesquisa corroboram com os obtidos no presente estudo, em que algumas entre as rizobactérias podem ser encontrados agentes eficazes para o controle de nematoides. Isolados ativos de *B. amyloliquefaciens* e *B. subtilis* produzem vários compostos e lipopeptídeos de ação antimicrobiana, incluindo surfatina, iturina A, e fengicina (CHOWDHURY et al, 2015;). Existem metabólitos com atividades antifúngicas e antibacterianas, aumentando a mortalidade bacteriana e formação de biofilme induzindo a resistência de plantas (PÉREZ-GARCÍA et al., 2011).

No contexto prático, estudos em condições agrícolas têm demonstrado que formulados à base de *B. amyloliquefaciens*, como o produto comercial Inlayon Eco™, podem proporcionar reduções significativas nas populações de *Meloidogyne javanica*, como observado em ensaios com cana-de-açúcar (Oriani et al., 2020). Esses resultados reforçam o potencial da bactéria como componente de programas de manejo sustentável de nematoides. Contudo, apesar da sua eficiência, o uso isolado desse agente biológico pode não ser suficiente em sistemas altamente infestados ou ambientalmente desfavoráveis. Dessa forma, sua integração com outras estratégias de manejo, pode maximizar o controle e garantir maior estabilidade dos resultados ao longo do ciclo agrícola.

Os mecanismos de ação de *B. amyloliquefaciens* vão além da simples produção de metabólitos tóxicos, envolvendo muitas estratégias que aumentam a eficiência do controle. Em testes *in vivo*, a bactéria é capaz de formar biofilmes na rizosfera, o que

favorece sua persistência no ambiente e intensifica a colonização das raízes, ampliando sua interação com o patógeno. Além disso, a combinação de enzimas degradativas, compostos voláteis e a própria estrutura protetora do biofilme contribui para uma atuação mais estável no solo. Esses mecanismos múltiplos, reforçam o potencial da espécie como um agente de biocontrole.

Pesquisas recentes enfatizam que os COVs produzidos por espécies de *Bacillus* têm grande potencial para uso no manejo integrado de nematoides, pois apresentam alta eficiência, rápida ação e baixa persistência ambiental. A literatura aponta que esses compostos podem atuar tanto pela toxicidade direta quanto pela interferência na comunicação química dos nematoides.

Embora os nossos resultados tenham sido obtidos por meio de ensaios *in vitro* sem identificação dos COVs presentes, a redução na eclosão de *M. javanica* é compatível com efeitos já descritos em outras espécies do gênero *Meloidogyne*. Assim, os achados deste estudo reforçam que *B. amyloliquefaciens* é um agente promissor no controle biológico, provavelmente atuando por vias semelhantes às reportadas para outras cepas em diferentes pesquisas. Estudos em condições de casa de vegetação e a campo devem ser realizados para confirmar os resultados da eficácia do controle biológico deste nematoide.

3.5 CONCLUSÕES FINAIS

Observou-se que a utilização dessa cepa de *B. amylolyquefaciens* tem grande potencial em reduzir a eclosão de ovos de *M. javanica*. A concentração de 40% e 50% tiveram os melhores resultados, porém as concentrações de 10% e 20% também reduziram a quantidade de ovos em relação a testemunha.

A análise de regressão possibilitou vermos que a partir da concentração de 40% não houve incremento na redução de J2, sendo essa a melhor concentração.

Para melhor entendimento evidencia a necessidade de seguir o trabalho fazendo teste *in vivo* para ver o desempenho dos isolados em condição de campo, o mesmo tendo resultados eficientes pode levar ao surgimento de um novo produto comercial.

3.5 REFERENCIAS

ADAM, M.; HEUER, H.; HALLMANN, J. Antagonistas bacterianos de patógenos

fúngicos também controlam nematoides das galhas por meio da indução de resistência sistêmica em plantas de tomate. *PLoS ONE*, v. 9, e90402, 2014.

ALFENAS, A. C.; MAFIA, R. G. *Métodos em fitopatologia*. Viçosa: UFV, 2007. 382 p.

ALVES, G. C. S. et al. Controle biológico com *Bacillus subtilis* e *Bacillus amyloliquefaciens* sobre *Meloidogyne javanica*. *Instituto Biológico*, São Paulo, v. 78, n. 4, p. 557-564, out./dez. 2011.

ARAÚJO, F. F.; VELOSO-SILVA, J. F.; ARAÚJO, A. S. F. Influência de *Bacillus subtilis* na eclosão, orientação e infecção de *Heterodera glycines* em soja. *Ciência Rural*, v. 32, p. 197-202, 2002.

AYAZ, M. et al. Voláteis nematicidas de *Bacillus atropheus* Gbsc56 promovem o crescimento e estimulam a resistência sistêmica induzida em tomate contra *Meloidogyne incognita*. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 22, 5049, 2021.

BONETTI, J. I. S.; FERRAZ, S. Modificação do método de Hussey e Barker para extração de ovos de *Meloidogyne exigua* de raízes de cafeeiro. *Fitopatologia Brasileira*, v. 6, n. 3, p. 553, 1981.

CHIDICHIMA, L. et al. Resposta de espécies de adubação verde e cultivares de milheto a diferentes populações de *Meloidogyne javanica*. *Revista Chilena de Pesquisa Agrícola*, v. 81, n. 3, p. 310-316, 2021.

CHOWDHURY, S. P. et al. Biocontrol mechanism by root-associated *Bacillus amyloliquefaciens* FZB42: a review. *Frontiers in Microbiology*, v. 6, 2015.

