

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**OCORRÊNCIA, DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E
MÉTODOS DE CONTROLE DE *Melanagromyza sojae*,
EM SOJA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Luis Eduardo Curioletti

Santa Maria, RS, Brasil

2016

**OCORRÊNCIA, DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E MÉTODOS DE
CONTROLE DE *Melanagromyza sojae*, EM SOJA**

Luis Eduardo Curioletti

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração em Engenharia Agroambiental, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Agrícola

Orientador: Prof. Dr. Jerson Vanderlei Carús Guedes

Santa Maria, RS, Brasil

2016

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Curioletti, Luis Eduardo
OCORRÊNCIA, DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E MÉTODOS DE
CONTROLE DE *Melanagromyza sojae*, EM SOJA / Luis Eduardo
Curioletti.-2016.
78 p.; 30cm

Orientador: Jerson Vanderlei Carús Guedes
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Agrícola, RS, 2016

1. *Melanagromyza sojae* 2. Mosca-da-haste da soja 3.
First record 4. Distribuição espacial 5. Manejo de pragas
I. Carús Guedes, Jerson Vanderlei II. Título.

© 2016

Todos os direitos autorais reservados a **Luis Eduardo Curioletti**. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita com autorização por escrito do autor

Endereço: Rua 5 de Março, Bairro Camobi, Santa Maria, RS,

CEP: 98.980-000

Fone (55) 9688-8150; E-mail: luiscurioletti@hotmail.com

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**OCORRÊNCIA, DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E MÉTODOS DE
CONTROLE DE *Melanagromyza sojae*, EM SOJA**

elaborada por
Luis Eduardo Curioletti

como requisito parcial para a obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Agrícola

COMISSÃO EXAMINADORA:

Jerson Vanderlei Carús Guedes
(Presidente/Orientador)

Jonas André Arnemann
(Universidade Federal de Santa Maria)

Rubens Alex Fiorin
(Nufarm Industria Química e Farmacêutica S. A.)

Santa Maria, 27 de fevereiro de 2016.

AGRADECIMENTOS

A DEUS por todas as realizações conquistadas.

À UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA UFSM pelo auxílio estudantil e pela oportunidade de estudar em uma das melhores instituições do país.

À COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR (CAPES), pela concessão da bolsa.

À Central Nacional das Cooperativas do Paraguai – UNICOOP, em especial a ANICLETO MORON e MARCIA MEZZOMO, pela parceria e auxílio na execução dos trabalhos.

Ao Professor JERSON VANDERLEI CARÚS GUEDES pela orientação, ensinamentos, paciência, confiança e amizade dedicada durante estes anos de trabalho.

Ao professor ADRIANO ARRUÉ MELO e ao Pós Doutorando JONAS ANDRÉ ARNEMANN pelos seus ensinamentos, camaradagem e colaboração através de suas experiências e conhecimentos.

Aos funcionários do Departamento de Defesa Fitossanitária ANGELITA MARTINS, MARIZETE POZZOBON, FIORAVANTE AMARAL, FERNANDO GNOCATTO, JORGE ANTONIO SILVEIRA FRANÇA e GUSTAVO UGALDE, pelo apoio em prol deste trabalho.

Aos colegas de pós-graduação FÁBIO LUCAS IZAGUIRRE MARTINS, GLAUBER RENATO STURMER, JANINE PALMA, DEIVID ARAUJO MAGANO, MAIQUEL PIZZUTI PES, REGIS FELIPE STACKE, LEONARDO BURTET e IVAIR VALMORBIDA pela amizade e auxílio.

Aos colegas do Laboratório de Manejo Integrado de Pragas (LabMIP), CRISTIANO DE CARLI, DANIELE AGUIAR, DARLEI MÜNCHEN BAMBERG, EDUARDO BORTOLUZI, ERICMAR AVILA DOS SANTOS, FREDERICO HICKMANN, GREISSI GIRALDI, MAICON MACHADO, NATALIE FELTRIN, REGINA STACKE, THÁISA BASSO, EDUARDO BORTOLUZI e THIAGO STRAHL, que de alguma forma auxiliaram na realização desse trabalho.

