



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS URUÇUÍ
CURSO BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRÔNOMICA

PAULO HENRIQUE GUIMARÃES OLIVEIRA

BIOCONTROLE DE FITONEMATOIDES: O PROTAGONISMO DE *BACILLUS*
***SPP.* NA PRODUÇÃO DE SOJA**

URUÇUÍ

2025

PAULO HENRIQUE GUIMARÃES OLIVEIRA

BIOCONTROLE DE FITONEMATOIDES: O PROTAGONISMO DE *BACILLUS SPP.*
NA PRODUÇÃO DE SOJA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado na disciplina de TCC do Curso
de Bacharelado em Engenharia
Agrônômica do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí,
Campus Uruçuí.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Carmem Cristina
Mareco de Sousa Pereira

URUÇUÍ

2025

BIOCONTROLE DE FITONEMATOIDES: O PROTAGONISMO DE *BACILLUS* SPP. NA PRODUÇÃO DE SOJA

Paulo Henrique Guimarães Oliveira¹
Carmem Cristina Mareco de Sousa Pereira²

RESUMO

A soja (*Glycine max* L.) consolida-se como a principal commodity do agronegócio brasileiro, contudo, seu teto produtivo é severamente limitado pela incidência de fitonematoides, cujos danos econômicos atingem R\$ 16,2 bilhões anuais. O presente estudo analisou, por meio de revisão bibliográfica, o papel de rizobactérias do gênero *Bacillus* spp. no manejo integrado de *Heterodera glycines*, *Meloidogyne* spp. e *Pratylenchus brachyurus*. Os resultados destacam a eficácia das espécies *B. subtilis*, *B. firmus*, *B. amyloliquefaciens*, *B. methylotrophicus* e *B. thuringiensis* no controle desses fitopatógenos. A eficiência desses agentes biológicos decorre de sua ação multifuncional, que engloba o antagonismo direto via metabólitos e proteínas cristalinas, a indução de resistência e a promoção de crescimento vegetal. Observou-se que a máxima supressão populacional de fitonematoides, ocorre quando o biocontrole é associado ao manejo cultural com plantas de cobertura, como as do gênero *Brachiaria* e *Crotalaria*, que atuam como culturas não hospedeiras ou antagonistas na interrupção do ciclo biológico dos fitonematoides. Conclui-se que a integração de *Bacillus* spp. constitui uma solução biotecnológica de alta viabilidade, essencial para assegurar a resiliência e a rentabilidade da sojicultura nacional diante do desafio fitossanitário imposto pelos fitonematoides.

Palavras-chave: manejo integrado de nematoides, rizobactérias, sojicultura.

ABSTRACT

Soybean (*Glycine max* L.) has consolidated itself as the main commodity of Brazilian agribusiness; however, its yield potential is severely limited by the incidence of phytonematodes, whose economic losses reach R\$ 16.2 billion annually. This study analyzed, through a literature review, the role of rhizobacteria of the genus *Bacillus* spp. in the integrated management of *Heterodera glycines*, *Meloidogyne* spp., and *Pratylenchus brachyurus*. The results highlight the effectiveness of the species *B. subtilis*, *B. firmus*, *B. amyloliquefaciens*, *B. methylotrophicus*, and *B. thuringiensis* in controlling these phytopathogens. The efficiency of these biological agents is attributed to their multifunctional action, which includes direct antagonism through metabolites and crystalline proteins, induction of plant resistance, and promotion of plant growth. It

¹ Graduando em Engenharia Agrônômica. Instituto Federal do Piauí – Campus Uruçuí. E-mail: guimaraesoliveirap67@gmail.com

² Profa. Dra. em Engenharia Agrícola. Instituto Federal do Piauí – Campus Uruçuí. E-mail: carmem.pereira@ifpi.edu.br

was observed that maximum suppression of phytonematode populations occurs when biological control is combined with cultural management practices using cover crops, such as species of the genera *Brachiaria* and *Crotalaria*, which act as non-host or antagonistic crops by interrupting the biological cycle of phytonematodes. It is concluded that the integration of *Bacillus spp.* represents a highly viable biotechnological solution, essential to ensure the resilience and profitability of national soybean production in the face of the phytosanitary challenge imposed by phytonematodes.

