

**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 HIDROLÂNDIA**

**DIEGO ALVES DA SILVA**

**MANEJO DE *Heterodera glycines* NA CULTURA DA SOJA UTILIZANDO PRODUTOS  
BIOLÓGICOS**

**HIDROLÂNDIA, GO**

**2025**

**DIEGO ALVES DA SILVA**

**MANEJO DE *Heterodera glycines* NA CULTURA DA SOJA UTILIZANDO PRODUTOS  
BIOLÓGICOS**

Monografia apresentada à Banca Examinadora do Curso  
de Especialização em Bioinsumos do Instituto Federal  
Goiano como exigência parcial para obtenção do título de  
Pós-graduação.

Orientador: Prof. Dr. José Feliciano Bernardes Neto

**HIDROLÂNDIA, 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**

S586m Silva, Diego Alves da  
MANEJO DE Heterodera glycines NA CULTURA DA SOJA  
UTILIZANDO PRODUTOS BIOLÓGICOS / Diego Alves da  
Silva. Hidrolândia 2025.

34f.

Orientador: Prof. Dr. José Feliciano Bernardes Neto.  
Monografia (Especialista) - Instituto Federal Goiano, curso de  
1130426 - Especialização em Bioinsumos - Hidrolândia (Campus  
Hidrolândia).

1. Heterodera glycines. 2. Bioinsumos. 3. Controle biológico. 4.  
Nematoides. 5. Soja. I. Título.

## Regulamento de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) – CEBIO/IF Goiano

### ANEXO V - ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Aos **doze** dias do mês de **setembro** de **dois mil e vinte e cinco**, às **15 horas**, reuniu-se a Banca Examinadora composta por: **Prof. Dr. José Feliciano Bernardes Neto** (orientador), **Profª. Dra. Jessica da Mata dos Santos Monteiro** e **Prof. Dr. João Pedro Elias Gondim**, para examinar o Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) intitulado “**MANEJO DE *Heterodera glycines* NA CULTURA DA SOJA UTILIZANDO PRODUTOS BIOLÓGICOS**” de **Diego Alves da Silva**, estudante *da lato sensu* em Bioinsumos do **Centro de Excelência em Bioinsumos (CEBIO) do IF Goiano – Campus Hidrolândia**, sob **Matrícula nº 2024111304260006**. 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.

Hidrolândia, 12 de setembro de 2025.

*(Assinado eletronicamente)*

**Dr. José Feliciano Bernardes Neto**

Orientador(a)

*(Assinado eletronicamente)*

**Dra. Jessica da Mata dos Santos Monteiro**

Membro da Banca Examinadora

Documento assinado digitalmente  
 **JESSICA DA MATA DOS SANTOS MONTEIRO**  
Data: 12/09/2025 16:29:04-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

*(Assinado eletronicamente)*

**Dr. João Pedro Elias Gondim**

Membro da Banca Examinadora

Documento assinado digitalmente  
 **JOAO PEDRO ELIAS GONDIM**  
Data: 12/09/2025 16:48:15-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

#### Observação:

Para o caso de REAPRESENTAÇÃO, tem-se no trecho final da Ata a seguinte redação:

“Após tal etapa, a Banca Examinadora decidiu pela **REAPRESENTAÇÃO** do TCC. Desta forma, o estudante deve realizar correções e adequações no trabalho e apresentá-lo novamente em até XX dias, contados a partir de hoje (XX/XX/XXX). Nesta nova oportunidade, após avaliação da banca examinadora, o estudante poderá ser

APROVADO ou REPROVADO, não havendo possibilidade de outra reapresentação. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que foi assinada pelos membros da Banca Examinadora e Responsável de TCC.”

Para o caso de REPROVAÇÃO, tem-se no trecho final da Ata a seguinte redação:

“Após tal etapa, a Banca Examinadora decidiu pela **REPROVAÇÃO** do(a) estudante. Desta forma, o estudante deverá realizar o desenvolvimento e defesa de novo TCC no próximo semestre. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que foi assinada pelos membros da Banca Examinadora e Responsável de TCC.”

Documento assinado eletronicamente por:

■ **Jose Feliciano Bernardes Neto, ASSISTENTE DE ALUNO**, em 12/09/2025 16:20:26.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 12/09/2025. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

**Código Verificador:** 743849

**Código de Autenticação:** ccb570ab1e



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

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

### IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

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

☐ Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Diego Alves da Silva

Matrícula:

2024111304260006

Título do trabalho:

MANEJO DE Heterodera glycines NA CULTURA DA SOJA UTILIZANDO PRODUTOS BIOLÓGICOS

### 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:

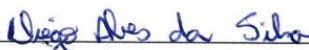
- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto 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.

Hidrolândia

Local

08/10/2025

Data



Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:



Documento assinado digitalmente

JOSE FELICIANO BERNARDES NETO

Data: 08/10/2025 14:04:48-0300

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

Assinatura do(a) orientador(a)

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho á meu pai Manoel Gonçalves da Silva e minha mãe Geralda Alves Ferreira da Silva pela dedicação que tiveram ao longo da vida pra que eu pudesse sempre priorizar os estudos e me manter no caminho correto, á minhas irmãs Karita Alves da Silva e Katia Alves da Silva pelo apoio incondicional e parceria ao longo de minha vida, á minha esposa Liliane Rosa de Souza por estar sempre a meu lado e sempre me dar forças pra seguir em frente e á minha filha amada Mariana Alves da Souza por seu meu estímulo de vida e me dar animo pra poder proporcionar a nossa família tudo de melhor que eu puder oferecer. Amo vocês!

Dedico também aos meus colegas de trabalho e gestores Mariana Stutz, Daniel Lage, Gustavo Peixoto e Caio Souza que me apoiam e icentivam diariamente na busca de conhecimentos relacionados a pesquisa .

Dedico a um grande amigo, Jorge Bleno que o conheci no trabalho, e me ajudou bastante na produção desse projeto mesmo estando em outro estado. Obrigado!

## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Instituto Federal Goiano (IF Goiano) e ao Centro de Excelência em Bioinsumos (CEBIO) pelo suporte técnico e pela infraestrutura disponibilizada para a realização do curso de pós-graduação. A Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG) e a Fundação de Apoio à Pesquisa (FUNAPE), pelo apoio financeiro e incentivo à ciência. E, de maneira especial, ao professor Dr. José Feliciano Bernardes Neto, pela orientação, dedicação e confiança depositada, fundamentais para concretização deste trabalho.





*A Terra Fornece o suficiente para  
satisfazer as necessidades de todos,mas não a  
ganância de todos.*

Mahatma Gandhi

## **BIOGRAFIA DO ALUNO**

Diego Alves da Silva é natural de Trindade-GO, cursou Ciências Biológicas Bacharelado na Faculdade União de Goyazes na mesma cidade, em 2022 começou a trabalhar em uma estação de pesquisas da BASF na mesma região onde despertou interesse no mundo da agricultura, trabalha com resistência genética a nematoides em cultivares de soja e algodão viu uma oportunidade no curso de especialização em Bioinsumos do IF goiano uma oportunidade de mesclar seus conhecimentos adquiridos na graduação pra contribuir para difusão de práticas agrícolas mais sustentáveis e de baixo impacto ambiental.

## RESUMO

A soja (*Glycine max*) é uma das principais culturas agrícolas do Brasil, com grande relevância econômica e estratégica para o agronegócio. No entanto, sua produtividade é constantemente ameaçada por fitonematoídeos, em especial *Heterodera glycines*, responsável por expressivas perdas no rendimento das lavouras. Diante das limitações do controle químico e da crescente demanda por práticas sustentáveis, os bioinsumos têm ganhado destaque como alternativa viável no manejo desse patógeno. Os resultados demonstram que agentes como *Purpureocillium lilacinum*, *Pochonia chlamydosporia*, *Bacillus* spp. e *Trichoderma* spp. apresentam eficácia no controle do nematoídeo, promovem o crescimento vegetal e contribuem para a saúde do solo. A integração desses bioinsumos com outras práticas, como o uso de cultivares resistentes e rotação de culturas, mostra-se essencial para o sucesso do manejo integrado de pragas na cultura da soja.

