

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**Levantamento populacional de nematoides em soja no Rio Grande do Sul e
estratégia genética, química e biológica para controle de nematoides de galha**

Valéria Cecília Ghissi Mazzetti

Passo Fundo

2017

Valéria Cecília Ghissi Mazzetti

Levantamento populacional de nematoides em soja no Rio Grande do Sul e estratégia genética, química e biológica para controle de nematoides de galha

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo, como requisito parcial para obtenção de título de Doutora em Agronomia.

Orientadora: Carolina Cardoso Deuner

Coorientador: Pedro Luiz Martins Soares

Passo Fundo

2017

CIP – Catalogação na Publicação

M4771 Mazzetti, Valéria Cecília Ghissi

Levantamento populacional de nematoides em soja no Rio Grande do Sul e estratégia genética, química e biológica para controle de nematoides de galha / Valéria Cecília Ghissi Mazzetti. – 2018.

82 f. : il. ; 30 cm.

Orientadora: Carolina Cardoso Deuner.

Coorientador: Pedro Luiz Martins Soares

Tese (Doutora em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo, 2017.

1. Soja. 2. Nematoda em plantas. 3. Plantas - Parasitos. I. Deuner, Carolina Cardoso, orientadora. II. Soares, Pedro Luiz Martins, coorientador. III. Título.

CDU: 633.34

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a tese

“Levantamento populacional de nematoides em soja no Rio Grande do Sul e estratégia genética, química e biológica para controle de nematoides de galha”.

Elaborada por

Valéria Cecília Ghissi Mazzetti

Como requisito parcial para a obtenção do grau de
“Doutora em Agronomia – Área de Produção e Proteção de Plantas”

Aprovada em: 19/09/2017
Pela Comissão Examinadora



Dra. Carolina Cardoso Deuner
Presidente da Comissão Examinadora
Orientadora



Dra. Camila Ranzi
Instituto Federal do Rio Grande do Sul
Campus Ibirubá



Dra. Márcia Aparecida Smaniotto
Instituto Federal do Rio Grande do Sul
Campus Sertão



Dra. Juliane Nicolodi Camera
Universidade de Cruz Alta


Dr. Pedro Luiz Martins Soares
Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita
Filho"
Campus Jaboticabal


Dra. Eunice Oliveira Calvete
Coordenadora PPGAgro


Dr. Hélio Carlos Rocha
Diretor da Faculdade de Agronomia e Medicina
Veterinária, Universidade de Passo Fundo

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Valério e Neuza.

Ao meu marido Luis.

Ao meu irmão Júnior.

À minha avó Irma.

Dedico e ofereço!

AGRADECIMENTOS

A Deus toda a gratidão por ser pai nos momentos de alegria, por ser o caminho nos momentos de incertezas e por ser o refúgio nos momentos necessários, obrigada!

Ao meu pai Valério, minha mãe Neuza, meu irmão Júnior e minha avó Irma, pela força, confiança e incentivo de cada um de vocês, sou imensamente grata por tê-los como minha família. Ao meu marido Luis, pelo carinho, incentivo e apoio incondicional, obrigada!

À professora Carolina Cardoso Deuner pelo incentivo, pelos ensinamentos, pela primorosa orientação e profissionalismo dedicado a este trabalho, obrigada!

Ao professor Pedro Luiz Martins Soares pelas sugestões, auxílio na condução dos experimentos e orientação, obrigada!

Aos amigos Elaine Deuner, Bianca Moura Barber, Victória Vieira Bertagnolli, Gustavo Visintin, Crislaine Suzana, Amanda Chechi pela amizade e pelos momentos de descontração, obrigada!

À CAPES, UPF e PPGAgro pela concessão da bolsa e pela oportunidade de realizar este curso, obrigada!

Aos Funcionários em especial, à Elaine Deuner, pela paciência, auxílio e colaboração, obrigada!

EPIGRAFE

“Existem muitas hipóteses em ciência que estão erradas. Isso é perfeitamente aceitável, elas são a abertura para achar as que estão certas”. (Carl Sagan)

RESUMO

MAZZETTI, Valéria Cecília Ghissi. Levantamento populacional de nematoides em soja no Rio Grande do Sul e estratégia genética, química e biológica para controle de nematoides-de-galha. 2018. 82 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2018.

Os fitonematoides constituem-se como um importante grupo de patógenos da cultura da soja, que se não manejados adequadamente ocasionam danos expressivos a essa cultura. Dessa forma, esse trabalho teve por objetivo identificar e quantificar as espécies de nematoides presentes na cultura da soja em municípios do Rio Grande do Sul e, além disso, avaliar a eficácia de métodos de controle genético, químico e biológico para *Meloidogyne javanica*. Mediante a coleta de amostras de solo e raízes, determinou-se a frequência, incidência e densidade populacional das espécies de nematoides em diferentes municípios do norte do Rio Grande do Sul na cultura da soja. Posteriormente determinou-se a reação de cultivares de soja para *M. javanica* e *Meloidogyne incognita* em casa de vegetação. Foram utilizadas vinte e sete cultivares de soja com maior representatividade no mercado para a região norte do RS. Além disso, determinou-se a ação nematicida de produtos químicos e biológico sobre a eclosão, mobilidade, mortalidade e controle de *M. javanica in vitro*. As principais espécies de nematoides encontradas em lavouras de soja do norte do Rio Grande do Sul foram *M. javanica* e *M. incognita*, *Pratylenchus brachyurus* e *P. zae*, *Heterodera glycines*, *Rotylenchulus reniformis* e *Helicotylenchus dhystera*, sendo que, o nematoide mais frequentemente encontrado nos municípios e nas amostras foi *H. dhystera*. Para o teste de reação de cultivares, constatou-se que existe diferença em relação a reação das cultivares de soja aos nematoides de galha. Sendo que, para *M. javanica*, 40,7% das cultivares foram consideradas suscetíveis, enquanto que 59,2% foram consideradas resistentes. Para *M. incognita*, 81,5% das cultivares de soja foram consideradas suscetíveis e 18,5% resistentes. Considera-se também, que os nematicidas interferem na eclosão e mobilidade de nematoides, e que os produtos Fluopyram, Fluensulfone, Cadusafós e Abamectina são os mais eficientes no controle de *M. javanica*.

Palavras-chave: 1. Diversidade. 2. Controle químico. 3. Controle genético. 4. *Glycine max*. 5. Nematoides.

ABSTRACT

MAZZETTI, Valéria Cecília Ghissi. Population survey of nematodes in soybean in Rio Grande do Sul and genetic, chemical and biological strategy to control of root-knot nematodes. 2018. 82 f. Thesis (Doctor in Agronomy) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2018.

Phytonematodes constitute an important group of soybean pathogens, which if not properly managed, cause significant damage to the crop. The objectives of this study was to identify and quantify the species of nematodes present in the soybean crop among municipalities of Rio Grande do Sul and to evaluate the efficacy of genetic, chemical and biological methods for *Meloidogyne javanica* control. The frequency, incidence and population density of nematode species in soybean crop in different municipalities in the north of Rio Grande do Sul were determined through soil and root samples collection. Subsequently, the reaction of soybean cultivars to *M. javanica* and *M. incognita* was determined in greenhouse trials. Twenty-seven cultivars of soybean with the highest market representativeness in the northern region were cultivated. Moreover, the nematicidal action of chemical and biological products on the hatching, mobility, mortality and control of *M. javanica* was determined *in vitro*. The main soybean nematode species found in farms of the north of Rio Grande do Sul were *M. javanica* and *M. incognita*, *Pratylenchus brachyurus* and *P. zae*, *Heterodera glycines*, *Rotylenchulus reniformis* and *Helicotylenchus dhystera*, with *H. Dhystera* being the most frequent in both samples and locations. For the test reaction of the cultivars, a difference between cultivars for root knot nematodes was verified. For *M. javanica*, 40.7% of the cultivars were considered susceptible, while 59.2% were considered resistant. For *M. incognita*, 81.5% of soybean cultivars were considered susceptible and 18.5% resistant. It is also considered that nematicides interfere in the hatching and mobility of nematodes, and that the products Fluopyram, Fluensulfone, Cadusafos and Abamectin are the most efficient for *M. javanica* control.

Keywords: 1. Diversity. 2. Chemical control. 3. Genetic control. 4. *Glycine max*. 5. Nematodes.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO DA LITERATURA	14
2.1	<i>Aspectos econômicos da cultura da soja</i>	14
2.2	<i>Nematoídes da cultura da soja</i>	15
2.2.1	<i>Meloidogyne</i> spp. – Nematóide-de-galha	17
2.2.2	<i>Heterodera glycines</i> – Nematóide-de-cisto	18
2.2.3	<i>Pratylenchus brachyurus</i> – Nematóide-das-lesões	19
2.2.4	<i>Rotylenchulus reniformis</i> – Nematóide-reniforme	20
2.2.5	<i>Helicotylenchus dihystera</i> – Nematóide-espiralado	21
2.3	<i>Levantamento populacional de nematoídes</i>	22
2.4	<i>Manejo de nematoídes</i>	23
2.4.1	Controle genético	23
2.4.2	Controle cultural	24
2.4.3	Controle químico	25
2.4.4	Controle biológico	26
3	CAPÍTULO I	29
3.1	<i>Resumo</i>	28
3.2	<i>Introdução</i>	29
3.3	<i>Material e Métodos</i>	31
3.4	<i>Resultados e discussão</i>	32
3.5	<i>Conclusões</i>	45
4	CAPÍTULO II	46
4.1	<i>Resumo</i>	46
4.2	<i>Introdução</i>	46
4.3	<i>Material e Métodos</i>	48
4.4	<i>Resultados e discussão</i>	50
4.5	<i>Conclusões</i>	55
5	CAPÍTULO III	57
5.1	<i>Resumo</i>	57
5.2	<i>Introdução</i>	57
5.3	<i>Material e Métodos</i>	59
5.4	<i>Resultados e Discussão</i>	61

<i>5.5 Conclusões</i>	<i>67</i>
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	68
7 CONCLUSÃO GERAL	70
REFERÊNCIAS	71

1 INTRODUÇÃO

A soja representa, à nível mundial, como sendo a principal oleaginosa produzida e consumida. Tal fato se justifica pela importância do produto tanto para o consumo animal, através do farelo de soja, quanto para a alimentação humana, através do óleo. No Brasil, a partir dos anos 1970 a produção da soja passou a ter grande relevância para o agronegócio, verificada pelo aumento das áreas cultivadas e, principalmente, pelo incremento da produtividade pela utilização de novas tecnologias (SILVA; LIMA; BATISTA, 2011).

No entanto, como em todas as culturas agrícolas, a soja está sujeita ao ataque de diversas pragas e doenças que podem comprometer consideravelmente sua produtividade. Os fitonematoides constituem-se como patógenos responsáveis por prejuízos crescentes a essa cultura, que vai desde a queda acentuada de produção até a morte de plantas, dependendo da espécie e do nível populacional na área (CORTE, 2013).

Para os fitonematoides, independente da espécie envolvida, os vegetais constituem a única fonte de alimento, causando danos reflexos do parasitismo, podendo ocorrer galhas em número e tamanhos variados, lesões, reduções na parte aérea e sistema radicular, manchas cloróticas nas folhas e murchamento em horas mais quente do dia. Esses sintomas por sua vez, dependem da suscetibilidade da cultivar e da densidade populacional do nematoide (ASMUS, 2001, p. 39-62).

A identificação das espécies de fitonematoides é um requisito fundamental para a orientação e adoção de medidas de controle, tendo em vista as particularidades de cada região, de cada cultura e de cada espécie de patógeno (KIRSCH, 2016). Com isso, através

dos levantamentos populacionais é possível realizar a identificação da comunidade nematológica e determinação da distribuição desses nematoides numa dada localidade. Esse conhecimento possibilita o início de pesquisas sobre a ecologia e métodos de controle, e tais estudos são importantes para a adoção de medidas de controle antes que os patógenos atinjam o nível de dano econômico (NEVES; DIAS; BARBOSA, 2009).

Baseado na identificação das espécies de nematoides presentes na área, o manejo desses patógenos na cultura da soja deve ser planejado de modo a integrar vários métodos de controle. Em áreas infestadas, o manejo geral, baseia-se em exclusão, controle genético, controle cultural, químico e biológico por meio do uso de nematicidas (RIBEIRO; DIAS; SANTOS, 2010).

De acordo com Roberts (2002, p. 23-41), a resistência genética de plantas é um dos métodos mais eficientes e econômicos de evitar as perdas ocasionadas pelos nematoides. Mas a obtenção destas cultivares é difícil e requerem muitos anos de pesquisa e experimentos de campo, e as recomendações podem ser restritas a determinadas regiões devido ao clima e solo (FREITAS; OLIVEIRA; FERRAZ, 2001).

O controle químico configura-se como uma alternativa que visa suprimir o desenvolvimento do nematoide na fase inicial da cultura, fornecendo uma proteção inicial ao sistema radicial das plantas (KUBO; MACHADO; OLIVEIRA, 2012). Essa alternativa de controle é uma das mais frequentemente utilizadas pelo agricultor, devido sua praticidade e boa eficácia de controle inicial. No entanto, tendo em vista uma agricultura sustentável, novas tecnologias têm surgido, e entre elas está o controle biológico que além de apresentar um bom controle sobre os nematoides fitopatogênicos, reduz o impacto ambiental (AGRIOS, 2005).

Diante disso, esse trabalho teve por objetivo identificar e quantificar os gêneros de nematoides presentes na cultura da soja em municípios do Rio Grande do Sul, além de, avaliar a eficácia de métodos de controle genético, químico e biológico para nematoides de galha.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Aspectos econômicos da cultura da soja

A história da agricultura brasileira foi alterada sensivelmente devido ao crescimento da produção de soja no país. Foi à soja, inicialmente apoiada pela cultura do trigo, a grande responsável pelo desenvolvimento da agricultura comercial brasileira (DALL'AGNOL et al., 2007). A oleaginosa tem destaque na economia mundial devido ao seu alto valor nutricional. O maior interesse comercial é como fonte primária de óleo e proteína vegetal tanto para alimentação humana e animal como para a fabricação de biodiesel.

A partir dos anos 1990, a agricultura brasileira passou por um processo de modernização, contribuindo para que a cultura da soja passasse por uma reestruturação ao longo da sua cadeia, devido à introdução de novas tecnologias. Esse processo aumentou a participação da cadeia agroindustrial da soja para a economia do Brasil, tornando-a essencial para o crescimento da renda, emprego e das divisas da exportação (SILVA; LIMA; BATISTA, 2011).

Os grãos de soja são de grande relevância no cenário mundial de alimentos, sendo uma das principais commodities negociadas nos mercados internacionais. Dentre os países produtores de soja, Estados Unidos, Brasil e Argentina representam a maior parcela na produção mundial, com cerca de 81,2%, sendo esses também, responsáveis por 87,6% das exportações mundiais dessa oleaginosa (USDA, 2017).

O complexo da soja compreende uma cadeia produtiva que envolve desde produção interna voltada para a exportação do produto bruto, até a transformação do produto voltada para a indústria esmagadora que processa a soja em farelo ou óleo para a

exportação ou para consumo interno (SILVA; LIMA; BATISTA, 2011). No Brasil, a soja representa uma das principais espécies de importância econômica cultivada no país, sendo a maior parte da produção brasileira oriunda dos estados Mato Grosso (MT), Paraná (PR), Rio Grande do Sul (RS) e Goiás (GO). No estado do Rio Grande do Sul a produção média foi de 18,7 milhões de toneladas, 15,5% a mais que na safra anterior (CONAB, 2017).

Mesmo com um crescimento anual na área cultivada com a oleaginosa, a produtividade continuou crescendo a taxas maiores que nos demais países (FAO, 2010). Esse crescimento significativo na produtividade se deve também, ao fato de o País, ao longo dos últimos anos, ter realizado importantes investimentos na geração e difusão de tecnologias de alto nível específicas para cada região do país (ARAÚJO, 2013).

2.2 Nematoides da cultura da soja

O melhoramento genético vegetal tem contribuído para o desenvolvimento de cultivares de soja com elevada produtividade, ampla adaptação e boa resistência/tolerância a fatores bióticos ou abióticos adversos. Apesar de certas cultivares apresentarem resistência a estresses bióticos, perdas de produção são constantes devido à incidência de fitopatógenos como fungos, bactérias, vírus, nematoides e insetos-pragas.

Dentre os fitopatógenos danosos à cultura da soja no Brasil, os nematoides se destacam pelos danos causados e pela dificuldade de controle. De acordo com Corte (2013), os nematoides são vermes de tamanho microscópico, em geral não visíveis a olho nu, que parasitam as raízes das plantas. Podem causar danos consideráveis a cultura da soja, desde a queda acentuada na produção até a morte das plantas, dependendo da espécie e o nível populacional da praga.

O sintoma mais comum de ataque de nematoides é o nanismo de plantas que geralmente ocorre em reboleiras circulares a ovais. Os demais sintomas podem variar de acordo com o tipo de parasitismo do nematoide, determinante na relação parasita-hospedeiro, e idade e fisiologia do hospedeiro. Os sintomas em raízes envolvem desde a

indução de galhas até a formação de lesões necróticas, podendo afetar raízes superficiais e profundas (ROSA et al., 2004).

Em países com clima tropical e subtropical os nematoides encontram condições de umidade e temperatura ideais para alimentação e reprodução. Tais fatores são agravantes no controle destes patógenos, os quais após terem se estabelecido em uma área são de erradicação muito difícil (SILVA; LIMA; BATISTA, 2011).

O uso do plantio direto associado ao monocultivo está aumentando o problema de nematoides em soja, principalmente pela formação de uma camada compactada na profundidade de 5 a 15 cm do solo, que limita o desenvolvimento radicular da cultura em profundidade e faz com que as raízes se concentrem na superfície, local onde a maioria dos nematoides está localizada (CORTE, 2013).

Dentre as espécies de nematoides fitoparasitas na cultura da soja, observa-se que as mais agressivas são *Heterodera glycines* Ichinohe 1952, *Meloidogyne incognita* (Kofoid; White, 1919) Chitwood 1949 e *M. javanica* (Treub, 1985) Chitwood 1949, *M. arenaria* (Neal, 1889) Chitwood 1949, *Pratylenchus brachyurus* (Godfrey, 1929) Filipjev, Shuurmans Stekhoven, 1941 e *Rotylenchulus reniformis* Linford; Oliveira, 1940 (SILVA, 2007).

Segundo McSorley et al. (1987, p. 13-47) os nematoides formadores de galha (*Meloidogyne* spp.) e os de cisto (*H. glycines*) são as principais espécies responsáveis pelos prejuízos causados na soja. Entretanto, outra espécie que tem sido encontrada com frequência em lavouras de soja, feijão, algodão e milho é o *P. brachyurus*. Este nematoide tem causado danos elevados e crescentes, além de perdas econômicas extremamente preocupantes em várias regiões do Brasil, especialmente na região centro-oeste (ALVES et al., 2011 a; RIBEIRO et al., 2007, p. 64-65).

A partir do final da década de 90, o nematoide reniforme (*R. reniformis*) aumentou sua importância na cultura da soja, em especial no centro-sul do Mato Grosso do Sul (EMBRAPA, 2005).

Periodicamente, novas ou emergentes espécies de nematoides surgem na agricultura que acabam se tornando sérios problemas em pouco espaço de tempo. Nos últimos anos, através de análises de solo e raízes realizadas rotineiramente, tem se observado um aumento expressivo da presença de *Helicotylenchus dihystera*. Normalmente esse nematoides é encontrado em amostras de solo de diversas culturas, no entanto, sua frequência e densidade populacional vem aumentando nas amostras de raízes de soja.

Muitos pesquisadores consideram *H. dihystera* como um nematoide de importância secundária. No entanto, há de se considerar os trabalhos desenvolvidos por diversos autores onde os mesmos relatam a ocorrência de danos em culturas como trigo, ervilha, milho e soja (MACHADO et al., 2015, p. 128; SHARMA; SILVA; CASTRO, 1993).