Keywords: integrated nematode management; rhizobacteria; soybean production.

Data de aprovação: 09/12/2025 (data de apresentação do TCC)

1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max L.*) é uma das culturas de maior significado socioeconômico e estratégico para o agronegócio global e, em particular, para a economia brasileira, incluindo a alimentação humana e animal, sendo uma commodity fundamental para a produção de óleos, proteínas e, de forma crescente, para o setor de bioenergia.

Pela importância da soja na balança comercial brasileira, o seu sucesso produtivo está intrinsecamente ligado à capacidade de resolver os desafios fitossanitários, dos quais os fitonematoides representam uma das maiores e mais silenciosas ameaças (Walker, 2018). Esses vermes microscópicos, que parasitam o sistema radicular, causam danos que se manifestam na parte aérea por meio de sintomas específicos como o nanismo, a clorose e a formação de reboleiras, muitas vezes confundidos com deficiências nutricionais (Alves, 2015; Silva, 2018; Monteiro, Corbett, 2018; Verssiani, 2022). A severidade do parasitismo se traduz em perdas econômicas anuais na ordem de bilhões de reais, justificando a urgência na busca por estratégias de controle eficazes e sustentáveis (Machado et al., 2012; Santos et al., 2022).

Em regiões de clima tropical ou subtropical, onde o ambiente favorece a rápida multiplicação dos nematoides, as perdas de produtividade em lavouras de soja altamente infestadas podem atingir valores superiores, aproximando-se de 80% da produção total esperada (Gazzoni, 2018).

Historicamente, a dependência do controle químico com nematicidas de alta toxicidade, como os pertencentes à classe dos carbamatos, criou uma resistência dos

fitonematoides com relação ao uso dos nematicidas químicos (Campos; Ferrera; Almeida, 2021). Esse relato impulsionou pesquisa em métodos de biocontrole, que utilizam organismos vivos para suprimir patógenos, alinhando produtividade com segurança ambiental (Santos, 2022).

Por isso, o controle biológico (biocontrole) surgiu como a espinha dorsal de um manejo fitossanitário sustentável, onde o gênero *Bacillus spp.* se destaca como o grupo de microrganismos mais promissor na agricultura biotecnológica, tendo como importância a sua multifuncionalidade, atuando tanto no biocontrole direto de patógenos quanto na promoção de crescimento vegetal (Miljaković et al., 2020; Nascimento, 2019).

Em suma, a transição para um modelo de produção que prioriza o Manejo Integrado de Nematoides (MIN), com o *Bacillus spp.* como agente central, é o caminho de maior viabilidade econômica e sustentabilidade para a sojicultura moderna (Silva et al, 2020; Almeida, 2021; Almeida, 2023; Lourenço et al., 2023).

Portanto, este estudo tem como objetivo principal analisar o desempenho e a eficácia de *Bacillus subtilis*, *Bacillus firmus* e *Bacillus amyloliquefaciens* e seus mecanismos de antibiose e indução de resistência sistêmica no sistema radicular no controle específico de *Meloidogyne javanica*, *Meloidogyne incognita* e *Pratylenchus brachyurus* na soja, estabelecendo o papel fundamental desses bioagentes no manejo integrado de nematoides (MIN).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. O Cenário agronômico da soja: crise nematológica, fatores limitantes e o impacto fisiológico na produção

O manejo de fitonematoides na cultura da soja transcende a esfera da sanidade vegetal, tornando-se um imperativo para a sustentabilidade e a viabilidade econômica do agronegócio brasileiro (Favoreto et al., 2019). O reconhecimento dos nematoides como um dos principais entraves biológicos é fundamentado no prejuízo anual estimado em R\$ 16,2 bilhões para a sojicultura (Silva, 2022). A magnitude dessas perdas é reflexo direto da patogênese exercida pelos principais gêneros parasitas: o nematoide-das-galhas (*Meloidogyne spp.*), o nematoide-das-lesões (*Pratylenchus*

brachyurus) e o nematoide-do-cisto (*Heterodera glycines*) (Brida et al., 2016; Machado; Costa, 2017; Bellé et al., 2017; Silveira, 2021; Favoreto et al., 2019).

