

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA GOIANO – CAMPUS RIO VERDE  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS/ AGRONOMIA

**ASSOCIAÇÃO DE MÉTODOS DE CONTROLE PARA O MANEJO DE  
FITONEMATÓIDES EM SOJA NO CERRADO**

Autora: Suellen Polyana da S. C. Mendes  
Orientador: Prof. Dr. Alaerson Maia Geraldine  
Coorientador: Prof. Dr. Leonardo de C. Santos  
Coorientadora: Dr<sup>a</sup>. Simone Cristiane Brand

Rio Verde - GO  
Fevereiro – 2020

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA GOIANO – CAMPUS RIO VERDE  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS/ AGRONOMIA

**ASSOCIAÇÃO DE MÉTODOS DE CONTROLE PARA O MANEJO DE  
FITONEMATOIDES EM SOJA NO CERRADO**

Autora: Suellen Polyana S. C. Mendes

Orientador: Prof. Dr. Alaerson Maia Geraldine

Coorientador: Prof. Dr. Leonardo de C. Santos

Coorientadora: Dr<sup>a</sup>. Simone Cristiane Brand

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS/ AGRONOMIA, no Programa de Pós-Graduação em CIÊNCIAS AGRÁRIAS/ AGRONOMIA do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde – Área de Tecnologias sustentáveis em sistemas de produção e uso do solo e água.

Rio Verde – GO

Fevereiro – 2020

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
**Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano**

M538a Mendes, Suellen Polyana da Silva Cunha  
Associação de métodos de controle para o manejo de  
fitonematoides em soja no cerrado / Suellen Polyana da  
Silva Cunha Mendes; orientador Alaerson Maia Geraldine;  
co-orientador Leonardo de Castro Santos. -  
- Rio Verde,  
2020. 68 p.

Dissertação ( em Mestrado em Ciências Agrárias -  
Agronomia) -- Instituto Federal Goiano, Campus Rio  
Verde, 2020.

1. nematoide do cisto da soja. 2. nematoide  
das lesões radiculares. 3. nematoide espiralado.  
4. controle biológico. 5. controle genético. I.  
Geraldine, Alaerson Maia, orient. II. Santos,  
Leonardo de Castro, co-orient. III. Título.

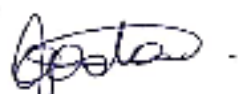
**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS  
AGRÁRIAS-AGRONOMIA**

**ASSOCIAÇÃO DE MÉTODOS DE CONTROLE PARA O MANEJO  
DE FITONEMATÓIDES EM SOJA NO CERRADO**

**Autora: Suellen Polyana da Silva Cunha Mendes  
Orientador: Dr. Alaerson Maia Geraldine**

**TITULAÇÃO: Mestre em Ciências Agrárias-Agronomia - Área de  
Concentração em Produção Vegetal Sustentável no Cerrado**

**APROVADA em, 27 de fevereiro de 2020.**



**Prof. Dra. Gleina Costa Silva Alves  
Avaliadora externa  
IF Goiano – Campus Urutai**



**Prof. Dr. Leonardo de Castro Santos  
Avaliador externo  
IF Goiano – Campus Rio Verde**



**Prof. Dr. Rafael Henrique Fernandes  
Avaliador externo  
Comigo – Campus Rio Verde**



**Prof. Dr. Alaerson Maia Geraldine  
Presidente da banca  
IF Goiano – Campus Rio Verde**

## DEDICATÓRIA

A Deus, minha família e meu esposo. Só tenho a agradecer a existência e o apoio de vocês.

## AGRADECIMENTOS

A princípio agradeço a Deus, por ter clareado meu caminho durante esses anos, dando-me saúde e coragem para seguir em frente.

Aos meus familiares mais próximos, pelo enorme apoio, que me foi concedido desde o primeiro dia do Mestrado até a realização deste trabalho. Por terem abraçado meus sonhos como se fossem deles, com amor. Ao meu pai, ausente fisicamente, mas que constantemente vive em meu coração. Ao Leandro, meu esposo, pelo carinho, apoio e amor a mim dedicados. A minha mãe, por tudo que fez e tem feito por mim, com tanto amor e dedicação. A minha irmã Sara e meu cunhado Leonardo, pelas conversas e conselhos, e por me concederem graça de ser tia e madrinha do Théo. A minha enorme família, pelo carinho, apoio e conselhos.

A meu orientador, Alaerson Maia Geraldine, e meu Coorientador, Leonardo de Castro Santos, pela ajuda, incentivo, amizade, dedicação, conselhos e ensinamentos que nunca serão deixados de lado. A todos da equipe do Laboratório de Fitopatologia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, que contribuíram de alguma maneira desde a implantação dos ensaios até as colheitas. A todos os mestres, que ao longo dessa Pós-Graduação contribuíram direto ou indiretamente para minha formação. A todos os amigos, em especial Gustavo Rodrigues, Arlini Fialho Rodrigues, Adeliane Ferreira Braga, Jefte Figueirêdo de Barros, pelos momentos vividos juntos, companheirismo, risadas, conselhos, enfim, pelo apoio.

Não poderia deixar de agradecer ao Instituto de Ciência e Tecnologia Comigo (ITC) e ao proprietário da fazenda Segredo, Paulo Roberto Bufon, por terem cedido as áreas onde foram conduzidos estes ensaios.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias/ Agronomia, do Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, pela oportunidade na condução do mestrado. A Capes, pela concessão da bolsa, viabilizando minha dedicação exclusiva para condução do mestrado.

A todos aqueles que não foram citados aqui, mas que de algum modo contribuíram positivamente para a conclusão desta importante etapa da minha vida.

## **BIOGRAFIA DO AUTOR**

Suellen Polyana da Silva Cunha Mendes, filha de José Mendes da Cunha e Vilma da Silva Cunha, nasceu em Pires do Rio, Estado de Goiás, em 02 de agosto de 1992. Sempre estudando em escola pública, concluiu o ensino médio em 2010.

Graduou-se em Agronomia no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Urutaí, em dezembro de 2015.

Em março de 2016, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias - Agronomia, em nível de Mestrado, na linha de pesquisa em Tecnologias sustentáveis em sistemas de produção e uso do solo e água, submetendo-se à defesa da dissertação, requisito indispensável para a obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias - Agronomia, em fevereiro de 2020.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	3
2.1. A cultura da soja.....	3
2.2. Fitonematoides na cultura da soja.....	4
2.2.1. Nematóide do cisto da soja - <i>Heterodera glycines</i> .....	5
2.2.2. Nematóide das lesões radiculares - <i>P. brachyurus</i> .....	7
2.2.3. Nematóide espiralado - <i>Helicotylenchus</i> sp.....	8
2.3. Manejo de fitonematoides.....	8
2.3.1. Controle Genético .....	9
2.3.2. Controle Químico .....	10
2.3.3. Controle Biológico.....	11
2.4. Piramidamento de ferramentas de manejo para fitonematoides.....	12
3. OBJETIVOS.....	13
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	14
5. ASSOCIAÇÃO DE MÉTODOS DE CONTROLE PARA O MANEJO DE FITONEMATOIDES EM SOJA NO CERRADO.....	20
5.1. INTRODUÇÃO.....	22
5.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	24
5.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
5.4. CONCLUSÕES.....	49
5.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50



## LISTA DE SÍMBOLOS, ABREVIACÕES E UNIDADES

EUA	Estados Unidos da América
ha	Hectare
sp.	Espécie
°C	Graus Celsius
NCS	Nematoide do Cisto da Soja
mm	Milímetros
mL	Mililitros
PCR	Cadeia de Polimerase
DNA	Ácido Desoxirribonucleico
RR	Resistente a Glifosato
mL i.a.	Mililitros de ingrediente ativo
GO	Goiás
p.	Páginas
v.	Volume
ed.	Edição
ITC	Instituto de Ciência e Tecnologia Comigo
m	Metros
kg	Quilogramas
mL.100 Kg de sem <sup>-1</sup>	Mililitros por 100 quilogramas de sementes
g	Gramas
g.ha <sup>-1</sup>	Gramas por hectare
L	Litros
L.ha <sup>-1</sup>	Litros por hectare
g.100 Kg de sem <sup>-1</sup>	Gramas por 100 quilogramas de sementes
mL.ha <sup>-1</sup>	Mililitros por hectare
DAP	Dias Após o Plantio
cm	Centímetros
cm <sup>3</sup>	Centímetros cúbicos
rpm	Rotações por minuto
ACh	Neurotransmissor acetilcolina
%	Porcentagem
Faz.	Fazenda
sacas.ha <sup>-1</sup>	Sacas por hectare

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Ingredientes ativos biológicos e químicos combinados com diferentes cultivares, com respectivas doses de aplicação recomendadas, aplicados via tratamento de Sementes (TS) ou Sulco de Plantio (SP), utilizados nos ensaios conduzidos no ITC (Instituto de Ciência e Tecnologia Comigo) e na Fazenda Segredo.....	26
<b>Tabela 2.</b> Flutuação populacional de <i>P. brachyurus</i> na safra 2017/2018, no ensaio conduzido no Instituto de Ciência e Tecnologia Comigo (ITC). Avaliação do número de juvenis no solo e raízes, amostragens realizadas aos 0, 45 e 90 Dias Após o Plantio (DAP).....	38
<b>Tabela 3.</b> Flutuação populacional de <i>P. brachyurus</i> na safra 2018/2019, no ensaio conduzido no Instituto de Ciência e Tecnologia Comigo (ITC). Avaliação do número de juvenis no solo e raízes, amostragens realizadas aos 0, 45 e 90 Dias Após o Plantio (DAP).....	40
<b>Tabela 4.</b> Flutuação populacional de <i>P. brachyurus</i> na safra 2017/2018, no ensaio conduzido na Fazenda Segredo. Avaliação do número de juvenis no solo e raízes, amostragens realizadas aos 0, 45 e 90 Dias Após o Plantio (DAP).....	41
<b>Tabela 5.</b> Flutuação populacional de <i>P. brachyurus</i> na safra 2018/2019, no ensaio conduzido na Fazenda Segredo. Avaliação do número de juvenis no solo e raízes, amostragens realizadas aos 0, 45 e 90 Dias Após o Plantio (DAP).....	42
<b>Tabela 6.</b> Flutuação populacional de <i>Helicotylenchus</i> sp. na safra 2017/2018, no ensaio conduzido no Instituto de Ciência e Tecnologia Comigo (ITC). Avaliação do número de juvenis no solo e raízes, amostragens realizadas aos 0, 45 e 90 Dias Após o Plantio (DAP).....	43
<b>Tabela 7.</b> Flutuação populacional de <i>Helicotylenchus</i> sp. na safra 2018/2019, no ensaio conduzido no Instituto de Ciência e Tecnologia Comigo (ITC). Avaliação do número de juvenis no solo e raízes, amostragens realizadas aos 0, 45 e 90 Dias Após o Plantio (DAP).....	44
<b>Tabela 8.</b> Flutuação populacional de <i>Helicotylenchus</i> sp. na safra 2017/2018, no ensaio conduzido na Fazenda Segredo. Avaliação do número de juvenis no solo e raízes, amostragens realizadas aos 0, 45 e 90 Dias Após o Plantio	

(DAP).....	45
<b>Tabela 9.</b> Flutuação populacional de <i>Helicotylenchus</i> sp. na safra 2018/2019, no ensaio conduzido na Fazenda Segredo. Avaliação do número de juvenis no solo e raízes, amostragens realizadas aos 0, 45 e 90 Dias Após o Plantio (DAP).....	47
<b>Tabela 10.</b> Produtividade da cultura da soja nas safras 2017/2018 e 2018/2019, no ensaio conduzido no Instituto de Ciência e Tecnologia Comigo (ITC).....	48
<b>Tabela 11.</b> Produtividade da cultura da soja nas safras 2017/2018 e 2018/2019, no ensaio conduzido na Fazenda Segredo.....	48

## ÍNDICE DE FIGURAS

<p><b>Figura 1.</b> Redução populacional de <i>Heterodera glycines</i> (Nematoide do cisto da soja), com valores relativos, na safra 2017/2018 e 2018/2019, no ensaio conduzido no Instituto de Ciência e Tecnologia Comigo (ITC). Avaliação do número de cistos viáveis no solo e para amostras de raiz avaliado número de fêmeas, amostragens realizadas aos 0, 45 e 90 Dias Após o Plantio (DAP). <i>T.</i>: <i>Trichoderma longibrachiatum</i>.....</p>	30
<p><b>Figura 2.</b> Redução populacional de <i>Heterodera glycines</i> (Nematoide do cisto da soja), com valores relativos, na safra 2017/2018 e 2018/2019, no ensaio conduzido na Fazenda Segredo. Avaliação do número de cistos viáveis no solo e para amostras de raiz avaliado número de fêmeas, amostragens realizadas aos 0, 45 e 90 Dias Após o Plantio (DAP). <i>T.</i>: <i>Trichoderma longibrachiatum</i>.....</p>	33
<p><b>Figura 3.</b> Redução populacional, com valores relativos, de cistos de <i>Heterodera glycines</i> (Nematoide do cisto da soja) na instalação dos ensaios nas safras 2017/2018, 2018/2019 e 2019/2020 no ensaio conduzido no Instituto de Ciência e Tecnologia Comigo (ITC). <i>T.</i>: <i>Trichoderma longibrachiatum</i>.....</p>	36
<p><b>Figura 4.</b> Redução populacional, com valores relativos, de cistos de <i>Heterodera glycines</i> (Nematoide do cisto da soja) na instalação dos ensaios nas safras 2016/2017, 2017/2018 e 2018/2019 no ensaio conduzido na Fazenda Segredo. <i>T.</i>: <i>Trichoderma longibrachiatum</i>.....</p>	37

## RESUMO

MENDES, SUELLEN P. S. C. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano -Campus Rio Verde, fevereiro de 2020. **Associação de métodos de controle para o manejo de fitonematoides em soja no cerrado.** Orientador: Dr. Alaerson Maia Geraldine. Coorientador: Dr. Leonardo de Castro Santos. Coorientadora: Dr<sup>a</sup>. Simone Cristiane Brand.

O Brasil segue como um dos principais produtores de soja do mundo com grande produção na região Centro-Oeste, onde o estado de Goiás é um dos maiores produtores, sendo grande parte desta produção advinda da região sudoeste goiana. O cultivo da soja é limitado por diversos patógenos. Entre os problemas desta cultura, os nematoides *Heterodera glycines* e *Pratylenchus brachyurus* se destacam como fonte de queda na produtividade das lavouras, neste cenário surge também *Helicotylenchus* sp. como possível causador de danos. O objetivo foi determinar a melhor alternativa de manejo para o nematoide *H. glycines*, *P. brachyurus* e *Helicotylenchus* sp. em condições de cultivo do cerrado. Os ensaios foram realizados em duas áreas distintas, no Instituto de Ciência e Tecnologia Comigo (ITC), município de Rio Verde, e na fazenda Segredo, município de Montividiu, foram realizados dois ensaios em cada local, nas safras 2017/2018 e 2018/2019. Em ambos os locais os ensaios seguiram o delineamento em blocos ao acaso. Foram testados diversos microrganismos e moléculas químicas; combinando controle genético, químico e/ou biológico, compondo os seguintes tratamentos: 1. Controle (M7110), 2. Controle (BRS 7380/ M7110), 3. *Pasteuria nishizawae*, 4. *Purpureocillium lilacinum*, 5. *Bacillus subtilis*, 6. *B. subtilis* + *B. licheniformis*, 7. Indutor de solos, 8. *B. licheniformis* + *B. subtilis* + *Trichoderma longibrachiatum*, 9. Abamectina, 10. *T. harzianum* e 11. Cadusafós. Foram realizadas extrações para quantificar as populações de *H. glycines*, *P. brachyurus* e *Helicotylenchus* sp. A melhor alternativa de manejo para *H. glycines* foi o controle genético atrelado ao controle biológico ou químico, os quais apresentaram as maiores produtividades, quando comparados aos tratamentos com controle genético usado de forma isolada. O controle biológico foi eficiente para controle de *P. brachyurus* e *Helicotylenchus* sp.

**Palavras-chave:** Nematóide do cisto da soja, nematóide das lesões radiculares, nematóide espiralado, controle biológico, controle genético.

## ABSTRACT

MENDES, SUELLEN P. S. C. Goiano Federal Institute of Education, Science and Technology - Rio Verde Campus, February 2020. **Association of control methods for the phytomatoids management in soybean in cerrado.** Advisor: Dr. Alaerson Maia Geraldine. Co-advisor: Dr. Leonardo de Castro Santos. Co-advisor: Dr<sup>a</sup>. Simone Cristiane Brand.

Brazil continues to be one of the main soybean producers in the world with great production in the Midwest region, where the Goiás state is one of the largest producers, being a large part of this production coming from Goiás southwest region. Soybean cultivation is limited by several pathogens. Among the problems of this crop, the nematodes *H. glycines* and *Pratylenchus brachyurus* stand out as a source of drop in crop productivity, as well as *Helicotylenchus* sp. as a possible cause of damage. The objective was to determine the best management alternative for the nematode *H. glycines*, *P. brachyurus* and *Helicotylenchus* sp. under cerrado cultivation conditions. The tests were carried out in two different areas, at the COMIGO Institute of Science and Technology (ITC), in the municipality of Rio Verde, and at the Segredo farm, in the municipality of Montividiu, two tests were carried out at each location, during the 2017/2018 and 2018/2019 harvests. In both locations, the trials followed the randomized block design. Several microorganisms and chemical molecules were tested; combining genetic, chemical and/or biological control, composing the second treatments: 1. Control (M7110), 2. Control (BRS 7380 / M7110), 3. *Pasteuria nishizawae*, 4. *Purpureocillium lilacinum*, 5. *Bacillus subtilis*, 6. *B. subtilis* + *B. licheniformis*, 7. Soil inducer, 8. *B. licheniformis* + *B. subtilis* + *Trichoderma longibrachiatum*, 9. Abamectina, 10. *T. harzianum* and 11. Cadusafós. Extractions were performed to quantify the *H. glycines*, *P. brachyurus* and *Helicotylenchus* sp populations. The best management alternative for *H. glycines* was genetic control linked to biological or chemical control, which showed the highest productivity, when compared to treatments with genetic control used in isolation. The biological control was efficient to control *P. brachyurus* and *Helicotylenchus* sp.