2.2.1 *Meloidogyne* spp. – Nematóide-de-galha

No Brasil, os nematoides as espécies de *Meloidogyne* estão entre os fitonematoides mais frequentemente associados a danos na cultura da soja, com ampla distribuição geográfica, sendo responsáveis por prejuízos crescentes (ALMEIDA et al., 2005, p. 570-588).

Segundo Nunes, Monteiro e Vilela (2010), estes nematoides têm sido encontrados com maior frequência no norte do Rio Grande do Sul, sudoeste e norte do Paraná, sul e norte de São Paulo e sul do Triângulo Mineiro.

Os nematoides deste gênero incitam a formação de galhas nas raízes, além de ocasionar murcha das plantas durante os períodos mais quentes do dia, menor desenvolvimento das plantas pelo comprometimento do sistema radicular, desfolha prematura, sintomas de deficiência mineral, clorose, redução e deformação do sistema radicular, decréscimo da eficiência das raízes em absorver e translocar água e nutrientes e menor crescimento da parte aérea, culminando com menor produção, comprometendo ou até inviabilizando o cultivo quando em infestações mais severas (TIHOHOD, 2000).

O ciclo de vida dos nematoides de galha se completa normalmente em torno de 22 a 30 dias, sendo a temperatura do solo o fator que exerce maior influência na duração do mesmo. Para as espécies de *M. javanica* e *M. incognita* as temperaturas ótimas estão entre 25 e 30°C, acima de 40°C ou abaixo de 5°C, as atividades vitais poderão ser reduzidas ou até mesmo cessadas por completo (FERRAZ, 2001, p. 15-38).

As espécies de *Meloidogyne* sobrevivem pela deposição dos ovos em uma massa gelatinosa protetora que podem apresentar dormência quando as condições ambientais são desfavoráveis. Estes nematóides também apresentam uma ampla gama de hospedeiros, permitindo que os mesmos sobrevivam nestas plantas até a próxima safra de soja (DEUNER et al., 2012).

2.2.2 *Heterodera glycines* – Nematóide-de-cisto

No ano de 1991/92 foi detectada pela primeira vez no Brasil a ocorrência de *Heterodera glycines* Ichinohe, popularmente conhecido como o nematóide de cisto. No Rio Grande do Sul sua ocorrência foi descrita no ano de 1995 (BONATO et al., 2002). Atualmente, esse nematóide encontra-se disseminado em todas as regiões produtoras de soja do Brasil, sendo considerado o mais destrutivo na cultura.

São classificados como semi-endoparasitas, ou seja, penetram parcialmente nas raízes, e caracterizam-se pela formação de cistos, nos quais são formados os ovos. Segundo Deuner et al. (2012), uma pequena parte dos ovos é depositada externamente em uma matriz gelatinosa que eclodem e reinfectam as raízes. O cisto pode sobreviver no solo, na ausência de planta hospedeira, por mais de oito anos. Assim, é praticamente impossível eliminar o nematóide nas áreas onde ele ocorre.

Os sintomas aparecem em reboleiras e, em muitos casos, as plantas podem ficar atrofiadas e cloróticas com poucas vagens ou acabar morrendo. Os sintomas exibidos na parte aérea podem ser facilmente confundidos com os de deficiência de nutrientes, (nitrogênio, potássio e alguns micronutrientes), distúrbios fisiológicos ou compactação do solo. Sendo assim, a melhor maneira de realizar o diagnóstico correto é através das

raízes, observando se à pontos brancos ou amarelos que caracterizam a presença de fêmeas adultas que emergiram da raízes (DIAS et al., 2007, p. 173-183).

O ciclo de vida varia de 21 a 24 dias à temperatura de 23 a 25°C, sendo, portanto, possíveis quatro a cinco gerações em um único cultivo de soja. Seu desenvolvimento é semelhante à de outros fitonematoides, consistindo de quatro ecdises, quatro estádios larval e adulto (TIHOHOD, 2000). Na fase adulta, as fêmeas assumem o formato de “Limão Taiti”, diferenciando-se dos machos que possuem formato alongado. Essas fêmeas fixam-se às raízes das plantas, com o corpo para o lado de fora e a parte anterior internamente na raízes (SCHMITT; NOEL, 1984, p. 13-59). Além disso, as fêmeas possuem capacidade de produzir de 200 a 600 ovos, que podem permanecer no interior do seu corpo, ou serem depositados em uma massa gelatinosa.

2.2.3 *Pratylenchus brachyurus* – Nematóide-das-lesões

Pratylenchus brachyurus, também chamado de nematóide das lesões, tem adquirido grande importância na cultura da soja tanto pelos danos a cultura quanto pela ampla disseminação (ALVES, 2008).

No Brasil é considerado o segundo gênero de maior importância devido aos danos que causa no sistema radicular das plantas e pelo seu difícil controle devido seu pequeno tamanho e capacidade de polifagia. Esta espécie possui relatos em todas as regiões produtoras de soja do Brasil (DEUNER et al., 2012).

Esta espécie de nematoides é móvel no solo e no interior das raízes da planta hospedeira, devido ao hábito migrador. No solo, possuem a capacidade de se movimentar próximo à rizosfera da planta que coloniza, sendo sua dispersão favorecida pelas operações agrícolas, especialmente aquelas que envolvem trânsito de máquinas e veículos na área de plantio. A migração ocorre quando há umidade combinada à textura arenosa e a temperatura de média a elevada (DIAS et al., 2010, p. 173-206 a).

Os sintomas não são específicos e podem ser facilmente confundidos com sintomatologia causada por outros patógenos, estresse hídrico ou deficiências nutricionais. Os efeitos de *Pratylenchus* spp. sobre o crescimento e, conseqüentemente, sobre a produção vegetal, são resultantes de desordem e mal funcionamento dos processos de crescimento de raízes e exploração do solo para obtenção de água e nutrientes resultantes das lesões causadas por essas pragas (HAEGEMAN et al., 2012).

O nematoide normalmente encerra seu ciclo dentro da raízes da planta, porém quando esta não oferece mais condições favoráveis, ele passa para o solo migrando em busca de outras plantas melhores (MACHADO, 2006). A duração do ciclo de vida deste nematoide varia de 3 a 6 semanas, dependendo das condições ambientais (DEUNER et al, 2012).

2.2.4 *Rotylenchulus reniformis* – Nematoide-reniforme

Rotylenchulus reniformis é uma espécie cosmopolita, disseminada nas regiões tropicais e subtropicais, com ocorrência no Brasil e em outros países. No Brasil, tem como principal hospedeiro à cultura do algodoeiro (*Gossypium hirsutum*), causando perdas significativas (ROBINSON, 2007).

Estima-se que esse nematoide, em lavouras de soja no Brasil, ocorra em elevadas populações em 29% dos municípios produtores de soja no estado do Mato Grosso do Sul (DIAS et al., 2010 b). Causando perdas de até 32% na produção (ASMUS, 2005, p. 221-222). Além da soja, esse nematoide pode atacar culturas como fumo, abacaxi e feijão, entre outras (DIAS et al., 2010, p. 173-206 a).

Áreas produtoras de soja infestadas pelo nematoide reniforme apresentam plantas com tamanho desuniforme, lembrando problemas de compactação de solo ou deficiência nutricional, não apresentando sintomas visíveis em forma de reboleiras (ASMUS; ISHIMI, 2009). O nematoide não causa galhas ou outro tipo de sintoma que comprove seu ataque, mas devido ao seu parasitismo, pode apresentar sistema radicular reduzido (DIAS et al., 2010 b). Solos argilosos e com boa fertilidade podem propiciar ausência de

sintomas aparentes no sistema radicular, contribuindo para que a presença desse seja menosprezada na área (ASMUS, 2005, p. 221-222).

Machos na fase adulta são comuns no solo, não se alimentam e permanecem móveis, já as fêmeas são ectoparasitas sedentárias. A forma infectante é constituída pelas fêmeas imaturas, ainda vermiformes. Estas migram no solo à procura do hospedeiro, penetrando à parte anterior do corpo no córtex radicular. Nesse local, incitam o aparecimento de células nutridoras na região do periciclo, onde estabelecem um sítio de alimentação e atraem os machos. Gradualmente aumentam de tamanho, tornando-se sedentárias e, quando na maturidade sexual, a região posterior do seu corpo, que não penetrou na raízes, toma formato de rim, denominando, então, nematoide “reniforme”. A duração do ciclo vai de 2,5 a 4 semanas, dependendo da temperatura e do hospedeiro (SIYAKUMAR; SESHADRJ, 1971).

2.2.5 *Helicotylenchus dihystera* – Nematoide-espiralado

Nos últimos anos, a ocorrência de *Helicotylenchus dihystera* (Cobb) Sher em culturas de relevância econômica no Brasil, têm sido relatada com frequência, tanto no solo quanto nas raízes de plantas em altas densidades. A elevada incidência desse nematoide em lavouras de soja tem causado preocupação, visto a falta de informações que comprovem o parasitismo dessa espécie nessa cultura.

De acordo com Sharma, Silva e Castro (1993), esse nematoide é conhecido comumente como “nematoide espiralado”, pertencente ao gênero *Helicotylenchus*, ectoparasita de raízes, apresentando ampla distribuição geográfica, tendo sido assinalado em associações com diversas plantas hospedeiras e juntamente com outros nematoides. No entanto, devido relatos de *H. dihystera* parasitando raízes de plantas como trigo, ervilha (SHARMA; SILVA; CASTRO, 1993), milho (MACHADO et al., 2015, p. 128), e soja (DOUCET et al., 2015; MACHADO et al., 2015, p. 128), sugere-se que esses nematoides possam estar se comportando como endoparasita migrador (MACHADO et al., 2015, p. 128). Esse nematoide 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 (GARBIN; COSTA, 2015).

De acordo com Machado et al. (2015, p. 128), os sintomas observados nas raízes de soja e de milheto após a inoculação com *H. dihystra*, assemelhavam-se às obtidas quando da presença de *Pratylenchus* spp. Sendo essas, lesões escurecidas tanto no interior quanto no exterior das raízes. Diante disso, os autores ressaltam que esse nematoide constitui-se como um potencial patógeno para a cultura da soja e do milheto, e que se faz necessário a realização de estudos que possam esclarecer sua patogenicidade a essas culturas.

2.3 Levantamento populacional de nematoides

O estudo de ocorrência de doenças e o conhecimento dos níveis populacionais dos patógenos envolvidos são importantes para o direcionamento das atividades e na orientação de medidas de controle adequadas (SILVA et al., 2000).

Os dados obtidos por meio de levantamentos populacionais são úteis na identificação dos nematoides associados com as culturas e sua distribuição numa dada localidade. Possibilitam também o início de estudos a respeito da biologia, ecologia e controle de nematoides fitoparasitas, além de servirem como fonte de informação para a adoção de medidas de controle antes de se atingir o nível de dano (DAVIDE, 2003, p. 3-6).

A dinâmica populacional dos nematoides pode variar entre regiões pesquisadas, sendo influenciada por fatores como temperatura, umidade, tipo e uso do solo, intensidade e variabilidade do inóculo inicial e plantas hospedeiras (ZEM, 1982), além de fatores metodológicos da amostragem e diagnóstico.

Em posse dos dados obtidos pelo levantamento populacional de nematoides, é possível associar a queda no rendimento das lavouras com os diferentes níveis de infestação (ARANTES; KIIHL; ALMEIDA, 2000, p. 66-70). Com isso, pode-se definir

quais medidas de manejo são mais apropriadas para reduzir a população de nematoides no solo à um nível que não cause danos econômicos às culturas de interesse.

No entanto, para o manejo de nematoides, é importante saber o nível de conhecimento do agricultor sobre o assunto, uma vez que, devido ao seu tamanho diminuto, muitas vezes, os sintomas por eles causados podem ser erroneamente atribuídos a outras causas. De forma geral, pode-se dizer que os agricultores e técnicos têm ideia errônea, restrita ou inexistente sobre nematoides (TIHOHOD, 2000).

2.4 Manejo de nematoides

No manejo integrado de fitonematoides devem ser utilizadas várias estratégias combinadas, tais como a rotação de culturas, o uso de genótipos resistentes, o controle químico e o controle biológico (ALMEIDA et al., 2005, p. 570-588). A associação de tais estratégias possibilita a manutenção dos níveis populacionais dos nematoides abaixo daqueles que causam danos econômicos às culturas. De acordo com Torres et al. (2017), a primeira medida à ser tomada é a de interromper os mecanismos de dispersão que ocorrem entre e dentro das propriedades rurais.

A quantidade de dano causado por fitonematoides depende, entre outros fatores, da suscetibilidade da cultura e das condições do meio em que vivem. A rotação de cultura com plantas não hospedeiras e o uso de cultivares resistentes têm sido algumas das principais medidas de controle recomendadas (QUADROS et al., 2003).

2.4.1 Controle genético

Segundo Ritzinger e Fancelli (2006), a utilização da resistência genética é uma das melhores alternativas para o controle de nematoides, considerando sua compatibilidade com outras práticas de manejo e por não ser prejudicial ao meio ambiente. Entretanto, a baixa disponibilidade de genótipos resistentes a nematoides, associada ao baixo potencial produtivo e/ou a adaptabilidade restrita a algumas regiões produtoras, torna o uso das mesmas pouco difundido (CORTE, 2013).

A definição mais utilizada de resistência de plantas a nematoides é a habilidade da planta em suprimir ou inibir a reprodução do nematoide. Isso ocorre devido a menor penetração do nematoide nas raízes das plantas e da incapacidade das fêmeas para atingir a maturidade e o alongamento do seu ciclo de vida (RITZINGER; FANCELLI, 2006).

No Brasil, dentre as cultivares de soja resistentes ou moderadamente resistentes disponíveis a *M. javanica* e *M. incognita*, todas elas descendem de uma única fonte de resistência (Bragg), a base genética se torna restrita e o manejo das cultivares resistentes deve ser criteriosamente adotado (BATISTA, 2012).

Oostenbrink (1966, p. 8-10), mencionou que a utilização de cultivares resistentes pode proporcionar uma supressão na densidade populacional de 10 a 50 %, representando assim, uma importante contribuição no manejo de nematoides. Como vantagem dessa tática, destacam a redução o período de rotação com culturas não hospedeiras, principalmente se essas não apresentam valor comercial.

Em sua maioria, os estudos realizados para resistência de nematoides são para o gênero *Meloidogyne*. Nesse tipo de patossistema, onde há uma relação mais especializada entre a planta hospedeira e o nematoide, o desenvolvimento de cultivares encontra-se mais adiantado (SILVA, 2001, p. 95-127). No entanto, com o aumento da oferta de novas cultivares no mercado, muitas delas ainda não apresentam ou não foram avaliadas quanto a reação aos nematoides. Com isso, faz-se necessário a realização constante de estudos relativos a esse tema, com o intuito de fornecer aos agricultores informações precisas para o correto posicionamento das cultivares à campo. Além disso, deve-se levar em consideração, a adaptação e o potencial produtivo do material na região.

2.4.2 Controle cultural

O controle cultural também é utilizado e envolve o cultivo de plantas de cobertura sendo as mais comuns *Crotalaria spectabilis* Roth, *C. grantiana* Harvey, *C. mucronata* Desv. (1814), *C. paulina* Schrank (1822), mucuna preta, mucuna cinza e nabo forrageiro,

as quais são principalmente utilizadas no controle de nematoides ou como adubos verdes (EMBRAPA, 2015).

Essa prática reduz a quantidade de fitonematoides causando pouco impacto ao ambiente (FERRAZ; VALLE, 1995, p. 257-276). Algumas gramíneas também apresentam resultados satisfatórios no controle de *M. javanica* e *M. incognita*, sendo elas, *Brachiaria brizantha* (Hochst ex A. Rich.) Stapf, *B. decumbens* Stapf. Prain e *Panicum maximum* Jacq (DIAS-ARIERIA et al., 2003).

Em muitas situações, a rotação ou a cobertura vegetal é efetiva, todavia o custo de sua implantação, a aceitabilidade por parte do agricultor e a adaptabilidade da espécie é que determinam seu uso (RITZINGER; FANCELLI, 2006).

A rotação de culturas é um dos métodos mais eficientes no controle de fitonematoides. Um período de rotação com plantas antagonistas ou não hospedeiras levam os nematoides a não se reproduzirem e permite que fatores naturais de mortalidade reduzam sua população (SILVA, 2001, p. 95-127).

Com isso, o controle de nematoides não se dá apenas por meio de uma única ação, mas através de um conjunto de boas práticas agrônômicas que irá manter as populações dos nematoides abaixo do limiar de dano econômico, elevando a produtividade da cultura sem oferecer riscos ao meio ambiente, promovendo no campo uma relação de convivência com estes patógenos (TORRES et al., 2017).

2.4.3 Controle químico

De acordo com Dalla Favera (2014), a utilização do controle químico de fitonematoides tem sido limitado por diversos fatores, entre os quais se destacam o elevado custo, baixa eficácia dos produtos, dificuldade de aplicação em áreas extensas e periculosidade ao meio ambiente. Resultados de controle de nematoides via tratamento de semente com nematicidas químicos apontam curto período de proteção, chegando até

30 dias após a emergência das plantas, na grande maioria dos casos (FASKE; STARR, 2006).

Esse fato pode estar atrelado às restrições impostas pela tecnologia de aplicação, que envolve desde a aplicação de produtos na semente quanto no sulco de semeadura. Entretanto, há uma grande escassez de trabalhos mostrando resultados que comprovem a eficácia desses produtos e suas tecnologias de aplicação (CORTE et al., 2014).

De acordo com Haydock et al. (2006, p. 392–410), os nematicidas podem ser classificados de acordo com seu grupo químico, seu modo de ação e modo de aplicação. O tratamento de sementes encontra-se largamente utilizado em todos os países, como uma importante ferramenta de fácil aplicação no manejo frente aos fitonematoides. Esta técnica garante a cultura uma proteção inicial nos primeiros dias após a germinação, o que pode ser fundamental para o estabelecimento da cultura, e de um sistema de produção mais eficiente (STARR et al., 2007).

Outra forma de aplicação de nematicidas é a modalidade de aplicação diretamente no sulco de semeadura. Essa técnica vem sendo utilizada com resultados positivos na redução populacional dos nematoides no solo, com respostas de incremento de produtividade em diversas culturas como o feijão-caupi, a cana-de-açúcar, tomate, entre outras (DINARDO-MIRANDA, 2008, 349-404).

Nos últimos anos, novos produtos e formulações vem surgindo no mercado juntamente com novas tecnologias de aplicação. Buscando aliar eficiência de controle, economicidade e diminuição dos impactos ambientais (NOVARETTI; MONTEIRO; FERRAZ, 1998).

2.4.4 Controle biológico

Além do controle químico, uma alternativa que tem sido proposta como ferramenta para o manejo de nematoides é o tratamento de sementes com produtos biológicos. Assim como no controle químico, esses tratamentos tem o objetivo de

suprimir os nematoides durante as primeiras semanas após o plantio, permitindo assim um desenvolvimento adequado do sistema radicular das plantas (KUBO; MACHADO; OLIVEIRA, 2012).

Embora a técnica seja antiga e muitos pesquisadores já tenham testado sua eficácia, mais recentemente, devido ao crescimento em importância da ocorrência de áreas infestadas por nematoides, tem-se dado grande destaque a esta alternativa de controle. Aliado a esse fato tem-se a busca pela redução dos impactos ambientais inerentes a aplicação de agroquímicos e o custo do tratamento. Dessa forma, o tratamento de sementes reduziria os custos e o impacto ambiental já que a quantidade de produto utilizada é reduzida e permite uma aplicação mais segura do produto químico.

Dentre os vários inimigos naturais identificados como potenciais agentes de controle biológico, entre as mais estudadas está uma ampla gama de bactérias da rizosfera com efeito nematicida (MACHADO et al., 2012; TIAN; YANG; ZHANG, 2007).

Essas bactérias apresentam como mecanismo de ação a produção de substâncias bactericidas, fungicidas e nematicidas que inibem o crescimento e o desenvolvimento dos agentes das doenças (LUZ, 1996). Além disso, produzem antibióticos, toxinas e enzimas que interferem no processo de reconhecimento planta-hospedeiro, agem na indução de resistência e/ou proporcionando o desenvolvimento saudável da planta (TIAN; YANG; ZHANG, 2007).