**Palavras-chave:** *Heterodera glycines*, bioinsumos, controle biológico, nematoídeos, soja.

## ABSTRACT

Soybean (*Glycine max*) is one of Brazil's most important agricultural crops, playing a key economic and strategic role in agribusiness. However, its productivity is continually threatened by plant-parasitic nematodes, especially *Heterodera glycines*, which cause significant yield losses. Given the limitations of chemical control and the growing demand for sustainable practices, bio-input has emerged as a viable alternative for managing this pathogen. This study reviews biological control strategies against *H. glycines* using beneficial microorganisms such as fungi and bacteria. The findings show that agents such as *Purpureocillium lilacinum*, *Pochonia chlamydosporia*, *Bacillus* spp., and *Trichoderma* spp. are effective in suppressing nematode populations, promoting plant growth, and improving soil health. The integration of these bio-inputs with other practices, including the use of resistant cultivars and crop rotation, proves essential for the success of integrated pest management in soybean cultivation.

Keywords: *Heterodera glycines*, bio-inputs, biological control, nematodes, soybean.

## LISTA DE TABELAS

|                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| TABELA 1- Bioinsumos utilizados no controle de <i>H. glycines</i> ..... | 23 |
|-------------------------------------------------------------------------|----|

## SUMÁRIO

|                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. INTRODUÇÃO GERAL .....                                                                    | 10 |
| 2. OBJETIVOS .....                                                                           | 11 |
| 3. CAPÍTULO 1 .....                                                                          | 12 |
| MANEJO DE <i>Heterodera glycines</i> NA CULTURA DA SOJA UTILIZANDO PRODUTOS BIOLÓGICOS ..... | 12 |
| RESUMO .....                                                                                 | 12 |
| ABSTRACT .....                                                                               | 13 |
| 1. Introdução .....                                                                          | 14 |
| 2. Material e Métodos .....                                                                  | 20 |
| 3. Resultados e Discussão .....                                                              | 20 |
| 3.3.1 Tabela 1- Bioinsumos utilizados no controle de <i>H. glycines</i> . ....               | 23 |
| 4. Considerações Finais .....                                                                | 26 |
| 4. Referências .....                                                                         | 28 |
| CONCLUSÃO GERAL .....                                                                        | 35 |

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A soja consolidou-se como a principal cultura agrícola do Brasil, ocupando papel estratégico na economia e na segurança alimentar mundial. Entretanto, sua produção é comprometida por diversos fatores bióticos, com destaque para os fitonematoides, que geram expressivas perdas de produtividade. (EMBRAPA, 2016)

Entre eles, *H. glycines* destaca-se pela elevada capacidade de reprodução e adaptação, representando um dos maiores desafios para os sojicultores. As limitações do controle químico e a necessidade de práticas agrícolas sustentáveis abriram espaço para os bioinsumos, que vêm se mostrando ferramentas eficazes e ambientalmente seguras no manejo desse patógeno. (EMBRAPA, 2009)

Nesse contexto, torna-se essencial compreender as possibilidades de aplicação de microrganismos benéficos e outras práticas integradas que favoreçam a manutenção da produtividade com menor impacto ambiental. (SOARES, 2019)

## 2. OBJETIVOS

Geral: O presente trabalho tem como objetivo analisar o potencial dos bioinsumos no manejo de *H. glycines* na cultura da soja, destacando sua eficácia, benefícios agronômicos e papel estratégico dentro de sistemas de manejo integrado e sustentável.

Específicos: Levantar informações sobre a ocorrência e os impactos de *H. glycines* na cultura da soja.

Revisar os principais métodos de controle atualmente empregados, com ênfase em práticas sustentáveis.

Identificar e descrever os microrganismos utilizados como bioinsumos no manejo do nematoide.

Avaliar o papel dos bioinsumos dentro do manejo integrado de pragas (MIP).



### 3. CAPÍTULO 1

## MANEJO DE *Heterodera glycines* NA CULTURA DA SOJA UTILIZANDO PRODUTOS BIOLÓGICOS

### RESUMO

A soja (*Glycine max*) é uma das principais culturas agrícolas do Brasil, com grande relevância econômica e estratégica para o agronegócio. No entanto, sua produtividade é constantemente ameaçada por fitonematoídeos, em especial *H. glycines*, responsável por expressivas perdas no rendimento das lavouras. Diante das limitações do controle químico e da crescente demanda por práticas sustentáveis, os bioinsumos têm ganhado destaque como alternativa viável no manejo desse patógeno. Os resultados demonstram que agentes como *Purpureocillium lilacinum*, *Pochonia chlamydosporia*, *Bacillus* spp. e *Trichoderma* spp. apresentam eficácia no controle do nematoídeo, promovem o crescimento vegetal e contribuem para a saúde do solo. A integração desses bioinsumos com outras práticas, como o uso de cultivares resistentes e rotação de culturas, mostra-se essencial para o sucesso do manejo integrado de pragas na cultura da soja.

Palavras-chave: *Heterodera glycines*, bioinsumos, controle biológico, nematoídeos, soja.

## ABSTRACT

Soybean (*Glycine max*) is one of Brazil's most important agricultural crops, playing a key economic and strategic role in agribusiness. However, its productivity is continually threatened by plant-parasitic nematodes, especially *H. glycines*, which cause significant yield losses. Given the limitations of chemical control and the growing demand for sustainable practices, bio-input has emerged as a viable alternative for managing this pathogen. This study reviews biological control strategies against *H. glycines* using beneficial microorganisms such as fungi and bacteria. The findings show that agents such as *Purpureocillium lilacinum*, *Pochonia chlamydosporia*, *Bacillus* spp., and *Trichoderma* spp. are effective in suppressing nematode populations, promoting plant growth, and improving soil health. The integration of these bio-inputs with other practices, including the use of resistant cultivars and crop rotation, proves essential for the success of integrated pest management in soybean cultivation.

Keywords: *Heterodera glycines*, bio-inputs, biological control, nematodes, soybean.

## 1. Introdução

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma das principais culturas agrícolas do mundo, com importância histórica, econômica e alimentar. Seus primeiros registros de cultivo ocorreram no leste da Ásia, sendo a China reconhecida como seu centro de origem (MORSE, 1950). Com o tempo, a cultura se expandiu para a Coreia e o Japão (PROBST & JUDD, 1973), chegando à Europa em 1739, após relatos do botânico Engelbert Kaempfer sobre seu uso na alimentação japonesa (PIPER & MORSE, 1923). O cultivo se consolidou nos Estados Unidos a partir de 1765, com significativos avanços em produtividade e resistência de cultivares (GAZZONI, 2018).

No Brasil, o primeiro relato de plantio foi feito por Gustavo D’Utra em 1882, no estado da Bahia. No entanto, as variedades inicialmente utilizadas não se adaptaram ao clima tropical (D’UTRA, 1882). A cultura só ganhou força com as primeiras plantações comerciais no Rio Grande do Sul, cujas condições climáticas eram similares às dos Estados Unidos (BONNATO & RIZZO, 1987). A partir da década de 1970, com o desenvolvimento de cultivares adaptadas ao clima tropical e apoio de políticas públicas, houve uma expressiva expansão da soja para regiões de baixas latitudes, entre o Trópico de Capricórnio e a Linha do Equador (EMBRAPA, 2024). Atualmente, o Brasil é o maior produtor e exportador mundial de soja, respondendo por cerca de 50% do comércio global. Em 2021, o país produziu 126 milhões de toneladas e exportou 84 milhões, gerando US\$ 30 bilhões apenas naquele ano, e acumulando US\$ 346 bilhões nas duas últimas décadas (EMBRAPA, 2021).