**Keywords:** Soybean cyst nematode, root lesion nematode, spiral nematode, biological control, genetic control.

## 1. INTRODUÇÃO

A cultura da soja [*Glycine max* (L.) Merrill (Leguminosae)] tem importante papel no agronegócio brasileiro, segundo maior produtor de soja do mundo. O estado de Goiás é um dos maiores produtores da oleaginosa, grande parte da produção vem da região sudoeste do estado, onde a cultura da soja e milho é quase predominante na agricultura. A soja possui diversas formas de utilização tanto na alimentação animal e humana, por exemplo, sendo que seus grãos são valorizados pela agroindústria, originando inúmeros subprodutos. Seu uso mais conhecido é como óleo refinado, obtido a partir do óleo bruto; também constituinte importante de ração animal, e crescendo também como fonte alternativa de biocombustível (COELHO et al., 2011).

O potencial produtivo da cultura foi impulsionado por meio de adaptações tecnológicas, práticas de manejo e introdução de novas cultivares nas diversas regiões. Mesmo assim, estes avanços não impediram que fatores como os problemas fitossanitários (pragas e doenças) pudessem ser descartados (JUHÁSZ et al., 2013). Entre os diversos patógenos que incidem na cultura da soja, os danos ocasionados por nematoides têm se destacado, e as perdas na cultura ocasionadas por estes organismos têm sido causa de crescente preocupação entre os produtores (DIAS et al., 2010b). Segundo Nicol et al. (2011), a porcentagem de dano, de perdas de produção por esses fitoparasitas é mais elevada em condições de climas tropicais e subtropicais, comparativamente com regiões de climas temperados, podendo comprometer até 30% da produção na cultura da soja.

Entre as dez espécies de fitonematoides de maior importância na cultura da soja em todo o mundo, sendo cosmopolitas e apresentando capacidade de parasitar também outras culturas de importância econômica, são: *Pratylenchus brachyurus* [(Godfrey) Filipjev e Sch.], *Heterodera glycines* (Ichinohe), espécies de *Meloidogyne* sp. (Kofoid & White) e *Helicotylenchus dihystera* [(Cobb) Sher.]. O que torna um grande desafio manter suas populações em níveis reduzidos nos sistemas de produção atualmente empregados no Brasil (JONES et al., 2013; ROSA et al., 2013).

O controle de nematoides não é uma prática simples, apresenta custos elevados e, em muitos casos, as técnicas utilizadas isoladamente não apresentam a eficiência desejada, por isso a integração de várias estratégias de manejo é indicada, visando dificultar a multiplicação desses patógenos (OLIVEIRA, 2016 b).

Medidas de controle químico e o uso de agentes de biocontrole têm sido utilizadas com o intuito de minimizar as perdas provocadas pelos fitonematoide, sendo o tratamento de sementes a forma mais eficiente de aplicação dessas estratégias (VITTI et al., 2014). O tratamento de sementes tem o objetivo de atingir o nematoide durante na fase inicial de desenvolvimento da cultura, proporcionando adequado desenvolvimento do sistema radicular (ARAÚJO, 2013).

Produtos químicos com ação nematicida à base de abamectina, tiodicarbe e cadusafós são mais utilizados na cultura da soja, via tratamento de sementes para o manejo desses organismos (EBONE et al., 2019; KUBO et al., 2012). Também neste contexto, vários gêneros de fungos e bactérias são utilizados no controle biológico e são capazes de atuar reduzindo a multiplicação de nematoides, tanto por predação quanto por antagonismo, podendo citar *Trichoderma harzianum* (Rifai), *Purpureocillium lilacinus* (Thorn), *Bacillus subtilis* (Christian G. Ehrenberg), *Pochonia chlamydosporia* [(Goddard) Zare e Gams], entre outros (ALMEIDA et al., 2016).



## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. A cultura da soja

A soja [*Glycine max* (L). Merrill] é uma planta milenar, da família Fabaceae. Tem sua origem no continente Asiático na região da antiga Manchúria, atual China. Dessa região, por seu elevado valor alimentício, expandiu-se para outras partes do Oriente, Coreia e Japão. Nos séculos XV e XVI, a soja chegou ao Ocidente e na América e foi cultivada nos Estados Unidos como planta não só como produtora de grãos, mas também como forrageira. No Brasil, chegou à Bahia em 1882, trazida dos EUA e se espalhou para São Paulo e Rio Grande do Sul, com maior desenvolvimento no Centro-Oeste brasileiro (PAIVA et al., 2006). Com grande importância até os dias atuais.

De acordo com dados da Companhia Nacional de Abastecimento a produção nacional de soja na safra 2018/2019 foi de 115.030,1 mil toneladas, o estado de Goiás contribui com 11.437,4 mil toneladas dessa produção. Evidenciando assim, a importância do estado de Goiás para a produção nacional de soja (CONAB, 2020).

Um dos principais fatores que alavancam a produção de soja no país, estão ligados à adoção de novas tecnologias pelos agricultores, sejam elas, na alta qualidade da semente utilizada, manejo da fertilidade do solo, material genético, transgenia, manejo de pragas e doenças, na mecanização entre outras (HIRAKURI & LAZZAROTTO, 2014).

Vê-se que o Brasil possui grande potencial de produção visando o mercado de soja, e que isso é observado todos os anos com safras cada vez maiores e aumento na competitividade do produto brasileiro, tudo, pela introdução de novas tecnologias, empenho a pesquisa e cadeias produtivas (DE SOUZA et al., 2013).

A cultura da soja é sujeita a grande número de patologias de importância econômica que incidem principalmente em suas folhas, tendo sua frequência e intensidade variando de acordo com a região produtora (GODOY et al., 2010). De acordo com Amorim et al. (2011) dentre as principais doenças que incidem na cultura: ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Syd. & P. Syd.), mancha alvo (*Corynespora cassiicola* Berk. & M.A. Curtis), antracnose [*Colletotrichum dematium* var. *truncata* (Schwein.) Arx], septoriose ou mancha parda (*Septoria glycines* Hemmi), cercosporiose (*Cercospora sojina* Hara), míldio [*Peronospora manshurica* (Naumov) Syd.], oídio

[*Erysiphe difusa* (Cooke & Peck) U. Braun & S. Takam.], mofo branco [*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary], cretamento bacteriano (*Pseudomonas syringae* pv. *glycinea*) e pústula bacteriana (*Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines*).

Os nematoides estão entre os problemas fitossanitários de maior importância na cultura da soja. São mais de cem espécies abrangendo quase cinquenta gêneros associados à cultura (ALMEIDA et al., 2017). No Brasil, *M. javanica* e *M. incognita*, *H. glycines*, *P.brachyurus*, *Helicotylenchus* sp., e *Rotylenchulus reniformis* são as espécies de maior importância e interesse econômico, por causa dos danos provocados por elas, tais como a redução do crescimento da planta (dano direto) e, como porta de entrada para outros patógenos de solo (dano indireto). As perdas de produtividade de grãos podem atingir 90%, em combinação com o grau de infestação e raça do nematoide, fertilidade do solo e suscetibilidade da cultivar (ALMEIDA et al., 2016).

O conhecimento da região (histórico de doenças), das características do cultivar plantada e o monitoramento da lavoura (avaliação das condições climáticas e estágio da cultura) são indispensáveis para tomada de decisão, ou seja, saber qual produto aplicar e quando aplicar, principalmente visando evitar aplicações desnecessárias caso não haja condições ideais para iniciar a epidemiologia de doenças de importância econômica (CUNHA & PERES, 2010).

## **2.2. Fitonematoides na cultura da soja**

Os fitonematoides são organismos do Filo Nematoda (Nemata), e compreendem cerca de 4100 espécies (DECRAEMER & HUNT, 2006). Têm como principal característica a presença de estilete labial, que serve tanto para a injeção de substâncias tóxicas quanto para sucção de conteúdo celular (DE OLIVEIRA LIMA et al., 2015). Em estudo avaliando dados morfológicos e moleculares em plantas com “Soja Louca II” o agente causal encontrado para esta doença foi o *Aphelenchoides besseyi* (Christie) (MEYER et al., 2017).

Através dos exsudados liberados pelas plantas os nematoides são atraídos para as raízes das plantas, penetrando as células da epiderme. Antes da penetração do estilete, ocorre uma seleção da célula na qual irá penetrar e se nutrir, ocorrendo desta forma, as etapas de inserção do estilete, salivação e ingestão de nutrientes, que variam entre as diferentes espécies (DRIOUCH et al., 2013).

Uma das características que permitiram aos fitonematoides se sobressaírem em áreas cultivadas foi sua capacidade em sobreviver em condições adversas, através do uso de variadas estratégias de sobrevivência. Nematoides do gênero *Meloidogyne* formam sítios de alimentação causando hiperplasia e hipertrofia nestas células nutridoras (ALMEIDA et al., 2017). Em contrapartida alguns gêneros se caracterizam por apresentar menores graus de especificidade, sendo evolutivamente mais recentes que os anteriormente citados. Os nematoides pertencentes a estes gêneros são classificados como endoparasitas migratórios, depositarem seus ovos tanto nas raízes, quanto no solo (DEBIASI et al., 2016; MACHADO et al., 2019).

Plantas atacadas por *Meloidogyne* sp. apresentam mudanças morfológicas e fisiológicas nas raízes, com presença de galhas, essas plantas apresentam crescimento retardado, clorose e baixa produtividade (RECHENMACHER et al., 2020). Conforme banco de dados do Laboratório de Fitopatologia do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, que atua na região do sudoeste goiano, com mais de 4000 amostras já avaliadas. Menos de 5% das amostras recebidas e processadas possuem indivíduos de *Meloidogyne* sp., demonstrando que este nematoide não é grande problema para a região. E, tratando de outros fitonematoides com potencial para causar danos econômicos as três espécies que se destacaram foram *H. glycines*, *P. brachyurus* e *Helicotylenchus* sp.

### **2.2.1. Nematoide do cisto da soja - *Heterodera glycines***

Dentro do gênero *Heterodera*, têm-se destaque para as espécies *H. glycines*, *H. avenae*, *H. schachtii*, *H. fici*, sendo a espécie *H. glycines* a maior importância para o país pelo seu impacto na sojicultura nacional. Conhecido comumente com Nematoide do Cisto da Soja (NCS) (AMORIM et al., 2011). Seu ciclo de vida se completa com um mês ou até menos, formando assim mais de um ciclo durante o desenvolvimento da cultura da soja, por exemplo. Em uma temperatura de 21-23°C, o nematoide completa seu ciclo de 21-24 dias, e, em temperatura de 28-31°C, ocorre a aceleração no ciclo, podendo ocorrer de três a seis gerações do fitonematoides em um ciclo de variedades tardias de soja (BERGAMIN FILHO et al., 1995).

Os ovos no interior do cisto, já fertilizados por embriogênese, surge juvenil de primeiro estágio, que ainda dentro do ovo sofre ecdise, transformando em juvenil de segundo estágio. Este penetra as raízes das plantas, formando o sítio de alimentação,

estabelecendo o sincício. No sincício o nematoide continua seu desenvolvimento, sofrendo mais três ecdises, para formar machos ou fêmeas. As fêmeas continuam fixadas na raiz, enquanto os machos de corpo alongados seguem para o solo, e não mais se alimentaram e logo depois de copular com as fêmeas, morrem.

Na fase de postura, a fêmea libera um terço dos ovos, o restante é armazenado no interior de seus dois úteros, junto a uma secreção gelatinosa. Essa retenção dos ovos causa a compressão dos órgãos internos de seu corpo, provocando a morte das fêmeas, formando os cistos, ricos em ovos, 400 a 450, em média, que podem ficar viáveis no solo por oito anos ou mais. O cisto apresenta coloração pardo-escura, apresentando paredes muito resistentes, assemelhando-se a estrutura resistente, tipo a casaca de um ovo (AMORIM et al., 2011).

Plantas atacadas por *H. glycines*, tornam-se mal desenvolvidas, podendo apresentar nanismo amarelo da soja, formando reboleiras, apresentando ainda deficiência nutricional, principalmente de potássio e manganês e baixa produtividade. O raquitismo pode não ocorrer, porém, após o florescimento é possível haver o abortamento de vargens, além do amadurecimento precoce. A intensidade dos sintomas pode sofrer influência da idade e vigor das plantas, da densidade populacional do solo, da textura, fertilidade e umidade do solo, da temperatura e demais condições ambientais (KIMATI et al., 2005).

Após a semeadura, com cerca de quatro a cinco semanas, já é possível observar na raiz pontos brancos, ou amarelados, que são as fêmeas adultas, que emergiram da raiz. Porém, é importante não confundir esporos de micorrizas, que se apresenta de forma esférica, com as fêmeas do nematoide do cisto, que quando observadas em lupa de bolso, possuem formato de limão, além da presença de massa gelatinosa com pequena parte dos ovos. O sistema radicular das plantas atacadas pelo nematoide do cisto da soja tornando debilitado, dificultando a absorção de água e nutrientes. As raízes tornam-se menos desenvolvidas e a nodulação para fixação de nitrogênio fica comprometida, além de facilitar a entrada de outros possíveis patógenos (DIAS et al, 2010a; KIMATI et al., 2005).

Em condições de altas populações, na região Central do Brasil, principalmente quando atrelada ao excesso de calagem, as perdas causadas por *H. glycines*, podem chegar a 100%. Porém, os níveis de danos podem variar com distintos fatores, como a fertilidade do solo, o tempo de presença do nematoide na área, a adoção de práticas de controle, como a rotação de culturas com espécies não hospedeiras e a utilização de

cultivares resistentes, e por último o grau de suscetibilidade das cultivares (Dias et al., 2010b).

Além dos danos causados por esse fitonematoide, os produtores de soja se preocupam ainda com a longa duração dos ovos encistados, no solo, por oito anos ou mais, podendo ser levados a longas distâncias, pelo vento, enxurrada, água de irrigação, maquinário agrícola, e aderidos a partículas de solo junto as sementes (AMORIM et al., 2011).

### **2.2.2. Nematóide das lesões radiculares - *Pratylenchus brachyurus***

O gênero *Pratylenchus* Filipjev, 1936, é considerado o terceiro gênero de maior importância por seus danos causados, sendo registradas, dentro do gênero, 104 espécies (JONES et al., 2013). A sua polifagia e sobrevivência em restos culturais possibilitaram que o mesmo se estabelecesse nesta posição relevante, além de plantas daninhas, aumentando desta forma o critério de seleção de plantas para rotação de culturas (TAVARES-SILVA et al., 2017).

As principais características morfológicas do gênero *Pratylenchus* são estilete do tipo estomatostílio e comprimento médio do corpo entre 0,35 e 0,5 mm. Alguns aspectos como disponibilidade de água, temperatura e umidade do solo podem influenciar diretamente nessas características. Além disso, nematoides extraídos de dentro das raízes geralmente são maiores que os indivíduos extraídos do solo (LOOF, 1991). São vermiformes em todos os estádios, com região labial baixa e esclerotizada, campo lateral normalmente com quatro linhas e sobreposição ventral das glândulas esofagianas sobre o intestino. Todas as espécies deste gênero são monodelfas, prodelfas com a vulva situada no terço posterior do corpo. Entretanto, dentro do gênero, algumas espécies são mais polífagas que outras, sendo a sua identificação primordial para formulação de estratégias de controle e manejo (OLIVEIRA et al., 2016a).

Existem atualmente, duas formas de identificação de nematoides desta espécie: molecular e clássica. As técnicas moleculares de identificação se baseiam em sequências do genoma, como a reação em cadeia de polimerase (PCR), e há amplificação de regiões do DNA por meio do uso de oligonucleotídeos específicos. A taxonomia clássica de nematoides utiliza como critérios as características anatômicas e morfológicas desses animais. Esse sistema de chaveamento e classificação utilizam

chaves dicotômicas extensas e microscópios de luz, requerendo vasta experiência por parte do nematologista (LIRA et al., 2014).

Uma correta identificação permite que o produtor tome medidas de controle apropriadas e mais eficientes, baseados no ciclo biológicos, hospedeiro e formas de infestação e latência no solo. A partir destes conhecimentos, sabendo as características destes fitopatógenos, um manejo integrado no controle se torna imprescindível para a diminuição da população deste nematoide nas áreas afetadas (OLIVEIRA, et al., 2016b).

### **2.2.3. Nematoide espiralado - *Helicotylenchus* sp.**

As espécies deste nematoide, ectoparasítica migratória ou semi-endoparasítica, dito espiralado típico, depois de mortos, passam a exibir o corpo enrolado, adotando uma forma espiralada, mais ou menos fechada e, por isso, são denominados em inglês "spiral nematodes" (MACHADO et al., 2019). A fêmea é didelfa, anfídelfa, apresentando a vulva localizada quase no meio do corpo e o macho apresenta bursa e espículos robustos (GARBIN & COSTA, 2015).

O nematoide espiralado apresenta ampla distribuição geográfica, tendo sido assinalado em associações com diversas plantas hospedeiras (polífaga) e, juntamente a outros nematoides, é também o causador do declínio do sistema radicular. Pode sobreviver por vários meses no solo sem a presença da planta hospedeira e seu ciclo de vida varia de 35 a 37 dias à temperatura de 23-33°C. A umidade compreendida entre 40 e 60% da capacidade de campo dos solos é considerada ótima para sua a atividade, contudo, mesmo em épocas secas, as mais altas populações são encontradas (AMORIM et al., 2011).

A associação das espécies de *Helicotylenchus* sp. a diversas culturas e a elevada perda econômica que causam a elas é preocupante (GARBIN & COSTA, 2015). Seus danos eram pouco relatados na cultura na soja, recentemente, sua alta pressão e ocorrência frequente em análises de solos e estudos sistemáticos, demonstrou a importância do seu estudo e manejo (INOMOTO, 2010; MACHADO et al., 2019).

## **2.3. Manejo de fitonematoides**

A ampla distribuição dos fitonematoídeos se dá pelas condições ideais para sua reprodução e alimentação em países com clima tropical e subtropical, como umidade e temperaturas ótimas e esses fatores são agravantes no controle destes patógenos (TORRES et al., 2011).

O manejo do fitonematoídeo é complexo, tornando a erradicação praticamente impossível. Devido a isso, quando a introdução é feita em determinada área, deve-se priorizar a redução das populações, utilizando de métodos de controle integrados (DIAS et al., 2010a). A prevenção constitui o princípio mais importante e a melhor linha de defesa para o controle de nematoídeos. Significa impedir a disseminação do nematoídeo de uma área para outra. O solo é importante carreador de nematoídeo a longa e curta distância. O solo infectado pode ser transportado pelo homem, aderido em implementos agrícolas, maquinários, veículos, ferramentas. É de grande importância lavar cuidadosamente máquina, implementos e ferramentas depois de trabalhar em área infestadas (RIBEIRO et al., 2011).