Os nematoides são vermes cilíndricos microscópicos, que variam de 0,2 a 3 mm, e seu dano não é apenas mecânico (Silva, 2023; Silva, 2018). O ataque ao sistema radicular envolve um tripé de ações destrutivas: ação espoliadora, que é consumo direto do conteúdo celular, desviando nutrientes essenciais para a formação dos nematoides (Costa, 2021); a ação traumática, onde apresenta-se com lesões causadas pela movimentação e perfuração dos tecidos radiculares (Martins, Cardoso, Lima, 2019); e a ação tóxica, que é a injeção de substâncias que interferem nos processos fisiológicos da planta, como a desregulação hormonal que leva à formação das galhas (*Meloidogyne spp.*) ou lesões necróticas (*P. brachyurus*) (Costa, 2021).

A presença desses nematoides no sistema radicular resulta na ineficiência da absorção e translocação de água e nutrientes, o que se manifesta na parte aérea através de sintomas inespecíficos. A presença de nanismo e a clorose foliar são frequentemente interpretadas erroneamente como deficiências nutricionais ou estresse hídrico (Souza, 2019; Dias et al., 2010). A concentração de plantas debilitadas em reboleiras circulares a ovas é o sinal mais claro, mas aparece tardiamente (Alves, 2015). Esta dificuldade de diagnóstico fez com que os nematoides fossem amplamente descritos como "inimigos invisíveis das plantas", gerando desconfiança e atraso na adoção de medidas eficazes (Mello, 2023).

As perdas de produtividade são devastadoras, exemplo, o *Pratylenchus brachyurus* é capaz de causar reduções de até 50% no Centro-Oeste (Coelho; Martins; Miranda, 2021). Para o *Heterodera glycines*, em condições de alta densidade populacional, as perdas podem variar entre 90% e 100% (Barros, Silva, Costa, 2020; Silva, 2022). Os sintomas finais mais graves, como o abortamento de vagens e a morte prematura das plantas, evidenciam o colapso do sistema produtivo e a concretização do prejuízo (Dias et al., 2010).

A busca por um manejo eficiente deve considerar a natureza de erradicação impossível dos nematoides (Santos, 2016). A escolha de táticas unilaterais não oferece sustentabilidade, revelando limitações severas tanto no âmbito ambiental quanto no biológico (Favoreto et al., 2019; Mendes, 2020). Já que o controle químico, por meio de nematicidas sintéticos, oferece uma solução de alta potência imediata, mas é inviável a longo prazo devido a riscos operacionais e biológicos (Araújo, 2023).

Fatores que limitam o controle de nematoides são vários, a exemplo há o entrave da dormência do *Heterodera glycines*, nematoide-do-cisto, que possui a capacidade de proteger seus ovos dentro do cisto, uma estrutura rígida que permite a dormência por até 8 anos. Autores afirmam que o manejo químico convencional atua, primariamente, sobre as formas juvenis que eclodem, e como a maior parte do potencial de infestação futura está protegida no cisto, o controle químico isolado falha em promover a limpeza efetiva da área e exige reaplicações contínuas e economicamente insustentáveis (Santos, 2016).

Outro fator é o controle genético, utilizando cultivares resistentes, que se apresenta como uma tática mais limpa, porém, é enfraquecida pela especificidade e pela variabilidade genética dos parasitas que criam resistência (VerssianI, 2022; Favoreto et al., 2019), como é o caso do *P. brachyurus*, nematoide-das-lesões, que tornou-se em um desafio genético, pois a pesquisa ainda não disponibiliza uma vasta gama de cultivares de soja resistentes ou tolerantes a esse parasita (Bellé et al., 2017). Kashiwaqui (2021) afirma que a dificuldade em encontrar cultivares eficazes torna o controle genético limitado contra o *P. brachyurus*, obrigando o produtor a recorrer a outras formas de manejo.