CUNHA, D. F. et al. Desempenho comparativo de formulações biológicas no manejo de *Meloidogyne enterolobii* em grão-de-bico (*Cicer arietinum*). *Proteção de Cultivos*, v. 190, p. 107082, 2025.

DIMOPOULOU, A. et al. Atividade antibiótica direta da bacilibactina amplia o espectro de biocontrole de *Bacillus amyloliquefaciens* MBI600. *mSphere*, v. 6, n. 4, p. e00376-21, 2021.

DO NASCIMENTO SILVA, J. et al. Diversidade, estrutura e composição de bactérias promotoras do crescimento vegetal no solo do Cerrado brasileiro. *Rhizosphere*, v. 20, p. 100435, 2021.

DUTTA, T. K.; KHAN, M. R.; PHANI, V. Plant-parasitic nematode management via biofumigation using brassica and non-brassica plants: current status and future prospects. *Current Plant Biology*, v. 17, p. 17-32, 2019.

FAVORETO, L. et al. Diagnose e manejo de fitonematoides na cultura da soja. *Informe Agropecuário*, v. 40, n. 306, p. 18-29, 2019.

GRAHOVAC, J.; PAJČIN, I.; VLAJKOV, V. *Bacillus* VOCs no contexto do controle biológico. *Antibiotics*, v. 12, n. 3, p. 581, 2023.

ITO, D. S. et al. *Métodos em nematologia agrícola*. Sociedade Brasileira de Nematologia, 2019. 184 p.

MESSA, V.; SANTOS, D. S.; GOMES, R. M. Seed treatment with *Bacillus amyloliquefaciens* for the control of *Meloidogyne javanica*. *Applied Science and Biotechnology Journal*, v. 7, n. 2, p. 45-52, 2019.

MOREIRA, A. C. S. et al. *Bacillus amyloliquefaciens* strain BaNCT02: an antagonist with multiple mechanisms of action against *Meloidogyne incognita*. *Plant Pathology*, v. 74, n. 2, p. 320-329, 2025.

NGALIMAT, M. S. et al. A review on the biotechnological applications of the operational group *Bacillus amyloliquefaciens*. *Microorganisms*, v. 9, n. 3, p. 614, 2021.

NGALIMAT, M. S. et al. Uma revisão sobre as aplicações biotecnológicas do grupo operacional *Bacillus amyloliquefaciens*. *Microorganisms*, v. 9, n. 3, p. 614, 2021.

OKA, Y.; SHUKER, S.; TKACHI, N. Eficácia nematicida do MCW-2, um novo nematicida do grupo fluoroalquenil, contra *Meloidogyne javanica*. *Pest Management Science*, v. 65, p. 1082-1089, 2009.

OLIVEIRA, C. M. et al. Morphological, biochemical and molecular characterization of *Meloidogyne* spp. populations from Brazilian soybean production regions. *Ciência Rural*, v. 47, n. 5, e20160634, 2017.

ORIANI, E. E. et al. Inlayon Eco™ (*Bacillus amyloliquefaciens*) aplicado no sulco de plantio da cana-de-açúcar para controle de *Meloidogyne javanica*, safra 2020/21. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 37., 2021. Anais... [S.l.]: SBN, 2021. Resumo expandido.

PARRA, J. R. P. et al. *Controle biológico com parasitoides e predadores na agricultura brasileira*. Piracicaba: FEALQ, 2024.

PAULA, L. L. et al. Efeito do 4-etilbenzaldeído do volatiloma de *Annona muricata* em *Meloidogyne incognita*. *Plant Disease*, v. 107, n. 8, p. 2352-2358, 2023.

PÉREZ-GARCÍA, A.; ROMERO, D.; DE VICENTE, A. Plant protection and growth stimulation by microorganisms: biotechnological applications of Bacilli in agriculture. *Current Opinion in Biotechnology*, v. 22, n. 2, p. 187-193, 2011.

SALAS, F. J. S.; TÖFOLI, J. G. *Cultura da batata: pragas e doenças*. São Paulo: Instituto Biológico, 2017.

VASANTHA-SRINIVASAN, P. et al. The role of *Bacillus* species in the management of plant-parasitic nematodes. *Frontiers in Microbiology*, v. 15, p. 1510036, 2025.

WANG, S.-Y. et al. Capacidade de biocontrole do grupo *Bacillus amyloliquefaciens*, *B. velezensis*, *B. nakamurai* e *B. siamensis* para o manejo de doenças fúngicas pós-colheita: uma revisão. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 70, n. 22, p. 6591-6616, 2022.

WU, Y. et al. Antifungal and plant growth promotion activity of volatile organic compounds produced by *Bacillus amyloliquefaciens*. *MicrobiologyOpen*, v. 8, n. 8, p. e00813, 2019.

YADAV, U. Recent trends in nematode management practices: the Indian context. *International Research Journal of Engineering and Technology*, v. 4, p. 482-489, 2017.

YIN, N. et al. Compostos orgânicos voláteis da cepa Bc-Cm103 de *Bacillus cereus* exibem atividade fumigante contra *Meloidogyne incognita*. *Plant Disease*, v. 105, p. 904-911, 2021.

ZALILA-KOLSI, I.; BEN-MAHMOUD, A.; AL-BARAZIE, R. *Bacillus amyloliquefaciens*: explorando seu potencial para aplicações industriais, médicas e agrícolas — uma revisão abrangente. *Microorganisms*, v. 11, n. 9, p. 2215, 2023.