A rotação de culturas é atualmente uma das técnicas mais utilizadas no manejo de nematoídeos, intercalando culturas suscetíveis com culturas não suscetíveis ou com baixo fator de reprodução (CARDOSO et al., 2019). Como outro método de controle cultural recomenda-se a adoção da semeadura direta. Esse modo de cultivo potencializa a ação de inimigos naturais do nematoídeo e dificulta a dispersão de ovos e adultos, em função da redução da movimentação de máquinas e, principalmente, de solo. (TORRES et al., 2011).

### **2.3.1. Controle Genético**

O uso de cultivares resistentes a nematoídeos é uma alternativa viável, quando integrada a outras (BELLÉ et al., 2017). Contudo, há elevada diversidade genética de *H. glycines*, o que ocorre sob pressão de seleção, fato que favorece a ocorrência de novas raças. No Brasil já foram encontradas 11 raças do nematoídeo do cisto (1, 2, 3, 4, 4+, 5, 6, 9, 10, 14 e 14+). As raças 1 e 3, antes as mais frequentes na maioria das áreas cultivadas com soja, passaram a ser substituídas por populações do nematoídeo do cisto da soja mais difíceis de serem controladas pelo uso de cultivares resistentes (RIBEIRO et al., 2011).

A maioria dos genótipos tem genes de ‘Peking’ (raças 1, 3 e 5), da PI 88788 (raças 3 e 14) ou de ambas. Desse modo, o patógeno pode facilmente superar a

resistência. A coleta e a caracterização genética de novas fontes de resistência têm que ser atividades constantes (ARAÚJO et al., 2015). A resistência geralmente é direcionada a poucas espécies de nematoides considerados mais importantes para determinadas culturas. Contudo, a semeadura de cultivares resistentes não deve ser a única opção (DIAS et al., 2010b).

A estratégia mais utilizada para incorporação de resistência da soja ao nematoide do cisto tem sido a seleção de genótipos, a partir de populações originárias de hibridações entre genótipos adaptados e cultivares norte-americanas resistentes. Apesar, de terem sido lançadas no País cerca de 50 cultivares de soja com resistência ao nematoide do cisto da soja, quase todas são adequadas apenas para as raças 1 e 3. Para as outras raças, existe carência de materiais. Mesmo para as raças 1 e 3, ainda não se dispõe de cultivares adaptadas para todas as regiões de cultivo de soja (ARAÚJO et al., 2015).

A cultivar BRS 7380 RR, lançada em 2015 pela Embrapa em parceria com a Fundação Cerrados, é resistente ao herbicida glifosato (RR) e apresenta resistência a seis raças do nematoide de cisto (*H. glycines*) – as raças 3, 4, 6, 9, 10 e 14, e aos dois nematoides formadores de galhas (*M. incognita* e *M. javanica*). Também tem baixo fator de reprodução ao nematoide das lesões radiculares, o *Pratylenchus* spp., para o qual não existem cultivares resistentes, que afeta não apenas a soja, mas também o milho, algodão, feijão, sorgo e as pastagens. É um material de ciclo precoce (de 95 a 120 dias, dependendo da região), e permite a sua utilização no sistema produtivo da sucessão de culturas em regiões em que os solos apresentam histórico de problemas com os nematoides (EMBRAPA, 2020).

As variedades de soja resistentes aos nematoides são mais uma ferramenta que o produtor deve aliar com as boas práticas agrícolas, inserindo-a no manejo integrado, buscando maior eficiência e manutenção da tecnologia disponível (EMBRAPA, 2020).

### **2.3.2. Controle Químico**

O manejo de nematoides através de nematicidas químicos é uma forma de controle amplamente utilizada, entretanto, a diminuição da eficiência por uso inadequado do produto vem possibilitando cada vez mais a abertura para outras alternativas de controle (VITTI et al., 2014). Além disso, pode apresentar alto custo e resultados insatisfatórios por promover contaminação do solo, lençol freático,



intoxicação de homens e de animais, por se tratarem de produtos que apresentam graus elevados de toxicidade. Vários produtos químicos, como, por exemplo, o carbofuran, terbufós e aldicarbe, já foram testados no controle de fitonematoides, como *P. bracyrurus* e *H. glycines* (TORRES et al., 2011).

Carbamatos e organofosforados (cadusafós, por exemplo) utilizados como nematicidas são inibidores da enzima acetilcolinesterase, impedindo a inativação do neurotransmissor acetilcolina. Com isso, ocorre uma superestimulação das terminações nervosas e causa a hiperexcitação, seguido de convulsão e paralisação do indivíduo, provocando sua morte. A grande maioria apresenta classe toxicológica I (extremamente tóxico) e periculosidade ambiental II (muito perigoso) (VIDAL et al., 2016), necessitando assim do uso racional e cuidadoso para evitar contaminações e intoxicações.

Abamectina possui ação de contato que causa efeito no sistema digestivo. Age estimulando a liberação do ácido gama-aminobutírico, um neurotransmissor inibitório, causando paralisia (ADAPAR, 2020).

### 2.3.3. Controle Biológico

Grande quantidade de microrganismos é capaz de repelir, inibir ou mesmo levar morte dos fitonematoides. Cerca de 200 inimigos naturais de fitonematoides já foram reportados, dentre eles, fungos, bactérias, nematoides predadores, ácaros e outros (LARRIBA et al, 2014).

Vários pesquisadores relataram o fungo *Purpureocillium lilacinum* como potencial agente de controle biológico de nematoides (RAJINIKANTH et al., 2013). Anteriormente *P. lilacinum* era conhecido como *Paecilomyces lilacinus* (GOETTEL et al., 2001). *P. lilacinum* infecta ovos e fêmeas de espécies de nematoides através dos mecanismos de parasitismo dos ovos, causando diminuição da eclosão e a morte de embriões de 5 a 7 dias. Produz também toxinas que afetam o sistema nervoso dos nematoides e causam deformações no estilete nos que sobrevivem. (MUHKTAR et al., 2015; MOOSAVI & ZARE, 2012).

O fungo *Trichoderma harzianum* como agente de controle biológico é eficaz e para o controle de cistos e galhas. O mecanismo de controle de *T. harzianum* se baseia em dois métodos, sendo o parasitismo direto de ovos e larvas através do aumento da atividade de quitinases e proteases, sendo esta um indicativo da capacidade de infectar

ovos; e indução dos mecanismos de defesa do hospedeiro (MUHKOTAR et al., 2015; MEYER et al., 2019).

Algumas rizobactérias do gênero *Bacillus* apresentam uso por utilizarem, para sua nutrição, exsudatos das plantas, colonizando as raízes após a emergência das plântulas e produzindo compostos com atividade antimicrobiana. Para o gênero *Bacillus*, sua eficiência foi comprovada inicialmente para os nematoides *Meloidogyne incognita* e *R. reniformis*, com reduções populacionais entre 60 e 65% (FERREIRA 2017). No entanto, a substituição de um sistema consolidado com produtos químicos, por um com controle biológico deve ser gradual, visando um sistema de cultivo sustentável e cada vez menos dependente do uso de nematicidas químicos (FERREIRA, et al., 2017).

#### **2.4. Piramidamento de ferramentas de manejo para fitonematoides**

O manejo integrado de nematoides compreende diversas medidas que atuam em harmonia para controle efetivo, priorizando a diminuição dos gastos, associando-se ao controle genético, cultural, químico e biológico, gerando o menor impacto possível ao meio ambiente (TAKAHASHI, 2015). Nas áreas infestadas é importante ter conhecimento de qual espécie de nematoide está presente e assim determinar quais os melhores métodos de manejo que podem ser mais efetivos para o controle da espécie predominante.

A utilização de espécies de mucuna e crotalária que comprovam a eficiência no controle da população de *P. brachyurus* e *H. glycines*, no caso das crotalárias, a planta é capaz de produzir substâncias tóxicas, como a monocrotalina, que inibe o movimento dos juvenis (CARDOSO et al., 2019).

Uma alternativa viável é a utilização de biocontroladores que atuam na microbiota do solo, juntamente com o uso da rotação de culturas e variedades resistentes. O aperfeiçoamento de técnicas de multiplicação em larga escala de agentes de biocontrole tem comprovado a eficiência dos mesmos, sendo utilizadas algumas espécies de fungos e bactérias que apresentem características que possibilitam sua viabilidade em longo prazo, além da sua reprodução no ambiente que foi aplicado. Exemplo disso é o fungo *P. lilacinum* que produz metabólitos tóxicos que podem parasitar ovos e fêmeas de fitonematoides, podendo ser alternativamente saprófita e crescer em vários substratos presentes no solo (BAIDOO et al., 2017).

### 3. OBJETIVOS

Determinar a melhor alternativa de manejo para *H. glycines*, *P. brachyurus* e *Helicotylenchus* sp. na cultura da soja, em condições de cultivo do cerrado.

#### 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAPAR. **Cadusafós**. Disponível em: <<http://www.aDAPar.pr.gov.br/arquivos/File/defis/DFI/Bulas/Inseticidas/rugby200cs250418.pdf>>. Acesso em 12 jan. 2020.
- ALMEIDA, F. A.; CARVALHO, R. M.; LEITE, M. L. T.; FONSECA, W. L.; PEREIRA, F. F. P. F. Reação de cultivares de soja aos nematoides das galhas. **Revista de Ciências Agrárias/Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v.59, n. 03, p. 228-234, 2017.
- ALMEIDA, J. A.; SOUZA, J. C.; ARAÚJO, F. G. Tratamento de sementes com abamectina e *Paecilomyces lilacinus* no manejo de *Heterodera glycines* na cultura da soja. **Multi-Science Journal**, v. 1, n. 4 , p. 62-65, 2016.
- AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIM FILHO, A. **Manual de Fitopatologia**. Piracicaba, SP: Agronômica Ceres, 4 ed. 2011. 704 p.
- ARAÚJO, F. G. de. **Aspectos da biologia e manejo do nematoide de cisto da soja**. Goiânia, GO: Universidade Federal de Goiás, 2013, 90 p., Tese Doutorado.
- ARAÚJO, F. G. D.; ROCHA, M. R. D.; SANTOS, L. D. C.; TEIXEIRA, R. A.; FERREIRA, C. S. Effect of resistant and susceptible soybean cultivars on the development of male and female *Heterodera glycines* Ichinohe. **African Journal of Agricultural Research**, vol. 10, n. 43, p. 4082-4086, 2015.
- BAIDOO, R.; MENGISTU, T.; MCSORLEY, R.; STAMPS, R. H.; BRITO, J.; CROW, W. T. Management of Root-knot Nematode (*Meloidogyne incognita*) on *Pittosporum tobira* Under Greenhouse, Field, and On-farm Conditions in Florida. **Journal of Nematology**, v.49, n. 2, p. 133-139, 2017.
- BELLÉ, C.; KUHN, P.R.; KASPARY, T. E.; SCHMITT, J. Reação de cultivares de soja a *Pratylenchus brachyurus*. **Agrarian**, v.10, n. 36, p.136-140, 2017.
- BERGAMIM FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. **Manual de Fitopatologia**. São Paulo, SP: Agronômica de Ceres, 3 ed., 1995, 919 p.

CARDOSO, M. R.; DIAS-ARIEIRA, C. R.; RIBEIRO, N. R.; DE ALMEIDA, A. A.; MIAMOTO, A.; LOPES, A. P. M. *Crotalaria ochroleuca* Susceptibility to *Heterodera glycines* Races. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 7, 2019.

COELHO, A. H.; GRASSI FILHO, H.; BARBOSA, R. D.; ROMEIRO, J. T. C.; POMPERMAYER, G. V.; LOBO, T. F. Eficiência agronômica da aplicação foliar de nutrientes na cultura da soja. **Revista Agrarian**, v.4, n.11, p. 73-78, 2011.

CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). **Acompanhamento da safra Brasileira de grãos**. v. 7 - Safra 2019/20 - n. 3 - Terceiro levantamento, Dezembro de 2019. Disponível em <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>>. Acesso em 07 jan. 2020.

CUNHA, J. P. A. R.; PERES, T. C. M. Influência de pontas de pulverização e adjuvante no controle químico da ferrugem-asiática. **Acta Scientiarum**, v. 32, n. 4, p. 597-602, 2010.

DE OLIVEIRA LIMA, F. S., DOS SANTOS, G. R., NOGUEIRA, S. R., DOS SANTOS, P. R. R., & CORREA, V. R. Population dynamics of the root lesion nematode, *Pratylenchus brachyurus*, in soybean fields in Tocantins State and its effect to soybean yield. **Nematropica**, v. 45, n. 2, p. 170-177, 2015.

DE SOUZA, W. A. D. R., DO CARMO FILHO, M. M., MARTINES-FILHO, J. G., & MARQUES, P. V. Spectral Analysis and Filtering Rules Usage in Trades with the Brazilian Future Soybean Contract. **Revista de Administracao Mackenzie**, v. 14, n. 4, p. 165-189, 2013.

DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; DIAS, W. P.; JUNIOR, E. U. R.; JUNIOR, A. A. B. Práticas culturais na entressafra da soja para o controle de *Pratylenchus brachyurus*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.51, n. 10, p. 1720-1728, 2016.

DECRAEMER, W; HUNT, D. J. Structure and classification, In: **Plant nematology**. CABI, p. 3-32, 2006.

DIAS, C. R.; EZEQUIEL, D. P.; SCHWAN, A. V.; FERRAZ, S. Efeito da adubação à base de esterco de galinha poedeira sobre a população de *Meloidogyne incognita* no solo. **Nematologia Brasileira**, v. 24, n.1, p. 59-63, 2010a.

DIAS, W. P.; ASMUS, G. L.; SILVA, J. F. V.; GARCIA, A.; CARNEIRO, G. E. S. Nematoides. In: ALMEIDA, A.M.R.; SEIXAS, C.D.S. (Ed.). Soja: doenças radiculares e de hastes e inter-relações com o manejo do solo e da cultura. **Embrapa Soja**: Londrina, p. 173-206, 2010b.

DRIOUICH, A.; FOLLET-GUEYE, M. L.; VICRÉ-GIBOUIN, M.; HAWES, M. Root border cells and secretions as critical elements in plant host defense. **Current opinion in plant biology**, v.16, n. 4, p. 489-495, 2013.

EBONE, L. A., KOVALESKI, M., & DEUNER, C. C. Nematicides: history, mode, and mechanism action. **Plant Science Today**, v. 6, n. 2, p. 91-97, 2019.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). 2017. **Cultivar BRS 7380 RR aumenta produtividade dos sojicultores do Cerrado**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/21357046/cultivar-brs-7380-rr-aumenta-produtividade-dos-sojicultores-do-cerrado>>. Acesso em 16 jan. 2020.

FERREIRA, R. J.; SOARES, P.L. M.; DE CARVALHO, R. B.; DOS SANTOS, J. M.; BATISTA, E. S. P.; BARBOSA, J. C. Espécies de *Bacillus* no controle dos nematoides das galhas e no desenvolvimento de cana-de-açúcar. **Nematropica**, v.47, N. 2, p. 106-113, 2017.

GARBIN, L.F.; COSTA, M.J.N. Incidência do fitonematoide *Helicotylenchus* em análises laboratoriais do Mato Grosso. Connecti on line. **Revista eletrônica do UNIVAG**, n. 12, p. 90-96, 2015.

GODOY, C.; UTIAMADA, C; SILVA, L.H.; SIQUERI, F. Ensaios de fungicida realizados na safra 2009/10 para avaliar a ação de misturas triazóis e estrobilurinas frente à ferrugem asiática da soja. **Revista Cultivar Grandes Culturas**, v. 34, p. 55-56. 2010.

GOETTEL, M. S.; HAJEK, A. E.; SIEGEL, J. P.; EVANS, H. C. Safety of fungal. In: BUTT, T. M.; JACKSON, C.; MAGAN, N. Fungal as biocontrol agents: problems, progress and potential. United Kingdom: **CABI Publishing**, cap. 13, p. 347-376, 2001.

HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO, J. J. O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro. Londrina: **Embrapa Soja**, 70p. : il. – (Documentos / Embrapa Soja), 2014.

INOMOTO, M. M. Avanço preocupante. **Revista Cultivar**, v. 11, n. 127, p. 12-15, 2010.

JONES, J. T.; HAEGEMAN, A.; DANCHIN, E. G. J.; GAUR, H. S.; HELDER, J.; JONES, M. G. K.; KIKUCHI, T.; MANZANILLA-LÓPEZ, R.; PALOMARES-RIUS, J. E.; WESEMAEL, W. M. L.; PERRY, R. Top 10 plant-parasitic nematodes in molecular plant pathology. **Molecular Plant Pathology**, v. 14, n. 9, p. 946-961, 2013.

JUHÁSZ, A. C. P.; PÁDUA, G. P.; WRUCK, D. S. M.; FAVORETO, L.; RIBEIRO N. R. Desafios fitossanitários para a produção de soja. **Informe Agropecuário**, v. 34, n. 276, p. 66-75, 2013.

KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A.; BERGAMIM FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. **Manual de Fitopatologia**. 4 ed. São Paulo, SP: Agrônomic de Ceres, 2005.

KUBO, R. K.; MACHADO, A. C. Z.; OLIVEIRA, C. M. G. Efeito do tratamento de sementes no controle de *Rotylenchulus reniformis* em dois cultivares de algodão. **Arquivos Instituto Biológico**, v. 59, p. 239-245, 2012.

LARRIBA, E.; JAIME, M. D.; CARBONELL-CABALLERO, J.; CONESA, A.; DOPAZO, J.; NISLOW, C.; LOPEZ-LLORCA, L. V. Sequencing and functional analysis of the genome of a nematode egg-parasitic fungus, *Pochonia chlamydosporia*. **Fungal Genetics and Biology**, v. 65, p. 69-80, 2014.

LIRA, V. L.; ROSA, M. O.; DE OLIVEIRA, S. A.; DE OLIVEIRA, C. M. G., DE MOURA, R. M. Análises morfológica e molecular de isolados de *Pratylenchus coffeae* ocorrentes no estado de Pernambuco, Brasil, em inhame. **Nematropica**, v.44, n. 2, p. 152-165, 2014..

LOOF, P. A. A. The family Pratylenchidae Thorne, 1949. In: **Manual of agricultural nematology**. p. 363-421, 1991.