A coexistência de raças do *H. glycines*, tem gerado pesquisas que comprovassem a resistência de uma cultivar de soja direcionada a esse nematoide-do-cisto (Favoreto et al., 2019). No Brasil, diversas raças do *H. glycines* coexistem, e a cultivar selecionada pode ser ineficaz contra as demais raças presentes na área (Grigolli; Asmus, 2014; Costa, 2021). Para tomar uma decisão correta, é indispensável o diagnóstico preciso da espécie e raça presente (Favoreto et al., 2019), o que é mais um fator limitante devido à dificuldade de acesso a laboratórios especializados (Santos et al., 2022).

2.2. O biocontrole no manejo integrado de nematoides (MIN): O protagonismo de *Bacillus spp.*

A análise bibliográfica demonstra que a viabilidade econômica e a sustentabilidade no manejo de nematoides só podem ser alcançadas através do manejo integrado de nematoides (MIN), que preconiza a utilização harmônica de diversas táticas (Favoreto et al., 2019; Mendes, 2020). Neste contexto, o controle biológico emerge como a principal ferramenta de resiliência, sendo economicamente

mais vantajosa e ecologicamente mais segura (Araújo, 2016), com a capacidade de combater múltiplas espécies simultaneamente (Favoreto et al., 2019).

As rizobactérias do gênero *Bacillus spp.* (*B. subtilis*, *B. firmus*, *B. amyloliquefaciens*), são os bionemáticos mais estudados e utilizados, graças à sua ação tripla que aborda os principais gargalos do manejo (Da Silva, 2022; Mesquita, 2022; Nogueira, Lima, Ferreira, 2019; Miljaković et al., 2020; Silva et al., 2023).

Essas rizobactérias podem atuar como promotoras de crescimento vegetal (PGPR), que é o mecanismo de maior relevância para a rentabilidade, pois o *Bacillus spp.* promove o desenvolvimento radicular (Nogueira, Lima, Ferreira, 2019) e aumenta o vigor da planta, o que é essencial para que a soja compense o dano radicular causado pelo parasitismo (Oliveira et al., 2019).

Estudos confirmam a eficiência de isolados de *Bacillus spp.* na melhoria dos índices de crescimento da planta e na supressão de nematoides, onde essa compensação ativa do dano, permite manter a produtividade final em níveis satisfatórios, superando a limitação de não haver resistência genética para patógenos-chave como o *P. brachyurus* (Texeira, 2021).

Biocontrole direto por antagonismo, na qual, o *Bacillus spp.* exerce um controle ativo e direto através da produção e excreção de metabólitos extracelulares, como antibióticos, peptídeos e hidrolases na parede celular da cultura, que afetam a motilidade, a eclosão de ovos e causam a mortalidade dos juvenis dos nematoides (Miljaković et al., 2020). Essa ação antagônica é extremamente essencial e eficaz onde o controle genético é falho, como no caso do *P. brachyurus*, onde o *B. subtilis* já demonstrou potencial significativo *in vitro* e em casa de vegetação (Machado et al., 2017), e o *B. firmus*, agente comprovadamente, utilizado no controle de nematoides na soja (Mesquita et al., 2020).

Indução de resistência sistêmica (RSI), é outra capacidade do *Bacillus spp.* de induzir a resistência sistêmica na planta (RSI) (Silva, 2023). Ao interagir com o hospedeiro, o microrganismo ativa os mecanismos de defesa naturais da soja (Mendes, 2020), conferindo maior tolerância ao ataque, proporcionando uma defesa preventiva de longo prazo, reduzindo a severidade das lesões e, portanto, a necessidade de intervenções corretivas dispendiosas no futuro (Silva, 2023).