A safra brasileira de soja 2024/25 mantém o país na liderança mundial de produção de oleaginosa, consolidando-se como a principal commodity agrícola nacional. Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2025a), a produção estimada é de aproximadamente 169,7 milhões de toneladas, representando crescimento de 14,8% em relação à safra anterior. Os estados do Centro-Oeste confirmam sua importância estratégica: Mato Grosso permanece como maior produtor nacional, com expectativa de colher mais de 51 milhões de toneladas, enquanto Goiás atingiu cerca de 20,4 milhões de toneladas, ambos com resultados recordes (CONAB, 2025b; GOIÁS, 2025; MATO GROSSO ECONÔMICO, 2025). Na Bahia, a colheita também apresentou forte desempenho, contribuindo para a consolidação da região como um dos polos de expansão agrícola (CONAB, 2025b).

No Sul, Paraná e Rio Grande do Sul tiveram suas produtividades afetadas por veranicos ocorridos entre dezembro e março, o que reduziu os rendimentos em comparação ao potencial esperado (CONAB, 2025a). Em contrapartida, Minas Gerais e Goiás apresentaram índices elevados de colheita, acima de 90% da área plantada, com produtividades próximas ao teto regional (CONAB, 2025b). Esses resultados evidenciam tanto a magnitude da soja para a economia brasileira quanto a influência das variações climáticas regionais sobre a produtividade. Além disso, reforçam a necessidade de estratégias diferenciadas de manejo e políticas públicas adaptadas às realidades de cada estado produtor (AGÊNCIA BRASIL, 2025).

Entretanto, a produtividade da soja enfrenta desafios fitossanitários significativos. Entre as principais ameaças estão doenças como a ferrugem-asiática (*Phakopsora pachyrhizi*), com potencial de perda de até 90% da produção (GODOY *et al.*, 2016), além da mancha-alvo (*Corynespora cassiicola*), mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*), podridão radicular de fitoftora (*Phytophthora sojae*), antracnose (*Colletotrichum truncatum*) e as doenças de final de ciclo, como septoriose (*Septoria glycines*), cercosporiose (*Cercospora kikuchii*) e oídio (*Microspheera difusa*). (EMBRAPA, 2022; SYNGENTA, 2023; FBA, 2023).

No entanto, um grupo de patógenos tem se destacado por sua agressividade e dificuldade de controle: os fitonematoides. Esses organismos microscópicos e habitantes do solo parasitam o sistema radicular das plantas, comprometendo a absorção de água e nutrientes, o que resulta em nanismo, clorose e perdas de produtividade (EMBRAPA, 2014). Estudos mais recentes indicam que os prejuízos anuais causados por nematoides ao agronegócio brasileiro alcançam R\$ 35 bilhões, sendo R\$ 16,2 bilhões atribuídos somente à soja (SBN; BASF; CONNECTBIO, 2025). A safra 2023/24 registrou tratamento em cerca de 17 milhões de hectares de soja com medidas de controle, uma resposta direta ao risco expressivo de perdas de produtividade que, em áreas muito infestadas, podem ultrapassar 50% (FARMTRAK-KYNETEC, FMC, 2025). Projeções compiladas por levantamentos de entidades nacionais apontam que, se o cenário permanecer sem controle efetivo, os prejuízos acumulados para todas as culturas podem atingir R\$ 870 bilhões em menos de 10 anos, com a soja figurando entre as mais afetadas (SYNGENTA; AGROCONSULT; SBN, 2022). Dentre as espécies mais relevantes destacam-se *H. glycines* (nematóide-do-cisto-da-soja), *Pratylenchus brachyurus*

(nematóide-das-lesões), *Meloidogyne incognita* e *M. javanica* (nematóides-das-galhas) e *Rotylenchulus reniformis* (nematóide reniforme) (SANTOS; BELLÉ & VERSSIANI, 2025).

Os fitonematóides constituem um dos principais fatores bióticos limitantes da produtividade da soja no Brasil e em outros países produtores. Dentre as espécies de maior relevância estão *H. glycines* (nematóide de cisto da soja), *M. incognita* e *P. brachyurus*. Esses organismos apresentam ampla distribuição geográfica e elevada capacidade de adaptação, o que dificulta o manejo eficiente e aumenta sua importância econômica (DIAS *et al.*, 2010; ASMUS; INOMOTO, 2014). Os danos provocados pelos nematóides estão relacionados, principalmente, à formação de galhas nas raízes, necroses radiculares e presença de cistos, que comprometem o desenvolvimento do sistema radicular. Como consequência, ocorre redução na absorção de água e nutrientes, predisposição das plantas a estresses abióticos, como déficit hídrico, e redução no crescimento vegetativo (ASMUS; INOMOTO, 2014; EMBRAPA, 2020).

Estudos indicam que as perdas de produtividade podem variar de 10% a mais de 50%, dependendo da densidade populacional dos nematóides, da suscetibilidade do cultivar e das condições ambientais (DIAS *et al.*, 2010; CARNEIRO *et al.*, 2020). Em áreas com histórico de infestação elevada, a redução do estande de plantas e a ocorrência de reboleiras são sintomas típicos, ocasionando perdas significativas e, em alguns casos, inviabilizando a exploração econômica da cultura. Além do impacto direto na produtividade, os nematóides também interagem com outros patógenos radiculares, como *Fusarium spp.* e *Rhizoctonia solani*, potencializando o complexo de doenças de raízes e ampliando os prejuízos (CARNEIRO *et al.*, 2020). Assim, o manejo integrado, envolvendo rotação de culturas, uso de cultivares resistentes e aplicação de bioinsumos, é fundamental para mitigar os danos e garantir sustentabilidade à produção de soja no Brasil.

Relatado no Brasil na safra 1991/1992, *H. glycines* é considerado um dos principais patógenos da soja, devido à sua alta capacidade de reprodução e de adaptação às cultivares resistentes (KIM *et al.*, 1991). Sua presença já foi confirmada em várias regiões produtoras do país (DIAS *et al.*, 1998), e seu controle demanda estratégias sustentáveis e de longo prazo.

O ciclo de vida de *H. glycines*, principal nematóide associado à cultura da soja, inicia-se com a eclosão da larva de segundo estágio (J2), considerada a forma infectiva, que penetra nas raízes da planta hospedeira. A partir da penetração, o nematóide migra até o cilindro

vascular, onde induz a formação de células de alimentação especializadas conhecidas como sincícios. Essas estruturas permitem a extração contínua de nutrientes da planta, comprometendo o desenvolvimento radicular e a absorção de água e nutrientes, refletindo diretamente em reduções de produtividade. O ciclo completo pode variar de 24 a 30 dias, possibilitando diversas gerações em uma mesma safra (DIAS-ARIEIRA *et al.*, 2020). Os sintomas iniciais associados à infestação geralmente são de difícil distinção, sendo frequentemente confundidos com deficiências nutricionais ou estresse hídrico. Entre os principais sintomas, destacam-se a clorose das folhas, redução do crescimento radicular, murcha em períodos de seca, plantas de porte reduzido e consequente diminuição da produtividade (DIAS *et al.*, 2010; WANG *et al.*, 2022). Em casos severos, é possível observar manchas irregulares na lavoura, conhecidas como “reboleiras”, que correspondem a áreas de alta concentração populacional do patógeno (CONAB, 2021). A disseminação de *H. glycines* ocorre principalmente pelo transporte passivo dos cistos presentes no solo, que podem aderir a implementos agrícolas, pneus de máquinas, calçados e até mesmo ser levados pela água de irrigação ou enxurradas (DIAS *et al.*, 2010; NIBR, 2019). Além disso, a movimentação de solo contaminado entre áreas agrícolas representa um dos principais fatores de dispersão em novas regiões (SILVA; CARNEIRO, 2017).