A empresa AgroPrecision-S.A., em especial a JADER BONATTO, KRISTIAN KAPPE (*in memoriam*) e EDILSON ALVES, pelo auxílio na execução dos trabalhos.

A ARIEL RAUBERT, por permitir a realização do estudo de distribuição espacial em seu cultivo de soja.

Ao departamento técnico da COOPERATIVA DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA E INDUSTRIAL RAUL PENHA, em especial a CLAUCIR KENSI, COOPRONAR em especial a JADER BONNATO, CLAUDIO ZAREMSKI e CLEDISON CONTE, COOPERATIVA PINDO em especial a MAIKO ANTONIO BOURSCHEID e MARCELO DO COUTO FEITEN, COOPERATIVA MULTIACTIVA DE PRODUCCION AGROPECUARIA E INDUSTRIAL NARANJITO E COOPERATIVA DE PRODUCCION AGROPECUARIA E INDUSTRIAL UNION CURUPATY.

A equipe técnica e pessoal da PAYCOS – FAZENDA GOLONDRINA, em especial a JUAN PABLO LOPEZ e CARLOS AGUILLERA.

Aos estudantes do instituto Colegio Privado Santa Cecilia e Universidad San Carlos, estagiários da Cooperativa PINDÓ e COOPRONAR, GUILHERME COLLETE, DIONES, LARIANE, WILLIAN ZOCCA, SANDRA GRICELDA AMARILLA, ANGELA LETICIA ACOSTA, KARINE ANTONIA ROTHEMANN CHIELE, BEATRIZ RADAEL DAMACENO e DIOGO GIOVANE MACK pelo auxílio na execução das atividades de campo.

DEDICO

Dedico essa obra ao meu querido Pai

Alcides Domingo Curioletti

OFEREÇO

Aos meus amados pais, ALCIDES e LINDAMARA,

Minhas irmãs CLAUDIA e REGINA e Minha avó MARIA.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Artigo 1 A map of sampling sites in Paraguay from which suspected <i>M. sojae</i> were collected.	32
Figura 1 Artigo 2 Semivariogramas do número de larvas (A), número de pupas (B), número de pupários vazios (C) e número de pupas vivas (D) para o gride de 70 x 70 metros. Santa Rosa del Monday, Alto Paraná, Paraguai. 2015.	41
Figura 2 Artigo 2 Mapa da distribuição espacial número de larvas (A), número total de pupas (B), número de pupários vazios (C) e número de pupas vivas (D) em plantas de soja, decorrentes da krigagem ordinária, com gride de 70 x 70m, Santa Rosa del Monday, Alto Paraná, Paraguai. 2015.	41
Figura 3 Artigo 2 Mapa da distribuição espacial número de plantas atacadas (A), comprimento médio de galerias (B), localização inicial da galeria (C) e localização final da galeria (D) em plantas de soja, decorrentes da krigagem ordinária, com gride de 70 x 70m, para amostragem de <i>M. sojae</i> , Santa Rosa del Monday, Alto Paraná, Paraguai. 2015.	42
Figura 4 Artigo 2 Semivariogramas do percentual de plantas atacadas (A), Comprimento médio de galeria (B), Início da galeria (C) e final da galeria (D) para o gride de 70 x 70 metros. Santa Rosa del Monday, Alto Paraná, Paraguai. 2015.	43
Figura 5 Artigo 2 Semivariogramas do número de plantas bifurcadas em decorrência do ataque de <i>M. sojae</i> (A) e entrenó de localização da bifurcação (B), para o gride de 70 x 70 metros. Santa Rosa del Monday, Alto Paraná, Paraguai. 2015.	44
Figura 6 Artigo 2 Mapa da distribuição espacial do número de plantas bifurcadas em decorrência do ataque de <i>M. sojae</i> (A), entrenó da ocorrência da bifurcação (B) em plantas de	