Outras espécies de *Bacillus spp.* que também se destacam no controle de fitonematoides por apresentarem mecanismos de ação complementares, são o *Bacillus methylotrophicus* e o *Bacillus thuringiensis*. O *B. methylotrophicus* tem

demonstrado alta eficiência quando aplicado via tratamento de sementes, pois coloniza rapidamente o sistema radicular e forma uma barreira biológica que impede que os fitonematoides reconheçam a planta hospedeira (REIS; OLIVEIRA, 2025). Em estudos com *Meloidogyne javanica*, o *B. methylotrophicus* reduziu drasticamente a formação de galhas e a massa de ovos do fitonematoide, além de atuar como promotora de crescimento vegetal (REIS; OLIVEIRA, 2025). Já o *Bacillus thuringiensis* (Bt), embora muito conhecido no controle de insetos, possui proteínas cristalinas (proteínas Cry) que são letais aos fitonematoides, causando danos severos ao seu trato digestivo (NASCIMENTO, 2023). A utilização do Bt em áreas infestadas resulta na redução da densidade populacional desses parasitas no solo e nas raízes, o que reflete diretamente em ganhos de produtividade na cultura da soja (NASCIMENTO, 2023).

Além disso, autores afirmam que o controle biológico alcança sua máxima eficácia quando integrado com práticas culturais que promovem o manejo de correção do solo e a redução populacional inicial, consolidando o conceito do MIN – Manejo Integrado de Nematoides (Silveira, 2021; Favoreto et al., 2019; Mendes, 2020). Exemplos são: a rotação e sucessão de culturas com plantas não hospedeiras ou antagonistas, que é uma estratégia de baixo custo e alta eficiência ecológica (Freitas, 2022; Teixeira, 2021); o uso de plantas de cobertura, como as do gênero *Crotalaria* (Grigolli; Asmus, 2014), fundamental para a redução da população inicial de nematoides, já que a *Crotalaria* atua como um verdadeiro "nematicida natural" ao liberar compostos com propriedades anti-helmínticas que suprimem a população de nematoides no solo, preparando a área para o próximo ciclo da soja (Melo, 2023).

Outro gênero de planta de cobertura fundamental para a redução populacional de fitonematoides na soja, é a *Brachiaria*, que desempenha um papel estratégico como planta de cobertura em sistemas de sucessão e rotação com a soja (ASMUS; RICHETTI, 2015). Além de sua notável capacidade de produção de biomassa e melhoria da estrutura física do solo, espécies como a *B. ruziziensis* atuam diretamente na supressão populacional de fitonematoides (DEBIASI et al., 2016). Diferente de outras gramíneas, a *Brachiaria* é reconhecida por ser uma má hospedeira ou apresentar baixos fatores de reprodução para espécies críticas como o nematoide-das-galhas (*Meloidogyne spp.*) e o nematoide-das-lesões (*Pratylenchus brachyurus*) (CHIAMOLERA et al., 2012). Adicionalmente, exsudatos radiculares liberados por certas cultivares de *Brachiaria*, possuem a capacidade de inibir a eclosão de juvenis

de *Heterodera glycines*, funcionando como um mecanismo de controle biológico natural que precede a semeadura da cultura principal (DIAS-ARIEIRA et al., 2003). A integração desta gramínea no sistema produtivo de soja, não apenas reduz a densidade de inóculo de fitonematoides no solo, mas também favorece a atividade de microrganismos antagonistas, potencializando o efeito de bionematicidas como o *Bacillus spp.* (SANTOS et al., 2022).

É de suma importância enfatizar que a sustentabilidade do manejo depende diretamente da qualidade do ambiente edáfico, como por exemplo a adição de matéria orgânica (esterco, adubos orgânicos e palhada), fator crucial, pois fomenta a multiplicação da microbiota benéfica nativa, incluindo fungos e as rizobactérias antagonistas do gênero *Bacillus spp.*, que atuam como inimigos naturais dos fitonematoides (Costa, 2022). Além disso, o manejo nutricional tem um papel defensivo, como a adubação potássica, que demonstrou eficácia no controle de *P. brachyurus*, pois fortalece a parede celular da planta, aumentando sua resistência contra a penetração e a ação dos patógenos (Oliveira et al., 2020).

Apesar da complexidade do manejo e da necessidade de análises laboratoriais, o diagnóstico visual em campo é o passo inicial e crucial para a tomada de decisão no manejo integrado (Favoreto et al., 2019). Portanto, as manifestações visuais são os primeiros indicadores que direcionam o leque de estratégias do MIN, que está intrinsecamente ligada às características físicas do solo, sendo a textura um fator que influencia diretamente a dinâmica populacional dos parasitas, onde tipo de solo afeta o potencial de dano de diversos nematoides, incluindo as espécies formadoras de galha, *Meloidogyne javanica* e *Meloidogyne incognita* (Rinaldi et al., 2014).