O nematoide de cisto da soja (*H. glycines*) apresenta elevada variabilidade genética, expressa pela existência de 16 raças fisiológicas oficialmente reconhecidas em nível mundial, definidas de acordo com o sistema diferencial proposto por Riggs & Schmitt (1988). Essas raças diferenciam-se pela capacidade de infectar cultivares específicas de soja que possuem diferentes genes de resistência. No Brasil, levantamentos regionais confirmaram a ocorrência de diversas dessas raças, com destaque para as raças 1, 3, 4, 6, 9 e 14, que se encontram distribuídas em importantes áreas produtoras de soja. Entre elas, a raça 14 é considerada uma das mais frequentes e adaptadas às condições edafoclimáticas nacionais, sendo relatada em estados do Centro-Oeste, Sul e Nordeste (DIAS-ARIEIRA *et al.*, 2020; CONCENÇO *et al.*, 2021). A existência de diferentes raças ou populações fisiológicas de *H. glycines* apresenta implicações diretas no manejo, pois muitas cultivares de soja apresentam resistência específica a determinadas raças. A utilização contínua de um mesmo material genético resistente pode exercer pressão seletiva, favorecendo a predominância de raças adaptadas, reduzindo a eficiência do controle e exigindo a adoção de cultivares com diferentes fontes de resistência ao longo do tempo (CONCENÇO *et al.*, 2021).

Os métodos de controle tradicionalmente empregados para *H. glycines* incluem estratégias culturais e genéticas. O uso de cultivares resistentes constitui-se como a principal medida, entretanto, a eficiência dessa prática é limitada pela ampla variabilidade genética do nematoide e pela ocorrência de diferentes raças fisiológicas, o que pode levar à quebra da resistência ao longo dos ciclos produtivos (RIBEIRO *et al.*, 2019; WANG *et al.*, 2022). A rotação de culturas com espécies não hospedeiras, como milho, sorgo ou milheto, também é uma prática recomendada, reduzindo os níveis populacionais no solo e contribuindo para o manejo sustentável do patógeno (SILVA; CARNEIRO, 2017). O uso de nematicidas químicos, embora disponível, apresenta limitações econômicas e ambientais, sendo empregado em situações específicas e geralmente associado a outras práticas de manejo integrado (DIAS *et al.*, 2010; CONAB, 2021).

Diante dessa complexidade, o manejo integrado de nematoides surge como a estratégia mais eficiente para conviver com o patógeno. Entre as ferramentas disponíveis destacam-se a rotação de culturas com espécies não hospedeiras, o uso de cultivares resistentes, a adoção de práticas culturais que melhorem a saúde do solo, a utilização racional de produtos químicos e, mais recentemente, o emprego de bioinsumos, que incluem microrganismos como bactérias (*Bacillus spp.*, *Pasteuria spp.*) e fungos (*Trichoderma spp.*, *P. chlamydosporia*), têm se mostrado alternativas promissoras e ambientalmente seguras no manejo de fitonematoides. Esses agentes atuam por diferentes mecanismos, como parasitismo direto sobre ovos e fêmeas, competição por espaço e nutrientes na rizosfera e indução de resistência sistêmica na planta hospedeira. Além de reduzirem populações de nematoides, contribuem para o equilíbrio biológico do solo e para a sustentabilidade da produção (FERRAZ; BROWN, 2016; MACHADO *et al.*, 2023).

Os nematoides fitoparasitas representam uma das maiores ameaças à produção de soja no Brasil, reduzindo a produtividade e aumentando os custos de manejo. Estudos recentes demonstram o potencial de agentes biológicos no controle dessas pragas. Por exemplo, cepas de *Bacillus* apresentaram mortalidade de até 93,85% de juvenis de segundo estágio de *H. glycines* em condições de casa de vegetação, destacando-se como alternativa sustentável ao uso exclusivo de defensivos químicos (BMC MICROBIOLOGY, 2024). Outros experimentos conduzidos na região do Tocantins verificaram que a aplicação de bioagentes como *Paecilomyces sp.*, *B. subtilis*, *Pochonia sp.* e *T. asperellum*, quando utilizados de forma

combinada, proporcionou redução significativa das populações de nematoides no solo, em comparação com o controle convencional (SILVA *et al.*, 2022).

No campo, observações na safra 2024/25 em Mato Grosso indicaram que, embora a produtividade média tenha se mantido estável devido às boas condições climáticas, há um avanço silencioso de populações de nematoides do cisto e de galha, especialmente em áreas cultivadas com genótipos suscetíveis. Esse cenário reforça a necessidade de adoção de manejos integrados para evitar prejuízos mais expressivos nas próximas safras (REVISTA CULTIVAR, 2025). Além disso, práticas de manejo integradas, como a rotação de culturas associada ao uso de bionematicidas, têm mostrado resultados promissores no controle de nematoides. Em ensaios recentes, essa combinação reduziu as populações do nematoide e favoreceu maior estabilidade na produtividade da soja em comparação ao uso isolado de rotação ou de químicos (TARINI *et al.*, 2025).

Assim, a integração entre medidas genéticas, culturais, químicas e biológicas constitui a base para a redução dos prejuízos causados por *H. glycines* na soja. Nesse contexto, os bioinsumos se consolidam como ferramentas essenciais, não apenas para reduzir a dependência de insumos químicos, mas também para atender às demandas por sistemas agrícolas mais sustentáveis e resilientes. Nesse contexto, os bioinsumos vêm se consolidando como uma alternativa promissora para o manejo de *H. glycines*. Produtos à base de microrganismos benéficos, como fungos e bactérias antagonistas, têm sido estudados por sua eficácia na redução da população de nematoides no solo e por causarem menor impacto ambiental em comparação aos nematicidas químicos (RODRIGUEZ-KABANA *et al.*, 1990; SCHMITT, 1991). A adoção desses insumos biológicos está alinhada às exigências de sustentabilidade e pode contribuir para a manutenção da produtividade e da saúde do solo nas áreas produtoras de soja.

Diante desse cenário, este trabalho tem como finalidade revisar as principais estratégias de controle biológico de *H. glycines* por meio de bioinsumos, destacando sua eficácia, mecanismos de ação e contribuições para um manejo integrado e sustentável da cultura da soja.



## 2. Material e Métodos

Este trabalho caracteriza-se como um estudo de revisão bibliográfica descritiva e interpretativa sobre o manejo do fitonematoide *H. glycines* na cultura da soja no Brasil, bem como os métodos de controle utilizados para sua mitigação.

A coleta de dados foi realizada entre os meses de abril e Setembro de 2025, por meio de buscas em bases de dados científicas como Periódicos CAPES, SciELO, Google Scholar, Embrapa, além de periódicos técnicos e portais especializados como Revista Cultivar e Mais Soja. Utilizaram-se os seguintes descritores e combinações: “nematoides na soja”, “*H. glycines*”, “manejo de nematoides”, “perdas na produtividade da soja”, “nematoides Brasil” e “O uso de agentes biológicos na agricultura”.

Foram incluídos artigos científicos, boletins técnicos, publicações institucionais da Embrapa e materiais de divulgação científica publicados. A seleção dos documentos foi baseada na relevância do conteúdo, atualidade das informações e credibilidade da fonte. A seleção dos materiais abrangeu publicações compreendidas entre os anos de 1923 e 2025, incluindo desde os primeiros relatos históricos da cultura da soja até os mais recentes avanços em manejo biológico de *H. glycines*.

Após a triagem, foram analisadas 60 publicações, das quais foram extraídos dados qualitativos e quantitativos sobre espécies de nematoides, sintomas, perdas estimadas de produtividade e estratégias de manejo recomendadas.

A análise foi feita de maneira descritiva, com o intuito de apresentar uma síntese crítica do conhecimento atual sobre o tema.

## 3. Resultados e Discussão

O controle biológico de nematoides na cultura da soja tem avançado com o uso de diferentes grupos de microrganismos, cada um apresentando mecanismos de ação específicos. Entre os principais, destacam-se os fungos nematófagos, as bactérias benéficas e os protozoários especializados. Os fungos nematófagos atuam por diferentes estratégias, parasitismo direto, como em *P. chlamydosporia* e *P. lilacinum*, que colonizam ovos e juvenis de nematoides, degradando suas estruturas por meio de enzimas quitinolíticas e proteolíticas

(KERRY, 2000). Produção de metabólitos tóxicos, como no caso de *Trichoderma spp.*, que além da ação direta, também estimulam mecanismos de defesa da planta (MELO; AZEVEDO, 2020).