Como exemplo, pode-se citar algumas bactérias pertencentes ao gênero *Bacillus* (CHEN; DICKSON, 2000; TIAN; YANG; ZHANG, 2007), que demonstram ter antagonismo direto aos nematoides *in vitro*, além de favorecer a redução na ocorrência de doenças em condições de campo (ALVES et al., 2011 b).

Segundo Ferreira (2010), o controle de nematoides com nematicidas na cultura da soja é uma ferramenta eficaz e possível, mas possui suas limitações e não substitui estratégias de manejo como a rotação de culturas, pousio e cultivares resistentes.

Os nematicidas não erradicam o nematoide, apenas reduzem a população temporariamente, o que gera uma dependência de aplicações sistemáticas nas áreas infestadas. É necessária a associação desses diferentes métodos de controle, estabelecendo-se estratégias de manejo integrado de fitonematoides (FERRAZ, 2006).

3 CAPÍTULO I

Levantamento populacional de fitonematoides na cultura da soja no planalto médio do Rio Grande do Sul

3.1 Resumo

O objetivo desse trabalho foi de determinar e quantificar os principais fitonematoides presentes em lavouras de soja no Rio Grande do Sul, além de estimar o nível populacional em que os mesmos se encontram. Para isso, foram recebidas amostras de solo e raízes de plantas de soja de 154 municípios do Planalto Médio do Rio Grande do Sul, nos anos de 2014 a 2016. Após o recebimento e cadastramento das amostras, procedeu-se a extração dos nematoides, identificação e quantificação dos nematoides presentes em cada amostra. De posse desses dados, determinou-se a frequência absoluta (FA), frequência relativa (FR), densidade absoluta (DA) e densidade relativa (DR) de cada gênero de nematoide, além do nível populacional médio deles nos municípios. Os principais gêneros de nematoides encontrados foram *Meloidogyne* (presente em 7,5% das amostras), *Pratylenchus* (6,2%), *Heterodera* (4,3%), *Rotylenchulus* (1,6%) e *Helicotylenchus* (22,9%). Dentre os nematoides encontrados nas amostras, não foi possível identificar a espécie de *Meloidogyne*, mas para *Pratylenchus* identificou-se duas espécies, *P. brachyurus* e *P. zaeae*. Além desses dois gêneros, outros foram encontradas, dentre eles *Heterodera glycines*, *Rotylenchulus reniformis* e *Helicotylenchus dihystera*. O nematoide mais frequentemente encontrado nos municípios foi *H. dihystera*, sendo que, em relação ao nível populacional, *Meloidogyne* spp. destaca-se por apresentar os maiores níveis nos municípios nos três anos de avaliação.

Palavras-chave: 1. Nível populacional. 2. *Meloidogyne*. 3. *Pratylenchus*. 4. *Heterodera*.

3.2 Introdução

A soja é uma importante cultura para economia mundial que vem crescendo significativamente devido aos avanços científicos e tecnológicos ofertados ao setor produtivo. No entanto, a produtividade dessa cultura está condicionada a diversos fatores, tanto de origem biótica quanto abiótica. Com relação ao biótico, destacam-se os nematoides fitoparasitas, que a cada ano tem sido relatada com maior frequência nas

regiões produtoras de soja. No mundo são citadas mais de 100 espécies de nematoides associadas a cultivos de soja (FERRAZ, 2001, p. 15-38). Dentre as espécies fitoparasitas de maior importância, ocorrência e agressividade à cultura citam-se: *Heterodera glycines* Ichinohe 1952, *Meloidogyne javanica* (Treub, 1985) Chitwood 1949, *M. incognita* (Kofoid; White, 1919) Chitwood 1949, *M. arenaria* (Neal, 1889) Chitwood 1949, *Pratylenchus brachyurus* (Godfrey, 1929) Filipjev; Shuurmans Stekhoven, 1941 e *Rotylenchulus reniformis* Linford (Oliveira, 1940). Todas essas espécies podem causar danos expressivos à cultura da soja, que irão depender principalmente da densidade populacional, da suscetibilidade da cultura e das condições climáticas às quais estão submetidos.

Em se tratando de nematoides, há alguns anos atrás o sojicultor brasileiro preocupava-se muito com os nematoides de galha (*M. javanica* e *M. incognita*) e com o nematoide de cisto (*Heterodera glycines*). No entanto, nos últimos anos, pesquisas relacionadas ao levantamento e identificação de espécies de nematoides no Brasil, mostraram que espécies como *P. brachyuru* e *R. reniformis* têm sido relatadas em diversas áreas associadas ao cultivo da soja com potencial para crescimento (DIAS et al., 2010, p. 173-206 a; MIRANDA; FAVORETO; RIBEIRO, 2011).

No Rio Grande do Sul, desde a década de 70, relatam-se que as principais espécies de nematoides presentes nas lavouras de soja são do gênero *Meloidogyne*, *Pratylenchus* e *Heterodera*, além de *Helicotylechus* e *Rotylenchulus* com frequência esporádica (CASTRO; LIMA; CARNEIRO, 2003; DEUNER; DEUNER; GHISSI, 2013, p. 1-120; DEUNER et al., 2015; KIRSCH et al., 2016; LEHMANN; MACHADO; TARRAGÓ, 1976; LORDELLO, 1974; SANTOS et al., 2014).

Com isso, os levantamentos populacionais constituem-se como importantes aliados na identificação e quantificação das espécies presentes nas áreas avaliadas, fornecendo subsídios para a determinação dos danos causados por esses patógenos nas mais diferentes culturas.

No entanto, para que se possa realizar um programa de manejo de nematoides adequado é necessário conhecer as espécies que ocorrem na área e qual o nível populacional que se encontram. Dessa forma esse trabalho tem por objetivo determinar e quantificar os principais fitonematoides presentes em lavouras de soja na região do Planalto Médio do Rio Grande do Sul, além de estimar o nível populacional em que os mesmos se encontram.

3.3 Material e Métodos

Analisou-se a amostras de solo e raízes de plantas de soja provenientes de municípios do Planalto Médio do Rio Grande do Sul nos anos de 2014 a 2016. Essas foram enviadas por produtores rurais e técnicos de multinacionais e cooperativas ao Laboratório de Nematologia da Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo/RS, visando identificar e quantificar os fitonematoides presentes. Após recebimento e cadastramento dessas amostras, as mesmas foram armazenadas em ambiente climatizado até o processamento.

A extração dos nematoides do solo foi realizada a partir de 100 cm³ de solo, que consiste no método de centrifugação, flotação, sedimentação, peneiramento e separação em solução de sacarose (JENKINS, 1964). Para extração dos nematoides de raízes, utilizou-se 10 g de raízes de soja, que foram trituradas, peneiradas e centrifugadas utilizando solução de sacarose, pelo método de Hussey e Barker (1973) modificada por Bonetti e Ferraz (1981). Para a extração de cistos, utilizou-se o método de peneiramento de 100 cm³ de solo e filtragem em papel (SHEPHERD, 1970, p. 31-49).

A contagem do número de nematoides por amostra foi realizada em lâmina de Peters, sob microscópio óptico. Os nematoides extraídos foram identificados com base nas características morfológicas apresentadas. Na análise de extração de cistos do solo, contabilizou-se o número de cistos por amostra de 100 cm³ de solo.

Mediante a obtenção desses dados foi determinado a incidência e o nível populacional médio para cada espécie de nematoide em cada município avaliado, através dos níveis estabelecidos por Koenning et al. (1999) (Tabela 1).

Tabela 1 - Níveis populacionais de nematoides fitoparasitas no solo e em raízes de plantas de soja

Nível/ Espécie	<i>Meloidogyne</i> spp.		<i>Pratylenchus</i> spp.		<i>H. glycines</i>	<i>R. reniforminis</i>
	Solo ¹	Raízes ²	Solo ¹	Raízes ²	Solo ³	Solo ¹
Baixo	1-150	1-60	1-50	1-800	1-5	1-200
Médio	151-300	61-120	51-100	801-1600	6-10	201-600
Alto	>300	>121	>101	>1601	>11	>600

Fonte: Adaptado de Koenning et al. (1999)

¹Nematoides em 100 cm³ de solo; ²Nematoides em 10g de raízes; ³Cistos em 100 cm³ de solo.

Além disso, calculou-se as frequências absoluta (FA) e relativa (FR) e densidades absoluta (DA) e relativa (DR) dos nematoides, com base na metodologia de Thankamony et al. (2002), sendo que, a frequência representa quantas vezes as espécies de nematoides ocorrem entre as amostras examinadas. $FA = (N^{\circ} \text{ de amostras com } Meloidogyne / n^{\circ} \text{ total de amostras}) \times 100$ e $FR = (\text{Frequência de } Meloidogyne \text{ spp.} / \text{soma de frequência de todas as espécies}) \times 100$. A densidade absoluta representa a população total do nematoide identificado e estimado em cada amostra ou conjunto de amostras. A partir deste valor, a densidade relativa de cada gênero de nematoide foi calculada, assim como a porcentagem deste em relação a população total dos fitonematoides. $DR = \text{Pop. Total de } Meloidogyne / \text{Total de nematoides}) \times 100$. Todos estes cálculos foram realizados para cada um dos gêneros de nematoides encontrados nas avaliações.

3.4 Resultados e discussão

Ao longo dos três anos foram analisadas 3264 amostras de solo e raízes de plantas de soja, sendo essas oriundas de um total de 154 municípios do estado do Rio Grande do Sul, em especial da região do Planalto Médio do estado. Diante das análises nematológicas realizadas foram encontrados diversos gêneros de nematoides classificados como fitoparasitas de plantas, devido as suas características morfológicas,

sendo esses *Meloidogyne* (presente em 7,5% das amostras), *Pratylenchus* (6,2%), *Heterodera* (4,3%), *Rotylenchulus* (1,6%) e *Helicotylenchus* (22,9%).

No ano de 2014 foram encontrados quatro gêneros de nematoides fitoparasitas associados ao sistema radicial das plantas de soja e a sua rizosfera, sendo eles, *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Heterodera* e *Helicotylenchus*. Destes, *Helicotylenchus* e *Meloidogyne* foram os que apresentaram maiores frequências absoluta e relativa, tanto nas amostras de solo quanto nas de raízes, seguidos por *Pratylenchus* e *Heterodera*. O nematoide *Helicotylenchus* apresentou FA de 16,4% no solo e 7,1% nas raízes, enquanto que, *Meloidogyne* apresentou FA de 9,8% e 4,7%, no solo e nas raízes, respectivamente. No entanto, apesar de *Helicotylenchus* ser encontrado com maior frequência nas amostras avaliadas, observou-se que *Meloidogyne* apresentou maiores valores de DA em relação aos demais gêneros encontrados, tanto nas amostras de solo quanto nas de raízes. Em 2015, além dos gêneros já mencionados no ano de 2014 foram encontradas o gênero *Rotylenchulus*. Nesse ano, os nematoides com maior FA nas amostras de solo foram *Helicotylenchus* e *Heterodera*, com 31% e 9,3%, respectivamente e nas raízes foram *Helicotylenchus* e *Pratylenchus* com 4,7 e 2,4%, respectivamente. Em relação a DA, *Helicotylenchus* apresentou maior população de indivíduos nas amostras de solo e *Meloidogyne* nas amostras de raízes. Para o ano de 2016, os gêneros de nematoides encontrados foram os mesmos do ano de 2015, *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Heterodera*, *Rotylenchulus* e *Helicotylenchus*. Dentre esses, *Helicotylenchus* e *Pratylenchus* obtiveram FA no solo de 18,8 e 5,1%, e de 2,3 e 2,1%, nas raízes, respectivamente. Já para a densidade de nematoides, *Helicotylenchus* apresentou DA de 43.404 nematoides nas amostras de solo e *Meloidogyne* de 8.379 nematoides nas amostras de raízes, sendo esses os gêneros com maior DA em relação aos demais.

Tabela 2 - Frequência e Densidade de nematoides presentes em amostras de solo e raízes coletadas em lavouras comerciais de soja de municípios do estado do Rio Grande do Sul nos anos de 2014 a 2016. Passo Fundo-RS, 2017

2014										
Gênero	Nº de amostras		Frequência Absoluta (%)		Frequência Relativa (%)		Densidade Absoluta		Densidade Relativa (%)	
	Solo	Raízes	Solo	Raízes	Solo	Raízes	Solo	Raízes	Solo	Raízes
<i>Meloidogyne</i>	40	19	9,8	4,7	29,2	29,7	19.626	33.376	75,3	75,4
<i>Pratylenchus</i>	19	16	4,7	3,9	13,9	25,0	444	4.295	1,7	9,7
<i>Heterodera</i>	11	0	2,7	0,0	8,0	0,0	146	0	0,6	0,0
<i>Helicotylenchus</i>	67	29	16,4	7,1	48,9	45,3	5.836	6.621	22,4	14,9
2015										
Gênero	Nº de amostras		Frequência Absoluta (%)		Frequência Relativa (%)		Densidade Absoluta		Densidade Relativa (%)	
	Solo	Raízes	Solo	Raízes	Solo	Raízes	Solo	Raízes	Solo	Raízes
<i>Meloidogyne</i>	75	20	7,4	2,0	14,2	20,6	6.700	10.820	17,2	65,3
<i>Pratylenchus</i>	32	24	3,1	2,4	6,1	24,7	298	1.328	0,8	8,0
<i>Heterodera</i>	95	3	9,3	0,3	18,0	3,1	1.140	64	2,9	0,4
<i>Rotylenchulus</i>	10	2	1,0	0,2	1,9	2,1	1.584	169	4,1	1,0
<i>Helicotylenchus</i>	315	48	31,0	4,7	59,8	49,5	29.200	4.195	75,0	25,3
2016										
Gênero	Nº de amostras		Frequência Absoluta (%)		Frequência Relativa (%)		Densidade Absoluta		Densidade Relativa (%)	
	Solo	Raízes	Solo	Raízes	Solo	Raízes	Solo	Raízes	Solo	Raízes
<i>Meloidogyne</i>	92	19	5,0	1,0	15,1	18,1	31.821	8.379	38,6	46,7
<i>Pratylenchus</i>	94	38	5,1	2,1	15,5	36,2	836	4.078	1,0	22,7
<i>Heterodera</i>	35	4	1,9	0,2	5,8	3,8	992	57	1,2	0,3
<i>Rotylenchulus</i>	41	2	2,2	0,1	6,7	1,9	52.82	106	6,4	0,6
<i>Helicotylenchus</i>	346	42	18,8	2,3	56,9	40,0	43.404	5.325	52,7	29,7

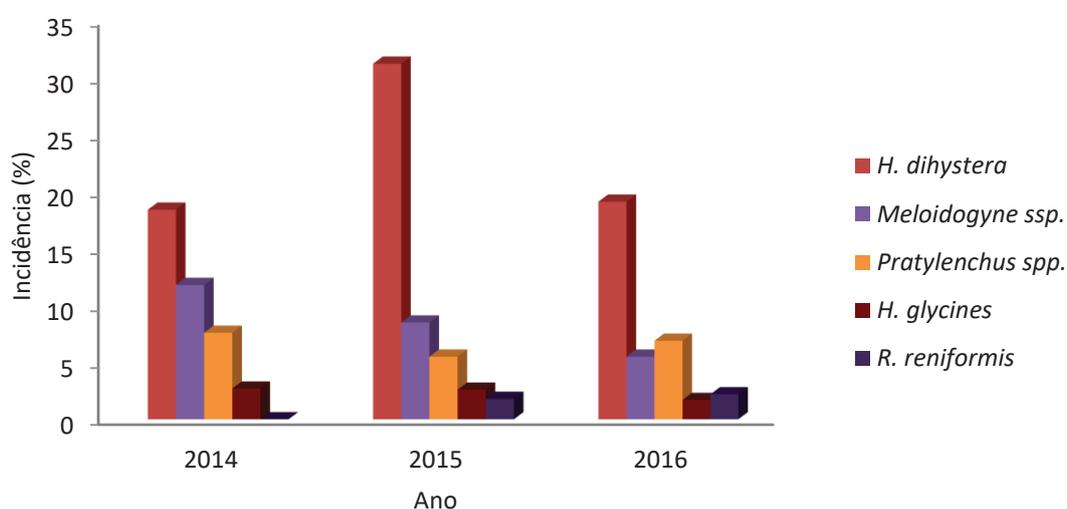
Fonte: dados do autor.

Dentre os nematoides encontrados nas amostras, àqueles pertencentes ao gênero *Meloidogyne*, em sua maioria não puderam ser identificados a nível de espécie. Isso ocorreu devido à ausência de fêmeas adultas e até mesmo de machos nas populações. Quando possível a identificação, verificou-se a presença de *M. javanica* e *M. incognita*. No caso de *Pratylenchus* foram identificadas duas espécies, *P. brachyurus* e *P. zaeae*, tanto

em amostras de raízes quanto em amostras de solo. As demais espécies encontradas foram *H. glycines*, *R. reniformis* e *H. dihystra*.

Na Figura 1, está relacionado a incidência das espécies de nematoides encontradas em cada ano de avaliação, tanto em amostras de solo quanto de raízes. Pode-se constatar que *H. dihystra*, *Meloidogyne* spp. e *Pratylenchus* spp., são as espécies mais frequentemente encontradas.

Figura 1 – Incidência (%) de espécies de nematoides nas amostras de solo e raízes de soja coletadas na região do Planalto Médio do Rio Grande do Sul. Passo Fundo, 2017



Fonte: dados do autor.

O estudo da ocorrência de doenças e o conhecimento dos níveis populacionais dos patógenos envolvidos são importantes para o direcionamento das atividades e na orientação de medidas de controle adequadas (SILVA et al., 2000). Sendo assim, os levantamentos populacionais de nematoides são realizados por diversas instituições de ensino e pesquisa com o intuito de identificar qualitativamente e quantitativamente os principais gêneros e espécies de nematoides presentes e uma determinada área de cultivo.

Nos últimos anos, muitos trabalhos têm relatado a presença de diversos gêneros de nematoides em lavouras de soja, tanto gêneros fitoparasitas de plantas quanto os de vida livre. No entanto, a maior parte desses estudos expressam apenas seus dados de forma qualitativa, sem apresentar os dados quantitativos relacionados a diversidade populacional dos nematoides fitoparasitas. Dados esses que permitem relacionar os danos causados por esses nematoides com os diferentes níveis de infestação encontrados (ARANTES; KIIHL; ALMEIDA, 2000, p. 66-70).

Em 2014 foram coletadas amostras em 47 municípios do estado do Rio Grande do Sul, sendo que, 96% desses municípios apresentaram incidência de *H. dihystera*. 64% com espécies de *Meloidogyne* spp., 45% com *P. brachyurus*, 21% com *H. glycines* e 9% com *P. zaeae* (Quadro 1). Dentre os nematoides considerados fitoparasitas destacou-se que *Meloidogyne* spp. apresentou nível populacional alto em 19,1% dos municípios avaliados, seguido por *P. brachyurus* e *H. glycines* com 2,1%, tanto em amostras de solo quanto em amostras de raízes de soja. No ano de 2015 foram coletadas amostras em 105 municípios, sendo que desses 95% apresentaram incidência de *H. dihystera*, 40% com *Meloidogyne* spp., 33% com *H. glycines*, 32% com *P. brachyurus*, 10% com *P. zaeae* e 10% com *R. reniformis*. Nesse ano, 1,9% dos municípios apresentaram níveis populacionais de *Meloidogyne* spp. e *H. glycines* altos (Quadro 2). Já para o ano de 2016, dentre os 78 municípios avaliados, 93,6% apresentaram incidência de *H. dihystera*, 52,6% de *P. brachyurus*, 50% de *Meloidogyne* spp., 14,1% de *R. reniformis*, 11,5% de *H. glycines* e de *P. zaeae*, igualmente. Dentre esses nematoides, *Meloidogyne* spp. obteve nível populacional elevado em 14,1%, para os demais nematoides não foram encontrados níveis populacionais elevados nos municípios (Quadro 3).