O *Bacillus* oferece não apenas o controle de parasitas por meio de mecanismos diretos (toxinas e antibióticos) e indiretos (Resistência Sistêmica na Planta - RSI), mas também promove ativamente o crescimento, garantindo que a planta maximize seu potencial produtivo e compense os estresses bióticos e abióticos, assegurando o sucesso e a longevidade da atividade agrícola (Santos, 2022; Nascimento, 2019).

Portanto, diante prejuízos anuais econômicos e das condições insustentáveis de táticas isoladas, como a toxicidade e a ineficácia do controle químico contra a dormência de *H. glycines*, a adoção do manejo integrado de nematoides (MIN) não é uma opção, mas um imperativo para a resiliência produtiva (Silveira, 2021).

A sustentabilidade econômica deste manejo é alcançada quando o controle biológico é centralizado, notadamente com o uso do *Bacillus spp.*, cuja tripla

funcionalidade (PGPR, antagonismo e RSI) permite contornar os principais gargalos, como: a ausência de resistência genética para *P. brachyurus* e a variabilidade racial de *H. glycines* (Favoreto et al., 2019). Adicionalmente, ao uso desses bionematicidas, via tratamento de sementes (TS), que é crucial para a supressão inicial de espécies formadoras de galhas como, *M. javanica* e *M. incognita* (Rinaldi et al., 2014), garantindo o vigor da planta e o sucesso do manejo em longo prazo (Nascimento, 2019). A eficácia máxima é complementada pela sinergia com o controle cultural, que exige a rotação com antagonistas como a *Crotalaria* (Grigolli; Asmus, 2014) e a gestão dos fatores edáficos (Rinaldi et al., 2014).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo confirmou que os fitonematoides representam o principal desafio à sojicultura brasileira, com um impacto financeiro significativo. Uma análise demonstrou que, embora os métodos de controle isolados, como o uso de nematicidas químicos e a resistência genética, apresentam eficácia pontual, eles são insuficientes e insustentáveis no longo prazo.

Constatou-se, também, que os métodos biológicos despontam como uma alternativa tecnológica mais promissora. O microrganismo *Bacillus spp.* se localiza como o pilar central do manejo integrado de nematoides (MIN), destacando-se pela sua ação tripla: promove o biocontrole direto; fortalece as plantas por meio da indução de resistência sistêmica (RSI) e, crucialmente, atua como promotor de crescimento (PGPR), permitindo que as plantas compensem o dano radicular.

Conclui-se, portanto, que o sucesso do manejo de fitonematoides na soja exige a adoção de um sistema integrado. O foco deve estar na biotecnologia de *Bacillus spp.*, complementada por práticas agronômicas essenciais, como a rotação de culturas com plantas antagonistas (*Crotalaria*) e a gestão da qualidade física e biológica do solo. A disseminação e o incentivo a essas práticas integradas são fundamentais, devendo ser fundamentados em evidências, como estudos científicos na teoria e na prática, para garantir a produtividade e a longevidade da sojicultura nacional.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. et al. Práticas integradas no manejo de fitonematóides. **Revista de Ciência Agrícola**, v. 2, p. 23-30, 2021.

ALMEIDA, J. P. et al. Uso de bioprodutos no manejo de fitonematóides em soja. **Revista de Agronomia Sustentável**, v. 2, p. 45-56, 2023.

ALVES, P. V. V. **Nematóides associados à cultura da soja na região integrada de desenvolvimento do Distrito Federal e entorno-RIDE**. 2015. 67 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) — Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

ARAÚJO, F. G. de et al. Plantas de cobertura e agentes de biocontrole no manejo de nematóides na cultura da soja. **Revista Caatinga**, v. 2, p. 243–250, 2023.

ASMUS, G. L.; RICHETTI, A. Milho e *Brachiaria ruziziensis* em rotação com a soja para manejo do nematoide reniforme. Dourados: **Embrapa Agropecuária Oeste, 2015**. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 71).