MACHADO, A. C. Z.I.; AMARO, P. M.; SILVA, S. A. Two novel potential pathogens for soybean. **PloS one**, v. 14, n. 8, p. e0221416-e0221416, 2019.

MEYER, M. C.; FAVORETO, L.; KLEPKER, D.; MARCELINO-GUIMARÃES, F. C. Soybean green stem and foliar retention syndrome caused by *Aphelenchoides besseyi*. **Tropical Plant Pathology**, v. 42, n. 5, p. 403-409, 2017.

MEYER, M. C.; MAZARO, S. M.; SILVA, J.C. **Trichoderma: uso na agricultura**. Brasília, DF : Embrapa, 2019, 538 p.

MOOSAVI M. R.; ZARE, R. Fungi as biological control agents of plant-parasitic nematodes. In: **Plant defence: biological control**. v. 12, p. 67-107, 2012.

MUKHTAR T.; KAYANI, M. Z.; HUSSAIN, M. A. Response of selected cucumber cultivars to *Meloidogyne incognita*. **Crop Protection**, v. 44, p. 13–17, 2015.

NICOL, J. M.; TURNER, S. J.; COYNE, D. L.; NIJS, L. D.; HOCKLAND, S.; TAHNA MAAFI, Z. Current nematode threats to world agriculture. In: Jones, J.; Cheysen, G, Fenoll, C. Genomics and molecular genetics of Plant-Nematode Interactions. **Springer, Dordrecht**, p. 21-43, 2011.

OLIVEIRA, C. M. G.; SANTOS, M. A.; CASTRO, L, H. S. Diagnose de fitonematoides. São Paulo, SP: **Millenium**, 2016a, 368 p.

OLIVEIRA, P. G. Reprodução do nematoide-das-galhas da goiabeira em acessos de *Psidium comunicata*. **Scientiae**, v. 8, n. 1, p. 149-154, 2016b.

PAIVA, B. M; ALVES, R. M.; HELENO, N. M. Aspectos socioeconômicos da soja. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.27, n.230, p.7-14, 2006.

RAJINIKANTH, R.; RAO, M. S.; PAVANI, K. V.; MANOJKUMAR, R.; CHAYA, M. K.; RATHNAMMA, K.; SHIVANANDA, T. N. Management of nematode induced disease complex in seedlings of cauliflower (*Brassica oleraceae* var. *botrytis*) using bio-pesticides. **Pest Management in Horticultural Ecosystems**, vol. 19, n. 2, p. 203-210, 2013.

RECHENMACHER, C.; WIEBKE-STROHM, B.; DE OLIVEIRA-BUSATTO, L. A.; WEBER, R. L. M.; CORSO, M. C. M.; LOPES-CAITAR, V. S.; BODANESE-ZANETTINI, M. H. Endogenous soybean peptide overexpression: an alternative to protect plants against root-knot nematodes. **Biotechnology Research and Innovation**, 2020.

RIBEIRO, N. R.; FAVORETO, L.; MIRANDA, D. M. Nematoides: um desafio constante. In: **Associação dos Produtores de Sementes de Mato Grosso (APROSMAT)**. 2011, 10 p.



ROSA J. M. O.; WESTERICH J. N.; WILCKEN S. R. Nematoides das Galhas em Áreas de Cultivo de Olerícolas no Estado de São Paulo. **Nematologia Brasileira**, v. 509, n. 37(1-2), p. 15-19. 2013.

TAKAHASHI, V. S. P.; **Inter-relações entre nematoides, fungo e a cultura da seringueira**. Jaboticabal, SP: Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2015, 96 p., Tese Doutorado.

TAVARES-SILVA, C. A.; DIAS-ARIEIRA, C. R.; PUERARI, H. H.; SILVA, E. J. D.; IZIDORO JUNIOR, A. Crambe–soybean succession on the management of *Pratylenchus brachyurus* and *Meloidogyne javanica*. **Summa Phytopathologica**, v. 43, n. 4, p. 316-320, 2017.

TORRES, R. G.; RIBEIRO, N. R.; BOER, C. A.; FERNANDES, O.; FIGUEIREDO, A. G.; FERREIRA NETO, A.; CORBO, E. Manejo integrado de nematóides em sistema de plantio direto no cerrado. **Monsanto do Brasil Ltda**, 2011, 17 p.

VIDAL, R. A., QUEIROZ, A. D., TREZZI, M. M., & KRUSE, N. D. Association of glyphosate with other agrochemicals: the knowledge synthesis. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 15, n. 1, p. 39-47, 2016.

VITTI, A. J., NETO, U. D. R. R., DE ARAÚJO, F. G., SANTOS, L. D. C., BARBOSA, K. A., & DA ROCHA, M. R. Effect of soybean seed treatment with abamectin and thiabendazole on *Heterodera glycines*. **Nematropica**, v. 44, n 1, p. 74-80, 2014.

## 5. ARTIGO CIENTÍFICO

### ASSOCIAÇÃO DE MÉTODOS DE CONTROLE PARA O MANEJO DE FITONEMATOIDES EM SOJA NO CERRADO

#### RESUMO:

MENDES, SUELLEN P. S. C. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano -Campus Rio Verde, fevereiro de 2020. **Associação de métodos de controle para o manejo de fitonematoides em soja no cerrado.** Orientador: Dr. Alaerson Maia Geraldine. Coorientador: Dr. Leonardo de Castro Santos. Coorientadora: Dr<sup>a</sup>. Simone Cristiane Brand.

O sudoeste goiano se destaca por longas áreas destinadas a produção de soja e milho, com isso essa região é cada vez mais afetada por diferentes patógenos, seja na parte aérea ou sistema radicular dessas culturas, como é o caso dos nematoides. O objetivo foi determinar a melhor alternativa de manejo para o nematoide *Heterodera glycines*, *Pratylenchus brachyurus* e *Helicotylenchus* sp. em condições de cultivo do cerrado. Os ensaios foram realizados em duas áreas distintas, uma no Instituto de Ciência e Tecnologia Comigo (ITC), no município de Rio Verde, e outra na fazenda Segredo, município de Montividiu, foram realizados dois ensaios em cada local, nas safras 2017/2018 e 2018/2019. Os ensaios foram arranjados em delineamento em blocos ao acaso, com 11 tratamentos, sendo: 1. Controle (M7110), 2. Controle (BRS 7380/M7110), 3. *Pasteuria nishizawae*, 4. *Purpureocillium lilacinum*, 5. *Bacillus subtilis*, 6. *B. subtilis* + *B. licheniformis*, 7. Indutor de solos, 8. *B. licheniformis* + *B. subtilis* + *Trichoderma longibrachiatum*, 9. Abamectina, 10. *T. harzianum* e 11. Cadusafós. Foram realizadas extrações para quantificar as populações de *H. glycines*, *P. brachyurus* e *Helicotylenchus* sp.. Para *H. glycines* o controle genético atrelado ao controle biológico ou químico foi eficiente, os quais apresentaram as maiores produtividades, quando comparados aos tratamentos com controle genético usado de forma isolada. O controle biológico foi eficiente para controle de *P. brachyurus* e *Helicotylenchus* sp.

**Palavras-chave:** Nematoide do cisto da soja, nematoide das lesões radiculares, nematoide espiralado, controle biológico, controle genético.

**ABSTRACT:**

MENDES, SUELLEN P. S. C. Goiano Federal Institute of Education, Science and Technology - Rio Verde Campus, February 2020. **Association of control methods for phytomatoids management in soybean in cerrado.** Advisor: Dr. Alaerson Maia Geraldine. Co-advisor: Dr. Leonardo de Castro Santos. Co-advisor: Dr<sup>a</sup>. Simone Cristiane Brand.

The Goiás southwest stands out for long areas destined to the soybean and corn production, so this region is more and more affected by different pathogens, both in the aerial part or root system of these cultures, as is the nematodes case. The objective was to determine the best management alternative for the nematode *Heterodera glycines*, *Pratylenchus brachyurus* and *Helicotylenchus* sp. under cerrado cultivation conditions. The tests were carried out in two different areas, one at the COMIGO Institute of Science and Technology (ITC), in the municipality of Rio Verde, and another at the Segredo farm, municipality of Montividiu, two tests were carried out in each location, during the 2017/2018 and 2018/2019 harvest. The tests were arranged in a randomized block design, with 11 treatments, being: 1. Control (M7110), 2. Control (BRS 7380 / M7110), 3. *Pasteuria nishizawae*, 4. *Purpureocillium lilacinum*, 5. *Bacillus subtilis*, 6. *B. subtilis* + *B. licheniformis*, 7. Soil inducer, 8. *B. licheniformis* + *B. subtilis* + *Trichoderma longibrachiatum*, 9. *Abamectina*, 10. *T. harzianum* and 11. Cadusafós. Extractions were performed to quantify the populations of *H. glycines*, *P. brachyurus* and *Helicotylenchus* sp. For *H. glycines*, genetic control coupled with biological or chemical control was efficient, which showed the highest productivity when compared to treatments with genetic control used in isolation. The biological control was efficient to control *P. brachyurus* and *Helicotylenchus* sp.

**Keywords:** Soybean cyst nematode, root lesion nematode, spiral nematode, biological control, genetic control.

## 5.1. INTRODUÇÃO

A soja é a cultura agrícola brasileira que mais cresceu nas últimas três décadas, com 125,691 milhões de hectares de área plantada na safra 2018/2019. Cultivada especialmente nas regiões Centro-Oeste e Sul do país, a soja se consolidou como um dos commodities mais importantes da agricultura nacional (EMBRAPA, 2020b). O estado de Goiás é um dos maiores produtores dessa oleaginosa no país, com destaque para a região sudoeste, por suas extensas áreas destinadas a produção de soja e milho.

Junto com o crescimento da cultura vem o ataque de patógenos, que atacam desde parte aérea até sistema radicular. Dentre os diversos problemas fitossanitários, que limitam a obtenção de altos rendimentos da cultura da soja, destaca-se o nematoide das galhas, em que *Meloidogyne incognita* e *M. javanica* são as espécies mais importantes para a cultura da soja no Brasil; além do nematoide das lesões radiculares, *Pratylenchus brachyurus*, nematoide do cisto da soja, *Heterodera glycines* e nematoide reniforme, *Rotylenchulus reniformis* (DIAS et al., 2010). O nematoide espiralado, *Helicotylenchus dihystera*, surge neste cenário como promissor fitonematoide na cultura da soja (MACHADO et al., 2019).

Os fitonematoides penetram nas raízes da planta de soja e dificultam a absorção de água e nutrientes, condicionando porte e número reduzido de vagens, clorose, formando reboleiras, reduzindo a produtividade. Após o florescimento é possível haver o abortamento de vagens, além do amadurecimento precoce (HENNING et al., 2014; DIAS et al., 2010, KIMATI et al., 2005). Os métodos mais usados para controlar fitonematoides, têm sido o uso de nematicidas químicos, variedades resistentes e rotação de culturas, além do controle biológico (FERRAZ & FREITAS, 2020).

O controle químico se torna uma alternativa com alto custo, indicado para tratar pequenas áreas, com uso de aplicação dirigida, por exemplo. Porém, o uso de compostos químicos pode afetar a microbiota do solo, como inimigos naturais, causando desequilíbrios. É necessário avaliar cada caso com suas particularidades, evitando assim, desequilíbrios e prejuízos. Grande quantidade de organismos é capaz de repelir, inibir ou mesmo levar à morte dos fitonematoides. Mais de 200 inimigos naturais de fitonematoides têm sido reportados, dentre eles, fungos, bactérias, nematoides predadores, ácaros e outros (XIANG et al. 2017). No mercado atual de

defensivos agrícolas tem alta gama de produtos biológicos, seja fungos ou bactérias, para controle de fitonematoides.

Para melhores resultados, o controle de nematoide deve ser baseado na interação entre diferentes alternativas, como a rotação de culturas, o uso de genótipos resistentes e o controle químico e biológico, de maneira que associados os métodos de controle apresentem o menor custo possível, além de eficiência na redução populacional de nematoides (ALMEIDA et al. 2005).

A integração dos métodos de controle é importante na eficácia da redução populacional de fitonematoides. O controle biológico atrelado ao controle genético, por exemplo, ocorre a redução do inóculo do nematoide na área, se associado ao controle cultural e rotação de culturas, os resultados serão ainda mais evidentes. É importante que os produtores entendam que a dinâmica da associação de diferentes métodos de controle, como otimização de recursos, que levará ao aumento de produtividade, depois de algumas safras realizando o manejo adequado (CULTIVAR, 2020). Diante disto, o objetivo foi determinar a melhor alternativa de manejo para *H. glycines*, *P. brachyurus* e *Helicotylenchus* sp. na cultura da soja, em condições de cultivo do cerrado.

## 5.2. MATERIAL E MÉTODOS

### Instalação do Experimento em Campo

Inicialmente foi realizada amostragens de forma geral na área dos ensaios, para determinar a melhor área para implantar o experimento dentro do Instituto de Ciência e Tecnologia Comigo (ITC), localizado na latitude -17.766857 e longitude -51.038630, área cedida pela Cooperativa Comigo. Amostragens também realizadas na área da Fazenda Segredo, a qual foi destinada para conduzir o ensaio, localizada na latitude -17.4702070 e longitude -51.4394180. Em ambas as áreas foram determinadas presença de *H. glycines*, *P. brachyurus* e *Helicotylenchus* sp. As raças de *H. glycines* eram conhecidas, no ITC, as raças existentes eram 2 e 4, já na fazenda Segredo as raças identificadas foram 3 e 6.

Foram realizados quatro ensaios, dois na safra 2017/2018, um no ITC e outro na fazenda Segredo, e os mesmos ensaios foram conduzidos novamente na safra 2018/2019. Na entressafra, ambas as áreas foram deixadas em pousio, ou seja, sem semeadura de nenhuma cultura. Na safra 2017/2018 o ensaio conduzido na Fazenda Segredo foi implantado no final do mês de outubro/2017 e no ITC foi instalado no final de novembro/2017. Na safra 2017/2018 e 2018/2019 os plantios das áreas experimentais ocorram no mês de outubro, tanto para fazenda Segredo quanto para ITC.

### Tratamentos e Delineamento Experimental

Os ensaios seguiram arranjo experimental em delineamento em blocos ao acaso, com 11 tratamentos. No ITC o cultivar de soja padrão foi a BRS 7380, com ampla resistência, presente em 9 tratamentos contendo produtos químicos ou biológicos e um controle. O décimo primeiro tratamento foi constituído pelo cultivar soja suscetível, M7110, aqui utilizado como controle negativo para resistência genética.

O cultivar M7110 IPRO criada pela empresa Monsoy, pertencente ao grupo de maturação 6.8, suscetível ao ataque de *H. glycines*, com a tecnologia RR2, ou seja, apresenta resistência ao glifosato e confere proteção contra importantes lagartas que atacam as plantas da cultura de soja (MONSOY, 2020). Já na Fazenda Segredo os tratamentos controles foram compostos apenas com o cultivar suscetível, M7110, e os

demais tratamentos combinando o cultivar suscetível, M7110, com nematicidas biológicos e químicos. Combinando-se assim, 11 tratamentos x 5 blocos, totalizando 55 parcelas, cada uma com 8 linhas de plantio, com 5 m lineares cada uma, com 0,5 m de entrelinha. As três linhas centrais de cada parcela foram destinadas para avaliação de produtividade, as demais foram utilizadas para amostragem de raiz, para posterior análise nematológica. Os produtos utilizados estão descritos na Tabela 1.

**Tabela 1.** Ingredientes ativos biológicos e químicos combinados com diferentes cultivares, com respectivas doses de aplicação recomendadas, aplicados via tratamento de Sementes (TS) ou Sulco de Plantio (SP), utilizados nos ensaios conduzidos no ITC (Instituto de Ciência e Tecnologia Comigo) e na Fazenda Segredo.

	Tratamento	Cepa	Dose	Aplicação
1	Controle (M7110)	-	-	-
2	Controle (BRS 7380/ M7110) <sup>1</sup>	-	-	-
3	<i>Pasteuria nishizawae</i>	Pn1	150 mL.100 kg sem <sup>-1</sup>	TS
4	<i>Purpureocillium lilacinum</i>	UEL PAE 10	60 g.ha <sup>-1</sup>	SP
5	<i>Bacillus subtilis</i>	UFPEDA 764	1 L.ha <sup>-1</sup>	SP
6	<i>B. subtilis</i> + <i>B. licheniformis</i>	FMCH002/ FMCH001	100 g.100 kg sem <sup>-1</sup>	TS
7	Indutor de solos	-	0,5 L.ha <sup>-1</sup>	SP
8	<i>B.licheniformis</i> + <i>B. subtilis</i> + <i>T.</i> <sup>2</sup>	-	1 kg.ha <sup>-1</sup>	SP
9	Abamectina	-	700 mL.ha <sup>-1</sup>	TS
10	<i>Trichoderma harzianum</i>	ES ALQ 1306	100 mL.ha <sup>-1</sup>	SP
11	Cadusafós	-	4 L.ha <sup>-1</sup>	SP

<sup>1</sup>Cultivares de soja: BRS 7380 e M7110 utilizada na área do ITC e M7110 utilizada na área da fazenda Segredo.

<sup>2</sup>B.: *Bacillus*; T.: *Trichoderma longibrachiatum*.

Para todos os produtos biológicos, seja de origem fúngica ou bacteriológica, foram feitos testes em laboratório para certificar a concentração e a viabilidade de cada um deles. Os nematicidas de origem biológica foram mantidos sob refrigeração até seu uso. Para as parcelas em que foram realizados tratamentos de sementes, inicialmente foi colocado 2 kg de sementes em saco plástico, adicionado a dosagem do produto, homogeneizado, e armazenado sob sombra até o momento da utilização.

As amostragens de solo e raízes de soja foram realizadas na implantação do experimento, aos 45 e 90 dias após o plantio (DAP) nas duas áreas, para monitoramento da população de *H. glycines*, *P. brachyurus* e *Helicotylenchus* sp.

Foram coletadas amostras de solo para extrações de cistos antes do plantio da cultura da soja, em cada parcela dos dois ensaios, em três safras distintas. No ITC foram coletadas amostras nas safras 2017/2018, 2018/2019 e 2019/2020. Já na fazenda Segredo as avaliações foram realizadas na safra 2016/2017, 2017/2018 e 2018/2019.

Após a cultura atingir a maturação fisiológica, foi realizada a colheita de 5 m lineares de três linhas centrais, para posterior avaliação da produtividade.