Quadro 1 - Nível populacional médio dos principais nematoides encontrados nas amostras de solo e raízes de soja, em municípios do Rio Grande do Sul, no ano de 2014. Passo Fundo-RS, 2017

Município	Mel. ¹		P. z. ²		H. g. ³		P. z. ⁴		H. d. ⁵		continua...		Mel.		P. z.		H. g.		P. z.		H. d.		
	Solo	Raiz	Solo	Raiz	Cisto	Raiz	Solo	Raiz	Solo	Raiz	Solo	Município	Solo	Raiz	Solo	Raiz	Cisto	Solo	Raiz	Solo	Raiz	Solo	Raiz
Almirante Tamandaré do Sul	3532 ⁶	11348	144	932	0	0	0	0	172	716	Passo Fundo	37	219	5	24	0	0	0	0	0	0	91	64
Bagé	0	0	0	80	0	0	0	0	0	240	Pinhalzinho	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	0	
Boa Vista do Cadeado	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	Pontão	0	0	1	0	0	0	0	0	0	32	10	
Boa Vista do Incra	312	100	0	0	1	0	0	24	20	984	Quinze de Novembro	12	66	0	0	0	0	0	0	0	420	134	
Campos Borges	0	48	0	16	0	0	0	0	0	20	Rio Dos Indios	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	27	
Campos Novos	0	0	0	0	0	0	0	8	20	20	Ronda Alta	0	0	0	52	0	0	0	0	0	36	310	
Carazinho	120	20	4	4	0	0	0	120	92	152	Saldanha Marinho	172	132	0	0	0	20	0	0	0	72	68	
Catuípe	0	8	0	0	0	0	0	220	152	0	Salto do Jacuí	2	4	0	10	4	0	0	0	0	8	44	
Ciriaco	0	0	0	0	0	0	0	68	0	0	Santa Cecília do Sul	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41	336	
Constantina	4	4	4	0	1	0	0	60	120	0	Santa Cruz do Sul	0	0	0	0	0	0	0	0	0	318	0	
Cruz Alta	14	0	0	2	4	0	0	4	36	0	Santiago	1	0	3	0	0	0	0	0	0	117	0	
Entre Rios	64	0	7	0	0	0	0	211	0	0	Santo Antônio do Planalto	3542	0	0	0	0	0	0	0	0	29	0	
Erechim	0	4	13	102	0	0	0	85	223	0	São José do Ouro	0	0	8	0	0	0	0	0	0	8	0	
Garruchos	0	0	68	0	0	0	4	292	0	0	São Luis Gonzaga	16	0	1	0	0	0	0	0	0	19	0	
Guarani das Missões	164	1252	0	0	0	0	0	200	48	0	São Miguel das Missões	540	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Ibiraiaras	0	200	0	0	0	0	0	0	200	0	São Paulo das Missões	208	0	4	0	0	0	0	0	0	18	0	
Ibirapuitã	164	0	0	0	0	0	0	8	0	0	Sarandi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	120	88	
Ibirubá	50	33	8	1134	0	0	0	102	27	0	Selbach	40	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	
Jacuzinho	212	0	0	0	0	0	0	60	0	0	Sertão	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	264	
Maçambará	0	0	22	0	0	0	12	2	0	0	Soledade	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	0	
Miarau	4	0	0	0	0	0	0	20	0	0	Tapera	761	6483	7	81	0	0	0	13	168	264		
Nicolau Vergueiro	184	2	0	0	0	0	0	0	0	0	Tenente Portela	16	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	
Nova Alvorada	0	0	0	0	1	0	0	16	0	0	Tupanciretã	81	0	0	0	0	2	0	0	9	0		
Palmeira das Missões	17	0	0	0	1	0	0	85	0	0													

Fonte: Dados do autor.

¹Meloidogyne spp. ²Pratylenchus brachyurus. ³Heterodera glycines. ⁴Pratylenchus zaei. ⁵Helicotylenchus dihystrera. ⁶Células vermelhas: nível alto; células amarelas: nível médio; células verdes: nível baixo.

Quadro 2 - Nível populacional médio dos principais nematoídeos encontrados nas amostras de solo e raízes de soja, em municípios do Rio Grande do Sul, no ano de 2015. Passo Fundo-RS, 2017 (Continua)

Município	Mel. ¹		P. b. ²		H. g. ³		R. r. ⁴		P. z. ⁵		H. d. ⁶		continua...		Mel.		P. b.		H. g.		R. r.		P. z.		H. d.		
	Solo	Raiz	Solo	Raiz	Cisto	Raiz	Solo	Raiz	Solo	Raiz	Solo	Raiz	Solo	Raiz	Solo	Raiz	Solo	Raiz	Solo	Raiz	Solo	Raiz	Solo	Raiz	Solo	Raiz	
Água Doce	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	76	0
Água Santa	47	0	0	0	1	0	0	0	0	0	644	10	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	1	0	216	2	
Ajuricaba	56	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	4	5	4	0	0	0	0	97	56	
Alegrete	2	0	0	0	1	0	0	0	0	84	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	73	5	
Alto Alegre	246	1371	0	5	0	0	0	0	0	100	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	
Antônio Prado	0	0	0	0	1	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0	
Aratiba	0	36	80	0	0	0	0	0	0	280	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	
Arroio do Tigre	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	
Arroio Grande	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	168	12	
Boa Vista do Cadeado	1	1	1	0	1	1	0	0	0	65	2	0	0	0	0	1	0	0	2	2	0	0	0	0	10	0	
Bom Progresso	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	220	0	
Bossano	0	0	0	3	0	0	0	0	0	41	0	0	0	0	0	2	1208	0	0	168	0	0	0	0	0	0	
Bossoroça	0	0	0	0	4	0	0	0	0	56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	
Bozano	0	0	4	8	0	0	0	0	0	136	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	
Butiá	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	
Cachoeira do Sul	0	0	0	1	1	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	7	14	0	0	0	0	0	0	0	28	0	
Caibaté	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	132	26		
Campinas do Sul	180	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	8	0	0	0	8	0	0	0	0	0	96	8	
Campo Novo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	384	0	0	0	0	0	0	0	0	24	0	40	
Candelária	56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	110	0	

Quadro 2 - Nível populacional médio dos principais nematoides encontrados nas amostras de solo e raízes de soja, em municípios do Rio Grande do Sul, no ano de 2015. Passo Fundo.

RS, 2017

(Continuação)

Município	Mel. ¹		P. b. ²		H. g. ³		R. r. ⁴		P. z. ⁵		H. d. ⁶		continua...		Mel.		P. b.		H. g.		R. r.		P. z.		H. d.		
	Solo	Raiz	Solo	Raiz	Cisto	Raiz	Solo	Raiz	Solo	Raiz	Solo	Raiz	Solo	Raiz	Solo	Raiz	Solo	Raiz	Solo	Raiz	Solo	Raiz	Solo	Raiz	Solo	Raiz	Solo
Capão Bonito Do Sul	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	0	Pelotas	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	78	0
Capão do Cipó	264	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	0	Pinhal da Serra	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	321	0	
Carazinho	2	0	0	0	5	8	0	0	2	0	134	0	Pontão	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	87	0	
Carlos Gomes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56	6	Rio Pardo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	136	0	
Caseros	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	0	Rolador	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	
Catupe	5	0	0	3	0	0	0	0	0	51	6	Ronda alta	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	620	
Centenário	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92	0	Rondinha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	
Chapada	234	0	0	0	0	0	0	0	0	32	0	Rosário do Sul	2	5	1	23	1	0	0	0	0	0	0	0	60	8	
Colorado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	108	0	Saldanha Marinho	140	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56	0	
Coqueiros do Sul	8	0	0	0	0	0	0	0	0	94	5	Salto do Jacuí	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	388	0	
Coxilha	37	0	1	0	0	0	0	0	0	79	0	Sananduva	0	0	3	0	1	0	0	0	0	0	1	0	62	0	
Cruz Alta	6	0	0	0	3	0	0	0	0	52	0	Santa Bárbara do Sul	5	19	0	0	11	0	0	0	0	0	0	76	20		
Dois Irmãos da Missões	0	0	0	0	1	0	0	0	0	40	0	Santa Cecília do Sul	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52	4		
Dois Lajeados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	120	0	Santa Cruz do Sul	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	168	0		
Dom Pedrito	0	0	0	0	1	0	0	0	0	32	4	Santa Maria	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	40	20		
Dr. Mauricio Cardoso	0	0	1	0	0	21	0	0	0	30	0	Santo Antônio das Missões	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	28	0		
Entre Ijuís	0	0	0	0	1	0	0	0	0	26	0	Santo Augusto	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	61	24		
Erebango	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	0	São Gabriel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	144	0		
Erechim	0	0	0	0	1	0	0	0	1	29	33	São João da Urtiga	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0		
Ernestina	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52	0	São Lourenço do Sul	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	16	0		

Quadro 2 - Nível populacional médio dos principais nematoides encontrados nas amostras de solo e raízes de soja, em municípios do Rio Grande do Sul, no ano de 2015. Passo Fundo.

RS, 2017

Município	Mel. ¹		P. b. ²		H. g. ³		R. r. ⁴		P. z. ⁵		H. d. ⁶		continua...		Mel.		P. b.		H. g.		R. r.		P. z.		H. d.		
	Solo	Raiz	Solo	Raiz	Cisto	Raiz	Solo	Raiz	Solo	Raiz	Solo	Raiz	Município	Solo	Raiz	Solo	Raiz	Solo	Raiz	Cisto	Raiz	Solo	Raiz	Solo	Raiz	Solo	Raiz
Esmeralda	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	158	27	São Luiz Gonzaga	1	0	1	0	0	0	2	0	0	0	1	0	17	0
Espumoso	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38	0	São Martinho	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	0	
Fortaleza dos Val Valos	3	0	2	0	1	0	0	0	0	0	77	0	São Miguel das Missões	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	4	0	
Garruchos	6	0	0	0	0	0	0	0	0	44	0	Sarandi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	0		
Gentil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48	3	Sede Nova	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Giruá	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	Sertão	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0	0	43	186		
Humaitá	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56	0	Severino de Almeida	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	380	28	
Ibirubá	0	0	8	300	0	60	0	0	90	62	30	Tapejara	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	0	
Ijuí	82	18	1	3	1	0	0	0	0	144	20	Tio Hugo	4	2	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	27	0	
Ipê	12	0	0	0	0	0	0	0	0	80	0	Três de Maio	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	88	0	
Ipiranga do Sul	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56	0	Tupanciretã	85	0	1	0	0	5	1	0	0	0	0	0	51	0	
Jari	268	640	0	8	0	0	0	0	0	160	72	Vacaria	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	62	38		
												Vila Lângaro	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	0	

¹*Meloidogyne* spp. ²*Pratylenchus brachyurus*. ³*Heterodera glycines*. ⁴*Rotylenchulus reniformis*. ⁵*Pratylenchus zaei*. ⁶*Helicotylenchus dihystrera*. ⁷Células vermelhas: nível alto; células amarelas: nível médio; células verdes: nível baixo.

Quadro 3 - Nível populacional médio dos principais nematoides encontrados nas amostras de solo e raízes de soja, em municípios do Rio Grande do Sul, no ano de 2016. Passo Fundo-RS, 2017 (Continua)

Município	Mel.1		P. b.2		H. g.3		R. r.4		P. z.5		H. d.6		continua...		Mel.		P. b.		H. g.		R. r.		P. z.		H. d.		
	Solo	Raiz	Solo	Raiz	Cisto	Raiz	Solo	Raiz	Solo	Raiz	Solo	Raiz	Município	Solo	Raiz	Solo	Raiz	Solo	Raiz	Cisto	Solo	Raiz	Solo	Raiz			
Município	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Nicolau Vergueiro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agua Santa	0	0	4	0	0	0	7	17	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	292	0
Alegrete	5	0	1	0	0	0	52	0	0	0	0	0	Pantano Grande	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	526	0
Alto Alegre	20	273	1	36	0	0	67	137	0	0	0	0	Passo Fundo	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	64	11
Arroio do Ratos	0	0	8	0	0	0	1672	0	0	0	0	0	Pejuçara	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	79	1
Boa vista do Cadeado	102	0	1	4	0	0	155	31	0	0	0	0	Pelotas	0	0	0	57	0	0	0	0	0	0	0	0	131	61
Boa Vista do Ingra	54	10	2	0	1	0	185	1	0	0	0	0	Pontão	334	16	0	61	0	0	0	0	0	0	0	0	38	0
Bossoroca	6	0	2	0	0	0	62	0	0	0	0	0	Rio Pardo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	253	0	
Barracão	0	0	0	4	0	0	30	3	0	0	0	0	Ronda Alta	118	0	0	27	0	0	0	0	0	0	0	0	57	0
Cachoeira do Sul	57	0	4	3	0	0	32	5	0	0	0	0	Rosário do Sul	4	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	246	90
Caibatê	380	0	0	0	0	0	68	0	0	0	0	0	Saldanha Maranhão	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36	0
Candelária	587	123	4	8	0	0	2	0	0	2	3	2	Salto do Jacuí	1090	906	3	16	0	0	0	0	0	0	0	0	129	31
Capão Bonito do Sul	0	0	0	5	1	0	25	3	0	0	0	0	Santa Bárbara do Sul	196	0	0	2	0	0	3	0	0	0	0	0	72	0
Capão do Cipó	0	0	1	0	3	0	34	0	0	0	0	0	Santa Cecília do Sul	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0
Colorado	0	0	3	2	1	0	53	1	0	1	0	0	Santa Maria	12	0	0	160	0	0	0	0	0	0	0	0	32	0
Condor	0	35	0	35	0	0	32	142	0	0	0	0	Santa Rosa	290	0	2	0	2	0	131	0	0	0	0	0	80	0
Coronel Bicaco	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Santiago	364	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	291	0
Cruz Alta	168	0	4	109	6	0	132	3	0	0	0	0	Santo Ângelo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	76	0
Dr. Maurício Cardoso	6	0	3	0	0	0	71	0	0	0	0	0	Santo Antônio das Missões	26	0	0	1	0	5	0	0	0	0	0	0	45	0
El dourado do Sul	0	0	0	0	0	0	24	0	0	0	0	0	Santo Augusto	0	0	0	14	2	0	0	0	0	6	7	60	110	
Ernestina	296	32	0	24	0	0	216	24	0	0	0	0	São Borja	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	128	0	
Esmeralda	0	1	0	0	1	0	38	0	0	0	0	0	São Francisco de Assis	101	0	0	2	1	0	0	0	0	2	0	0	178	3
Espumoso	0	0	0	0	0	0	32	0	0	0	0	0	São Francisco de Paula	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48	0
Estação	0	0	1	0	0	0	12	0	0	0	0	0	São Gabriel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	66	395
Flores da Cunha	376	1568	0	0	0	0	236	8	0	0	0	0	São Lorenzo do Sul	504	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	104	0
Fortaleza Dos Valos	562	0	0	0	0	0	86	0	0	0	0	0	São Miguel das Missões	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	73	3
Garruchos	176	0	0	0	3	0	19	0	0	0	0	0	São Sepé	0	0	0	4	35	0	0	0	0	0	0	40	70	

Dentre os levantamentos populacionais realizados para a cultura da soja no Brasil nos últimos anos, diversos gêneros de nematoides foram encontrados infectando o sistema radicial das plantas ou presente na rizosfera das mesmas. Dentre esses gêneros, *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Heterodera* e *Helicotylenchus* são os mais frequentemente encontrados e disseminados pelo território brasileiro (DEUNER; DEUNER; GHISSI, 2013, p. 1-120; DEUNER et al., 2015; FRANZENER et al., 2005; GHISSI; DEUNER; DEUNER, 2013, p. 1-120; KIRSCH et al, 2016; LOPES, 2015; ROESE et al., 2001; SANTOS et al., 2014; SHARMA et al., 2002).

No Rio Grande do Sul, em um dos primeiros levantamentos populacionais realizados foi relatada a presença de pelo menos nove gêneros de nematoides parasitas de plantas na cultura da soja, são eles: *Pratylenchus*, *Helicotylenchus*, *Hoplolaimus*, *Tylenchorhynchus*, *Trichodorus*, *Xiphinema*, *Criconemoides*, *Scutellonema* e *Longidorus* (LEHMANN; MACHADO; TARRAGÓ, 1976). Mediante isso, outros trabalhos do mesmo gênero foram realizados posteriormente, evidenciando que os gêneros *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Heterodera*, *Rotylenchulus* e *Helicotylenchus* são o mais frequentemente encontrados nas amostras de solo e raízes de plantas de soja no Rio Grande do Sul (CASTRO; LIMA; CARNEIRO, 2003; DEUNER; DEUNER; GHISSI, 2013, p. 1-120; DEUNER et al., 2015; GHISSI; DEUNER; DEUNER, 2013, p. 1-120; KIRSCH et al., 2016; SANTOS et al., 2014). Esses dados corroboram com o presente estudo, visto que, esses gêneros foram os mais frequentemente encontrados nas amostras de solo e raízes de soja nos três anos de avaliação.

Em termos de densidade populacional, as espécies pertencentes ao gênero *Meloidogyne* obtiveram valores mais elevados do que as de *Pratylenchus*. Isso deve-se ao fato de que, os nematoides de galha apresentam capacidade reprodutiva mais elevada do que os nematoides das lesões. As fêmeas de *Pratylenchus* são monodelfas (tem apenas um ovário), enquanto que as fêmeas de *Meloidogyne* são didelfas (têm dois ovários) (MOENS; PERRY, 2009).

As espécies de *Pratylenchus* spp. têm sido encontradas em maior densidade no interior de tecidos vegetais parasitados (TAKAHASHI, 2015). Esse fato pôde ser observado pois, a DA desse nematoide no solo não foi tão expressiva quanto aquela encontrada nas raízes de soja, sendo que, isso nos remete a elevada importância que esse gênero apresenta para as plantas. Visto que, apesar de sua capacidade reprodutiva ser baixa, com mencionado anteriormente, seu potencial de dano tem sido considerado elevado, uma vez que, o mesmo pode associar-se com patógenos causadores de podridões radiciais potencializando o dano na cultura da soja.

Fitonematoides do gênero *Helicotylenchus* são comumente encontrados em altos níveis populacionais associados à diversas culturas de importância econômica. Esse gênero é considerado como um nematoide de importância secundária. Na cultura da soja, a presença desse gênero de nematoide já foi relatada por diversos autores (KIRSCH et al., 2016; LEHMANN; MACHADO; TARRAGÓ, 1976; LORDELLO, 1974; SHARMA et al., 2002; SILVA, 2007). No entanto, Machado et al. (2015, p. 128), relatam a ocorrência de danos no sistema radicial de plantas de soja e milho quando inoculado com espécies de *H. dihystra*. Ainda, segundo os autores, os sintomas nas raízes assemelham-se aos observados para *P. brachyurus*. Sendo assim, há necessidade de se monitorar, identificar e realizar mais trabalhos relacionados à presença de *Helicotylenchus* em amostras de solo e raízes coletadas. Visto que, sua ocorrência em culturas de importância econômica tem aumentado significativamente nos últimos anos e também devido a sua adaptação a cultivos anuais.

Embora em muitos municípios o nível populacional dos nematoides tenha se mantido baixo, a simples presença do nematoide na região já é motivo de preocupação. Pois, tem se admitido que os cultivos anuais, especialmente as monoculturas, tendem a favorecer espécies de determinados gêneros de fitonematoides, que se tornam mais abundantes após a transformação de ecossistemas nativos em agroecossistemas (GOULART; FERRAZ, 2003). Há exemplo disso, tem-se a o relato de Mendes e Machado (1992), que segundo eles, não existem níveis de infestação leves para *H.*

glycines, pois qualquer número de cistos diferente de zero representa um potencial de dano para a cultura.

3.5 Conclusões

As principais espécies identificadas no levantamento populacional são *M. javanica*, *M. incognita*, *P. brachyurus*, *H. glycines*, *R. reniformis* e *H. dihystra*.

Os nematoides de maior frequência e densidade encontrados nas áreas de cultivo de soja no Rio Grande do Sul são *Helicotylenchus*, *Meloidogyne* e *Pratylenchus*.