As bactérias rizosféricas, por sua vez, desempenham papel duplo, competição e antibiose, exemplificada por *B. subtilis* e *B. firmus*, que produzem lipopeptídeos e enzimas hidrolíticas capazes de afetar o desenvolvimento de juvenis de *H. glycines* (SILVA *et al.*, 2022).

Indução de resistência sistêmica na planta, aumentando a capacidade de tolerância ao parasitismo (SILVA; FERREIRA, 2019). Um microrganismo de destaque é *Pasteuria nishizawae*, bactéria endospórica altamente específica a *H. glycines*. Seu mecanismo baseia-se na adesão de esporos à cutícula dos juvenis, penetrando e colonizando o corpo do nematoide, levando-o à morte antes da reprodução. Essa especificidade e eficiência tornam *P. nishizawae* um dos agentes mais promissores para programas de manejo biológico direcionados (NOEL; ATIBAUD; STIRLING, 2005).

Além disso, estudos recentes apontam que o uso de misturas de microrganismos potencializa os efeitos do controle biológico. Combinações de fungos como *Trichoderma* e *Pochonia* com bactérias como *B. subtilis* têm demonstrado efeitos sinérgicos, reduzindo significativamente a população de nematoides e melhorando o vigor das plantas de soja em campo (TARINI *et al.*, 2025). Essa abordagem integrada permite maior estabilidade dos resultados, considerando a variabilidade ambiental e a diversidade de raças de *H. glycines* presentes no Brasil.

Diversos estudos demonstraram que os produtos biológicos têm potencial significativo no controle de *H. glycines*. Segundo Dias-Arieira *et al.* (2013), o fungo *P. lilacinum* pode reduzir em até 60% a população de ovos e juvenis no solo. Da mesma forma, Mendes *et al.* (2018) verificaram que o uso de *P. chlamydosporia* proporcionou redução da densidade populacional do nematoide em áreas de cultivo contínuo de soja.

Além disso, *B. firmus* tem sido relatado como um agente eficaz, por produzir toxinas e enzimas capazes de afetar os estágios juvenis do nematoide (XIANG *et al.*, 2021). O uso de consórcios microbianos por exemplo (*Bacillus* + *Trichoderma*) tem se mostrado ainda mais eficiente, atingindo reduções populacionais superiores a 70%, segundo Silva *et al.* (2020).

A aplicação desses agentes biológicos também resultou em ganhos agrônômicos. Estudos como os de Freitas *et al.* (2017) indicam aumento na produtividade da soja quando associados ao controle eficaz de *H. glycines*.

A literatura aponta que os produtos biológicos oferecem uma alternativa sustentável e eficiente no manejo de *H. glycines*. Comparados aos nematicidas químicos, apresentam menor impacto ambiental, menor risco de resistência e benefícios adicionais com promoção do crescimento vegetal (MENDES *et al.*, 2018; XIANG *et al.*, 2021).

Os microrganismos utilizados no controle de *H. glycines* atuam por múltiplos mecanismos de ação sobre o nematoide, incluindo o parasitismo de ovos (*P. lilacinum*, *P. chlamydosporia*), a produção de compostos antimicrobianos (*Bacillus spp.*) e a indução de resistência sistêmica em plantas (*Trichoderma spp.*). Além disso, alguns microrganismos podem exercer simultaneamente diferentes mecanismos, como competição por nutrientes e secreção de enzimas que afetam várias fases do nematoide. A eficácia dessas estratégias biológicas, entretanto, pode variar conforme o tipo de solo, clima, forma de aplicação e densidade inicial da população do nematoide (DIAS-ARIEIRA *et al.*, 2013).

A aplicação de produtos biológicos no manejo de *H. glycines* apresentou resultados promissores em diferentes aspectos da cultura da soja. Em parcelas tratadas com bioinsumos à base de *Bacillus spp.*, *Trichoderma spp.* e *P. lilacinum*, observou-se uma redução significativa na densidade populacional do nematoide em comparação ao controle não tratado. (LOUREIRO *et al.*, 2024) Em média, a redução do número de ovos e juvenis por grama de raiz variou entre 40% e 70%, dependendo do produto utilizado e da dose aplicada (NASCIMENTO, 2019)

Os tratamentos biológicos também demonstraram impacto positivo no desenvolvimento da planta, com o aumento da biomassa aérea radicular. Em especial, produtos com *B. subtilis* mostraram efeito sinérgico, associando ação nematicida a efeitos de promoção de crescimento vegetal. Esse resultado está em consonância com estudos anteriores que relatam a capacidade desses microrganismos de induzir resistência sistêmica e melhorar a absorção de nutrientes (VIANA, 2024).

Em relação à produtividade, as parcelas tratadas com produtos biológicos apresentaram incrementos médios de 8% a 15% no rendimento de grãos por hectare, evidenciando a viabilidade do uso desses agentes com parte de um manejo integrado. Vale destacar que os

resultados mais consistentes foram observados quando os produtos foram aplicados preventivamente, no tratamento de sementes e nas primeiras fases do desenvolvimento da cultura. A variabilidade de respostas entre os tratamentos pode ser atribuída a fatores como condições edafoclimáticas, perfil microbiológico do solo e virulência da população do local de *H. glycines*. Ainda assim, a estabilidade dos resultados reforça o potencial do controle biológico como ferramenta eficaz no enfrentamento desse nematoide (LOUREIRO *et al.*, 2020)

### 3.3.1 Tabela 1- Bioinsumos utilizados no controle de *H. glycines*.

| Microrganismo                                                       | Mecanismo de ação                                                                                                           |
|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Bacillus subtilis</i>                                            | Produção de metabólitos antimicrobianos, competição por espaço/nutrientes e indução de resistência sistêmica na planta      |
| <i>Bacillus velezensis</i>                                          | Produção de lipopeptídeos, antibióticos e enzimas hidrolíticas; colonização da rizosfera e indução de resistência sistêmica |
| <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>                                   | Produção de compostos antimicrobianos, antibiose, colonização da rizosfera e indução de resistência sistêmica               |
| <i>Bacillus firmus</i>                                              | Produção de enzimas quitinolíticas e proteolíticas que degradam ovos e juvenis; efeito direto sobre a cutícula              |
| <i>Bacillus thuringiensis</i>                                       | Produção de toxinas (proteínas Cry e Cyt) que atuam contra juvenis de nematoides                                            |
| <i>Bacillus licheniformis</i>                                       | Produção de enzimas hidrolíticas e competição por nutrientes                                                                |
| <i>Paecilomyces lilacinus</i> (= <i>Purpureocillium lilacinum</i> ) | Parasitismo direto de ovos e juvenis, degradação da parede do ovo e ação enzimática                                         |
| <i>Pochonia chlamydosporia</i>                                      | Parasitismo de ovos e ação de enzimas quitinolíticas                                                                        |
| <i>Trichoderma harzianum</i>                                        | Parasitismo, antibiose, competição e indução de resistência sistêmica                                                       |
| <i>Trichoderma asperellum</i>                                       | Parasitismo e produção de metabólitos antifúngicos; indução de resistência                                                  |
| <i>Trichoderma endophyticum</i>                                     | Colonização endofítica, competição e indução de resistência                                                                 |
| <i>Pasteuria nishizawae</i>                                         | Parasita obrigatório de nematoides, adesão aos juvenis, penetração e destruição interna                                     |
| <i>Pseudomonas oryzae</i>                                           | Produção de sideróforos, antibiose, indução de resistência sistêmica                                                        |
| <i>Pseudomonas glycinae</i>                                         | Colonização da rizosfera, produção de metabólitos antimicrobianos e indução de resistência                                  |
| <i>Burkholderia rinojensis</i>                                      | Produção de toxinas e metabólitos antimicrobianos, colonização radicular                                                    |