soja, decorrentes da krigagem ordinária, com gride de 70 x 70m, Santa Rosa del Monday, Alto Paraná, Paraguai. 2015.....	44
Figura 7 Artigo 2 Semivariogramas do número total de orifícios de saída (A), orifícios de saída localizados abaixo do nó cotiledonar (B), orifícios de saída localizados acima do nó cotiledonar (C) para o gride de 70 x 70 metros. Santa Rosa del Monday, Alto Paraná, Paraguai. 2015.....	45
Figura 8 Artigo 2 Mapa da distribuição espacial número total de orifícios de saída (A), orifícios de saída localizados abaixo do entrenó cotiledonar (B), orifícios de saída localizados acima do entrenó cotiledonar (C) em plantas de soja, decorrentes da krigagem ordinária, com gride de 70 x 70m, Santa Rosa del Monday, Alto Paraná, Paraguai. 2015.....	45
Figura 9 Artigo 2 Semivariogramas da distribuição espacial de altura de plantas (A), número de hastes secundárias (B), diâmetro da haste (C) e número de nós na haste principal (D) para o gride de 70 x 70 metros. Santa Rosa del Monday, Alto Parana, Paraguai. 2015.....	47
Figura 10 Artigo 2 Mapa da distribuição espacial da altura de plantas (A), número de hastes secundárias (B), diametro de hastes (C) e número médio de entrenós (D) em plantas de soja, decorrentes da krigagem ordinária, com gride de 70 x 70m, Santa Rosa del Monday, Alto Paraná, Paraguai. 2015.....	47
Figura 1 Artigo 3 Efeito de inseticidas aplicados no tratamento de sementes e no sulco de semeadura, combinados com pulverizações aéreas, no controle de <i>Melanagromyza sojae</i> , em plantas de soja. San Cristobal, Alto Paraná, Paraguay. Safra 2015/16.....	61

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 Artigo 2 Parâmetros dos semivariogramas relativos a planta de soja e aos aspectos relacionados ao ataque de *M. sojae* na cultura da soja. Santa Rosa del Monday, Alto Paraná, Paraguay. Safra 2015/16 39
- Tabela 1 Artigo 3 Inseticidas aplicados na semeadura na forma de tratamento de sementes e a combinação de inseticidas pulverizados em parte aérea aos 18 e 28 DAE para o controle de *Melanagromyza sojae* em soja. San Cristobal, Alto Paraná, Paraguai. Safra 2015/16..... 606
- Tabela 2 Artigo 3 Inseticidas foliares aplicados aos 10 e 22 DAE para o controle de *Melanagromyza sojae* em soja. San Cristobal, Alto Paraná, Paraguai. Safra 2015/16..... 57
- Tabela 3 Artigo 3 Efeito de inseticidas aplicados no tratamento de sementes e sulco de semeadura no controle de *Melanagromyza sojae*, em soja aos 22 DAE. San Cristobal, Alto Paraná, Paraguay. Safra 2015/16. 60
- Tabela 4 Artigo 3 Efeito de inseticidas aplicados no tratamento de sementes e aplicação no sulco e em pulverização aérea, no controle de *Melanagromyza sojae*, em soja. San Cristobal, Alto Paraná, Paraguay. Safra 2015/16 64
- Tabela 5 Artigo 3 Tratamentos aplicados em pulverização aérea para o controle de *Melanagromyza sojae*, em soja. San Cristobal, Alto Paraná, Paraguay. Safra 2015/16.....67

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 Taxonomia e ocorrência de <i>Melanagromyza sojae</i>	15
1.2 Morfologia de <i>Melanagromyza sojae</i>	15
1.3 Bioecologia de <i>Melanagromyza sojae</i>	16
1.4 Danos de <i>Melanagromyza sojae</i> à soja	17
1.5 Manejo e controle de <i>Melanagromyza sojae</i> em soja.....	18
1.6 Distribuição espacial e monitoramento de insetos.....	20
2 REFERÊNCIAS	21
3 ARTIGO 1:	25
First occurrence of Soybean Stem Fly <i>Melanagromyza sojae</i> (Diptera: Agromyzidae) in Paraguay.....	25
Abstract	26
Introduction	26
Materials and Methods.....	27
Results and Discussion.....	29
References	30
4 ARTIGO 2	33
Distribuição espacial de <i>Melanagromyza sojae</i> (Diptera: Agromyzidae) em soja	33
RESUMO	33
ABSTRACT	34
4.2 Material e Métodos	36
4.3 Resultados e Discussão	38
4.4 Conclusão	48
4.5 Referencias	48
5 ARTIGO 3	52
Métodos de controle de <i>Melanagromyza sojae</i> (Diptera: Agromyzidae) em soja	52