As espécies de *Pratylenchus* são encontradas em maior densidade nas amostras de raízes de plantas de soja.

4 CAPÍTULO II

Reação de cultivares de soja a *Meloidogyne javanica* e *Meloidogyne incognita*

4.1 Resumo

O objetivo desse trabalho foi determinar a reação de cultivares de soja aos nematoides de galha *M. javanica* e *M. incognita*. Para isso, vinte e sete cultivares de soja foram semeadas em vasos plásticos contendo substrato autoclavado, em experimento inteiramente casualizado com oito repetições. Aos dez dias após a emergência das plântulas, realizou-se a inoculação de 5000 ovos e J2 de *M. javanica* e *M. incognita* em cada planta de soja em experimentos isolados. Posteriormente, aos 90 dias após a inoculação realizou-se a extração dos ovos e J2 contidos no sistema radicial de cada planta para posterior cálculo do Fator de Reprodução, taxa redução do FR e reação de cada cultivar para cada nematoide. Para *M. javanica*, o padrão de suscetibilidade foi a cultivar BMX Lança, que estatisticamente, não diferiu da cultivar AMS Tibagi, sendo essas consideradas altamente suscetíveis. A cultivar M 5947, por apresentar FR de 0,04, foi classificada como resistente. Para *M. incognita*, o padrão de suscetibilidade foi a cultivar NS 6211, que diferiu estatisticamente das demais cultivares. A cultivar TMG 7062, obteve o menor valor para o FR (0,6), no entanto não diferiu das cultivares SYN 1163, FPS Solar e FPS Iguazu, sendo que todas essas foram consideradas moderadamente resistentes a esse nematoide. Com isso, conclui-se que existe diferença em relação a reação das cultivares de soja aos nematoides de galha *M. javanica* e *M. incognita*, sendo que dessa forma é possível selecionar cultivares com potencial para serem utilizadas em áreas infestadas por esses nematoides.

Palavras-chave: 1. Nematoides de galha. 2. Resistência. 3. Suscetibilidade. 4. Fator de reprodução.

4.2 Introdução

Os fitonematoides são patógenos importantes na maioria das culturas e responsáveis por danos significativos, além de gerar custos importantes para o seu controle. Isso deve-se principalmente, a expansão da cultura da soja para novas fronteiras agrícolas, intensificação da monocultura e a adoção de práticas inadequadas de manejo desses patógenos (JUHÁSZ et al., 2013). Estimativas internacionais citam que os fitonematoides causam à produção agrícola perdas anuais estimadas entre US\$ 100 e 157 bilhões (SINGH; HODDA; ASH, 2013). De acordo com Nicol et al. (2011, p. 21-43), a

porcentagem de dano é mais elevada em condições de climas tropicais e subtropicais (14,6%), comparativamente com regiões de climas temperados (8,8%). No Brasil, não há informações sobre as perdas anuais causadas por nematoides, muito menos um histórico de dados passíveis de análise. O que há são informações pontuais, obtidas em ensaios experimentais realizados em áreas sabidamente infestadas por determinados nematoides (GALBIERI; ASMUS, 2016, p. 11-36). Com isso, o desconhecimento da importância econômica dos nematoides, faz com que esses organismos tenham sido frequentemente negligenciados nos agroecossistemas, somente assumindo “status” de patógeno quando sua população se encontra muito elevada e com prejuízos acentuados (RITZINGER; FANCELLI, 2006).

Espécies de nematoides pertencentes a diferentes gêneros são citadas como capazes de parasitar o sistema radicial da soja em todo o mundo. No Brasil, os nematoides formadores de galha (*Meloidogyne* spp.) são aqueles que causam os principais danos à cultura da soja. Esses nematoides promovem a destruição do sistema radicial induzindo a formação de nodulações que impedem as plantas de absorverem água e nutrientes (RITZINGER; FANCELLI, 2006). No gênero *Meloidogyne* estão descritas mais de 80 espécies, sendo que as principais para a cultura de soja são *M. javanica* (Treub, 1885) e *M. incognita* (Kofoid; White, 1919) Chitwood, 1949 (MIRANDA; FAVORETO; RIBEIRO, 2011, p. 400-414).

De acordo com Inomoto e Asmus (2013), a dinâmica populacional dos fitonematoides depende primordialmente da resistência de cultivares (entendida como a limitação à reprodução de determinada espécie de nematoide) e da rotação de culturas. Portanto, duas práticas agrícolas de grande valor no manejo de fitonematoides são o uso de cultivares com algum grau de resistência e a escolha de sequências de culturas que incluam plantas resistentes ou não hospedeiras. No entanto, em vista do aumento de área cultivada com soja, normalmente em monocultura, as alternativas de manejo para fitonematoides estão restritas a poucas opções. Dentre algumas, destaca-se a utilização de cultivares resistentes, que proporcionam ao agricultor resultados vantajosos, tanto do ponto de vista econômico quanto ecológico (BRUINSMA, 2013), obviamente associado a outras estratégias de manejo.

Portanto, para que o controle de nematoides de galha seja realizado de uma forma eficaz através do uso de cultivares resistentes, há necessidade de se conhecer a reação dos cultivares de soja a esses nematoides. Inúmeros trabalhos já foram realizados demonstrando resultados relacionados a esse aspecto. Porém, a cada ano, novos cultivares de soja são lançados no mercado sem essa informação, ou, com informações de campo, sem critério científico, baseado somente em observações, resultando em resultados contraditórios para o agricultor.

Diante disso, esse trabalho tem por objetivo verificar se há diferença na reação de cultivares de soja aos nematoides de galha *M. javanica* e *M. incognita*.

4.3 Material e Métodos

Foram conduzidos dois experimentos na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus Jaboticabal – UNESP, no Departamento de Fitossanidade da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias nas dependências do Laboratório de Nematologia Agrícola. Um visando determinar a reação de cultivares de soja à *M. javanica* e outro à *M. incognita* raça 3.

Selecionou-se 27 cultivares de soja comerciais (Tabela 3), indicadas para a região sul do Brasil, para as quais não há informação disponível da reação à *M. javanica* e *M. incognita* pelas empresas obtentoras do registro das cultivares. As espécies *Crotalaria spectabilis* Roth., e o tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) cv. Santa Cruz Kada foram incluídas no experimento como padrões de resistência e suscetibilidade.

Para a condução do experimento, utilizou-se vasos plásticos com capacidade de 5L, para isso, preparou-se substrato estéril com mistura de areia e solo (3:1), no qual realizou-se a semeadura de quatro sementes de cada cultivar de soja.

As populações de *M. javanica* e *M. incognita* utilizadas no experimento foram obtidas nos municípios de Piacatú-SP e Barreiras (BA), respectivamente. As mesmas foram multiplicadas em plantas de tomate cv. Santa Cruz Kada e mantidas em casa de

vegetação. Aos dez Dias Após a Emergência (DAE) das cultivares de soja, realizou-se o desbaste mantendo-se duas plantas por vaso. Cada planta foi inoculada com uma suspensão de 5000 ovos e juvenis de segundo estágio (J2) por mL, sendo o inóculo obtido mediante a lavagem e trituração das raízes de tomateiro em solução de hipoclorito de sódio (0,5%), segundo metodologia descrita por Hussey e Barker (1973) e adaptada por Bonetti e Ferraz (1981). A suspensão de ovos e J2 foi depositada em um orifício de cerca de 3 cm de profundidade ao lado de cada planta no vaso. Após a inoculação, as plantas foram mantidas por 90 dias em casa de vegetação e regadas diariamente, mantendo-se o nível de umidade adequado no solo para crescimento das plantas. A temperatura nesse período na casa de vegetação variou de 14 a 32°C.

Decorrido esse tempo, as raízes das plantas de soja foram removidas cuidadosamente do solo, lavadas em água corrente e pesadas em balança digital. Em seguida, realizou-se a extração dos ovos e J2 presentes no sistema radicial de cada planta e para cada cultivar segundo metodologia já descrita anteriormente Hussey e Barker (1973) adaptada por Bonetti e Ferraz, (1981). Este mesmo procedimento foi realizado para cada uma das espécies de nematoides nas cultivares de soja avaliadas.

Realizou-se a contagem do número de ovos e J2 presentes na suspensão de cada repetição utilizando microscópio óptico (aumento 100x) com auxílio de uma câmara de Peters. Posteriormente, determinou-se o Fator de Reprodução (FR) pela divisão da População Final (PF) pela População Inicial (PI) (OOSTENBRINK, 1966, p. 8-10). A classificação do comportamento de cada cultivar foi realizada mediante o critério estabelecido por Oostenbrink (1966, p. 8-10), sendo que, as cultivares que obtiveram FR maior ou igual a 1 foram consideradas suscetíveis, enquanto que aquelas que obtiveram FR menor que 1 foram consideradas resistentes.

Os experimentos foram conduzidos em delineamento experimental inteiramente casualizado com 8 repetições. Os dados obtidos foram transformados em raízes quadrada de $X + 0,5$ e submetidos a análise de variância. As médias foram comparadas pelo teste de Scott–Knott a 5% de probabilidade de erro através do programa estatístico Assisat versão 7.7 beta (pt) (SILVA; AZEVEDO, 2002).

Tabela 3 - Descrição das cultivares de soja comerciais com suas respectivas características fisiológicas. Passo Fundo, fevereiro de 2017

Cultivar	Obtentora	Hábito de Crescimento	Grupo de Maturação
54i52 RSF IPRO	GDM Genética do Brasil	Indeterminado	5.4
AMS Tibagi RR	Bayer S. A.	Semi-Determinado	5.0
BMX Ativa RR	Brasmax	Determinado	5.6
BMX Elite IPRO	Brasmax	Indeterminado	5.5
BMX Lança IPRO	Brasmax	Indeterminado	5.8
BMX Tornado RR	Brasmax	Indeterminado	6.2
BMX Valente RR	Brasmax	Indeterminado	6.7
BMX Vanguarda IPRO	Brasmax	Indeterminado	6.0
DM RSF 5958 IPRO	Don Mario	Indeterminado	5.8
FPS Iguazu RR	Fundação Pró-sementes	Indeterminado	5.0
FPS Júpiter RR	Fundação Pró-sementes	Indeterminado	5.9
FPS Solar IPRO	Fundação Pró-sementes	Indeterminado	6.3
FPS Solimões RR	Fundação Pró-sementes	Indeterminado	5.7
GMX Cancheiro RR	Gmax Genética	Indeterminado	6.2
M 5730 IPRO	Monsoy	Indeterminado	5.7
M 5947 IPRO	Monsoy	Indeterminado	5.9
M 6410 IPRO	Monsoy	Indeterminado	6.4
NS 5445 IPRO	Nidera	Indeterminado	5.4
NA 5909 RR	Nidera	Indeterminado	6.2
NS 5959 IPRO	Nidera		
NS 6006 IPRO	Nidera	Indeterminado	5.7
NS 6211 RR	Nidera	Determinado	6.2
NS 6700 IPRO	Nidera	Indeterminado	7.1
SYN 1163 RR	Syngenta	Indeterminado	6.3
TEC 6702 IPRO	CCGL TEC	Indeterminado	6.7
TMG 7062 IPRO	Tropical Melhoramento e Genética	Semi-determinado	6.2
TMG 7161 RR	Tropical Melhoramento e Genética	Indeterminado	5.9

Fonte: Dados do autor.

4.4 Resultados e discussão

No ensaio com *M. javanica* a população final de nematoides nas cultivares de soja variou de 250 a 13.044 indivíduos por planta. Esses resultados foram observados para as cultivares M 5947 IPRO e BMX Lança IPRO, respectivamente.

Levando em consideração o critério de classificação de cultivares proposto por Oostenbrink, (1966, p. 8-10), o comportamento das cultivares de soja para *M. javanica* pode ser separado em dois grupos diferentes (Tabela 4). O primeiro como suscetível, com FR entre 1,0 e 2,6, e o segundo foi classificado como resistente, com FR entre 0 e 0,8. Com isso, observou-se que 44,4% das cultivares foram consideradas suscetíveis, enquanto que 55,6% foram resistentes à *M. javanica*. O padrão de suscetibilidade (tomateiro), diferiu estatisticamente dos demais tratamentos, obtendo população final de 188.856 indivíduos por planta, o que resultou em um FR de 37,8.

Realizando a análise comparativa entre as cultivares de soja, observou-se que, BMX Lança IPRO, AMS Tibagi RR, BMX Vanguarda IPRO, NS 6700 IPRO e BMX Ativa RR foram consideradas as mais suscetíveis à *M. javanica*, tanto para o critério de população final quanto para o FR. Essas cultivares diferiram estatisticamente do padrão de suscetibilidade (tomateiro), mas não diferiram estatisticamente entre si. Já a cultivar M 5947 foi considerada a mais resistente a esse nematoide, sendo que, em relação a população final, a mesma diferiu estatisticamente das demais cultivares e do tomateiro, mas não observou-se diferença estatística para o padrão de resistência (crotalária). No entanto, para o FR a cultivar M 5947 IPRO não diferiu estatisticamente da Crotalária e das cultivares DM RSF 5958 IPRO, NS 6006 IPRO e SYN 1163 RR.

Tabela 4 - População final (ovos e J2/planta), fator de reprodução (FR) e classificação de cultivares de soja inoculadas com *M. javanica*. Passo Fundo, 2017

(Continua)

Cultivar	População Final	Fator de reprodução	Classificação ⁴
Tomate ¹	188.856 a ^{2,3}	37,8 a ^{2,3}	Suscetível
BMX Lança IPRO	13.044 b	2,6 b	Suscetível
AMS Tibagi RR	12.630 b	2,5 b	Suscetível
BMX Vanguarda IPRO	11.635 b	2,3 b	Suscetível
NS 6700 IPRO	11.262 b	2,3 b	Suscetível
BMX Ativa RR	11.117 b	2,2 b	Suscetível
FPS Solimões RR	9.391 b	1,9 c	Suscetível
TEC 6702 IPRO	8.090 c	1,6 c	Suscetível
NS 5909 RR	8.086 c	1,6 c	Suscetível
NS 5445 IPRO	7.155 c	1,4 c	Suscetível
54i52 RSF IPRO	6.692 c	1,3 c	Suscetível
M 6410 IPRO	6.695 c	1,3 c	Suscetível
NS 5959 IPRO	4.822 d	1,0 d	Suscetível

Tabela 4 - População final (ovos e J2/planta), fator de reprodução (FR) e classificação de cultivares de soja inoculadas com *M. javanica*. Passo Fundo, 2017

(Conclusão)

Cultivar	População Final	Fator de reprodução	Classificação ⁴
BMX Elite IPRO	3.865 e	0,8 d	Resistente
NA 6211 RR	3.680 e	0,7 d	Resistente
BMX Valente RR	3.442 e	0,7 d	Resistente
FPS Júpter RR	3.405 e	0,7 d	Resistente
FPS Iguaçu RR	2.115 f	0,4 e	Resistente
BMX Tornado RR	2.1025 f	0,4 e	Resistente
GMX Cancheiro RR	2.002 f	0,4 e	Resistente
TMG 7161 IPRO	1.824 f	0,4 e	Resistente
TMG 7062 IPRO	1.800 f	0,4 e	Resistente
FPS Solar RR	1.760 f	0,4 e	Resistente
M 5730 IPRO	1.350 f	0,3 e	Resistente
DM 5958 IPRO	887 g	0,2 f	Resistente
NS 6006 IPRO	810 g	0,2 f	Resistente
SYN 1163 RR	797g	0,2 f	Resistente
M 5947 IPRO	250 h	0,0 f	Resistente
Crotalária ⁵	40 h	0,0 f	Resistente
C.V.	14,6	10,9	-

Nota: ¹Padrão de suscetibilidade. ²Dados transformados em raízes quadrada de $x+0,5$. ³Médias seguidas da mesma letra nas colunas, não diferem entre si (Scott; Knott, 5% de probabilidade). ⁴Classificação proposta por Oostenbrink (1966, p. 8-10); ⁵Padrão de resistência.

No ensaio com *M. incognita*, a população final de nematoides nas cultivares de soja variou entre 2.995 e 34.600 indivíduos por planta avaliada. Esses resultados foram observados para as cultivares TMG 7062 IPRO e NS 6211 IPRO, respectivamente (Tabela 5). O comportamento das cultivares, perante os resultados obtidos pelo FR, também foi separado em dois grupos de acordo com o critério de classificação de cultivares proposto por Oostenbrink (1966, p. 8-10). O primeiro refere-se ao grupo de cultivares suscetíveis, com FR entre 1,0 e 6,9, e o segundo classificado como resistente, com FR entre 0,6 e 0,8, sendo assim, dentre as 27 cultivares de soja avaliadas, 85,2% foram consideradas suscetíveis e 14,8% resistentes à *M. incognita*. O tomateiro diferiu estatisticamente dos demais tratamentos, obtendo uma população final de 137.036

indivíduos por planta, o que resultou em um FR de 27,4. Já a Crotalária, diferiu estatisticamente dos demais tratamentos, obtendo população final de 50 indivíduos por planta. De acordo com os resultados obtidos para *M. incognita*, observou-se que NS 6211 diferiu estatisticamente das demais cultivares, tanto para a população final quanto para o FR, sendo considerada a mais suscetível com FR de 6,9. Já as cultivares TMG 7062 IPRO, SYN 1163 RR, FPS Solar IPRO e FPS Iguaçu RR, apesar de não diferirem estatisticamente entre si foram consideradas as mais resistentes com FR variando entre 0,6 e 0,8.

De acordo com Silva (2001, p. 95-127), a supressão do desenvolvimento e da reprodução de nematoide varia em função da resistência e da suscetibilidade das plantas. Com isso, plantas que são consideradas altamente resistentes, possibilitam taxas de reprodução muito baixas, enquanto que, as suscetíveis permitem que os nematoides se reproduzam abundantemente.

Em trabalho realizado por Dalla Favera (2014), o mesmo observou que, dentre as 45 cultivares de soja avaliadas visando determinar a reação à *M. javanica*, todas foram suscetíveis, sendo que a maior densidade de fitonematoides por grama de raízes foi obtida na cultivar AMS Tibagi RR, dados semelhantes ao obtido no presente estudo, onde a essa cultivar mostrou-se como uma das mais suscetíveis tanto para *M. javanica* quanto para *M. incognita*. Dentre as seis cultivares de soja avaliadas por Kirsch (2016), em geral, todas elas apresentaram um FR superior a 1, o que as caracterizou como sendo suscetíveis às populações de *M. javanica* avaliadas. No entanto, a cultivar BMX Turbo RR mostrou-se como resistente a algumas populações de *M. javanica*, com FR inferior a 1. Em estudos de Santos e Soares (2009), embora muitas cultivares de soja tenham sido consideradas suscetíveis, as mesmas exibiram valores de FR próximos a 1, o que, caracteriza menor suscetibilidade às espécies de *M. javanica* e *M. arenaria* (Neal, 1889) Chitwood, 1949. Com isso, sugere-se que na ausência de cultivares resistentes para o controle de nematoides de galha, sejam utilizadas as cultivares com menor FR, devido a menor suscetibilidade apresentada pelas mesmas.