|                                                                                                                         |                                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Priestia megaterium</i> (= <i>Bacillus megaterium</i> )                                                              | Produção de enzimas, estímulo de crescimento vegetal e indução de resistência                         |
| <i>Bacillus subtilis</i> + <i>Bacillus licheniformis</i>                                                                | Produção de metabólitos antimicrobianos e enzimas hidrolíticas, competição e colonização da rizosfera |
| <i>Bacillus subtilis</i> + <i>Trichoderma harzianum</i>                                                                 | Combinação de antibiose, parasitismo, indução de resistência sistêmica e colonização radicular        |
| <i>Bacillus subtilis</i> + <i>Bacillus velezensis</i>                                                                   | Produção de metabólitos antimicrobianos, lipopeptídeos e enzimas, com forte colonização da rizosfera  |
| <i>Bacillus subtilis</i> + <i>Bacillus paralicheniformis</i>                                                            | Produção de metabólitos antimicrobianos, colonização radicular e competição por nutrientes            |
| <i>Bacillus subtilis</i> + <i>Bacillus thuringiensis</i>                                                                | Ação combinada: antibiose e produção de toxinas Cry/Cyt que afetam juvenis                            |
| <i>Bacillus velezensis</i> + <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>                                                          | Produção de lipopeptídeos, enzimas e metabólitos com colonização intensa da rizosfera                 |
| <i>Bacillus subtilis</i> + <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>                                                            | Produção de metabólitos antimicrobianos e indução de resistência sistêmica                            |
| <i>Bacillus subtilis</i> + <i>Bacillus licheniformis</i> + <i>Paecilomyces lilacinus</i>                                | Antibiose, competição, parasitismo de ovos e indução de resistência sistêmica                         |
| <i>Bacillus velezensis</i> + <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> + <i>Bacillus thuringiensis</i>                          | Produção de lipopeptídeos, metabólitos e toxinas Cry/Cyt; colonização radicular                       |
| <i>Bacillus subtilis</i> + <i>Bacillus licheniformis</i> + <i>Bacillus circulans</i> + <i>Paenibacillus azotofixans</i> | Produção de metabólitos, enzimas e fixação biológica de N, melhorando o vigor da planta               |
| <i>Bacillus subtilis</i> + <i>Trichoderma asperellum</i> + <i>Purpureocillium lilacinum</i>                             | Combinação de antibiose, parasitismo e indução de resistência sistêmica                               |

|                                                                |                                                                |
|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| <i>Paecilomyces lilacinus</i> + <i>Pochonia chlamydosporia</i> | Parasitismo de ovos, ação enzimática e competição por recursos |
|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|

Fonte: Adaptado de MAPA (2025)

O controle de nematoides em soja tem sido tradicionalmente realizado com o uso de nematicidas químicos, os quais apresentam efeito imediato, porém limitado no tempo e muitas vezes associado a altos custos e impactos ambientais. Em contrapartida, o avanço no desenvolvimento de bioinsumos trouxe alternativas promissoras para o manejo sustentável de *H. glycines*. Os agentes biológicos, como bactérias (*B. subtilis*, *B. firmus*) e fungos (*P. chlamydosporia*, *P. lilacinum*), bem como o endoparasita obrigatório *P. nishizawae*, demonstram múltiplos mecanismos de ação. Entre eles destacam-se a produção de metabólitos tóxicos, a colonização e competição por nichos na rizosfera, o parasitismo direto de ovos e juvenis, e a indução de resistência sistêmica na planta hospedeira. Esses mecanismos conferem maior persistência e efeito cumulativo no solo, diferentemente dos químicos, cujo efeito é mais pontual e decresce rapidamente após a aplicação (FERRAZ; FREITAS, 2004; TIMPER, 2014).

Do ponto de vista ambiental, os bioinsumos apresentam elevada seletividade, atuando de forma direcionada contra os nematoides sem eliminar a microbiota benéfica do solo. Esse aspecto é crucial, uma vez que a diversidade microbiana está diretamente relacionada à saúde do solo e à resiliência dos sistemas produtivos (EMBRAPA, 2020). Além disso, não deixam resíduos químicos na soja ou no ambiente, favorecendo a aceitação do produto no mercado internacional, cada vez mais exigente em padrões de sustentabilidade.

Outro aspecto relevante é a redução do risco de desenvolvimento de populações resistentes, um problema comum associado ao uso contínuo de moléculas químicas com o mesmo modo de ação. Os bioinsumos, ao atuarem por diferentes mecanismos, reduzem a pressão seletiva sobre as populações de *H. glycines*, tornando-se aliados estratégicos em programas de manejo integrado. No âmbito econômico, estudos têm demonstrado que o uso de bioinsumos pode resultar em aumento da produtividade da soja associado à redução dos custos de produção a médio e longo prazo, visto que a aplicação sucessiva favorece a colonização do solo por microrganismos benéficos, proporcionando efeitos residuais positivos (DIAS-ARIEIRA *et al.*, 2020).

Embora a eficiência inicial possa variar em função das condições edafoclimáticas e da densidade populacional do nematoide, a integração de agentes biológicos ao manejo proporciona resultados consistentes quando combinada com outras práticas, como rotação de culturas e cultivares resistentes. Assim, os bioinsumos não devem ser vistos apenas como substitutos diretos dos químicos, mas como ferramentas essenciais dentro de um sistema integrado de manejo de nematoides, capaz de aliar produtividade, rentabilidade e sustentabilidade ambiental.

Além dos métodos biológicos, o controle genético por meio do uso de cultivares resistentes tem sido uma ferramenta importante no manejo de *H. glycines*. Linhagens de soja contendo genes de resistência, como PI 88788 e Peking, apresentam maior tolerância à infecção e são amplamente recomendadas em áreas com histórico de infestação. Contudo, o uso contínuo e exclusivo dessas cultivares pode favorecer a seleção de populações adaptadas e virulentas do nematoide, reduzindo a eficácia da resistência. Por isso, torna-se necessária a rotação de fontes genéticas de resistência, bem como a integração com outras práticas de manejo (MITCHUM *et al.*, 2020).

Assim, a rotação de culturas com espécies não hospedeiras, como milho, braquiária e sorgo, é recomendada como estratégia complementar para reduzir a densidade populacional do nematoide no solo (DIAS-ARIEIRA *et al.*, 2020).

A integração do controle biológico com práticas culturais, como rotação de culturas e o uso de cultivares resistentes, potencializa os resultados e está alinhada ao conceito de manejo integrado de pragas (MIP), promovendo sistemas agrícolas mais resilientes e produtivos (SILVA *et al.*, 2020).

#### **4. Considerações Finais**

O manejo de *H. glycines*, um dos principais nematoides fitoparasitas da cultura da soja, constitui um desafio relevante para a manutenção da produtividade e da sustentabilidade no agronegócio brasileiro. Nesse contexto, os bioinsumos surgem como uma alternativa promissora ao controle químico tradicional, especialmente diante das exigências por práticas agrícolas mais sustentáveis e ambientalmente responsáveis.

A utilização de microrganismos benéficos, como fungos e bactérias antagonistas, tem demonstrado resultados significativos na redução das populações do nematoide, além de contribuir para o vigor das plantas e a qualidade do solo. Agentes como *P. lilacinum*, *P. chlamydosporia*, *Bacillus* spp. e *Trichoderma* spp. atuam por diversos mecanismos — incluindo parasitismo, produção de compostos antimicrobianos e indução de resistência —, o que os torna aliados eficazes no controle biológico de *H. glycines*.

Entretanto, a eficácia desses produtos pode variar conforme as condições edafoclimáticas, o perfil microbiológico do solo, o manejo adotado e a virulência da população local do patógeno. Por essa razão, destaca-se a importância da aplicação desses insumos em estratégias de manejo integrado, aliando-os ao uso de cultivares resistentes, à rotação de culturas e a boas práticas agrícolas.

Conclui-se que os bioinsumos representam uma ferramenta viável, segura e alinhada aos princípios do manejo integrado de pragas, contribuindo significativamente para a redução do uso de defensivos químicos e para a construção de sistemas agrícolas mais resilientes. Recomenda-se, portanto, a ampliação dos investimentos em pesquisa, desenvolvimento tecnológico e capacitação técnica, visando à validação em diferentes regiões produtoras e à efetiva adoção dessa abordagem no manejo sustentável da soja.