### **Processamento das amostras de solo e raízes**

Para a extração de cisto em amostra de solo foi utilizada a metodologia de Tihohod & Santos (1993). Em seguida as amostras foram vertidas em suporte telado contendo papel filtro, adicionando a placa de contagem e realizando contagem em microscópio estereoscópico, conforme Andrade et al. (1997).

Foi feito também extrações para contagem *P. brachyurus* e *Helicotylenchus* sp., conforme Jenkins (1964). O material foi levado para contagem em microscópio óptico, com auxílio de uma câmara de Peters. A operação de contagem do número de fitonematoides presentes na amostra foi repetida por três vezes e calculada a média dos valores encontrados.

Para a extração de fêmeas de *H. glycines* das raízes foi seguida a metodologia de Tihohod (2000). Em seguida, assim como nas amostras de solo, a amostra foi vertida em suporte telado contendo papel filtro, adicionando a placa de contagem e realizando contagem em microscópio estereoscópico, conforme Andrade et al. (1997).

Para extração de *P. brachyurus* e *Helicotylenchus* sp. seguiu-se a metodologia de extração conforme Coolen & D'Herde (1972). A operação de contagem do número de fitonematoides presentes na amostra foi repetida por três vezes e calculada a média dos valores encontrados.

### **Análise Estatística**

Populações de cistos e fêmeas foram para cada parcela, nas avaliações de 45 e 90 DAP. Foram utilizados dados relativos para comparação das populações de cistos e fêmeas de *H. glycines*, a primeira amostragem, 0 DAP, foi considerado como 100% da população, e as demais amostragens transformadas também em valor relativo correspondente a primeira avaliação, por regra de três simples. No caso das avaliações da população de cistos de *H. glycines* nas três safras consecutivas, foram utilizados valores relativos, assim como para populações de cistos e fêmeas.

Para os cálculos de produtividade foram considerados 13% de umidade.

Para os dados de *P. brachyurus* e *Helicotylenchus* sp. foram considerados apenas 10 tratamentos, um controle foi removido, pelo fato do cultivar BRS 7380 não apresentar resistência a *P. brachyurus* e *Helicotylenchus* sp., e não justifica a comparação com dois controles, como foi feito para *H. glycines*.



Populações de *P. brachyurus* e *Helicotylenchus* sp. diminuem drasticamente quando solo está sob pousio, podendo até entrar em anidrobiose (MACHADO et al., 2019). Sendo assim, não é correto utilizar valores relativos para comparar as médias de suas populações, a amostragem realizada na implantação da cultura não representa a população em sua totalidade, como ocorre no caso da espécie *H. glycines*, que forma estrutura de resistência, os cistos, em que não ocorre anidrobiose.

As variáveis *P. brachyurus*, *Helicotylenchus* sp. e produtividade foram submetidas ao teste de Shapiro-Wilk e Qui-quadrado para análises das pressuposições da análise de variância. As variáveis que não apresentaram normalidade foram transformadas. Todas as transformações foram feitas por Box-Cox (BOX & COX, 1964). Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste LSD de Fisher a 5% de probabilidade, com auxílio do programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2008).

### 5.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### *Heterodera glycines*

A flutuação populacional de *Heterodera glycines* na área do ensaio Instituto de Ciência e Tecnologia Comigo (ITC) na safra 2017/2018 apresentou homogeneidade na distribuição da população de cistos (Figura 1). Aos 45 DAP todos os tratamentos reduziram as populações de *H. glycines*, a maior população de cistos e fêmeas foi encontrada no tratamento com *P. nishizawae*, mesmo assim apresentou redução de 19% da população inicial, quando comparado com a avaliação na instalação do ensaio. Menores populações foram encontradas nos tratamentos com *T. harzianum* e o nematicida químico cadusafós, a cerca de 72%. Aos 90 DAP verificou-se que a população de *H. glycines* nos tratamentos com *P. lilacinum* e *B. subtilis* + *B. licheniformis/subtilis*/*T. longibrachiatum* apresentaram as menores reduções, 6 e 13% respectivamente. Enquanto os tratamentos controle, *T. harzianum* e o nematicida químico cadusafós apresentaram as maiores reduções populacionais, a cerca de 50% para essa variável, quando comparado a avaliação de 0 DAP.

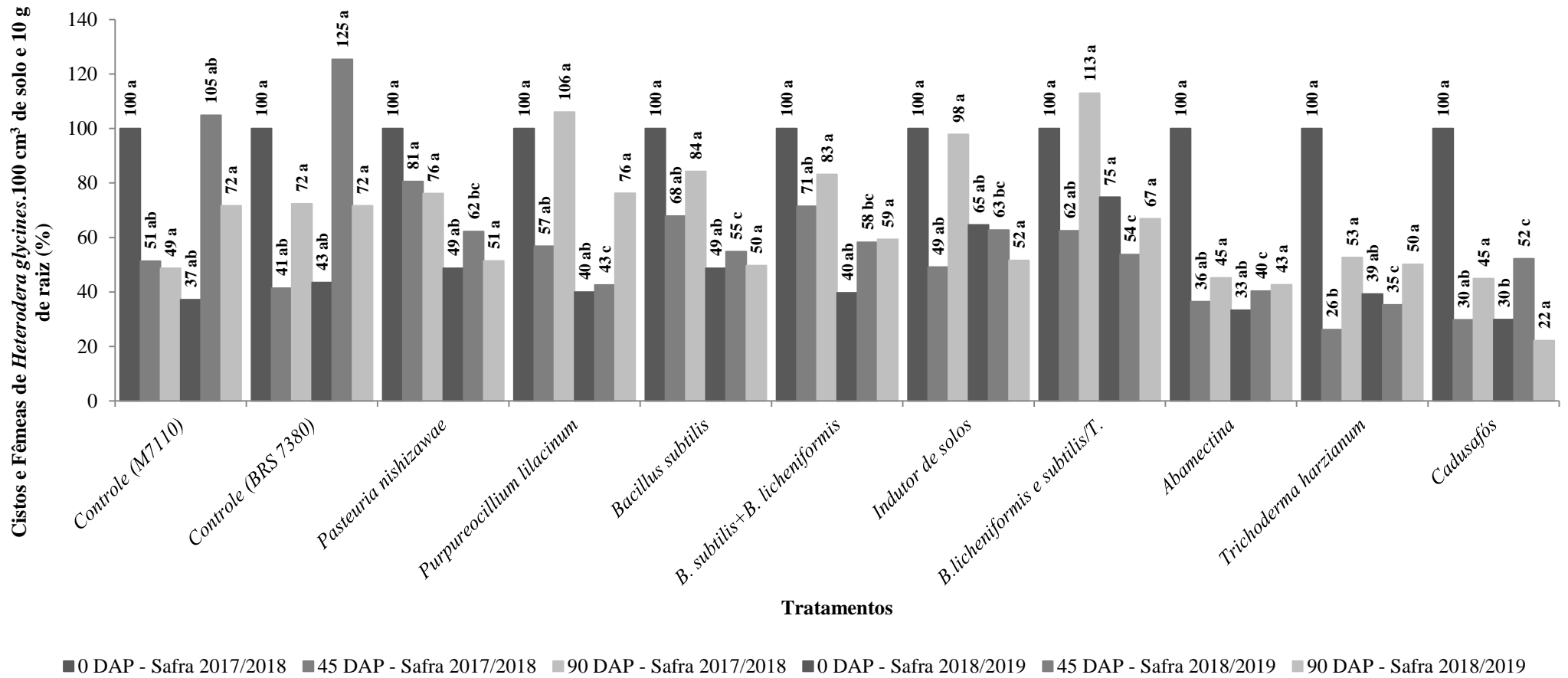
O mecanismo de ação de *T. harzianum* se baseia em dois métodos, sendo o parasitismo direto de ovos e larvas através do aumento da atividade de quitinases e proteases, sendo esta um indicativo da capacidade de infectar ovos; e indução dos

mecanismos de defesa do hospedeiro (MEYER et al., 2019). Para cadusafós, o mecanismo clássico de ação é por inibição da enzima acetilcolinesterase impedindo a inativação do neurotransmissor acetilcolina (ACh), provocando superestimulação colinérgica das terminações nervosas, tornando inadequada a transmissão de seus estímulos às células musculares, glandulares, ganglionares e do sistema nervoso, causando efeitos muscarínicos (sistema nervoso parassimpático), nicotínicos (sistema nervoso simpático e motor) e no sistema nervoso central (ADAPAR, 2020).

Como ambos produtos (biológico e químico) apresentaram redução na população de cistos e fêmeas, é preferível a utilização do produto biológico, uma vez que, em decorrência do uso indiscriminado de produtos químicos, vários problemas no ambiente passaram a ser cada vez mais evidentes, além disso, maiores custos de produção são observados, principalmente pela seleção de raças resistentes aos produtos químicos (MEDEIROS & MONTEIRO, 2015).

*P. nishizawae* atua infectando o nematoide com seus endósporos, que entram em contato com o corpo do nematoide e a ele ficam aderidos, impedindo o nematoide de penetrar na raiz e, portanto, não pode se alimentar e acaba por morrer (MACHADO et al., 2012). Em estudo avaliando potencial de controle de *P. nishizawae* sob a população de *H. glycines*, a adição de *P. nishizawae* ao tratamento de sementes, assim como neste ensaio para avaliação aos 45 DAP, não foi capaz de diminuir a população deste fitonematoide (LUND et al., 2018).

Observa-se que a população de cistos de *H. glycines* diminuiu da safra 2017/2018 para a safra 2018/2019 no ensaio conduzido no ITC. Aos 45 dias os tratamentos com *P. lilacinum*, abamectina e *T. harzianum* conseguiram reduzir a população de *H. glycines*, 57, 60 e 65%, respectivamente (Figura 1). Os tratamentos controles tiveram aumento no número de cistos e fêmeas, seja suscetível, com 5 %, ou resistente, com 25% de aumento quando comparado com a avaliação na instalação do ensaio na safra 2017/2018. Mostrando a importância da integração dos métodos de controle, mesmo com o controle genético não houve eficiência na redução das populações de cistos e fêmeas, em relação ao cultivar suscetível.



**Figura 1.** Redução populacional de *Heterodera glycines* (Nematoide do cisto da soja), com valores relativos, na safra 2017/2018 e 2018/2019, no ensaio conduzido no Instituto de Ciência e Tecnologia Comigo (ITC). Avaliação do número de cistos viáveis no solo e para amostras de raiz avaliando número de fêmeas, amostragens realizadas aos 0, 45 e 90 Dias Após o Plantio (DAP). T.: *Trichoderma longibrachiatum*.

Segundo Stangarlin et al., (2010), o nematicida químico Abamectina possui efeito mais rápido no manejo de nematoides em relação ao produto biológico, pois este último precisa se estabelecer primeiro no meio e a continuidade da sua efetividade depende da sua adaptação, multiplicação. E, necessita de condições ideais de umidade e temperatura, variando entre as espécies (STANGARLIN et al., 2010; VITTI et al., 2014).

É possível observar diminuição na quantidade de cistos e fêmeas de *H. glycines* para todos os tratamentos na avaliação aos 90 DAP, quando comparado a primeira amostragem da safra 2017/2018. Os tratamentos controles apresentaram a mesma porcentagem de *H. glycines* em relação a avaliação 0 DAP da safra 2017/2018, 28%. É possível observar a importância de se usar mais de uma ferramenta de manejo, pois mesmo sendo uma cultivar resistente, BRS 7380 apresentou o número de fêmeas semelhante a cultivar suscetível M7110. Assim como na avaliação de 90 DAP na safra anterior, os tratamentos que apresentaram as maiores reduções populacionais foram *T. harzianum*, 50%, e cadusafós, 78%.

Usar variedades resistentes é uma maneira natural e altamente recomendável de controlar pragas e doenças (RIBEIRO et al., 2011). A cultivar BRS 7380 é caracterizada como sendo resistente às raças 3, 4, 6, 9, 10 e 14 de *H. glycines*, com as resistências aos dois nematoides formadores de galhas, *M. incognita* e *M. javanica*, bem como apresenta baixo fator de multiplicação ao nematoide *P. brachyurus* (EMBRAPA, 2020a).

Neste estudo, quando observados número de cistos e fêmeas aos 90 dias é possível perceber que não houve o efeito de resistência do cultivar BRS 7380, quando comparado a cultivar M7110. Apesar de já terem sido lançadas no País cerca de 50 cultivares de soja com resistência ao nematoide do cisto da soja, quase todas são adequadas apenas para as raças 1 e 3, explicando a moderada resistência ou suscetibilidade de alguns cultivares à *H. glycines* possivelmente pela presença de outras raças no sistema produtivo, que ocorreu na área do ITC, em que as raças presentes foram 2 e 4. Com isso, vê-se a necessidade da utilização de métodos integrados de controle, aliando os controles químicos, biológicos e culturais ao genético disponível, visando também a manutenção da efetividade e diminuindo riscos de aparecimento de resistência (ARAÚJO et al., 2015).

A população de *H. glycines* na Fazenda Segredo na safra 2017/2018 aumentou da avaliação de 0 DAP para 45 DAP para todos os tratamentos, o maior número de

cistos e fêmeas foram encontrados no tratamento com *B. subtilis*+*B. licheniformis*, com aumento de 579% em relação a primeira avaliação. Já o menor aumento populacional foi encontrado no tratamento com *B. subtilis* aplicado de forma individual, 97% (Figura 2).

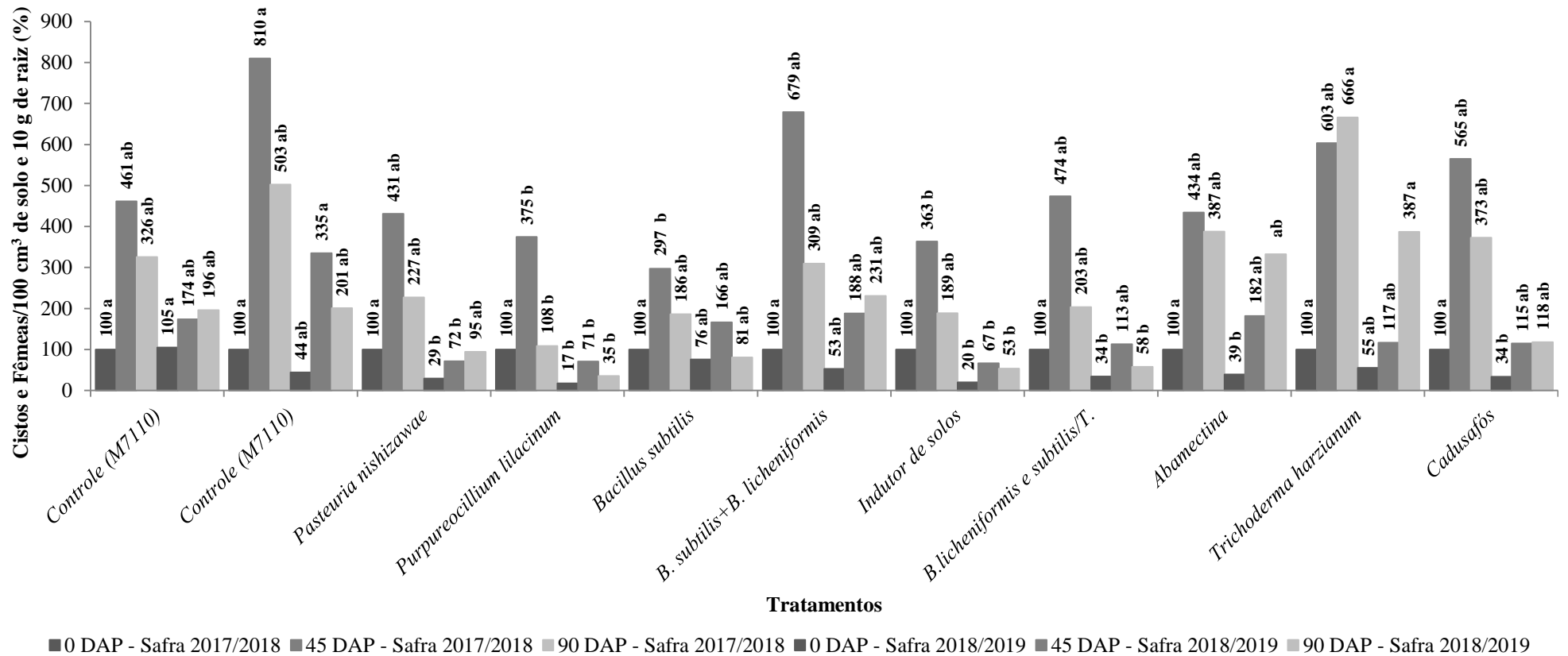
Cepas de espécies de *Bacillus* podem produzir compostos nematicidas que afetam diretamente a eclosão dos ovos e a sobrevivência de juvenis (GAO et al., 2016, WEI et al., 2014). Um dos principais mecanismos de controle de *B. subtilis* é a resistência sistêmica induzida, em vez do antagonismo direto dos nematoides (ADAM et al., 2014).

Para cistos e fêmeas aos 90 dias todos os tratamentos também aumentaram a população de *H. glycines* em relação a avaliação de 0 DAP, a maior população foi encontrada no tratamento com *T. harzianum*, com aumento de 566%, comparado com a avaliação na implantação do ensaio. Enquanto o tratamento com *P. lilacinum* apresentou o menor aumento quando comparado aos demais tratamentos, cerca de 10%.

*P. lilacinum* atua infectando ovos e fêmeas de espécies de nematoides através dos mecanismos de parasitismo dos ovos, causando diminuição da eclosão e também provocando a morte de embriões de 5 a 7 dias; e produz também toxinas que afetam o sistema nervoso do nematoide e causam deformações no estilete nos que sobrevivem. O fungo tem dado excelentes resultados em diversas condições de clima e solo (MUHKAR et al., 2015; MOOSAVI & ZARE, 2012).

Para a safra 2018/2019 no ensaio conduzido na Fazenda Segredo os dados se comportaram como no ensaio conduzido no ITC, de uma safra para outra a população de *H. glycines* diminuiu em todos os tratamentos, assim como observado no ensaio conduzido no ITC. Exceto no primeiro controle, em que houve aumento de 5%, quando comparado com a avaliação na implantação do ensaio. Maiores reduções populacionais foram observadas nos tratamentos com *P. lilacinum*, 83%, indutor de solos, 80% e *P. nishizawae*, com redução de 71% na população de *H. glycines*.