Tabela 5 - População final (ovos e J2/planta), fator de reprodução (FR) e classificação de cultivares de soja inoculadas com *M. incognita*. Passo Fundo, 2017

Cultivar	População Final	Fator de reprodução	Classificação ⁴
Tomate ¹	137.036 a ^{2,3}	27,4 a ^{2,3}	Suscetível
NS 6211 RR	34.600 b	6,9 b	Suscetível
BMX Valente RR	26.616 c	5,3 c	Suscetível
AMS Tibagi RR	25.517 c	5,1 c	Suscetível
BMX Tornado RR	24.825 c	4,9 c	Suscetível
NS 6006 IPRO	24.592 c	4,9 c	Suscetível
M 5947 IPRO	22.975 c	4,6 c	Suscetível
FPS Solimões RR	20.908 d	4,2 d	Suscetível
M 5730 IPRO	19.890 d	3,9 d	Suscetível
BMX Vanguarda IPRO	15.575 e	3,1 e	Suscetível
54i52 RSF IPRO	15.166 e	3,0 e	Suscetível
NS 6410 IPRO	14.915 e	2,9 e	Suscetível
BMX Elite IPRO	12.300 f	2,5 f	Suscetível
TEC 6702 IPRO	12.136 f	2,4 f	Suscetível
BMX Ativa RR	11.160 f	2,2 f	Suscetível
FPS Júpter RR	10.280 f	2,0 f	Suscetível
NS 5445 IPRO	9.135 f	1,8 f	Suscetível
TMG 7161 IPRO	9.085 f	1,8 f	Suscetível
NS 5909 RR	8.961 f	1,8 f	Suscetível
GMX Cancheiro RR	7.065 g	1,5 g	Suscetível
BMX Lança IPRO	6.750 g	1,3 g	Suscetível
DM 5959 IPRO	6.367 g	1,3 g	Suscetível
DM 5958 IPRO	6.066 g	1,2 g	Suscetível
NS 6700 IPRO	5.250 g	1,0 g	Suscetível
FPS Iguaçu RR	4.047 h	0,8 h	Resistente
FPS Solar IPRO	3.653 h	0,7 h	Resistente
SYN 1163 RR	3.025 h	0,6 h	Resistente
TMG 7062 IPRO	2.995 h	0,6 h	Resistente
Crotalaria ⁵	50 i	0,0 i	Resistente
C.V.	9,2	7,9	-

Nota: ¹Padrão de suscetibilidade; ²Dados transformados em raízes quadrada de $x+0,5$. ³Médias seguidas da mesma letra nas colunas, não diferem entre si (Scott; Knott, 5% de probabilidade). ⁴Classificação proposta por Oostenbrink (1966, p. 8-10); ⁵Padrão de resistência.

De acordo com Mattos (2013), a hospedabilidade, a agressividade e a virulência são fatores que interferem na variação interespecífica de espécies de *Meloidogyne* na interação planta-nematoide. Com isso, observa-se que, para esse trabalho, a agressividade e a virulência são os fatores que mais influenciam sobre os resultados encontrados. Visto que, já é de conhecimento, que a soja é uma boa hospedeira às espécies de *M. javanica* e

M. incognita. A agressividade das espécies dos isolados de *Meloidogyne* spp. utilizados nesse experimento, refletem a habilidade de reprodução que os mesmos possuem sobre as cultivares de soja avaliadas (ROBERTS, 2002, p. 23-41). Com isso, ao mesmo passo que algumas cultivares de soja mostraram-se mais suscetíveis que as demais, outras obtiveram resultado contrário, visto que, além da agressividade do isolado ser mais baixa, a virulência também foi menor em função da interação de genes de virulência do nematoide com os genes de virulência da cultivar de soja.

Outro fato importante que merece ser destacado, refere-se aos baixos valores dos fatores de reprodução encontrados para ambas as espécies de nematoides avaliadas. Possivelmente isso tenha ocorrido devido que, no período em que o experimento foi conduzido (Agosto à Novembro), houve momentos onde a temperatura esteve abaixo de 25°C, visto que, segundo os dados da Estação Meteorológica da UNESP-Jaboticabal (2017), a temperatura nesse período variou de 17 a 30°C, com uma média de 23°C. Segundo Ferraz e Mendes (1992) e Moura (1996), de modo geral, o ciclo de *Meloidogyne* se completa em 25 dias sob temperaturas próximas de 28°C.

Atualmente, informações sobre cultivares brasileiras resistentes às espécies *M. javanica* e *M. incognita* podem ser encontradas na literatura. No entanto, a avaliação de genótipos de soja visando a identificação de fontes de resistência ao nematoide de galhas tem resultado em informações contraditórias, em função dos critérios utilizados pelos pesquisadores (MENDES; RODRIGUEZ, 2000). Diante dos resultados apresentados por Kirsch (2016), a autora verificou que há disponibilidade de fontes de resistência entre as cultivares de soja, para as espécies de nematoides de galha avaliadas em seu trabalho. No entanto, a mesma destaca que, são poucas as fontes de resistência estudadas e que os níveis não são elevados. Com isso, o desenvolvimento de trabalhos relacionados a esse assunto carece de informações precisas e conclusivas, já que o controle de nematoides pelo uso de cultivares resistentes, constitui-se como uma das principais alternativas de controle.

4.5 Conclusões

Existe diferença na reação das cultivares de soja aos nematoides de galha *M. javanica* e *M. incognita*.

Para *M. javanica*, as cultivares BMX Lança IPRO, AMS Tibagi RR, BMX Vanguarda IPRO, NS 6700 IPRO e BMX Ativa RR são suscetíveis e as cultivares M 5947 IPRO, SYN 1163 RR, NS 6006 IPRO, DM 5958 IPRO, M 5730 IPRO, FPS Solar RR, TMG 7062 IPRO, TMG 7161 IPRO, GMX Cancheiro RR, BMX Tornado RR, FPS Iguaçu RR, FPS Júpter RR, BMX Valente RR, NA 6211 RR e BMX Elite IPRO são resistentes.

No caso de *M. incognita*, a cultivar NS 6211 IPRO é suscetível e as cultivares TMG 7062 IPRO, SYN 1163 RR, FPS Solar RR e FPS Iguaçu RR são resistentes.

As cultivares TMG 7062 IPRO, SYN 1163 RR, FPS Solar RR e FPS Iguaçu RR são igualmente resistentes para ambas as espécies de nematoides de galha avaliadas.

5 CAPÍTULO III

Sensibilidade de *Meloidogyne javanica* a nematicidas químicos e biológico

5.1 Resumo

Os nematoides formadores de galha, constituem-se como um importante grupo de patógenos que podem causar danos expressivos a cultura da soja. Diante disso, esse trabalho teve por objetivo avaliar se a ação nematicida de diferentes produtos interfere na eclosão, mobilidade, mortalidade e controle de *Meloidogyne javanica in vitro*. Para isso, procedeu-se a preparação do inóculo puro desse nematoide, sendo os mesmos colocados em contato com soluções de 7 produto e uma testemunha (água), por um período de 9 dias. Aos 3, 6 e 9 dias após a incubação (DAI), determinou-se o número de juvenis eclodidos, transformando esses dados em eficiência de controle. Além disso, realizou-se a contagem do número de juvenis móveis e imóveis, sendo essa feita 24 horas após remoção dos juvenis em cada período (3, 6 e 9 DAI), mantendo-se os mesmos em solução aquosa. Utilizou-se delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial, com 4 repetições (8 tratamentos e 3 períodos de avaliação). Observou-se então, que apesar de todos os produtos reduzirem a eclosão de juvenis de *M. javanica* em relação a testemunha, existe diferença na fase do desenvolvimento do nematoide que cada um age. Evidenciou-se também, que o efeito tóxico dos produtos, Fluopyram, Fluensulfone, Cadusafós e Abamectina, expressa-se tanto na fase embrionária quanto na fase juvenil do nematoide, diferente do *Bacillus firmus* e Imidacloprido, que mostram seu efeito somente na fase juvenil. Nesse sentido, considera-se que os nematicidas interferem na eclosão e mobilidade de nematoides, e que os produtos Fluopyram, Fluensulfone, Cadusafós e Abamectina são os mais eficientes no controle de *M. javanica*.

Palavras-chave: 1. Nematóide. 2. Galha. 3. Eclosão. 4. Mobilidade. 5. Controle.

5.2 Introdução

Os nematoides vêm crescendo em importância no sistema produtivo e ganhando espaço no cenário brasileiro como um dos principais problemas fitossanitários da sojaicultura brasileira, podendo inclusive inviabilizar algumas áreas de cultivo de soja.

Dentre as espécies que possui grande potencial para causar danos a essa cultura destaca-se o *Meloidogyne javanica* (TREUB, 1985) Chitwood 1949. Esse nematoide

possui ampla distribuição geográfica e caracteriza-se por formar estruturas no sistema radicular da planta denominadas galhas, que podem ocasionar murcha das plantas durante os períodos mais quentes do dia. Além disso, pode promover menor deformação do sistema radicular, decréscimo da eficiência das raízes em absorver água e nutrientes, menor crescimento da parte aérea, culminando com menor produção da cultura, principalmente em áreas com alta infestação (TIHOHOD, 2000).

Para o manejo destes parasitas, frequentemente, se recorre ao controle químico, sendo que esses produtos quando aplicados no campo reduzem a população de fitonematoides, resultam em melhor desenvolvimento da cultura. Muitos produtos são sistêmicos, sendo então absorvidos pelas raízes e distribuídos pelos feixes vasculares (xilema) da planta, e o nematoide, ao alimentar-se dessas raízes se intoxica e morre (CAMPOS et al., 2001, p. 125-158).

Todavia, os nematicidas químicos têm seu uso cada vez mais limitado por sua alta toxicidade, risco de contaminação ambiental, alto custo, baixa disponibilidade em países em desenvolvimento e baixa eficácia de controle após repetidas aplicações (DONG; ZHANG, 2006). Com isso, os nematicidas biológicos surgem como uma importante alternativa, que pode ser adotada dentro de um programa de manejo de nematoides, visto que, ao contrário do controle químico, esse apresenta algumas vantagens, como, não contaminar e desequilibrar o meio ambiente, não deixar resíduos, ser mais barato e de fácil aplicação (SOARES; SANTOS, 2006, p. 1-59).

Até o momento não há evidências científicas de nematicidas com potencial de reduzir significativamente a população de nematoides na área, a ponto de eliminar a rotação de culturas. Apesar disso, o que existe são alguns produtos que quando aplicados nas raízes das plantas apresentarem efeito supressor no início do desenvolvimento da cultura, porém que algum tempo depois perdem seu efeito (GRIGOLLI, 2015, p. 125-133). No mercado brasileiro existem vários produtos com efeito nematicida, sendo a maioria deles sistêmicos (CAMPOS et al., 2001, p. 125-158).

Esses produtos, quando aplicado devem atuar numa população diversificada do nematoide desde o estágio de ovo, passando pelos juvenis até o adulto. O efeito na eclosão do juvenil de segundo estágio (J2) tem sido estudado com vários produtos nematicidas (HAQ, 1983, p. 144-160), além disso, também tem sido estudado o efeito na mobilidade e mortalidade de J2 (BAIMEY et al., 2009).

Em virtude do sério problema que os nematoides representam para as culturas agrícolas, novos estudos se fazem necessários para viabilizar o uso de estratégias integradas de manejo destes parasitas. Assim, esse trabalho tem por objetivo avaliar se a ação nematicida de diferentes produtos interfere na eclosão, mobilidade e controle de *M. javanica in vitro*.

5.3 Material e Métodos

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Nematologia da Universidade de Passo Fundo, sendo que, a população de *M. javanica* foi obtida a partir de raízes de soja com sintomas de galha no município de Almirante Tamandaré do Sul-RS na safra de 2014/15. Inicialmente procedeu-se a identificação da espécie a partir dos caracteres morfológicos do padrão perineal da fêmea (TAYLOR; NETSCHER, 1974).

Em seguida recuperou-se a população do nematoide e procedeu-se a multiplicação do inóculo em plantas de tomateiro (*Solanum lycopersicom* L.), cultivar Santa Cruz Kada, em substrato com mistura 3:1 areia e solo autoclavado por duas horas à 120 °C. As plantas foram mantidas em câmara climatizada com temperatura de 26±2 °C e fotoperíodo de 12 horas.

Utilizou-se delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial com 4 repetições, sendo 7 nematicidas mais uma testemunha (água) e 3 momentos de avaliação (dias após a incubação) (Tabela 6).

Tabela 6 - Nome técnico, ingrediente ativo e dose de produtos utilizados em ensaio de sensibilidade de *Meloidogyne javanica* a nematicida químicos e biológico. UPF, Passo Fundo/RS, 2016

Tratamentos	Ingrediente ativo	Dose (g i.a. ¹ /ha ou 100 kg semente)	Dose (mL p.c. ² /ha ou 100 kg semente)
Cropstar	Imidacloprido + tiodicarbe	45 + 135	700
Standak top	Fipronil + tiofanato metílico + piraclostrobina	25 + 22,5 + 2,5	100
Avicta completo	Abamectina + tiametoxam + fludioxonil + metalaxil-	30 + 42 + 1,5 + 1,2 + 9	150
Rugby	Cadusafós	800	4000
Fluopyram ³	Fluopyram	500	1000
Votivo	<i>Bacillus firmus</i>	37 ⁴	150 ⁴
Nimitz	Fluensufone	240	500

Fonte: Dados do autor.

¹Ingrediente ativo; ² Produto comercial; ³Produto não registrado para a cultura da soja; ⁴Dose para 100 kg se semente.

Após a multiplicação do nematoide em plantas de tomateiro, os mesmos foram extraídos das raízes (COOLEN; D'HERDE, 1972) visando preparar a suspensão com ovos, que foram quantificados com auxílio de lâmina de Petters em microscópio óptico. Posteriormente, um disco de tela de náilon tipo sombrite, de 8,5 cm de diâmetro foi disposta nas placas de vidro esterilizadas e, sobre este, um disco de papel filtro de 10 cm de diâmetro (CLIFF; HIRSCHMANN, 1985). A seguir, 5 mL de suspensão de ovos de *M. javanica* foram depositados em cada câmara de eclosão, correspondendo 3000 ovos em cada placa (600 ovos/mL).

A diluição dos produtos foi realizada de acordo com o volume de calda indicado pelo fabricante na bula. Após o preparo das soluções de cada produto, adicionou-se, individualmente, a solução de cada produto nas câmaras de eclosão. A mesma foi adicionada em concentração dupla para que não houvesse diluição dos produtos devido a deposição da suspensão de ovos do nematoide. As placas foram mantidas em câmara tipo B.O.D., com temperatura constante de 28°C no escuro.

Aos 3, 6 e 9 dias após a incubação, procedeu-se a avaliação do número de J2 eclodidos em cada tratamento, segundo Southey (1970). Para isso, os juvenis contidos em cada placa foram recolhidos em peneira de 500 mesh, lavados em água corrente e recolhidos com auxílio de pisseta em um béquer com água.

Posteriormente, essas soluções com juvenis foram mantidas em repouso por 24 horas em solução aquosa para assim determinar o número de juvenis móveis e imóveis em cada tratamento. Considerando-se imóveis (mortos) aqueles que estavam retos/parados e móveis aqueles que estavam retorcidos/em movimento. Para critério de análise estatística utilizou-se os dados dos juvenis móveis.

A partir dos nematoides recuperados determinou-se o percentual de J2 móveis (vivos) e imóveis (mortos), através da fórmula $(N^\circ \text{ de formas imóveis} / (N^\circ \text{ de formas móveis} + N^\circ \text{ de formas imóveis})) \times 100$. Determinou-se, a eficiência de controle dos nematicidas utilizados mediante fórmula de Abbot (1925), sendo, $E (\%) = ((t - p) / t) \times 100$, onde “t” é o número de nematoides na testemunha e “p” o número de nematoides no tratamento nematicida.

Os dados foram submetidos a análise de variância, sendo as médias comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro pelo programa estatístico Assistat versão 7.7 beta (pt) (SILVA; AZEVEDO, 2002).

5.4 Resultados e Discussão

Com relação ao número de juvenis de *M. javanica* eclodidos em cada tempo de avaliação (Tabela 7), verificou-se que aos 3 e 6 dias, testemunha, Imidacloprido, Fipronil e *B. firmus* obtiveram as maiores quantidades de juvenis eclodidos, sendo esses estatisticamente diferentes dos tratamentos Fluopyram, Fluensulfone, Cadusafós e Abamectina, que apresentam as menores quantidades de juvenis eclodidos.

Aos 9 dias, a testemunha e o Fipronil apresentaram novamente as maiores quantidades de juvenis eclodidos, sendo que os menores valores foram observados nos

tratamentos com Fluopyram, Fluensulfone, Cadusafós e Abamectina, no qual não diferiram estatisticamente entre si, mas diferiram de Imidacloprido e *B. firmus*.

Com relação ao número de juvenis de *M. javanica* eclodidos ao longo do tempo de avaliação, observou-se que, testemunha e Fipronil mostraram diferença estatística ao longo das três avaliações, onde, o maior número de juvenis eclodidos foi aos 9 dias e o menor aos 3.

Tabela 7 - Número de juvenis de *M. javanica* eclodidos, número total de juvenis eclodidos (TJE), média de juvenis eclodidos (MJE) e eficiência de controle dos produtos (EC).
UPF, Passo Fundo/RS, 2016

Tratamentos	Dias após inoculação			TJE ²	MJE ³	EC (%) ⁴
	3	6	9			
Testemunha	436 aC ¹	753 aB	1137 aA	2326	775	-
Imidacloprido	236 bcB	421 cA	317 cAB	974	325	58
Fipronil	302 abC	659 abB	1247 aA	2208	736	5
<i>Bacillus firmus</i>	152 bcdB	524 bcA	532 bA	1208	403	48
Fluopyram	7 dA	11 dA	9 dA	27	9	99
Fluensulfon	30 dA	8 dA	19 dA	57	19	98
Cadusafós	21 dA	23 dA	24 dA	68	23	97
Abamectina	89 cdA	10 dA	47 dA	146	49	94

Nota: ¹Médias seguidas de letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

C.V.: 25.95%; ²Total de juvenis eclodidos; ³Média de juvenis eclodidos; ⁴Eficiência de controle.

No entanto, para *B. firmus*, não houve diferença estatística para eclosão aos 6 e 9 dias, sendo esses estatisticamente superiores aos 3 dias. Para os tratamentos Fluopyram, Fluensulfone, Cadusafós e Abamectina não houve diferença estatística entre os dias de avaliação. Com relação ao número médio de juvenis do nematoide eclodidos, a testemunha apresentou o maior valor (775), seguido de Fipronil (736), *B. firmus* (403) e Imidacloprido (325), sendo que os menores valores foram para Fluopyram (9), Fluensulfone (19), Cadusafós (23) e Abamectina (49).

Para eficiência de controle, obteve-se 99, 98, 97 e 94%, respectivamente, para Fluopyram, Fluensulfone, Cadusafós e Abamectina mostrando que esses apresentam efeito ovicida desses produtos. No entanto, para Imidacloprido e *B. firmus*, obteve-se 58 e 48% de eficiência de controle, respectivamente.

Da mesma forma que as avaliações sobre a eclosão de juvenis (Tabela 8), observou-se que os nematicidas apresentaram variações em relação a porcentagem de nematoides móveis, sendo que a testemunha apresentou mobilidade de 95, 96 e 84% respectivamente aos 3, 6 e 9 dias após inoculação. Para essa variável, aos 3 dias após inoculação, a maior mobilidade foi na testemunha, Fipronil e *B. firmus*, e as menores nos tratamentos com Fluopyram, Fluensulfone e Cadusafós, sendo esses estatisticamente inferiores a todos os demais tratamentos.

Aos 6 dias, somente a testemunha foi estatisticamente superior, seguido de Imidacloprido e *B. firmus* que não diferiram estatisticamente entre si. As menores porcentagens de juvenis móveis foram para Fluopyram, Fluensulfone e Cadusafós, no qual foram estatisticamente inferiores aos demais tratamentos. Para a avaliação aos 9 dias, teve comportamento semelhante a avaliação aos 6 dias, porém, o *B. firmus*, se destacou, não diferindo estatisticamente de Fluopyram, Fluensulfone e Cadusafós.

Com relação a porcentagem de nematoides móveis ao longo do tempo de avaliação, verificou-se que os juvenis eclodidos em água (testemunha), apresentaram em média 92% de mobilidade. Para Fipronil e *B. firmus*, houve diferença estatística ao longo das três avaliações, sendo que a maior porcentagem de juvenis móveis foi aos 3 dias após inoculação.

Imidacloprido teve comportamento semelhando ao Fipronil e *B. firmus*, porém não houve diferença estatística para essa variável ao 3 e 6 dias, sendo esses estatisticamente superior aos 9 dias (Tabela 8). Para os tratamentos Fluopyram, Fluensulfone e Cadusafós não houve diferença estatística entre os dias de avaliação, porém para Abamectina, a maior mobilidade foi aos 3 dias, no qual diferiu estatisticamente dos 6 e 9 dias.