RESUMO	52
ABSTRACT	53
5.1 INTRODUÇÃO	54
5.2 MATERIAL E MÉTODOS	55
5.2.1 Experimento 1: inseticidas aplicados no tratamento de sementes e sulco de semeadura, combinados com pulverizações aéreas.	55
5.2.2. Experimento 2: inseticidas aplicados em pulverizações aéreas.	56
5.3 RESULTADOS	59
5.3.1 Experimento 1: inseticidas aplicados no tratamento de sementes, sulco de semeadura, combinados com pulverizações aéreas.	59
5.3.2 Experimento 2: inseticidas aplicados em pulverizações aéreas.	65
5.4 DISCUSSÃO	68
5.4.1 Experimento 1: inseticidas aplicados no tratamento de sementes e sulco de semeadura, combinados com pulverizações aéreas.	68
5.4.2 Experimento 2: inseticidas aplicados em pulverizações aéreas.	70
5.5 CONCLUSÃO	72
5.6 REFERÊNCIAS	73
6.0 DISCUSSÃO	75
7.0 CONCLUSÃO GERAL	77

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola
Universidade Federal de Santa Maria

OCORRÊNCIA, DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E MÉTODOS DE CONTROLE DE *Melanagromyza sojae*, EM SOJA

AUTOR: LUIS EDUARDO CURIOLETTI
ORIENTADOR: JERSON VANDERLEI CARÚS GUEDES
Local e Data: Santa Maria/RS, 27 de Fevereiro de 2016.

O trabalho teve como objetivo a confirmação da presença de *M. sojae* em cultivos soja no Paraguai, caracterizar distribuição da mosca-da-haste da soja em lavouras de soja, sugerir e avaliar estratégias de controle para o seu manejo. A dissertação é composta de três artigos. O artigo 1 trata do primeiro registro de *M. sojae* no Paraguai. No o estudo, foram coletados espécimes da mosca-da-haste da soja em lavouras de quatro localidades do Paraguai e posteriormente submetidos a técnicas moleculares de extração, amplificação e sequenciamento do DNA. A comparação da região COI do DNA mitocondrial, das amostras coletadas, com a sequência de *M. sojae* depositada no Gene Bank, confirmam a ocorrência da espécie nas amostras das quatro localidades. O Artigo 2 trata da distribuição espacial de *M. sojae* e suas injúrias em lavoura de soja. Em uma lavoura de soja de 45 ha em Santa Rosa de Monday, Paraguai, um gride regular de amostragem de 70 x 70 metros com dimensão totalizando 92 pontos amostrais foi determinado e em cada ponto coletadas 10 plantas e avaliados os parâmetros de desenvolvimento, da injúria e da presença de *M. sojae*. A análise da distribuição espacial foi realizada por semivariogramas e os mapas gerados por krigagem ordinária no programa computacional ArcGis. As injúrias em plantas de soja e os espécimes de *M. sojae* ocorreram de forma agregada, entretanto, os parâmetros relacionados ao desenvolvimento da planta forma aleatória, não associados a ocorrência da praga. O Artigo 3 consiste na avaliação de inseticidas e métodos de aplicação para o manejo de *M. sojae*, dividido em dois experimentos realizados em San Cristobal, Paraguai. No experimento 1 foram avaliados inseticidas aplicados em semeadura, na forma de tratamento de sementes ou aplicação no sulco de semeadura e a combinação com pulverizações foliares aos 18 e 28 dias após a emergência – DAE. O objetivo do experimento 2 foi avaliar o efeito de inseticidas aplicados na fase inicial de desenvolvimento da soja, aos 10 e 22 DAE (somente em pulverização de parte aérea) no controle de *M. sojae*. A aplicação de inseticidas na forma de tratamento de sementes ou no sulco de semeadura e em aplicação aérea na fase inicial de desenvolvimento da cultura apresentam controle de controle de *M. sojae* e injúrias nos primeiros dias de cultivo.

Palavras chave: Pragas invasiva, mosca-da-haste; geoestatística; manejo de pragas, *Glycine max*.