Aos 45 DAP ambos os controles aumentaram a quantidade de cistos e fêmeas, 74 e 235% respectivamente. As menores populações encontradas nos mesmos tratamentos que na avaliação de 0 DAP foram: indutor de solos, 33%, *P. lilacinum*, 29%, e *P. nishizawae*, com redução de 28% na população de *H. glycines*.



**Figura 2.** Redução populacional de *Heterodera glycines* (Nematoide do cisto da soja), com valores relativos, na safra 2017/2018 e 2018/2019, no ensaio conduzido na Fazenda Segredo. Avaliação do número de cistos viáveis no solo e para amostras de raiz avaliando número de fêmeas, amostragens realizadas aos 0, 45 e 90 Dias Após o Plantio (DAP). T.: *Trichoderma longibrachiatum*.

Para cistos e fêmeas aos 90 dias os controles continuaram com aumento populacional, na ordem de 96 e 101%. Também foi observado aumento populacional nos tratamentos com *T. harzianum*, 287%, abamectina, 232%, *B. subtilis*+*B. licheniformis*, 131%, e Cadusafos, com aumento de 18%. Tal afirmação é sustentada por Medeiros & Monteiro (2015), que destacam que nem sempre fica evidente o efeito do agente de controle biológico no manejo de pragas e doenças que estejam sendo controladas, pois ambos fitopatógenos e agentes de biocontrole são microrganismos. E na maioria das vezes, suas interações não são visíveis a olho nu e os resultados de aumento de controle e/ou produtividade nem sempre são observados em uma mesma safra, necessitando a manutenção da população do agente de controle biológico ao longo das safras para reduzir a doença abaixo do limiar de dano econômico.

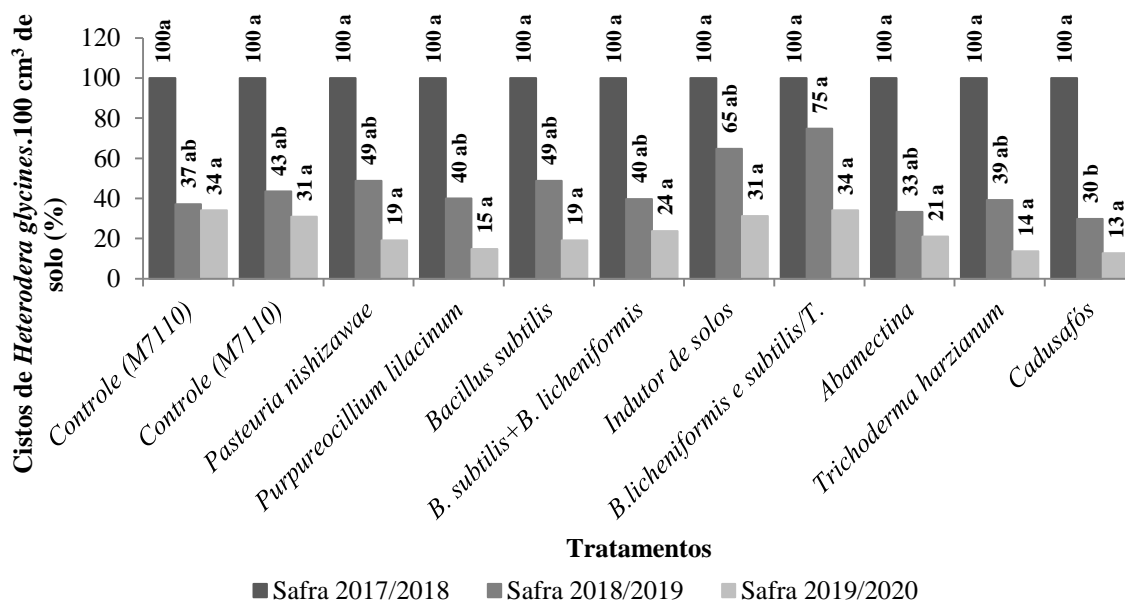
Nas Figuras 1 e 2, observa-se a importância da continuidade do manejo da população de *H. glycines* ao longo dos anos para manutenção da população viável destes microrganismos do solo, garantindo melhoria da sua eficiência ao longo do tempo. Em ambos ensaios as maiores reduções da população de *H. glycines* ao longo das safras, foram observadas nos tratamentos *P. nishizawae* e cadusafós.

Maiores reduções de cistos e fêmeas quando comparadas as populações de cisto na safra 2017/2018 encontradas nos tratamentos *P. lilacinum*, 65%, indutor de solos, 47%, *B. subtilis* + *B. licheniformis/subtilis*/*T. longibrachiatum*, com 42%. Indutores de solo promovem a melhoria das propriedades físicas, físico-químicas ou da atividade biológica do solo (MAEDA, 2017).

*P. nishizawae* atua infectando o nematoide com seus endósporos, que entram em contato com o corpo do nematoide e ficam aderidos, impedindo o nematoide de penetrar na raiz e, portanto, não pode se alimentar e acaba morrendo. Em baixa concentração, os endósporos aderidos ao corpo irão parasitar a fêmea e torná-la infértil. Trata-se de uma bactéria específica para o controle de *H. glycines*, e sua efetividade é aumentada pelo fato de os endósporos serem suas estruturas de resistência e permanecem no solo, sendo viáveis mesmo em condições ambientais adversas (MACHADO et al., 2012), podendo ter favorecido sua sobrevivência na área do ensaio mesmo ocorrendo veranico na segunda safra.

Para a avaliação da diminuição da população de cistos de *H. glycines* ao longo das três safras, em que na safra 2017/2018 o número é muito maior do que nas safras

subsequentes na área do ITC, mesmo onde havia a cultivar suscetível M7110. No entanto, da safra 2018/2019 para a safra 2019/2020, houve menor redução da população de cistos desta cultivar M7110 quando comparado aos demais tratamentos. As maiores reduções podem ser observadas nos tratamentos com cadusafós, 92%, *P. nishizawae* e *T. harzianum* com redução de 90%, quando comparadas safras 2017/2018 para a safra 2019/2020 (Figura 3).



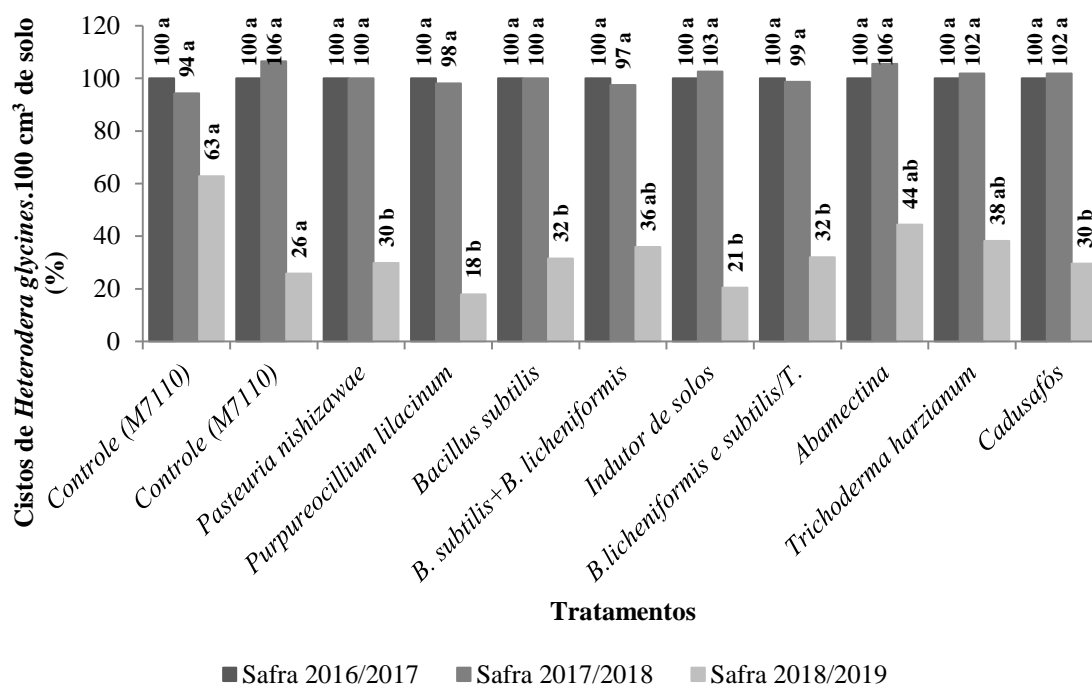
**Figura 3.** Redução populacional, com valores relativos, de cistos de *Heterodera glycines* (Nematoide do cisto da soja) na instalação dos ensaios nas safras 2017/2018, 2018/2019 e 2019/2020 no ensaio conduzido no Instituto de Ciência e Tecnologia Comigo (ITC). *T.*: *Trichoderma longibrachiatum*.

Na Fazenda Segredo, para avaliação das três amostragens realizadas para números de cistos na maioria dos tratamentos não houve redução da população de cistos entre as safras 2016/2017 e 2017/2018, maior população no tratamento com *P. lilacinum*, 82% de aumento quando comparado com a contagem de cistos da safra 2016/2017. Com destaque para os tratamentos primeiro controle, 88%, indutor de solos, 80%, *P. lilacinum*, 73%, *P. nishizawae*, 73%, e cadusafós com redução de 70%, quando comparadas safras 2016/2017 e 2018/2019 (Figura 4).

Um dos gargalos para a maior aceitação do controle biológico é trabalhar a expectativa do produtor. Se por um lado, no controle químico ou até mesmo em alguns casos no controle biológico, o produtor pode ver o controle imediato do patógeno, parasitada ou mumificada, nem sempre fica evidente o efeito imediato do agente de



controle biológico no manejo dos nematoides que estejam sendo controladas (Medeiros & Monteiro, 2015).



**Figura 4.** Redução populacional, com valores relativos, de cistos de *Heterodera glycines* (Nematoide do cisto da soja) na instalação dos ensaios nas safras 2016/2017, 2017/2018 e 2018/2019 no ensaio conduzido na Fazenda Segredo. T.: *Trichoderma longibrachiatum*.

Fitopatógenos e agentes de biocontrole são microrganismos, na maioria das vezes, estabelecem interações que não são visíveis a olho nu e os resultados de aumento de produtividade nem sempre são observados em uma mesma safra, como o verificado no presente estudo. No entanto, é imprescindível nunca deixar de manejar, mesmo que o controle biológico demore mais tempo para se estabelecer e se estabilizar, esse método traz grandes benefícios no que tange ao meio ambiente e manutenção da resistência (Medeiros & Monteiro, 2015).

### *P. brachyurus*

A distribuição inicial de *P. brachyurus* não estava homogênea na área do ensaio conduzido no ITC como observado na Tabela 2, justificando a diferença estatística entre os tratamentos. Aos 45 DAP, a população no solo deste nematoide foi inferior para os tratamentos com *P. lilacinum* e *T. harzianum* quando comparado com o

tratamento com abamectina, possivelmente pelo efeito desse produto químico ser de curto prazo.

**Tabela 2.** Flutuação populacional de *P. brachyurus* na safra 2017/2018, no ensaio conduzido no Instituto de Ciência e Tecnologia Comigo (ITC). Avaliação do número de juvenis no solo e raízes, amostragens realizadas aos 0, 45 e 90 Dias Após o Plantio (DAP).

Tratamento	<i>P. brachyurus</i> (100 cm <sup>3</sup> de Solo)			<i>P. brachyurus</i> (10 g de Raiz)	
	0 DAP	45 DAP	90 DAP	45 DAP	90 DAP
2 Controle (BRS 7380)	6,40 abc	4,20 ab	34,67	145,47	295,53 a
3 <i>Pasteuria nishizawae</i>	1,00 c	6,80 ab	49,27	110,53	190,67 ab
4 <i>Purpureocillium lilacinum</i>	6,00 abc	6,40 b	48,47	256,80	149,60 ab
5 <i>Bacillus subtilis</i>	5,00 abc	2,00 ab	40,53	136,93	127,47 ab
6 <i>B. subtilis</i> + <i>B. licheniformis</i>	6,00 abc	1,40 ab	60,27	154,13	128,53 ab
7 Indutor de solos	3,40 abc	6,07 ab	35,73	142,13	164,27 ab
8 <i>B.licheniformis e subtilis</i> /T.	3,00 bc	4,00 ab	72,67	154,60	162,67 ab
9 Abamectina	5,40 abc	3,20 a	35,33	141,73	80,80 b
10 <i>Trichoderma harzianum</i>	6,80 a	4,27 b	25,27	176,53	158,80 ab
11 Cadusafós	7,00 ab	4,40 ab	30,80	171,00	129,60 ab
<b>Erro do Desvio Padrão</b>	0,71	0,60	1,20	1,14	1,92
<b>CV (%)</b>	70,46	46,62	52,36	28,47	44,21

Letras iguais minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de LSD de Fisher a 5% de probabilidade; DAP: Dias após o plantio; T.: *Trichoderma longibrachiatum*.

Aos 90 DAP no solo, e aos 45 DAP na raiz, não houve diferença significativa entre os tratamentos. Aos 90 DAP, na raiz, o tratamento com que apresentou a menor média para esse nematoide foi o tratamento com abamectina, possivelmente pelo produto ter inibido a entrada de *P. brachyurus* no início do desenvolvimento, em que seu efeito teve maior potencialidade.

O mecanismo de ação de abamectina se dá com o estímulo da liberação do ácido-gama-amino-butírico (GABA), a biotransformação ocorre principalmente por demetilação e hidroxilação. Devido ao seu mecanismo de ação rápido, o tratamento com abamectina apresentou maior controle inicial, e manteve baixa a população de *P. brachyurus* na raiz não pelo seu residual ter sido prolongado, mas por ter impedido que *P. brachyurus* penetrasse na raiz no início do desenvolvimento da cultura, permitindo que as plantas se desenvolvessem sem a interferência negativa do patógeno (ARAÚJO et al., 2012).

Como se trata de um patógeno endoparasita, *P. brachyurus* tem seu controle dificultado quando se encontra dentro da raiz, em que alguns microrganismos

antagonistas e/ou produtos químicos não sistêmicos não conseguem penetrar (MORGADO et al., 2015). A interação que ocorre entre *P. brachyurus* com a cultura da soja é menos complexa, pelo fato de não haver necessidade de nenhuma célula especializada de alimentação, como ocorre com os nematoides de cisto e das galhas, sendo assim, as chances de encontrar fontes de resistência são menores, aumentando seu potencial de prejuízos (DIAS et al., 2010).

Segundo Embrapa (2020a), a cultivar BRS 7380 apresenta baixo fator de multiplicação ao nematoide *P. brachyurus*. Porém, no presente ensaio, viram que esse material pode não apresentar esse comportamento em determinadas condições. Como afirmado por Araújo et al. (2015), não é recomendado o uso desta tecnologia isoladamente, pois ela, por si só, pode não ser efetiva pela alta população de nematoides na área, necessitando do auxílio de outras medidas de controle integradas para obtenção de melhores resultados.

A população de *P. brachyurus* aumentou da safra 2017/2018 para a safra 2018/2019, no ensaio conduzido no ITC. Inicialmente, foi observado maior número de *H. glycines* e menor de *P. brachyurus*, em que foi possível verificar que os tratamentos foram eficientes para controlar fêmeas de *H. glycines* nas raízes, diminuindo a manutenção da população de cistos, e em contrapartida, a população de *P. brachyurus* se sobressaiu (Tabela 3).

Aos 90 DAP, no solo, os tratamentos compostos por *P. lilacinum*; *B. subtilis*; *B. subtilis* + *B. licheniformis/subtilis/T. longibrachiatum*, apresentaram as menores populações de *P. brachyurus* quando comparados ao controle. Para avaliação de raízes aos 45 dias, o tratamento com a abamectina diminuiu a população deste patógeno, quando comparado com *B. subtilis*. Aos 90 DAP, na avaliação de raízes, o tratamento *B.licheniformis/ subtilis/T. longibrachiatum*, foi mais eficiente no manejo de *P. brachyurus* em relação ao controle.

A competição entre nematoides ocorre em função da densidade da população inicial, potencial reprodutivo, estado do hospedeiro e fatores edáficos que influenciam a interação patógenos-hospedeiro. A distribuição e a densidade populacional das espécies de *P. brachyurus* no campo refletem interações de competitividade com outros fitonematoides (BELLÉ et al., 2017), e pode ter acontecido no presente estudo, em que na competição entre *P. brachyurus* e *H. glycines*, o gênero *Pratylenchus* se sobressaiu.

**Tabela 3.** Flutuação populacional de *P. brachyurus* na safra 2018/2019, no ensaio conduzido no Instituto de Ciência e Tecnologia Comigo (ITC). Avaliação do número de juvenis no solo e raízes, amostragens realizadas aos 0, 45 e 90 Dias Após o Plantio (DAP).

Tratamento	<i>P. brachyurus</i> (100 cm <sup>3</sup> de Solo)			<i>P. brachyurus</i> (10 g de Raiz)	
	0 DAP	45 DAP	90 DAP	45 DAP	90 DAP
2 Controle (BRS 7380)	11,20	44,13	138,80 a	101,13 ab	469,60 a
3 <i>Pasteuria nishizawae</i>	9,20	79,80	104,80 ab	142,80 ab	348,00 ab
4 <i>Purpureocillium lilacinum</i>	7,73	100,93	66,60 b	45,80 ab	211,20 ab
5 <i>Bacillus subtilis</i>	19,13	20,60	37,73 b	155,73 a	371,73 ab
6 <i>B. subtilis</i> + <i>B. licheniformis</i>	14,80	69,60	61,87 b	81,33 ab	201,87 ab
7 Indutor de solos	30,33	53,67	88,27 ab	79,33 ab	324,13 ab
8 <i>B.licheniformis e subtilis/T.</i>	8,60	68,00	64,20 b	41,73 ab	106,53 b
9 Abamectina	9,47	58,80	78,93 ab	65,13 b	305,33 ab
10 <i>Trichoderma harzianum</i>	23,53	86,13	84,73 ab	64,47 ab	355,00 ab
11 Cadusafós	11,20	65,87	74,67 ab	66,47 ab	308,80 ab
<b>Erro do Desvio Padrão</b>	0,69	28,59	24,76	2,39	40,13
<b>CV (%)</b>	60,26	98,64	69,15	56,47	71,92

Letras iguais minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de LSD de Fisher a 5% de probabilidade; DAP: Dias após o plantio; T.: *Trichoderma longibrachiatum*.