#### 4. Referências

AGÊNCIA BRASIL. Safra de grãos 2024/25 será recorde, com destaque para soja. Agência Brasil, 2025. Disponível em: <https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202508/safra-de-graos-2024-25-e-estimada-em-345-2-milhoes-de-toneladas-com-recorde-na-producao-de-milho-e-soja>. Acesso em: 22 set. 2025.

ASMUS, G. L.; INOMOTO, M. M. Nematoides em soja: diagnóstico e manejo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, Embrapa Agropecuária Oeste, n. 120, 2014.

BMC MICROBIOLOGY. Biocontrol potential of *Bacillus* strains against soybean cyst nematode (*Heterodera glycines*) and for promotion of soybean growth. BMC Microbiology, v. 24, art. 371, 2024. DOI: 10.1186/s12866-024-03514-y.

BONATO, E. R.; BONATO, A. L. V. A soja no Brasil: história e estatística. Passo Fundo: EMBRAPA, 1987.

CARNEIRO, R. M. D. G.; CORREA, V. R.; ALMEIDA, E. J. A. Nematoides em culturas agrícolas: importância, danos e estratégias de manejo. Revista de Ciências Agrárias, v. 63, n. 2, p. 1-15, 2020.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, Safra 2024/25, 10º Levantamento. Brasília: Conab, jul. 2025a. Disponível em: [https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras/safra-de-graos/boletim-da-safra-de-graos/10o-levantamento-safra-2024-25/e-book\\_boletim-de-safras-10o-levantamento-2025.pdf](https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras/safra-de-graos/boletim-da-safra-de-graos/10o-levantamento-safra-2024-25/e-book_boletim-de-safras-10o-levantamento-2025.pdf). Acesso em: 22 set. 2025.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Boletim da Safra de Grãos 2024/25, 12º Levantamento. Brasília: Conab, set. 2025b. Disponível em: <https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras/safra-de->

graos/12o-levantamento-safra-2024-25/e-book\_boletim-de-safras-12o-levantamento\_2025.pdf. Acesso em: 22 set. 2025.

CONCENÇO, G.; SANTOS, H. G.; CARVALHO, J. R. R. Nematoides de importância agrícola: desafios e perspectivas de manejo. *Planta Daninha*, v. 39, p. 1-15, 2021.

DIAS, W. P.; GODOY, C. V.; SOARES, R. M. Nematoides em soja no Brasil: perdas e estratégias de controle. *Fitopatologia Brasileira*, v. 35, n. 5, p. 437-445, 2010.

DIAS-ARIEIRA, C. R.; SILVA, T. R.; SILVA, J. A. Controle biológico de *Heterodera glycines* em soja. *Nematologia Brasileira*, v. 37, n. 1, p. 10–16, 2013.

DIAS-ARIEIRA, C. R.; SOUZA, R. M.; SANTOS, P. A. Manejo de nematoides em culturas anuais no Brasil. *Revista Ceres*, v. 67, n. 6, p. 423-435, 2020.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Tecnologias de produção de soja – Região Central do Brasil 2021. Londrina: Embrapa Soja, 2020.

EMBRAPA. Resumos expandidos – Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil: atas e resumos. AINFO / Embrapa, 2016. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/155060/1/Reuniao-Soja-2016-atas-resumos-PDF.pdf>. Acesso em: 22 agosto. 2025.

EMBRAPA. Nematóides em soja: identificação e controle. Comunicado Técnico (CT-76). Londrina: Embrapa Soja, 2009 (ou data indicada no documento). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/854178/1/CT76eletronica.pdf>. Acesso em: 22 agosto. 2025.

EMBRAPA. Ferrugem asiática da soja. 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/ferrugem/inicial>. Acesso em: 30 abr. 2025.

EMBRAPA. História da soja. 2025. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/historia>. Acesso em: 25 mar. 2025.

EMBRAPA. Brasil é o quarto maior produtor de grãos e o maior exportador de carne bovina do mundo, diz estudo. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/62619259/brasil-e-o-quarto-maior-produtor-de-graos-e-o-maior-exportador-de-carne-bovina-do-mundo-diz-estudo>. Acesso em: 29 mar. 2025.

FBA. Soja: principais doenças. 2023. Disponível em: <https://www.fba.eco.br/pagina/soja>. Acesso em: 30 abr. 2025.

FERRAZ, L. C. C. B.; BROWN, D. J. F. Nematologia de plantas: fundamentos e importância. Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 2016.

FREITAS, L. G. et al. Utilização de microrganismos para o controle de nematoides fitoparasitas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 52, n. 5, p. 1–10, 2017.

GAZZONI, D. L. A. A soja no Brasil é movida por inovações tecnológicas. *Ciência e Cultura*, v. 70, n. 3, p. 16–18, 2018.

GOIÁS. Governo de Goiás. Goiás bate recorde em produção e produtividade de soja na safra 2024/25. Goiânia: Governo de Goiás, 2025. Disponível em: <https://goias.gov.br/agricultura/goias-bate-recorde-em-producao-e-produtividade-de-soja-na-safra-2024-25/>. Acesso em: 22 set. 2025.

GODOY, C. V. et al. Ferrugem-asiática da soja no Brasil: passado, presente e futuro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 51, n. 5, p. 407–421, 2016. Disponível em: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/23063/0>. Acesso em: 30 abr. 2025.

KERRY, B. R. Rhizosphere interactions and the exploitation of microbial agents for the biological control of plant-parasitic nematodes. *Annual Review of Phytopathology*, v. 38, p. 423–441, 2000.

KIM, K. S.; RIGGS, R. D. A model plant pathogen from the Kingdom Animalia: *Heterodera glycines*. *Nematropica*, v. 21, n. 1, p. 98–110, 1991.

LOUREIRO, E. S.; DIAS NETO, J. A.; PESSOA, L. G. A. et al. Benefícios econômicos do manejo biológico de *Heterodera glycines* na cultura da soja. *Revista GeSec*, v. 15, n. 1, p. 102-113, 2024.

LOUREIRO, E. S.; DIAS NETO, J. A.; PESSOA, L. G. A. et al. Manejo de *Pratylenchus brachyurus* com *Trichoderma harzianum* e *Purpureocillium lilacinum* na cultura da soja. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 7, p. 1-14, 2020.

MACHADO, A. C. Z. et al. Bionematicides in Brazil: an emerging and challenging market. *Biological Control*, v. 182, p. 105-123, 2023.

MATO GROSSO ECONÔMICO. Último levantamento da Conab consolida recorde da safra 2024/25 de Mato Grosso. Cuiabá: Mato Grosso Econômico, 2025. Disponível em: <https://matogrossoeconomico.com.br/agronegocio-mato-grosso/ultimo-levantamento-da-conab-consolida-recorde-da-safra-2024-25-de-mato-grosso/>. Acesso em: 22 set. 2025.

MELO, I. S.; AZEVEDO, J. L. (Orgs.). *Microbiologia ambiental*. 2. ed. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2020.

MENDES, M. L. et al. Potencial de fungos nematófagos no controle de nematoides de galha e de cisto. *Revista de Agricultura Neotropical*, v. 5, n. 2, p. 1–6, 2018.

MITCHUM, M. G. et al. Soybean resistance to the soybean cyst nematode *Heterodera glycines*: an update. *Phytopathology*, v. 110, n. 7, p. 1193–1201, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1094/PHYTO-01-20-0021-FI>. Acesso em: 2 jul. 2025.

MORSE, W. J. History of soybean production. In: MARKLEY, K. S. *Soybeans and soybean products*. New York: Interscience, 1950. p. 3–59.

NASCIMENTO, D. D. Promoção de crescimento e controle de cisto da soja (*Heterodera glycines*). 2019. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2019.