Tabela 8 - Percentual de juvenis de *Meloidogyne javanica* imóveis, percentual médio de juvenis móveis (MJI) e eficiência de controle dos produtos (EC). UPF, Passo Fundo/RS, 2016

Tratamentos	Dias após inoculação			MJI (%) ²	EC (%) ³
	3	6	9		
Testemunha	95 aAB ¹	96 aA	84 aB	92	..
Imidacloprido	48 bA	58 bcA	19 bB	42	80
Fipronil	89 aA	54 cB	29 bC	57	53
<i>Bacillus firmus</i>	84 aA	71 bB	2 cC	52	76
Fluopyram	0 dA	0 eA	0 cA	0	100
Fluensulfon	3 dA	0 eA	0 cA	1	99
Cadusafós	3 dA	0 eA	2 cA	2	99
Abamectina	30 cA	14 dB	24 bAB	23	98

Nota: ¹Médias seguidas de letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

C.V.: 18,9%. ²Média de juvenis imóveis (%). ³Eficiência de controle.

Com relação aos valores médios de juvenis móveis, a testemunha apresentou o maior valor (92%), seguido de Fipronil (57%), *B. firmus* (52%) e Imidacloprido (42%), sendo os menores valores verificados para Fluopyram (0%), Fluensulfone (1%), Cadusafós (2%) e Abamectina (23%). Com relação a eficiência de controle, verificou-se para os tratamentos Fluopyram, Fluensulfone, Cadusafós e Abamectina valores de 100, 99, 99 e 98%, respectivamente. No entanto, para Imidacloprido e *B. firmus*, obteve-se 58 e 48% de eficiência de controle, respectivamente, sendo o menor valor dessa variável para Fipronil (53%).

A eclosão dos ovos é um dos fatores mais importantes que afetam o crescimento populacional de nematoides. Químicos com alta letalidade embrionária devem ser considerados como importantes candidatos para se tornarem nematicidas eficazes (BI et al., 2015). Nesse trabalho, esse fato pôde ser constatado com Fluopyram, Fluensulfone e Cadusafós, no qual, observou-se uma estabilidade na eclosão ao longo do tempo, supondo-se que isso tenha ocorrido devido a multiplicação celular e as fases do desenvolvimento embrionário ter sido afetadas na mesma proporção. Consequentemente, a estabilização da eclosão do início ao fim, demonstra que o efeito tóxico foi igual tanto no juvenil formado como durante o desenvolvimento embrionário (BUENO; MENDES;

CARVALHO, 2006). No entanto, para Imidacloprido, o efeito tóxico foi mais efetivo no juvenil do que na fase embrionária de *M. javanica*.

A incubação de ovos, entretanto, tem sido investigada em outros nematoides utilizando-se outros produtos químicos. Em trabalho desenvolvido por Bi et al. (2015) foi relatado que o benzoato de emamectina poderia diminuir efetivamente a eclosão de *Bursaphelenchus xylophilus* (Steinel; Buhner) Nickle, enquanto os outros nematicidas testados (avermectina, milbemectina e tiaclopride) não evidenciaram quase nenhuma letalidade embrionária potencial. Da mesma forma, Kearn et al. (2014), constataram que os ovos de *Caenorhabditis elegans* apresentaram significativa redução da eclosão de juvenis após a exposição desses a Fluensulfone.

Além disso, esses autores relatam que através da análise microscópica dos ovos desse nematoide, constatou-se que Fluensulfone não atua sobre a fertilização dos ovos que ocorre dentro do adulto, mas sobre o embrião formado dentro do ovo. Embora não possam ser feitas comparações diretas entre essas investigações, pode-se inferir que os resultados obtidos nesse experimento estão similares aos que outros autores mencionam em suas pesquisas. No entanto, mais pesquisas devem ser feitas sobre o comportamento de nematicidas em relação ao desenvolvimento embrionário e eclosão de juvenis de *M. javanica*.

Produtos químicos como Abamectina e Cadusafós, se caracterizam por atuar sobre o sistema nervoso dos nematoides. Segundo Nelmes, Trudgill e Corbett (1973, p. 95–112), esses produtos químicos desempenham sua ação por prejudicar a atividade neuromuscular do nematoide. Assim, sua mobilidade, alimentação, desenvolvimento e reprodução são afetados diretamente.

Já para Fluensulfone, ainda não existe uma descrição clara sobre seu mecanismo de ação sobre os nematoides. No entanto, em trabalho desenvolvido por Kearn et al. (2014), mencionam que Fluensulfone apresenta um mecanismo de ação distinto dos tradicionais nematicidas utilizados, mas que algumas similaridades entre esses produtos são partilhadas, como por exemplo, a redução na mobilidade dos nematoides e eclosão.

Fluopyram é um fungicida SDHI (Succinate dehydrogenase inhibitors), que nos últimos anos vem sendo avaliado como alternativa para o controle de fungos de solo e nematoides parasitas de plantas. Faske e Hurd (2015), relatam que esse produto teve efeito negativo sobre a mobilidade de *M. incognita* e *R. reniformis*. Em torno de 78% dos juvenis de *M. incognita* foram imobilizados quando tratados durante 24 horas a 1,0 µg/ml de Fluopyram, apresentando resultados satisfatórios (acima de 75%), em relação a eficiência de controle da eclosão e, principalmente, sobre a mobilidade de *M. javanica*. Isso indica que esse produto químico possui um modo de ação para a mobilidade do nematoide que é único entre os fungicidas SDHI.

Muitos trabalhos mencionam que a mobilidade dos nematoides pode ser revertida após a remoção da solução nematicida durante ou após um período de 24 horas (FASKE; STARR, 2006). Faske e Hurd (2015) relatam que, 24 horas após a remoção da solução de Fluopyram, 54% dos nematoides (*M. incognita* e *R. reniformis*) recuperaram a mobilidade. Fato esse que não foi observado no presente estudo, visto que os tratamentos Fluopyram, Fluensulfone, Cadusafós e Abamectina obtiveram eficiência de controle sobre a mobilidade de *M. javanica* acima de 98%. Esses dados corroboram com o que foi relatado por Kearns et al. (2014) e Oka, Shuker e Tkachi (2009), onde Fluensulfone inibiu a mobilidade de *C. elegans* e *M. javanica* em seus trabalhos.

De acordo com Machado et al. (2012), *B. firmus* secreta algumas toxinas que prejudicam especialmente a formação da película externa das posturas de nematoides formadores das galhas, inibindo a eclosão, além de atuarem sobre as formas juvenis.

Segundo Ferreira (2015), essa bactéria foi mais eficiente em diminuir a eclosão de juvenis de *M. javanica*, porém, não apresentou efeito satisfatório sobre a mobilidade. No entanto, nesse trabalho observou-se que, o efeito tóxico desse produto foi mais efetivo sobre o juvenil formado do que para a fase embrionária de *M. javanica*, o mesmo foi mais eficaz sobre a mobilidade do que a eclosão. Além disso, verificou-se que, o mesmo demanda um tempo maior do que os demais nematicidas para iniciar o controle sobre os juvenis de *M. javanica*.

Os tratamentos nematicidas que reduzem a eclosão (ação ovicida) ou interferem na mobilidade dos juvenis (ação juvenicida) de *M. javanica* são considerados produtos mais efetivos para o controle de nematoides de galha. Visto que, a ação desses produtos irá influenciar o reconhecimento, orientação, alimentação e reprodução dos fitonematóides (JATALA; JENSEN, 1983).

Ainda assim, questões permanecem sobre qual o mecanismo de ação do Fluensulfone, visto que, o mesmo apresentou efeito significativo sobre o desenvolvimento e controle de *M. javanica*.

5.5 Conclusões

Conclui-se que a ação nematicida dos diferentes produtos interfere no desenvolvimento e controle de *M. javanica*, sendo que, Fluopyram, Fluensulfone, Cadusafós e Abamectina são mais efetivos sobre a eclosão e mobilidade desse patógeno. Além disso, *Bacillus firmus* caracteriza-se por atuar mais sobre a mobilidade dos juvenis do que sobre a eclosão, no entanto, o mesmo, demanda um tempo maior do que os demais nematicidas para iniciar o controle sobre os juvenis de *M. javanica*.

Os produtos químicos que apresentam efeito significativo sobre a fase embrionária, eclosão e mobilidade mostram-se como importantes ferramentas para o manejo de nematoides de galha.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do potencial de dano que os nematoides podem impor sobre a cultura da soja, em determinadas condições, o manejo desse patógeno torna-se essencial para que possamos assegurar uma produtividade adequada das lavouras. Com isso, para que se possa estabelecer um programa adequado para manejo desses patógenos é necessário realizar a identificação das espécies presentes na área. Mediante isso, o levantamento populacional configura-se como uma importante prática para a obtenção de dados reais e atualizados referentes a composição quantitativa e qualitativa da nematofauna de uma região.

Na região do Planalto Médio do Rio Grande do Sul foi possível identificar a presença de importantes espécies de nematoides na cultura da soja, sendo elas, *M. javanica*, *M. incognita*, *P. brachyurus*, *H. glycines* e *R. reniformis*. Constatou-se também, que *H. dihystra*, apesar de ser considerado como uma praga secundária para a cultura da soja, foi uma das espécies mais frequentemente encontradas nas amostras de raízes. Com isso, reforça-se a necessidade de se realizar mais estudos que possam elucidar a real importância desse nematoide para a cultura da soja, uma vez que já são relatados danos expressivos em culturas de importância econômica.

A resistência genética é considerada o método de controle de nematoides mais desejado pelos agricultores, visto que dessa forma, não há necessidade de se utilizar espécies de plantas que não são hospedeiras e que não fornecem um bom retorno econômico. No entanto, diante dos diversos estudos realizados para se determinar a reação de genótipos de soja resistentes a *M. javanica* e *M. incognita*, observa-se que os resultados em sua maioria são muitas vezes contraditórios. Isso deve-se principalmente às diferentes metodologias utilizadas, à população de nematoides e às condições climáticas impostas no experimento.

No presente trabalho identificou-se que alguns genótipos de soja mostraram-se resistentes aos nematoides *M. javanica* e *M. incognita*. As cultivares M 5947 IPRO, NS 6006 IPRO, SYN 1163 RR e DM RSF 5958 IRPO são consideradas as mais resistentes à *M. javanica*. Enquanto que, para *M. incognita*, as cultivares TMG 7062 IPRO, SYN 1163 RR, FPS Solar RR e FPS Iguaçu RR são resistentes. Essas cultivares devem ser preferencialmente escolhidas para serem utilizadas em áreas onde a infestação por esses nematoides é considerada elevada.

Atrelado ao controle genético, a utilização de nematicidas químicos e biológicos constitui-se como uma importante alternativa a ser utilizada no manejo integrado de nematoides. Através disso, é possível garantir a planta uma proteção inicial, impedindo ou retardando a penetração dos nematoides no sistema radicial da mesma. Com isso, assegura-se o estabelecimento inicial da cultura na área.

Diante dos resultados apresentados, observa-se que tanto os produtos químicos quanto o biológico apresentam efeito satisfatório sobre a eclosão, mobilidade e controle de *M. javanica in vitro*. Os nematicidas Fluopyram, Fluensulfone, Cadusafós e Abamectina são considerados os mais efetivos sobre o controle de *M. javanica* pois apresentam efeito significativo sobre a fase embrionária, eclosão e mobilidade do nematoide.

Sendo a cultura da soja de grande importância para a economia nacional e mundial, é de suma importância que mais estudos sejam realizados com o intuito de se fornecer resultados atualizados e precisos para as diferentes situações impostas. Diante do complexo de doenças e pragas ao qual essa cultura está sujeita, os nematoides são patógenos que merecem atenção por parte da pesquisa agrícola frente ao potencial de danos que possuem, sua ampla distribuição e dificuldade de manejo.

7 CONCLUSÃO GERAL

Os principais gêneros de nematoides encontrados em lavouras de soja do Planalto Médio do Rio Grande do Sul foram *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Heterodera*, *Rotylenchulus* e *Helicotylenchus*. Sendo que, *H. dihystra* foi um dos nematoides mais frequentemente encontrados parasitando o sistema radicial de plantas de soja, questões permanecem quanto a sua real importância para essa cultura. Uma vez que já são relatados danos expressivos em culturas de importância econômica.

Para o teste de reação de cultivares, constatou-se que existe diferença em relação a reação das cultivares de soja aos nematoides de galha. Para *M. javanica*, 40,7% das cultivares foram consideradas suscetíveis, enquanto que 59,2% foram consideradas resistentes. Para *M. incognita*, 81,5% das cultivares de soja foram consideradas suscetíveis e 18,5% resistentes.

Considera-se também, que os nematicidas interferem na eclosão e mobilidade de nematoides, e que os produtos Fluopyram, Fluensulfone, Cadusafós e Abamectina são os mais eficientes no controle de *M. javanica*. Possivelmente isso esteja atrelado ao fato de que esses nematicidas apresentam efeito significativo sobre a fase embrionária, de eclosão e mobilidade do nematoide.

REFERÊNCIAS

- ABBOTT, W. S. A. method of computing the effectiveness of an inseticide. **Journal of Economic Entomology**, v. 18, n. 1, p. 265-267, 1925.
- AGRIOS, G. N. **Plant pathology**. 5 ed. Burlington: Elsevier Academic Press, 2005. 922 p.
- ALMEIDA, A. M. R.; FERREIRA, L. P.; YORINORI, 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. (Eds.). **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 4. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. p. 570-588.
- ALVES, T. C. U. **Reação de cultivares de soja ao nematoide das lesões radiculares *Pratylenchus brachyurus***. 2008. 41f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2008.
- ALVES, T. C. U.; SILVA, R. A.; BORGES, D. C.; MOTTA, L. C. C.; KOBAYASTI, L. Reação de cultivares de soja ao nematoide das lesões radiculares *Pratylenchus brachyurus*. **Revista Biodiversidade**, v. 10, n. 1, p. 73-79, 2011. a
- ALVES, G. C. S.; SANTOS, J. M.; SOARES, P. L. M.; JESUS, F. G.; ALMEIDA, E. J. THULER, R. T. Avaliação *in vitro* do efeito de rizobactérias sobre *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* e *Pratylenchus zea*. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 78, n. 4, p. 557-564, 2011. b
- ARANTES, N. E.; KIIHL, R. A.; ALMEIDA, L. A. Resistencia da soja aos nematoides. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 22, 2000, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: UFU, 2000. p. 66-70.
- ARAÚJO, F. G. **Aspectos da biologia e manejo do nematoide de cisto da soja**. 2013. 89 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos - EAEA (RG), Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013.

ASMUS, G. L. Danos causados à cultura da soja por nematóides do gênero *Meloidogyne*. In: SILVA, J. F. V. (Org.). **Relações parasito-hospedeiro nas meloidoginoses da soja**. Londrina: Embrapa Soja - Sociedade Brasileira de Nematologia, 2001. p. 39-62.

ASMUS, G. L. Evolução da ocorrência de *Rotylenchulus reniformis* em Mato Grosso do Sul, durante o quinquênio 2001/2005. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 27, 2005, Cornélio Procópio. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja, 2005. p. 221-222.

ASMUS, G. L.; ISHIMI, C. M. Flutuação populacional de *Rotylenchulus reniformis* em solo cultivado com algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 1, p. 51-57, 2009.

BAIMEY, H.; COYNE, D.; DAGBENONBAKIN, G.; JAMES, B. Plant-parasitic nematodes associated with vegetable crops in Benin: relationship with soil physico-chemical properties. **Nematologia mediterrânea**, v. 37, p. 227-236, 2009.

BATISTA, R. O. **Diversidade genética de linhagens elite de soja quanto à resistência a doenças**. 2012. 100 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

BI, Z.; GONG, Y.; HUANG, X.; YU, H.; BAI, L.; HU, J. Efficacy of four nematicides against the reproduction and development of pinewood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*. **Journal of Nematology**, v. 47, n. 2, p. 126-132, 2015.

BONATO, E. R.; COSTAMILAN, L. M.; FERREIRA FILHO, A.; SILVA, J. F. V.; BERTAGNOLLI, P. F. Distribuição do nematóide de cisto da soja (*Hetrodera glycines* Ichinohe, 1952) no Rio Grande do Sul. **Nematologia Brasileira**, v. 26, n. 1, p. 97-100, 2002.

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

BRUINSMA, J. S. S. **Evaluation of methods for the study of resistance of soybean genotypes the *Meloidogyne javanica* (Treub) Chitwood**. 2013. 60 f. Dissertação (Mestrado em Agrobiologia) – Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

BUENO, L. C. S.; MENDES, A. N. G.; CARVALHO, S. P. **Melhoramento genético de plantas: princípios e procedimentos**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2006. 319 p.

CAMPOS, V. P.; CAMPOS, J. R.; SILVA, L. H. C. P.; DUTRA, M. R. Manejo de nematoides em hortaliças. In: SILVA, L. H. C. P.; CAMPOS, J. R.; NOJOSA, G. B. A. **Manejo integrado: doenças e pragas em hortaliças**. Lavras: UFLA, 2001. p. 125-158.

CASTRO, J. M. C.; LIMA, R. D.; CARNEIRO, R. M. D. G. Variabilidade isoenzimática de populações de *Meloidogyne* spp. provenientes de regiões brasileiras produtoras de soja. **Nematologia Brasileira**, v. 27, n. 1, p. 12, 2003.

CHEN, S. Y.; DICKSON, D. W. A technique for determining live second-stage juveniles of *Heterodera glycines*. **Journal of Nematology**, v. 32, n. 1, p.117-121, 2000.

CLIFF, G. M.; HIRSCHMANN, H. Evaluation of morphological variability in *Meloidogyne arenaria*. **Journal of Nematology**, v. 17, p. 445-459, 1985.

CONAB - **Companhia Nacional de Abastecimento (2017)**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: 22 jul. 2017.

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. 77p.

CORTE, G. D. **Application technology of pesticides in the control of soybean nematodes**. 2013. 62 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

CORTE, G. D.; PINTO, F. F.; STEFANELLO, M. T.; GULART, C.; RAMOS, J. P.; BALARDIN, R. S. Tecnologia de aplicação de agrotóxicos no controle de fitonematoides em soja. **Ciência Rural**, v. 44, n. 9, p. 1534-1540, 2014.

DALLA FAVERA, D. **Cover crops, cultivars and nematicides on meloidogyne javanica and pratylenchus brachyurus management in soybean**. 2014. 72 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Departamento de Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

DALL'AGNOL, A.; ROESSING, A. C.; LAZZAROTTO, J. J.; HIRAKUR, M. H.; OLIVEIRA, A. B. de. **O complexo agroindustrial da soja brasileira**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. (Documentos, 43).

DAVIDE, R. G. Nematode survey and collection of samples. In: DELA CRUZ JR., F.S.; VAN DEN BERGH, I.; WAELE, D. de; HAUTEA, D. M.; MOLINA, A.B. (Ed.). **Towards management of Musa nematodes in Asia and the Pacific**. Inibap, 2003. p. 3-6.

DEUNER, C. C.; GHISSI, V. C.; TEDESCO, I.; DANELLI, A. L. D. Nematoses. In: REIS, E. M.; CASA, R. T. **Doenças da Soja**. Passo Fundo: Berthier, 2012. 436p.

DEUNER, C. C.; DEUNER, E.; GHISSI, V. C. Levantamento populacional de *Pratylenchus* spp. no estado do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 31, 2013, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: Sociedade Brasileira de Nematologia, 2013. p. 1-120.

DEUNER, C. C.; GHISSI, V. C.; DEUNER, E.; TISCHER, A. Nematoides em soja: distribuição populacional no Rio Grande do Sul. **Plantio Direto**, v. 142-143, 2015.

DIAS-ARIEIRA, C. R.; FERRAZ, S.; FREITAS, L. G. de; MIZOBUTSI, E. H. Avaliação de gramíneas forrageiras para o controle de *Meloidogyne incognita* e *M. javanica* (Nematoda). **Acta Scientiarum**, v. 25, n. 2, p. 473-477, 2003.