BARROS, D. C.; SILVA, P. L.; COSTA, R. J. Custos e benefícios do uso de nematicidas químicos na produção de soja. **Cadernos de Agronomia**, v. 2, p. 112-124, 2020.

BELLÉ, C. et al. Reação de cultivares de soja a *Pratylenchus brachyurus*. **Agrário**, v. 10, n. 36, p. 136-140, 2017.

BRIDA, A. L. de et al. Variabilidade espacial de *Meloidogyne javanica* em soja. **Summa Phytopathologica**, v. 42, p. 175-179, 2016.

CAMPOS, L. T.; FERREIRA, A. M.; ALMEIDA, J. R. Impactos ambientais associados ao uso de nematicidas químicos em sistemas agrícolas. **Revista Brasileira de Ecologia e Agricultura Sustentável**, v. 4, p. 88-102, 2021.

CHIAMOLERA, F. M. et al. Host status of *Brachiaria* species to *Meloidogyne javanica* and *Pratylenchus brachyurus*. **Nematropica**, v. 42, p. 278-285, 2012.

COELHO, T. N.; MARTINS, W. S.; DE MIRANDA, F. F. R. Controle biológico no manejo de *Pratylenchus brachyurus* em diferentes tratamentos na cultura da soja. **Revista de Biotecnologia e Biodiversidade**, v. 3, p. 274-278, 2021.

COSTA, M. V.; SILVA, R. G.; SOUZA, L. B. Impactos econômicos dos fitonematóides na cultura da soja. **Cadernos de Agronomia**, v. 3, p. 89-101, 2022.

DEBIASI, H. et al. *Pratylenchus brachyurus* na cultura da soja: importância e manejo. Londrina: **Embrapa Soja, 2016**. (Documentos, 378).

DIAS, W. P.; ROSA, J. M. O.; SOARES, P. L. M. Nematóides. In: EMBRAPA SOJA. **Tecnologias de produção de soja**: Paraná 2011. Londrina: Embrapa Soja, 2010. p. 195-202.

DIAS-ARIEIRA, C. R. et al. Atividade de exsudatos radiculares de gramíneas sobre a eclosão de juvenis de *Heterodera glycines* raça 3. **Nematologia Brasileira**, v. 27, n. 2, p. 149-154, 2003.

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

FREITAS, C. et al. Compostos alelopáticos e controle de nematoides em soja. **Agroecologia e Sustentabilidade**, v. 7, p. 78-85, 2022.

GAZZONI, D. L. A soja no contexto global: desafios e perspectivas. **Agronegócio e Sustentabilidade**, v. 10, n. 3, p. 12-27, 2018.

GRIGOLLI, J. F. J.; ASMUS, G. L. Manejo de nematoides na cultura da soja. **Embrapa Agropecuária**. Capítulo em livro científico (ALICE), p. 194-203, 2014.

LOURENÇO, S. et al. Eficiência de práticas integradas no manejo de fitonematoides. **Revista Brasileira de Fitopatologia**, v. 40, p. 201-209, 2023.

MACHADO, A. C. Z.; COSTA, M. J. N. Biocontrole do fitonematoide *Pratylenchus brachyurus* in vitro e na soja em casa de vegetação por *Bacillus subtilis*. **Revista Biociências**, v. 1, p. 83-94, 2017.

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

MARTINS, P. R.; CARDOSO, J. F.; LIMA, C. A. Controle químico de nematóides em áreas de soja: avanços e limitações. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 1, p. 56-68, 2019.

MELO, F. A. Impacto de fatores bióticos na produtividade agrícola: um estudo de caso. **Agrociências**, v. 1, p. 45-56, 2023.

MESQUITA, F. R. et al. Resistência à ferrugem asiática da soja a fungicidas: situação atual e perspectivas. **Revista de Patologia Vegetal**, v. 4, p. 334-345, 2020.

MIAMOTO, A. et al. Penetração e reprodução de *Meloidogyne javanica* em culturas leguminosas. **Revista de Fitopatologia**, v. 164, n. 11-12, p. 890-895, 2016.