NOEL, G. R.; ATIBAUD, J. E.; STIRLING, G. R. *Pasteuria nishizawae*: biology and its potential for suppression of *Heterodera glycines* in soybean. *Journal of Nematology*, v. 37, n. 4, p. 441-448, 2005.

NOTÍCIAS AGROPECUÁRIAS (e similares). Brasil trata 17 milhões de hectares de soja contra nematoides. 04 jan. 2025. Disponível em: <https://www.agroemcampo.ig.com.br/2025/noticias/nematoides/>. Acesso em: 23 set. 2025.

PIPER, C. V.; MORSE, W. J. *The soybean: its history, agriculture and industry*. New York: McGraw-Hill, 1923.

PROBST, A. H.; JUDD, R. W. Origin, US history and development, and world distribution. In: CALDWELL, B. E. (ed.). *Soybeans: improvement, production and uses*. Madison: ASA, 1973. p. 1–15.

REVISTA CULTIVAR. Produtividade da soja mantém-se, mas nematoides avançam em Mato Grosso. *Revista Cultivar, Notícias*, 23 maio 2025. Disponível em: <https://revistacultivar.com/noticias/produtividade-da-soja-mantem-se-mas-nematoides-avancam-em-mato-grosso>. Acesso em: 23 set. 2025.

RIBEIRO, N. R.; et al. Resistência de cultivares de soja ao nematoide de cisto (*Heterodera glycines*). *Revista de Ciências Agrárias*, v. 62, n. 4, p. 123–131, 2019.

RODRIGUEZ-KABANA, R. et al. Sorghum in rotation with soybean for the management of cyst and root-knot nematodes. *Nematropica*, v. 20, n. 1, p. 71–79, 1990.

SANTOS, P. S. dos; BELLÉ, C.; VERSSIANI, J. B. da S. Estratégias de defesa: inovações com bionematicidas no manejo de fitonematoides. *Informações Agrônomicas: Proteção de Plantas*, n. 8, p. 15–24, jan. 2025.

SCHMITT, D. P. Management of *Heterodera glycines* by cropping and cultural practices. *Journal of Nematology*, v. 23, p. 20–25, 1991.

SILVA, K. C. L. et al. Biocontrol of plant-parasitic nematodes by soil in soybean cultivation. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 15, p. e118111536768, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i15.36768.

SILVA, J. R.; FERREIRA, L. C. Controle biológico de nematoides na agricultura: avanços e perspectivas. *Caderno de Ciências Agrárias*, v. 11, p. 1-12, 2019.

SILVA, F. A. et al. Efeito de consórcios microbianos no manejo de nematoides na soja. *Caderno de Ciências Agrárias*, v. 12, n. 3, p. 88–95, 2020.

SILVA, K. C. L. et al. Biocontrol of plant-parasitic nematodes by soil in soybean cultivation. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 15, p. e118111536768, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i15.36768.

SOARES, Anderson Flores. Produtos biológicos no manejo de *Heterodera glycines*. 2019. Dissertação (Mestrado) — Instituto Federal Goiano / Programa de Pós-Graduação, 2019. Disponível em: [https://sistemas.ifgoiano.edu.br/sgcursos/uploads/anexos\\_13/2021-05-25-03-51-26disserta%C3%A7%C3%A3o\\_Anderson\\_Flores\\_Soares.pdf](https://sistemas.ifgoiano.edu.br/sgcursos/uploads/anexos_13/2021-05-25-03-51-26disserta%C3%A7%C3%A3o_Anderson_Flores_Soares.pdf). Acesso em: 22 agosto. 2025.

SYNGENTA. Doenças da soja: danos na produtividade e estratégias de manejo. 2023. Disponível em: <https://maisagro.syngenta.com.br/tudo-sobre-agro/doencas-da-soja-danos-na-produtividade-e-estrategias-de-manejo/>. Acesso em: 30 abr. 2025.

TARINI, G.; SONDA, E. T.; SILVA, M. T. R. et al. Crop rotation combined with bionematicides for *Pratylenchus brachyurus* management in soybean. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 46, n. 3, p. 811-826, 2025. DOI: 10.5433/1679-0359.2025v46n3p811.

TIMPER, P. Management of plant-parasitic nematodes with biological control agents. *Annual Review of Phytopathology*, v. 52, p. 447–470, 2014. DOI: 10.1146/annurev-phyto-102313-045114.

VIANA, I. L. Q. Uso de produtos biológicos no controle de fitonematoides na cultura da soja. 2024. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Chapadão do Sul, 2024.

WANG, J.; LI, Y.; CHEN, S.; et al. Advances in management of the soybean cyst nematode (*Heterodera glycines*). Plant Disease, v. 106, n. 4, p. 979–989, 2022. DOI: 10.1094/PDIS-08-21-1766-FE.

XIANG, N. et al. Biocontrol potential of *Bacillus firmus* against *Heterodera glycines* in soybean. Biological Control, v. 158, p. 104592, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2021.104592>.

## CONCLUSÃO GERAL

A análise realizada confirma que o *Heterodera glycines* é um dos principais limitantes da produtividade da soja no Brasil e que o uso de bioinsumos constitui uma alternativa tecnicamente sólida e ambientalmente segura dentro do manejo integrado. Microrganismos como *Purpureocillium lilacinum*, *Pochonia chlamydosporia*, *Bacillus* spp. e *Trichoderma* spp. apresentam mecanismos complementares de ação sobre o nematoide, com efeitos diretos sobre ovos e juvenis e efeitos indiretos de promoção de crescimento e indução de resistência. Quando incorporados a um sistema de manejo que inclui rotação de culturas com não hospedeiras, uso rotativo de fontes genéticas de resistência e boas práticas de saúde do solo, esses agentes elevam a estabilidade produtiva e reduzem a dependência de moléculas químicas.

Os resultados compilados indicam reduções consistentes de populações de *H. glycines* e ganhos agronômicos quando os bioinsumos são aplicados de forma preventiva e integrada, sobretudo no tratamento de sementes e nos estádios iniciais do ciclo. A eficiência, contudo, é modulada por fatores edafoclimáticos, densidade populacional inicial e estrutura de raças do patógeno. Isso reforça a necessidade de diagnóstico local, monitoramento contínuo e ajuste dinâmico das táticas, inclusive com alternância de fontes de resistência como PI 88788 e Peking para mitigar pressão de seleção.

Do ponto de vista de sustentabilidade, os bioinsumos preservam a microbiota benéfica, não deixam resíduos e tendem a construir efeitos residuais positivos no solo ao longo das safras. Do ponto de vista econômico, a integração de biológicos em programas de manejo demonstra potencial para manter ou elevar a produtividade com melhor relação custo-benefício no médio prazo, especialmente em áreas historicamente infestadas.

Recomenda-se, para a realidade produtiva brasileira, a adoção de um protocolo padronizado que combine: amostragem e tipagem periódica de *H. glycines* por talhão; escolha de cultivares com fontes de resistência alternadas ao longo das safras; rotação planejada com não hospedeiras; aplicação preventiva de consórcios microbianos validados localmente; e indicadores de desempenho que contemplem densidade de ovos e juvenis, biomassa radicular,



vigor e rendimento. Onde possível, a validação on farm deve ser conduzida com delineamentos simples e registros de custo, a fim de sustentar a tomada de decisão do produtor.

Persistem lacunas que justificam novos estudos, como a definição de janelas ótimas de aplicação por ambiente, a seleção de consórcios microbianos adaptados a diferentes texturas e pH de solo, a interação com práticas de fertilidade e a quantificação de benefícios econômicos em séries plurianuais. Investimentos em pesquisa, transferência de tecnologia e capacitação técnica são essenciais para ampliar a adoção e refinar as recomendações por região.

Conclui-se que o uso estratégico de bioinsumos, integrado a genética, cultura e práticas de solo saudável, é caminho viável para reduzir perdas por *H. glycines*, aumentar a resiliência dos sistemas e atender às demandas de sustentabilidade do mercado. A consolidação desse caminho depende da combinação entre ciência aplicada, protocolos de diagnóstico e monitoramento e gestão técnica em nível de propriedade.