DIAS W. P.; SILVA J. F. V.; GARCIA A. P.; CARNEIRO G. E. S. Nematóides de importância para a soja no Brasil. In: FUNDAÇÃO DE APOIO À PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MATO GROSSO. **Boletim de Pesquisa de Soja 2007**. Rondonópolis: Fundação de Apoio à Pesquisa Agropecuária de Mato Grosso, 2007. p.173-183.

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

DIAS, W. P.; GARCIA, A.; SILVA, J. F. V.; CARNEIRO, G. E. S. **Nematoides em soja: identificação e controle**. Londrina: Embrapa Soja, 2010. (Documentos, 76). b

DINARDO-MIRANDA, L. L. Pragas. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agronômico, 2008. p. 349-404.

DONG, L. Q.; ZHANG, K. Q. Microbial control of plantparasitic nematodes: a five-party interaction. **Plant Soil**, v. 288, n. 1-2, p. 31-45, 2006.

DOUCET, M. E.; N. CORONEL, E. DEL VALLE; A. P. WIEMER, J. GARCÍA; LAX, P. Nematodos fito-parásitos “emergentes” en diversos cultivos de Argentina. CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 32, 2015, Londrina. **Anais...** Londrina: Sociedade Brasileira de Nematologia, 2015.

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja—Região Central do Brasil 2004**. 2004. Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/producaosoja/doenca.htm>>. Acesso em: 27 jul. 2015.

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja: região central do Brasil**. 1. ed. Londrina: Embrapa Soja; Embrapa Cerrados; Embrapa Agropecuária Oeste, 2005. (Documentos, 9).

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **FAOSTAT-2010**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 7 ago. 2017.

FASKE, T. R.; STARR, J. L. Sensitivity of *Meloidogyne incognita* and *Rotylenchulus reniformis* to abamectin. **Journal of Nematology**, v. 38, n. 2, p. 240–244, 2006.

FASKE, T. R.; HURD, K. Sensitivity of *Meloidogyne incognita* and *Rotylenchulus reniformis* to Fluopyram. **Journal of Nematology**, v. 47, n. 4, p. 316-321, 2015.

FERRAZ, S.; MENDES, M. L. O nematoide das galhas. **Informe Agropecuário**, v. 16, n. 172, p. 37-42, 1992.

FERRAZ, S.; VALLE, L. A. C. Utilização de plantas antagônicas no controle de fitonematoides. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE NEMATOLOGIA TROPICAL, 4, 1995, Rio Quente. **Anais...** Rio Quente: Sociedade Brasileira de Nematologia, 1995. p.257-276.

FERRAZ, L. C. C. B. As meloidoginoses da soja: passado, presente e futuro. In. SILVA, J. F. V.; MAZAFFERA, P.; CARNEIRO, R. G.; ASMUS, G. L.; FERRAZ, L. C. C. B. **Relações parasito-hospedeiro nas meloidoginoses da soja**. Londrina: Embrapa Soja: Sociedade de Nematologia, 2001. p. 15-38.

FERRAZ, L. C. C. B. O nematóide *Pratylenchus brachyurus* e a soja sob plantio direto. **Plantio Direto**, v. 96, p. 23-27, 2006.

FERREIRA, A. D. **Reaction of soybean and corn genotypes to the root lesion nematode *Pratylenchus brachyurus***. 2010. 60 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Departamento de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

FERREIRA, R. J. **Espécies de *Bacillus* no controle de *Meloidogyne incognita* e *Meloidogyne javanica* in vitro e na cana-de-açúcar**. 2015. 59 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2015.

FRANZENER, G.; UNFRIED, J. R.; STANGARLIN, J. R.; FURLANETTO, C. Nematoides formadores de galha e de cisto patogênicos a cultura da soja em municípios do oeste do Paraná. **Nematologia Brasileira**, v. 29, n. 2, p. 261-265, 2005.

FREITAS, L. G.; OLIVEIRA, R. D. A. L.; FERRAZ, S. **Introdução à nematologia**. Viçosa: UFV, 2001. 84 p.

GALBIERI, R.; ASMUS, G. L. Principais espécies de nematoides do algodoeiro no Brasil. In: GALBIERI, R.; BELOT, J. L. (Ed.). **Nematoides fitoparasitas do algodoeiro nos cerrados brasileiros: biologia e medidas de controle**. Cuiabá: IMAmt, 2016. p. 11-36.

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

GHISSI, V. C.; DEUNER, C. C.; DEUNER, E. Ocorrência de *Meloidogyne* spp. em solo e raiz de soja no Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 31, 2013, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: Sociedade Brasileira de Nematologia, 2013. p. 1-120.

GOULART, A. M. C.; FERRAZ, L. C. C. B. Comunidades de nematóides em Cerrado com vegetação original preservada ou substituída por culturas. 1. Diversidade trófica. **Nematologia Brasileira**, v. 27, n. 2, p. 123-128, 2003.

GRIGOLLI, J. F. J. Manejo de Nematoides na Cultura da Soja. In: **Tecnologia e produção: Soja 2014/2015**. Curitiba: Fundação MS, 2015. p. 125-133.

HAEGEMAN, A.; MANTELIN, S.; JONES, J. T.; GHEYSEN, G. Functional roles effectors of plant-parasitic nematodes. **Gene**, v. 492, n. 1, p. 19-31, 2012.

HAQ, N. New food legume crops for the tropics. In: NUGENT, J.; O'CONNOR, M. (Ed.). **Better crops for food**. Londres: Pitman Books, 1983. p. 144-160.

HAYDOCK, P. P. J.; WOODS, S. R.; GROVE, I. G.; HARE, M. C. Chemical control of nematodes. In: PERRY, R. N.; MOENS, M. (Ed.). **Plant nematology**. Wallingford, UK: CABI Publishing, 2006. p. 392-410.

HUSSEY, R. S.; BARKER, K. R. A comparison of methods collecting inocula of *Meloidogyne* spp. including a new technique. **Plant Disease Reporter**, v. 57, n. 7, p. 1025-1028, 1973.

INOMOTO, M. M.; ASMUS, G. L. Manejo de nematoides em sistemas consorciados. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 12, 2013, Dourados. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa, 2013. 1 CD-ROM.

JATALA, P.; JENSEN H. J. Influence of *Meloidogyne hapla* Chitwood, 1949 on development and establishment of *Heterodera schachtii* Schmidt, 1871 on *Beta vulgaris* L. **Journal of Nematology**, v. 15, n. 4, p. 564-566, 1983.

JENKINS, W. R. A rapid centrifugal: flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Report**, v. 48, n. 9, p. 692, 1964.

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.

KEARN, J.; LUDLOW, E.; DILLON, J.; O'CONNOR, V.; HOLDEN-DYE, L. Fluensulfone is a nematicide with a mode of action distinct from anticholinesterases and macrocyclic lactones. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 109, p. 44-57, 2014.

KIRSCH, V. G. **Fitonematoides na cultura da soja: levantamento, Caracterização de espécies e reação de cultivares a *Meloidogyne* spp.** 2016. 86 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Agricultura e Ambiente, Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen, 2016.

KIRSCH, V. G.; KULCZYNSKI, S. M.; GOMES, C. B.; BISOGNIN, A. C.; GABRIEL, M.; BELLÉ, C.; E LIMA-MEDINA, I. Caracterização de espécies de *Meloidogyne* e de *Helicotylenchus* associadas à soja no Rio Grande do Sul. **Nematropica**, v. 46, n. 2, 2016.

KOENNING, S. R.; OVERSTREET, C.; NOLING, J. W.; DONALD, P. A.; BECKER, J. O.; FORTNUM, B. A. Survey of crop losses in response to phytoparasitic nematodes in the United States for 1994. **Journal of Nematology**, v. 31, n. 4, p. 587–618, 1999. Supplement, 4.

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 do Instituto Biológico**, v. 79, n. 2, p. 239-245, 2012.

LEHMANN, P. S.; MACHADO, C. C.; TARRAGÓ, M. T. Frequência e severidade de doenças de soja nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. **Fitopatologia Brasileira**, v. 1, p. 183-193, 1976.

LOPES, C. M. L. **Populações de nematoides fitoparasitas em áreas de cultivo de soja, algodão, café e de vegetação nativa do Cerrado na região Oeste da Bahia.** 2015. 57 f.. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Departamento de Fitopatologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

LORDELLO, L. G. Alguns nematóides parasitos de plantas do Rio Grande do Sul. **Revista de Agricultura**, v. 49, p. 15-18, 1974.

LUZ, W. C. da. Rizobactérias promotoras de crescimento de plantas e bioproteção. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v. 4, p. 1-49, 1996.

MACHADO, A. C. Z. ***Pratylenchus brachyurus* x algodoeiro: patogenicidade, métodos de controle e caracterização molecular de populações.** 2006. 132 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

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

MACHADO, A. C. Z.; DORIGO, O. F.; SILVA, S. A.; AMARO, P. M. Parasitismo de *Helicotylenchus dihystera* nas culturas da soja e milho. CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 32, 2015, Londrina. **Anais...** Londrina: Sociedade Brasileira de Nematologia, 2015. p. 128.

MATTOS, V. S. **Variabilidade genética e agressividade a soja [*Glycine max* (L.) Merrill] de populações de *Meloidogyne* spp. do Cerrado e de áreas de cultivo.** 2013. 81 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Departamento de Fitopatologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

MCSORLEY, R. Extraction of nematodes and sampling methods. In: BROWN, R. H.; KERRY, B. R. (Eds). **Principles and practice of nematode control in crops.** Orlando: Academic Press, 1987. p. 13-47.

MENDES, M. L.; RODRIGUEZ, P. B. N. Reação de cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] aos nematóides de galhas *Meloidogyne javanica* e *M. incognita* raças 1, 2, 3 e 4. **Nematologia Brasileira**, v. 24, n. 2, p. 211-217, 2000.

MENDES, M. L.; MACHADO, C. C. **Levantamento preliminar da ocorrência do nematoide de cisto da soja (*Heterodera glycines* Ichinohe), no Brasil.** Londrina: Embrapa Soja, 1992. (Documentos, 53).

- MIRANDA, D. M.; FAVORETO, L.; RIBEIRO, N. R. Nematoides: um desafio constante. In: SIQUERI, F.; CAJU, J.; MOREIRA, M. (Ed.). **Boletim de pesquisa de soja 2011**. Rondonópolis: Fundação MT, 2011. p. 400-414.
- MOENS, M.; PERRY, R. N. Migratory plant endoparasitic nematodes: a group rich in contrasts and divergence. **Annual Review of Phytopathology**, v. 47, p. 313-332, 2009.
- MOURA, R. M. O Gênero *Meloidogyne* e a meloidoginose. Parte I. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v. 4, p. 209-244, 1996.
- NELMES, A. J.; TRUDGILL, D. L.; CORBETT, D. C. M. Chemotherapy in the study of plant parasitic nematodes. In: TAYLOR, A. R.; MULLER R. (Ed.). **Chemotherapeutic agents in the study of parasites**. Oxford, 1973. p. 95–112.
- NEVES, W. S.; DIAS, M. S. C.; BARBOSA, J. G. Flutuação populacional de nematoides em bananais de Minas Gerais e Bahia (anos 2003 a 2008). **Nematologia Brasileira**, v. 33, n. 4, p. 281-285, 2009.
- 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. (Ed.). **Genomics and molecular genetics of Plant-Nematode Interactions**. Springer País Baixos, 2011. p. 21-43.
- NOVARETTI, W. R. T.; MONTEIRO, A.; FERRAZ, L. C. B. Controle químico de *Meloidogyne incognita* e *Pratylenchus zeae* em cana-de-açúcar com carbofuran e terbufós. **Nematologia Brasileira**, v. 22, n. 1, p. 60-73, 1998.
- NUNES, H. T.; MONTEIRO, A. C.; VILELA, A. W. P. Uso de agentes microbianos e químico para o controle de *Meloidogyne incognita* em soja. **Acta Scientiarum**, v. 32, n. 3, p. 403-409, 2010.
- OKA, Y.; SHUKER, S.; TKACHI, N. Nematicidal efficacy of MCW-2, a new nematicide of the fluoroalkenyl group, against the root-knot nematode *Meloidogyne javanica*. **Pest Management Science**, v. 65, n. 10, p. 1082-1089, 2009.
- OOSTENBRINK, M. Major characteristics of the relation between nematodes and plants. **Mededelingen Van De landbouwhogeschool Te Wageningen**, Nederland, v. 66, n. 4, p. 1-46, 1966.
- QUADROS, V. J.; PANDOLFO, C. M.; ANTONIOLLI, Z. I.; DENEGA, G.; WEBER, M. A. Dinâmica populacional de nematoides em sucessão de culturas. **Nematologia Brasileira**, v. 27, p. 264, 2003.

RIBEIRO, N. R.; DIAS, W. P.; HOMECHIN, M.; SILVA, J. F. V.; FRANCISCO, A. Avaliação da reação de espécies vegetais ao nematoide das lesões radiculares. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 29. 2007, Campo Grande. **Resumos...** Campo Grande: Uniderp: Embrapa Soja, 2007. p. 64-65.

RIBEIRO, N. R.; DIAS, W. P.; SANTOS, J. M. **Distribuição de fitonematoides em regiões produtoras de soja do estado de Mato Grosso.** Rondonópolis: Fundação MT, 2010. (Documentos, 14).

RITZINGER, C. H. S. P.; FANCELLI, M. Manejo integrado de nematoides na cultura da bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 2, p. 331-338, 2006.

ROBERTS, P.A. Concepts and Consequences of Resistance. In: STARR, J. L.; COOK, R.; BRIDGE, J. (Ed.). **Plant Resistance to Parasitic Nematodes.** Wallingford: CAB International, 2002. p. 23-41.

ROBINSON, A. F. Reniform in U.S. cotton: when, where, why, and some remedies. **Annual Review of Phytopathology**, v. 45, p. 263-288, 2007.

ROESE, A. D.; ROMANI, R. D.; FURLANETTO, C.; STANGARLIN, J. R.; PORTZ, R. L. Levantamento de doenças na cultura da soja em municípios da região oeste do estado do Paraná. **Acta Scientiarum**, v. 23, p. 1293-1297, 2001.

ROSA, H.; MANZANILLA-LOPES; EVANS, K.; BRIDGE, J. Plant Disease Caused by Nematodes. In: CHEN, Z. X.; CHEN, S. Y.; DICKSON, D. W. **Nematology: advances and perspectives.** Tsinghua University Press, 2004. 640 p.

SANTOS, J. M.; SOARES, P. L. M. O papel dos genótipos Adr's no manejo de nematoides em sistemas de culturas anuais e na recuperação de pastagens degradadas. **InteRural**, v. 27, p. 38-41, 2009.

SANTOS, P.; REBELATO, G.; DALLA FAVERA, D.; DAL SOTTO, R.; BALARDIN, R.; MADALOSSO, M. G. Mapa dos nematoides. **Cultivar Grandes Culturas**, v. 15, n. 187, p. 12-15, 2014.

SHARMA, R. D.; SILVA, D. B.; CASTRO L. H. R. Efeito de *Helicotylenchus dihystera* sobre trigo e ervilha cultivados em solos provenientes de três sistemas de preparo. **Nematologia Brasileira**, v. 17, n. 1, p. 85-95, 1993.

SHARMA, R. D.; CAVALCANTE, M. J. B.; MOURA, G. M.; VALENTIN, J. F. Nematoides associados a genótipos de soja cultivados no Acre, Brasil. **Nematologia Brasileira**, v. 26, n. 1, p. 109-111, 2002.

SHEPHERD A. M. Extraction and estimation of cyst nematodes. In: SOUTHEY, J. F. **Laboratory methods for work with plant and soil nematodes**. London: Her Majesty's Stationery office, 1970. p. 31-49.

SCHMITT, D. P.; NOEL, G. R. Nematodes parasites of soybean. In: NICKLE, W. R. (Ed.) **Plant and insect nematodes**. New York: Marcel Dekker, 1984. p. 13-59.

SILVA, S. A.; JULIATTI, F. C.; SANTOS, M. A.; TAKATSU, A. Ocorrência de fitonematóides em amostras recebidas no laboratório de nematologia da UFU no período de 1997 a 1999. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 22, 2000, Uberlândia: **Anais...** Uberlândia: UFU, 2000. p. 123.

SILVA, J. F. V. Resistência genética da soja a nematóides do gênero *Meloidogyne*. In: SILVA, J. F. V.; MAZAFFERA, P.; CARNEIRO, R. G.; ASMUS, G. L.; FERRAZ, L. C. C. B. **Relações parasito-hospedeiro nas meloidoginoses da soja**. Londrina: Embrapa Soja: Sociedade Brasileira de Nematologia, 2001. p. 95-127.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista de Produtos Agroindustriais**, v. 4, p. 71-78, 2002.

SILVA, F. G. da. **Levantamento de fitonematóides na cultura da soja e do milho no município de Jataí-GO**. 2007. 58 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Departamento de Fitopatologia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2007.

SILVA, A. C.; LIMA, E. P. C.; BATISTA, H. R. A importância da soja para o agronegócio brasileiro: uma análise sob o enfoque da produção, emprego e exportação. In: ENCONTRO DE ECONOMIA CATARINENSE, 5, 2011, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UNESC, 2011.

SINGH, S. K.; HODDA, M.; ASH, G. J. Plant-parasitic nematodes of potencial phytosanitary importance, their main host and reported yield losses. **Bulletin OEPP/EPP**, v. 43, n. 2, p. 334-374, 2013.

SIYAKUMAR, C. Y.; SESHADRJ, A. R. Life history of the reniform nematode, *Rotylenchulus reniformis* (Linford and Oliveira, 1940). **Indian Journal Nematology**, v.1, p.7-20. 1971.

SOARES, P. L. M.; SANTOS, J. M. dos. Utilização de fungos nematófagos no controle biológico de fitonematóides. In: BORTOLI, S. A. de; BOIÇA JÚNIOR, A. L.; OLIVEIRA, J. E. de M. **Agentes de controle biológico: metodologia de criação, multiplicação e uso**. Jaboticabal: FUNEP, 2006. p. 1-59.

SOUTHEY, J. F. **Laboratory methods for work with plant and soil nematodes**. 5. ed. London: Ministry of Agriculture Fisheries and Food, 1970. 202 p.

STARR, J. L.; KOENNING, S. R.; KIRKPATRICK, T. L.; ROBINSON, A. F.; ROBERTS, P. A.; NICHOLS, R. L. The future of nematode management in cotton. **Journal of Nematology**, v. 39, n. 4, p. 283-294, 2007.

TAKAHASHI, V. S. P. **Inter-relações entre nematoides, fungo e a cultura da seringueira**. 2015. 96 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2015.

TAYLOR, A. L.; NETSCHER, C. An improved technique for preparing perineal patterns of *Meloidogyne* spp. **Nematologica**, v. 20, n. 2, p. 268-269, 1974.

THANKAMONY, S.; KOTHANDARAMAN, R.; JACOB, C. K.; JOSE, V. T. Density and frequency of root-knot nematode, *Meloidogyne incognita* in rubber plantations. **Proceedings of Placrosym**, v. 15, p. 561-564, 2002.

TIAN, B.; YANG, J.; ZHANG, K. Q. Bacteria used in the biological control of plant-parasitic nematodes: populations, mechanisms of action, and future prospects. **FEMS Microbiology Ecology**, v. 61, n. 2, p. 197-213, 2007.

TIHOHOD, D. **Nematologia agrícola aplicada**. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 372 p.

TORRES, R. G.; RIBEIRO, N. R.; BOER, C. A.; FERNANDES, O.; FIGUEIREDO, A. G.; FERREIRA, A. N.; CORBO, E. **Manejo integrado de nematoides em sistema de plantio direto no cerrado (2017)**. Disponível em: <http://www.monsoy.com.br/pdf/MANEJO%20DE%20NEMATOIDES%20EM%20SPD%20NO%20CERRADO_CT_21_11_2009.pdf>. Acesso em: 20 out. 2017.

USDA. **Department of Agriculture (2017)**. Disponível em: <<http://www.usda.gov>>. Acesso em: 22 jul. 2017.

ZEM, A. C. **Problemas nematológicos em bananeiras (*Musa* spp.) no Brasil (contribuição ao seu conhecimento e controle)**. 1982. 40 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1982.