Quando estudado a interação de *P. brachyurus* e duas populações de *Meloydogine* sp. em plantas de soja verificou-se que a reprodução de *P. brachyurus* decresceu quando foi inoculado junto com a maior população de *Meloydogine* sp. e aumentou quando foi usada a menor população (MATTOS et al., 2016). Já em estudo avaliando os efeitos resultantes de infestações simples e conjuntas de *P. brachyurus* e *M. javanica* sobre o cultivar Cristalina, relata que ocorreu antagonismo entre elas em infestações conjuntas, sendo *P. brachyurus* mais sensível aos efeitos do antagonismo. Trabalho este que apresenta resultados divergentes ao observado no presente estudo para o gênero *Heterodera*, em que a população de *P. brachyurus* se sobressaiu, pode-se supor que o comportamento de competição entre os gêneros apresentam comportamentos diferentes, e nem sempre o gênero que se sobressai a determinado gênero, terá o mesmo comportamento quando comparado com outro (BELLÉ et al., 2017).

Antagonistas utilizados para controle biológico pode atuar através de um ou mais mecanismos, e constitui uma característica muito desejável, pois as chances de sucesso do controle biológico serão aumentadas. No entanto, algum desses mecanismos pode não ser benéfico a outro microrganismo introduzido no meio também com o objetivo de controle biológico. Ou seja, nessa integração, ao invés de seus efeitos serem somados, um pode ser maléfico ao outro organismo. Por isso, é imprescindível que sejam estudadas tais

interações, visando o melhor aproveitamento das tecnologias disponíveis (MORGADO et al., 2015).

Em ensaio realizado por Xiang et al. (2017), estudando mais de 600 estirpes de bactérias, incluindo espécies de *B. subtilis*, os resultados sugerem que nem todas estirpes de *B.licheniformis* e *B. subtilis* tem atividade antagonista a fitonematoides, podendo ser o caso destas duas espécies de bactérias, que podem ser eficientes para outros fitonematoides e não para *P. brachyurus*

Na Fazenda Segredo foi observada diferença significativa apenas aos 90 DAP para avaliação de amostras de solo, e o indutor de solos apresentou a menor média populacional entre os tratamentos (Tabela 4).

**Tabela 4.** Flutuação populacional de *P. brachyurus* na safra 2017/2018, no ensaio conduzido na Fazenda Segredo. Avaliação do número de juvenis no solo e raízes, amostragens realizadas aos 0, 45 e 90 Dias Após o Plantio (DAP).

Tratamento	<i>P. brachyurus</i> (100 cm <sup>3</sup> de Solo)			<i>P. brachyurus</i> (10 g de Raiz)	
	0 DAP	45 DAP	90 DAP	45 DAP	90 DAP
2 Controle (M7110)	6,87	11,27	14,27 a	74,33	22,80
3 <i>Pasteuria nishizawae</i>	4,80	11,93	10,27 ab	82,20	28,20
4 <i>Purpureocillium lilacinum</i>	4,47	15,73	6,47 ab	69,73	32,53
5 <i>Bacillus subtilis</i>	5,80	13,13	12,00 ab	126,93	14,20
6 <i>B. subtilis</i> + <i>B. licheniformis</i>	10,40	11,23	12,40 ab	104,53	17,67
7 Indutor de solos	8,60	9,53	2,20 b	116,13	10,87
8 <i>B.licheniformis</i> e <i>subtilis</i> /T.	6,60	7,20	6,27 ab	118,47	14,27
9 Abamectina	7,20	7,73	7,33 ab	108,97	23,53
10 <i>Trichoderma harzianum</i>	5,00	6,47	6,40 ab	65,37	18,40
11 Cadusafós	7,40	16,17	5,40 ab	77,60	33,33
<b>Erro do Desvio Padrão</b>	0,61	0,69	0,44	0,78	0,77
<b>CV (%)</b>	89,04	79,26	69,8	34,55	50,59

Letras iguais minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de LSD de Fisher a 5% de probabilidade; DAP: Dias após o plantio; T.: *Trichoderma longibrachiatum*.

Na safra subsequente, na Fazenda Segredo, a distribuição inicial da população de *P. brachyurus* foi homogênea como observado na safra anterior (Tabela 5). Aos 45 DAP, no solo, os tratamentos com menores médias deste nematoide no solo foram os compostos por *P. nishizawae*, Indutor de solos, *B. licheniformis*/ *subtilis*/ *T.longibrachiatum*, abamectina, *T. harzianum* e cadusafós; quando comparados com o tratamento controle.

**Tabela 5.** Flutuação populacional de *P. brachyurus* na safra 2018/2019, no ensaio conduzido na Fazenda Segredo. Avaliação do número de juvenis no solo e raízes, amostragens realizadas aos 0, 45 e 90 Dias Após o Plantio (DAP).

Tratamento	<i>P. brachyurus</i> (100 cm <sup>3</sup> de Solo)			<i>P. brachyurus</i> (10 g de Raiz)	
	0 DAP	45 DAP	90 DAP	45 DAP	90 DAP
2 Controle (M7110)	2,20	11,90 a	4,80 a	74,90 a	9,00 abc
3 <i>Pasteuria nishizawae</i>	2,80	5,53 c	8,00 b	36,30 ab	28,60 abc
4 <i>Purpureocillium lilacinum</i>	2,80	7,30 ab	5,60 bc	20,33 b	35,60 a
5 <i>Bacillus subtilis</i>	2,60	5,57 ab	2,40 d	77,27 a	9,40 bc
6 <i>B. subtilis</i> + <i>B. licheniformis</i>	2,00	5,60 ab	3,00 cd	61,57 ab	39,20 ab
7 Indutor de solos	2,60	3,53 c	5,00 bcd	64,80 a	25,00 abc
8 <i>B.licheniformis e subtilis/T.</i>	2,60	4,63 c	5,00 bcd	39,77 ab	12,20 abc
9 Abamectina	2,40	4,70 c	3,20 bcd	74,67 a	15,00 abc
10 <i>Trichoderma harzianum</i>	3,20	3,43 c	4,20 bcd	43,13 ab	7,80 c
11 Cadusafós	3,20	4,97 c	4,60 bcd	44,03 ab	15,60 c
<b>Erro do Desvio Padrão</b>	0,28	0,39	1,09	1,20	0,64
<b>CV (%)</b>	78,22	53,73	49,53	40,94	55,23

Letras iguais minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de LSD de Fisher a 5% de probabilidade; DAP: Dias após o plantio; T.: *Trichoderma longibrachiatum*.

Aos 90 DAP, ainda no solo, o tratamento composto por *B. subtilis* apresentou a menor média populacional. *B. subtilis* é capaz de afetar a orientação dos nematoides, o que pode reduzir a migração para as raízes. Devido a interferência na produção de exsudatos pelas raízes das plantas, que servem como orientação para os fitonematoides, alterando a reprodução e orientações do patógeno, Como é o caso de *P. brachyurus*, os fitonematoides acabam se movendo no solo de maneira desordenada até sua morte (MAZZUCHELLI et al., 2020).

Como houve efetividade tanto de métodos de controle químico quanto biológicos, é preferível a utilização dos métodos de controle biológicos eficientes, visto que o uso indiscriminado de agroquímicos para controle de doenças e pragas na agricultura tem, reconhecidamente, promovido diversos problemas de ordem ambiental, como a contaminação de alimentos, do solo, da água e dos animais; seleção de patógenos; desequilíbrio ecológico, alterando a ciclagem de nutrientes e matéria orgânica; a eliminação de organismos benéficos; a redução da biodiversidade, dentre outros (SOUSA et al., 2012).

Como *P. brachyurus* é um endoparasita, ou seja, completa seu ciclo de vida dentro do hospedeiro, seu controle é dificultado quando já se encontra dentro das raízes, pois há certos métodos de controle que não têm o potencial de atingi-lo, como ocorre

com produtos químicos não sistêmicos ou algum microrganismo com baixa capacidade de penetração, e pode explicar os resultados obtidos no presente estudo (MAZZUCHELLI et al., 2020).

### *Helicotylenchus* sp.

Observou-se que a distribuição de *Helicotylenchus* sp. na área do ensaio no ITC foi homogênea na avaliação inicial (Tabela 6). Houve diferença significativa apenas aos 45 DAP, nas avaliações de amostras solo e raízes.

**Tabela 6.** Flutuação populacional de *Helicotylenchus* sp. na safra 2017/2018, no ensaio conduzido no Instituto de Ciência e Tecnologia Comigo (ITC). Avaliação do número de juvenis no solo e raízes, amostragens realizadas aos 0, 45 e 90 Dias Após o Plantio (DAP).

Tratamento	<i>Helicotylenchus</i> sp. (100 cm <sup>3</sup> de Solo)			<i>Helicotylenchus</i> sp. (10 g de Raiz)	
	0 DAP	45 DAP	90 DAP	45 DAP	90 DAP
2 Controle (BRS 7380)	87,87	101,87 ab	233,33	134,80 ab	79,47
3 <i>Pasteuria nishizawae</i>	80,40	108,73 ab	305,60	52,93 bc	98,40
4 <i>Purpureocillium lilacinum</i>	116,80	69,40 b	402,40	46,20 c	108,40
5 <i>Bacillus subtilis</i>	108,07	135,20 ab	374,27	118,93 abc	84,20
6 <i>B. subtilis</i> + <i>B. licheniformis</i>	66,10	130,93 ab	436,80	133,87 ab	117,40
7 Indutor de solos	82,60	184,80 a	484,80	106,67 abc	88,27
8 <i>B.licheniformis e subtilis/T.</i>	79,93	135,53 ab	269,33	105,93 abc	94,67
9 Abamectina	100,47	161,33 ab	457,07	105,73 abc	113,00
10 <i>Trichoderma harzianum</i>	89,47	103,73 ab	507,93	148,80 a	82,80
11 Cadusafós	92,47	120,93 ab	301,67	82,20 abc	58,40
<b>Erro do Desvio Padrão</b>	23,09	38,58	37,21	29,23	0,02
<b>CV (%)</b>	57,10	68,88	64,49	63,08	2,68

Letras iguais minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de LSD de Fisher a 5% de probabilidade; DAP: Dias após o plantio; T.: *Trichoderma longibrachiatum*.

Tanto para o solo, quanto para as raízes, o tratamento com *P. lilacinum* mais foi eficiente quando comparado à testemunha, possivelmente por ter impedido a penetração deste nematoide nas raízes. *P. lilacinum* parasita ovos e fêmeas de espécies de nematoides, ocasionando diminuição da eclosão, além de produzir toxinas que deformam o estilete de adultos (MUHKAR et al., 2015; MOOSAVI & ZARE, 2012). A produção de toxinas por este fungo pode ter favorecido a sua efetividade no controle de *Helicotylenchus* sp. neste estudo, atingindo melhor o seu alvo no solo, pois como se trata de um ectoparasítica migratória ou semi-endoparasítica, há menor quantidade de

patógenos nas raízes em comparação ao solo, facilitando a infecção pelo inimigo natural.

Na segunda safra no ITC, a distribuição inicial de *Helicotylenchus* sp. não foi homogênea entre os tratamentos (Tabela 7). Até os 90 DAP, houve grande acréscimo de indivíduos no solo, com tratamentos que chegaram a aumentos de até 5 vezes da infestação inicial. Este fitonematoide pode sobreviver por vários meses no solo sem a presença da planta hospedeira e seu ciclo de vida é mais longo, variando de 35 a 37 dias (MACHADO et al., 2019).

**Tabela 7.** Flutuação populacional de *Helicotylenchus* sp. na safra 2018/2019, no ensaio conduzido no Instituto de Ciência e Tecnologia Comigo (ITC). Avaliação do número de juvenis no solo e raízes, amostragens realizadas aos 0, 45 e 90 Dias Após o Plantio (DAP).

Tratamento	<i>Helicotylenchus</i> sp. (100 cm <sup>3</sup> de Solo)			<i>Helicotylenchus</i> sp. (10 g de Raiz)	
	0 DAP	45 DAP	90 DAP	45 DAP	90 DAP
2 Controle (BRS 7380)	156,87 ab	285,07 b	628,00 abc	162,40 ab	600,07 a
3 <i>Pasteuria nishizawae</i>	238,40 a	240,67 b	698,80 ab	102,40 b	493,87 abc
4 <i>Purpureocillium lilacinum</i>	168,00 ab	209,07 b	417,33 bc	214,00 ab	536,40 ab
5 <i>Bacillus subtilis</i>	168,27 ab	329,27 ab	386,27 c	150,00 ab	440,60 bc
6 <i>B. subtilis</i> + <i>B. licheniformis</i>	118,67 ab	268,93 b	550,53 bc	174,40 b	445,27 bc
7 Indutor de solos	123,73 ab	242,67 b	634,07 abc	190,47 ab	489,07 abc
8 <i>B.licheniformis e subtilis/T.</i>	157,33 ab	315,60 b	472,27 bc	163,33 b	454,53 abc
9 Abamectina	191,73 ab	204,27 b	663,87 abc	325,47 ab	367,00 c
10 <i>Trichoderma harzianum</i>	160,00 ab	560,53 a	579,27 bc	368,40 a	523,00 ab
11 Cadusafós	63,07 b	257,33 b	904,93 a	159,20 ab	535,60 ab
<b>Erro do Desvio Padrão</b>	46,42	31,13	36,19	0,82	0,01
<b>CV (%)</b>	67,14	62,15	38,84	25,34	0,25

Letras iguais minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de LSD de Fisher a 5% de probabilidade; DAP: Dias após o plantio; T.: *Trichoderma longibrachiatum*.

Aos 45 DAP para amostras de solo, o tratamento com *T. harzianum* apresentou a maior média populacional deste nematoide. Aos 90 DAP, o tratamento com cadusafós apresentou a maior média e o tratamento com *B. subtilis* a menor média.

Para as avaliações de raízes o resultado foi semelhante ao observado na safra anterior, em que a população no solo foi muito maior ao encontrado nas raízes. Os tratamentos com *P. nishizawae*; *B. subtilis/ licheniformis*; *B.licheniformis/ subtilis/T. longibrachiatum* apresentaram as menores médias de população aos 45 DAP, enquanto *T. harzianum* apresentou a maior população. Já aos 90 DAP, o tratamento com



abamectina apresentou média inferior e o tratamento Controle (BRS 7380) apresentou médias superiores.

Apesar de poucos indivíduos encontrados nas raízes, os resultados confirmam o relato de Machado et al. (2019) foi observada presença de *Helicotylenchus* sp. parasitando raízes de soja, causando escurecimento e lesões radiculares associando este gênero como um fitonematoide importante para a cultura. Ainda segundo os autores, este nematoide pode ser considerado um potencial patógeno para a cultura da soja no Brasil, visto que *Helicotylenchus* sp. é encontrado em todos os tipos de solo e tem sua distribuição por todo território brasileiro. Seus danos eram pouco relatados na cultura na soja, no entanto, nos últimos tempos, sua alta pressão e ocorrência frequente em análises de solos e estudos sistemáticos, demonstram a importância do seu estudo e manejo (INOMOTO, 2010; MACHADO et al., 2019).

**Tabela 8.** Flutuação populacional de *Helicotylenchus* sp. na safra 2017/2018, no ensaio conduzido na Fazenda Segredo. Avaliação do número de juvenis no solo e raízes, amostragens realizadas aos 0, 45 e 90 Dias Após o Plantio (DAP).

Tratamento	<i>Helicotylenchus</i> sp. (100 cm <sup>3</sup> de Solo)			<i>Helicotylenchus</i> sp. (10 g de Raiz)	
	0 DAP	45 DAP	90 DAP	45 DAP	90 DAP
2 Controle (M7110)	24,20	6,40	53,47	7,53 a	3,20
3 <i>Pasteuria nishizawae</i>	16,60	6,40	30,20	10,00 a	4,60
4 <i>Purpureocillium lilacinum</i>	11,13	3,53	19,27	3,80 ab	3,60
5 <i>Bacillus subtilis</i> (BT)	21,13	5,30	20,73	5,57 ab	4,60
6 BT+B. <i>licheniformis</i>	23,67	12,20	44,67	8,00 ab	3,20
7 Indutor de solos	8,40	6,00	23,13	3,73 ab	3,80
8 BT+B. <i>licheniformis</i> + <i>T.long.</i>	13,73	8,20	14,53	8,53 ab	3,40
9 Abamectina	15,67	9,20	60,13	7,33 a	3,00
10 <i>Trichoderma harzianum</i>	14,60	3,47	34,33	1,80 b	5,60
11 Cadusafós	34,87	7,80	30,33	4,87 ab	4,40
<b>Erro do Desvio Padrão</b>	1,06	0,56	0,74	0,44	0,58
<b>CV (%)</b>	74,49	82,51	56,09	76,11	72,41

Letras iguais minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de LSD de Fisher a 5% de probabilidade; DAP: Dias após o plantio; T.: *Trichoderma longibrachiatum*.

Para o ensaio da Faz. Segredo, na safra 2017/2018, a distribuição inicial estava homogênea (Tabela 8). Foi observada diferença significativa apenas aos 45 DAP nas raízes, em que o tratamento com *T. harzianum*, teve efeito positivo em relação ao controle, *Pasteuria nishizawae* e abamectina. Em estudo avaliando o efeito de *B. amyloliquefaciens* e *T. harzianum* no manejo de *P. brachyurus* e *Helicotylenchus* sp. na

cultura da soja, verificou que os tratamentos empregando abamectina (100 mL/100 kg sementes) e *B. amyloliquefaciens*, nas doses de 200, 400 e 500 mL.ha<sup>-1</sup>, acrescido de 300 mL.ha<sup>-1</sup> *T. harzianum* proporcionaram redução da população de *Helicotylenchus* sp. nas raízes aos 70 DAP (MÁSCIA, 2017).

As espécies do gênero *Trichoderma* estimulam formas de resistência sistêmica, quando ocorre presença de hospedeiros, sem necessidade de contato direto com o fitopatogéno ou estar submetida a algum tipo de estresse prévio. Dentre os patógenos mais habitualmente controlados sistemicamente pelo efeito *Trichoderma* sp. estão os fitonematoides (MEYER, et al., 2019). Mas, neste estudo quando avaliado *Helicotylenchus* sp. em amostras de raízes na safra 2017/2018, este agente biológico não se mostrou eficiente talvez por ser a primeira safra do ensaio, ou seja, nesse tipo de avaliação são necessários mais de duas safras para aferir os resultados.