MILJAKOVIĆ, D. et al. O papel de *Bacillus* spp. no biocontrole e biofertilização na agricultura sustentável. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, p. 574635, 2020.

MONTEIRO, A. R.; CORBETT, S. A. Sintomas e Sinais de Doenças de Plantas Causadas por Nematoides. In: SILVA, R. R.; PIMENTEL, C. P. (Eds.). **Fitopatologia: Princípios e Aplicações**. 2. ed. Lavras: Editora UFLA, 2018. p. 451-470.

NASCIMENTO, D. D. do. *Bacillus thuringiensis* na supressão de nematoides e aumento na produtividade de soja. 2023. 99 p. Tese (Doutorado em Agronomia - Entomologia Agrícola) — **Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias**, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Jaboticabal, 2023.

NOGUEIRA, A. C.; LIMA, R. S.; FERREIRA, P. M. Estratégias integradas para mitigação de estresses abióticos na cultura da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 54, n. 7, p. 995-1002, 2019.

OLIVEIRA, A. P. et al. Indução de resistência em soja por *Pseudomonas fluorescens*. **Revista Brasileira de Fitopatologia**, v. 45, p. 203-215, 2020.

OLIVEIRA, P. et al. Integração de métodos químicos e biológicos no manejo de nematóides. **Revista de Proteção Vegetal**, v. 37, p. 45-52, 2022.

REIS, C. M. R. dos; OLIVEIRA, R. M. de. Tratamento de sementes de soja com *Bacillus methylotrophicus* para o manejo de *Meloidogyne javanica*. **Revista Cerrado Agrociências**, v. 16, p. 154-164, 2025.

RINALDI, L. K. et al. Efeito de texturas do solo sobre populações de *Meloidogyne javanica* e *Meloidogyne incognita* em soja. **Cultivando o Saber**, v. 1, p. 94–101, 2014.

SANTOS, C. L.; VIEIRA, J. G.; PACHECO, T. S. Efeitos da compactação do solo e déficit hídrico na produtividade da soja. **Agroecologia e Sustentabilidade**, v. 10, n. 4, p. 56-67, 2021.

SANTOS, M. J. et al. Controle de nematoides com *Bacillus subtilis*: avanços e desafios. **Revista de Proteção Vegetal**, v. 41, p. 78-89, 2022.

SANTOS, R. et al. Uso de aldicarbe no controle de nematóides. **Nematologia Internacional**, v. 1, p. 67-74, 2022.

SILVA, J. R. Nematóides de galha na cultura da soja: características e manejo. **Revista Brasileira de Nematologia**, v. 1, p. 15-22, 2018.

SILVA, R. et al. Controle biológico e químico integrado de fitonematoides. **Revista de Solos Tropicais**, v. 1, p. 90-98, 2023.

SILVA, T. R. et al. Enzimas produzidas por fungos no controle de fitonematóides. **Avanços da Biotecnologia**, v. 38, p. 231-242, 2020.

SILVA, V. H. et al. Impactos do uso de nematicidas no manejo integrado. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 1, p. 45-59, 2022.

SILVEIRA, P. C. Estratégias de manejo integrado para controle de nematóides na soja. **Plantas e Soluções Agrícolas**, v. 4, p. 99-112, 2021.

SOUZA, J. de O. et al. Ocorrência e caracterização de *Meloidogyne* spp. em diferentes hospedeiros na região do Vale do Curu, Ceará. **Revista Caatinga**, v. 3, p. 19-25, 2015.

TEIXEIRA, S. J. C. **Interação entre plantas de cobertura e agentes de biocontrole no manejo de nematóides na cultura da soja**. 2021. 78 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) — Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2021.

VERSSIANI, M. L. N. **Identificação e Caracterização de Populações de *Meloidogyne* spp. em Áreas de Produção de Grãos no Cerrado Goiano.** 2022. 95 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) — Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2022.

WALKER, G. E. Nematoides. In: JONES, D. G.; HARRISON, J. G. (Eds.). **A Enciclopédia de Ciência de Plantas e Culturas.** Boca Raton: CRC Press, 2018. p. 1098-1102.