Na segunda safra (2018/2019), no ensaio da Faz. Segredo, a distribuição inicial de *Helicotylenchus* sp. não foi homogênea (Tabela 9). Neste ensaio, não houve aumento significativo em relação ao ensaio da ITC, tanto para o solo, quanto para raiz. Aos 45 DAP, no solo, a maior média populacional foi observada no tratamento com *P. nishizawae* e menor no tratamento com cadusafós.

Na avaliação aos 90 DAP, no solo, novamente o tratamento com *Pasteuria nishizawae* apresentou a maior média populacional e as menores médias foram observadas nos tratamentos com *B. subtilis/ licheniformis*; *B.licheniformis/ subtilis/T. longibrachiatum*. Nas raízes, apenas a distribuição aos 90 DAP foi significativa, em que o tratamento com *P. nishizawae* apresentou a maior média e o tratamento com *B.licheniformis/ subtilis/T. longibrachiatum* apresentou a menor média para a variável. Como mencionado anteriormente, *Helicotylenchus* sp. trata-se de um nematoide ectoparasítica migratória ou semi-endoparasítica, que justifica sua maior população e melhor visão da diferença entre os tratamentos testados quando avaliado o solo em comparação às raízes.

O controle biológico de agentes patogênicos de plantas vem ganhando cada dia maior aceitação. A adoção desta técnica de controle tende a crescer ainda mais com os avanços tanto na pesquisa quanto do interesse por parte da indústria e principalmente pela maior aceitação por parte do produtor. Talvez o maior desafio na atualidade seja a consciência por parte dos produtores que o controle biológico, apesar de seus inúmeros benefícios, não apresenta efetividade tão rápida quanto ao controle químico (MEDEIROS & MONTEIRO, 2015).

**Tabela 9.** Flutuação populacional de *Helicotylenchus* sp. na safra 2018/2019, no ensaio conduzido na Fazenda Segredo. Avaliação do número de juvenis no solo e raízes, amostragens realizadas aos 0, 45 e 90 Dias Após o Plantio (DAP).

Tratamento	<i>Helicotylenchus</i> sp. (100 cm <sup>3</sup> de Solo)			<i>Helicotylenchus</i> sp. (10 g de Raiz)	
	0 DAP	45 DAP	90 DAP	45 DAP	90 DAP
2 Controle (M7110)	11,53 a	50,03 ab	37,40 ab	13,10	10,20 abc
3 <i>Pasteuria nishizawae</i>	8,40 ab	51,70 a	106,00 a	11,27	36,00 a
4 <i>Purpureocillium lilacinum</i>	5,60 ab	18,40 ab	85,20 ab	4,73	18,80 abc
5 <i>Bacillus subtilis</i> (BT)	3,80 ab	10,87 ab	43,00 ab	7,40	9,20 abc
6 BT+ <i>B. licheniformis</i>	9,00 ab	51,00 ab	40,80 b	13,10	24,20 ab
7 Indutor de solos	3,80 b	24,10 ab	46,00 ab	13,73	12,40 abc
8 BT+ <i>B. licheniformis</i> + <i>T. long.</i>	10,27 ab	27,57 ab	23,40 b	12,47	8,40 c
9 Abamectina	11,20 a	35,87 ab	49,80 ab	11,20	11,20 bc
10 <i>Trichoderma harzianum</i>	15,80 ab	35,77 ab	43,40 ab	5,80	17,00 abc
11 Cadusafós	12,40 ab	10,13 b	71,60 ab	12,10	26,00 ab
<b>Erro do Desvio Padrão</b>	0,28	0,99	1,25	0,56	0,49
<b>CV (%)</b>	43,95	58,69	54,19	75,52	52,56

Letras iguais minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de LSD de Fisher a 5% de probabilidade; DAP: Dias após o plantio; *T.*: *Trichoderma longibrachiatum*.

### Produtividade

Não houve aumento de produtividade da safra 2017/2018 e 2018/2019. Mas é possível verificar que na safra 2018/2019, quando foi utilizado o cultivar resistente a *H. glycines*, a produtividade foi maior que no cultivar suscetível. O uso isolado do cultivar resistente à *H. glycines* não foi capaz de aumentar a produtividade da área, quando comparado aos demais tratamentos adição de produtos químicos ou biológicos, que apresentaram as maiores produtividades (Tabela 10).

A produtividade em um sistema de associação de métodos de manejo para fitonematoides dever ser fator secundário a ser levado em conta. A integração de técnicas mais adequadas para cada situação e correta recomendação de uso dos produtos e cepas disponíveis, visando a manutenção e multiplicação desses microrganismos no sistema produtivo vislumbrando seus benefícios futuros (MEDEIROS & MONTEIRO, 2015).

**Tabela 10.** Produtividade da cultura da soja nas safras 2017/2018 e 2018/2019, no ensaio conduzido no Instituto de Ciência e Tecnologia Comigo (ITC).

Tratamento		Produtividade Safra 2017/2018 (sacas.ha <sup>-1</sup> )	Produtividade Safra 2018/2019 (sacas.ha <sup>-1</sup> )
1	Controle (M7110)	51,16	27,45 c
2	Controle (BRS 7380)	51,37	31,44 b
3	<i>Pasteuria nishizawae</i>	52,46	38,59 a
4	<i>Purpureocillium lilacinum</i>	57,69	38,85 a
5	<i>Bacillus subtilis</i>	57,58	38,45 a
6	<i>B. subtilis</i> + <i>B. licheniformis</i>	57,48	37,12 a
7	Indutor de solos	56,38	39,38 a
8	<i>B.licheniformis e subtilis/T.</i>	54,37	39,09 a
9	Abamectina	50,97	38,62 a
10	<i>Trichoderma harzianum</i>	51,93	37,23 a
11	Cadusafós	55,25	36,83 a
<b>Erro do Desvio Padrão</b>		3,10	1,13
<b>CV (%)</b>		12,79	6,87

Letras iguais minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de LSD de Fisher a 5% de probabilidade; T.: *Trichoderma longibrachiatum*.

**Tabela 11.** Produtividade da cultura da soja nas safras 2017/2018 e 2018/2019, no ensaio conduzido na Fazenda Segredo.

Tratamento		Produtividade Safra 2017/2018 (sacas.ha <sup>-1</sup> )	Produtividade Safra 2018/2019 (sacas.ha <sup>-1</sup> )
1	Controle (M7110)	39,47 a	34,43 abc
2	Controle (M7110)	31,93 ab	32,70 abcd
3	<i>Pasteuria nishizawae</i>	29,46 ab	26,93 d
4	<i>Purpureocillium lilacinum</i>	25,70 b	29,85 bcd
5	<i>Bacillus subtilis</i>	36,96 ab	33,33 abcd
6	<i>B. subtilis</i> + <i>B. licheniformis</i>	40,13 a	36,36 ab
7	Indutor de solos	26,12 b	29,18 bcd
8	<i>B.licheniformis e subtilis/T.</i>	29,77 ab	27,75 cd
9	Abamectina	37,92 a	38,23 a
10	<i>Trichoderma harzianum</i>	33,89 ab	30,42 bcd
11	Cadusafós	40,17 a	33,12 abcd
<b>Erro do Desvio Padrão</b>		4,09	2,60
<b>CV (%)</b>		27,11	18,14

Letras iguais minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de LSD de Fisher a 5% de probabilidade; DAP: Dias após o plantio; T.: *Trichoderma longibrachiatum*.

No ensaio na Fazenda Segredo, quando comparadas produtividades da safra 2017/2018 e 2018/2019, a maior redução na produtividade foi observada no tratamento

com cadusafós. Enquanto o maior incremento na produtividade foi observado no tratamento com *P. lilacinum* (Tabela 11).

A utilização de métodos integrados de controle, aliando os controles químicos, biológicos ao genético disponível, visa também à manutenção da efetividade e diminuindo riscos de aparecimento de resistência, como no caso de *H. glycines* (ARAÚJO et al., 2015).

#### 5.4. CONCLUSÕES

A melhor alternativa de manejo para *H. glycines* foi o controle genético atrelado ao controle biológico ou químico, que apresentaram as maiores produtividades, quando comparadas aos tratamentos com controle genético usado de forma isolada.

Para *P. brachyurus* a melhor opção de manejo foi o tratamento com *P. lilacinum*, no ensaio conduzido no ITC, e o tratamento com indutor de solos na fazenda Segredo, pois persistiram controlando a população deste fitonematoide ao longo das avaliações de 45 e 90 DAP.

*Helicotylenchus* sp. teve suas populações diminuídas no ITC quando utilizados os tratamentos com *P. lilacinum* e *B. subtilis*, ao longo das avaliações aos 45 e 90 DAP, nas duas safras. Enquanto no ensaio conduzido na fazenda Segredo as maiores reduções deste fitonematoide foi encontrado no tratamento com *T. harzianum*. Sendo assim, o controle biológico é uma alternativa eficiente para controle de *Helicotylenchus* sp.

## 5.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAM, M.; HEUER, H.; & HALLMANN, J. Bacterial Antagonists of Fungal Pathogens Also Control Root-Knot Nematodes by Induced Systemic Resistance of Tomato Plants. **PLoS ONE**, v. 9, n. 2, p. e90402-e90402, 2014.

ADAPAR. **Cadusafós**. Disponível em: <<http://www.aDAPar.pr.gov.br/arquivos/File/defis/DFI/Bulas/Inseticidas/rugby200cs250418.pdf>>. Acesso em 12 jan. 2020.

ALMEIDA, A.M.R., FERREIRA, L.P., YORINIRI, J.T., SILVA, J.F.V., HENNING, A.A., GODOY, C.V., COSTAMILAN, L.M., MEYER, M.C. Doenças da Soja. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A. (Ed.). **Manual de fitopatologia**. 4.ed. São Paulo: Agronômica Ceres, v.2, p.569-588, 2005.

ANDRADE, P. J. M.; ASMUS G. L; Disseminação do nematoide do cisto da soja (*Heterodera glycines*) pelo vento durante o preparo de solo. **Nematologia Brasileira**, v. 21, n.1, p 98-99; 1997.

ARAÚJO, F. F. DE, BRAGANTE, R. J., & BRAGANTE, C. E. Controle genético, químico e biológico de meloidoginose na cultura da soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 2, p. 220–224, 2012.

ARAÚJO, F. G. D.; ROCHA, M. R. D.; SANTOS, L. D. C.; TEIXEIRA, R. A.; FERREIRA, C. S. Effect of resistant and susceptible soybean cultivars on the development of male and female *Heterodera glycines* Ichinohe. **African Journal of Agricultural Research**, vol. 10, n. 43, p. 4082-4086, 2015.

BELLÉ, C.; KUHN, P.R.; KASPARY, T. E.; SCHMITT, J. Reação de cultivares de soja a *Pratylenchus brachyurus*. **Agrarian**, v.10, n.36, p.136-140, 2017.

BOX, G.; COX; D. An analysis of transformations. **Journal of the Royal Society**, v. 26, p. 211-252, 1964.

COOLEN, W.A.; D'HERDE, C.J. A method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue. **Ghent: State Nematology and Entomology Research Station**, 1972, 77 p.

CULTIVAR – **Cultivar: Grandes culturas.** Disponível em: <<https://www.grupocultivar.com.br/artigos/perigo-invisivel>>. Acessado em: 10 de jan. de 2020.

DIAS, W.P.; GARCIA, A.; SILVA, J.F.V.; CARNEIRO, G.E.S. Nematoides em soja: Identificação e Controle. Londrina: **Embrapa Soja**, 8p. 2010.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **BRS 7380 RR.** Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/2115/soja---brs-7380rr>>. Acesso em 05 jan. 2020a.

EMBRAPA: **Soja em números (Safrá 2018/2019).** Disponível em: <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>> Acesso em: 10 jan. 2020b.

FERRAZ, S.; FREITAS, L. G. **O controle de fitonematoides por plantas antagonistas e produtos naturais. Viçosa.** Disponível em: <<http://jcofertilizantes.com.br/biblioteca-jco/>>. Acessado em: 15 de jan. de 2020.

FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v.6, n. 1, p. 36-41; 2008.

GAO, H.; QI, G.; YIN, R.; ZHANG, H., LI, C.; ZHAO, X. *Bacillus cereus* strain S2 shows high nematocidal activity against *Meloidogyne incognita* by producing sphingosine. **Scientific Reports (Nature Publisher Group)**, v. 6, p. 28756, 2016.

HENNING, A. A; RODRIGUES, A. M. R.; GODOY, C. V.; SEIXAS, C. D. S.; YORINORI, J. T.; COSTAMILAN, L. M.; FERREIRA, L. P.; Meyer, M. C.; SOARES, R. M.; Dias, W. P. **Manual de identificação de doenças de soja.** 5. ed. Londrina PR: Embrapa Soja, 2014.

INOMOTO, M.M. Avanço preocupante. **Revista Cultivar**, n. 127, p. 12-15, 2010.

JENKINS, W. R. **A rapid centrifugal- flotation technique for separating nematodes from soil.** Plant disease reporter, v. 48, n. 9, v 1964.

KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A.; BERGAMIM FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. **Manual de Fitopatologia**, 4 ed. São Paulo: Agronômica de Ceres, 2005.



LUND, M. E.; MOURTZINIS, S., CONLEY, S.P.; ANÉ, J.M. *Pasteuria nishizawae* under different management practices. **Agronomy Journal**, v. 110, n. 6, p. 2534-2540, 2018.

MACHADO, A. C. Z.i; AMARO, P. M.; SILVA, S. A. Two novel potential pathogens for soybean. **PloS one**, v. 14, n. 8, p. e0221416, 2019.

MACHADO, V.; BERLITZ, D. L.; MATSUMURA, A. T. S.; SANTIN, R. C. M.; GUIMARÃES, A. G.; SILVA, M. E.; FIUZA, L. M. Bactérias como agentes de controle biológico de fitonematóides. **Oecologia Australis**, v. 16, n. 2, p. 165-182, 2012.

MAEDA, S. **Condicionadores de solo**. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/eucalipto/arvore/CONT000h0181hfh02wx7ha07d33364aqh6z16.html>>. Acesso em 16 mar. 2020.

MÁSCIA, R. ***Bacillus amyloliquefaciens* e *Trichoderma harzianum* no manejo de *Pratylenchus brachyurus* e *Celicotylenchus* sp. na cultura da soja**. Urutaí, GO: Instituto Federal Goiano Campus Urutaí, , 2017, 31 p., Dissertação de Mestrado.

MONSOY, Disponível em: <<https://www.monsoy.com.br/pt-br/variedades/variedades.html>>. Acessado em: 15 de mar. de 2020.

MATTOS, V. S.; FURLANETTO, C.; SILVA, J. G.; DOS SANTOS, D. F.; ALMEIDA, M. R. A.; CORREA, V. R.; CARNEIRO, R. M. *Meloidogyne* spp. populations from native Cerrado and soybean cultivated areas: genetic variability and aggressiveness. **Nematology**, v. 18, n. 5, p. 505-515; 2016.

MAZZUCHELLI, R. D. C. L.; MAZZUCHELLI, E. H. L.; & DE ARAUJO, F. F. Efficiency of *Bacillus subtilis* for Root-Knot and Lesion Nematodes Management in Sugarcane. **Biological Control**, p. 104185, 2020.

MEDEIROS, F. H. V.; MONTEIRO, F. P. **Perspectivas do controle biológico de doenças de plantas no Brasil**. Marechal Cândido Rondon, PR: Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 360 p., 2015, Tese de Doutorado

MEYER, M. C.; MAZARO, S. M.; SILVA, J.C. **Trichoderma: uso na agricultura**. Brasília, DF : Embrapa, 2019, 538 p.

MOOSAVI M. R.; ZARE, R. Fungi as biological control agents of plant-parasitic nematodes. **Plant Defence: Biological Control, Springer Science + Business Media**, Dordrecht, p. 67–107, 2012.

MORGADO, T.D.T.; GUERRA, J.T.; DE ARAÚJO, F.F.; MAZZUCHELLI, R.D.C.L. Effectiveness and persistence of biological control of nematodes in sugarcane. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, n. 49, p. 4490-4495, 2015.

MUKHTAR T.; KAYANI, M. Z.; HUSSAIN, M. A. Response of selected cucumber cultivars to *Meloidogyne incognita*. **Crop Protection**, v. 44, p. 13–17, 2015.

RIBEIRO, N. R.; FAVORETO, L.; MIRANDA, D. M. Nematoides: um desafio constante. **Associação dos Produtores de Sementes de Mato Grosso (APROSMAT)**, 2011, 10 p.

SOUSA, L. C. F. S., DA SILVA SOUSA, J., PEREIRA, E. M., & FREIRES, G. F. The perception of vegetables producers in relation to pest control in the community of Várzea Comprida dos Oliveiras Pombal–PB Brazil. **Green Journal of Agroecology and Sustainable Development**, v. 7, n. 2, p. 106-116, 2012.

STANGARLIN, J. R.; SCHULZ, D. G.; FRANZENER, G.; ASSI, L.; SCHWAN ESTRADA, K. R. F.; KUHN, O. J. Indução de fitoalexinas em soja e sorgo por preparações de *Saccharomyces boulardii*. **Arquivos do Instituto Biológico**. v. 77, n. 1, p. 91-98, 2010.

TIHOHOD, D.; SANTOS, J. M. dos. *Heterodera glycines*: novo nematoide da soja no Brasil. **Deteção e medidas preventivas**. Jaboticabal: FUNEP, (Boletim técnico, 4), 1993.

TIHOHOD, D. **Nematologia agrícola aplicada**. 2 ed. Jaboticabal: Funep, 2000, 473 p.

VITTI, A. J.; NETO, U. D. R. R.; DE ARAÚJO, F. G.; SANTOS, L. D. C.; BARBOSA, K. A.; DA ROCHA, M. R. Effect of soybean seed treatment with

abamectin and thiabendazole on *Heterodera glycines*. **Nematropica**, v. 44, n. 1, p. 74-80, 2014.

XIANG, N.; LAWRENCE, K. S.; KLOEPPER, J. W.; DONALD, P. A.; MCINROY, J. A. Biological control of *Heterodera glycines* by spore-forming plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) on soybean. **PloS one**, v. 12, n. 7, p. e0181201, 2017.

WEI, L.; SHAO, Y.; WAN, J.; FENG, H.; ZHU, H.; HUANG, H.; ZHOU, Y. Isolation and characterization of a rhizobacterial antagonist of root-knot nematodes. **PloS one**, v. 9, n. 1, p. e85988-e85988, 2014.