ABSTRACT

Master Dissertation
Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola
Universidade Federal de Santa Maria

OCCURENCE, SPATIAL DISTRIBUTION AND CONTROL METHODS OF *Melanagromyza sojae*, IN SOYBEAN CROP

AUTHOR: LUIS EDUARDO CURIOLETTI

ADVISOR: JERSON VANDERLEI CARÚS GUEDES

Local and Date: Santa Maria/RS, February 27th, 2016.

The study aimed to confirm the presence of *M. sojae* in soybean crops in Paraguay, to characterize the distribution of soybean stem fly in soybean field and to evaluate management strategies to control *M. sojae*. The dissertation consists of three articles. Article 1 is the first record of *M. sojae* in Paraguay, for the study specimens soybean stem fly were collected in four localities of Paraguay and later submitted to molecular techniques of extraction, purification, amplification and DNA sequencing. Article 2 studied the spatial distribution of *M. sojae* and its injuries in soybean crop. The study was carried on a 45 hectares soybean field in the municipality of Santa Rosa de Monday, using a regular sampling grid of 70 x 70 meters of size and 92 sampling points. Analysis of the spatial distribution was performed by semivariograms and maps were generated by ordinary kriging with ArcGIS computational program. Article 3 consists on the evaluation of insecticides and methods of application to *M. sojae* management and is separated in tow experiments performed in San Cristobal. In experiment 1 were evaluated the effect of insecticides applied at sowing as seed treatment or in the sowing furrow and the combination with foliar applications at 18 and 28 days after emergence - DAE. The aim of the experiment 2 was to evaluate the effect of insecticides applied in the early of soybean development stage, at 10 and 22 DAE with aerial spraying only, to control *M. sojae*. The species of soybean stem fly occurring in Paraguay crops is *M. sojae*. The comparison of the COI region of mtDNA with the sequence deposited in Gene Bank confirms the occurrence of *M. sojae* in Paraguay. The spatial distribution pattern of specimens and its damages in soybean crops occurs in an aggregate way, however, plant development patterns is random and not associated to *M. sojae* occurrence. Insecticides applied as seed dressing, in sowing row and aerial application at the crop initial development stages controls *M. sojae* and its injuries in early plant development.

Key words: Invasive plagues, soybean stem fly; geostatistics; insect pest managment, *Glycine max*.

1 INTRODUÇÃO

1.1 OCORRÊNCIA DE *Melanagromyza sojae*

A mosca-da-haste da soja, *Melanagromyza sojae* (Diptera; Agromyzidae) é endêmica de diversas regiões do mundo (DEMPEWOLF, 2004), exceto nas Américas do Norte e do Sul. É considerada uma das principais espécies pragas da cultura da soja em partes da Rússia (STRAKHOVA et al., 2013), na Ásia (e.g., China (WANG; GAI, 2001)); Índia (THAPA, 2012), África (e.g., Egito) e em algumas partes do Sudeste Asiático (e.g., Indonésia (VAN DEN BERG et al., 1995)) sendo citada como uma praga potencial para a soja no Brasil (HIROSE; MOSCARDI, 2012).

Na América do Sul, o gênero *Melanagromyza* foi registrado inicialmente no Sul do Brasil, em Passo Fundo em 1983 (GASSEN; SCHNEIDER, 1985) e São Francisco de Assis em 2009 (LINK et al., 2010), ambos no estado do Rio Grande do Sul, Brasil. No Paraguai, *Melanagromyza* sp. foi notificada na safra agrícola 2014/15, no Sul do País (BENÍTEZ-DÍAZ, 2015). No cultivo de safrinha de 2015, *Melanagromyza sojae* foi reportada ocorrendo em cultivo de soja em Santa Catarina e Rio Grande do Sul, Brasil (GUEDES et al. 2015). Após, o laboratório de manejo de pragas da Universidade Federal de Santa Maria (LabMIP) UFSM, após confirmação da espécie e identificação pelo CSIRO, notificou o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) de que *Melanagromyza sojae* estava ocorrendo em soja no Rio Grande do Sul e Santa Catarina (GUEDES, 2015). De espécimes coletados no Sul do Brasil foi reportado a anotação completa do DNA mitocondrial de espécimes coletados no Sul do Brasil e marcadores moleculares para sua identificação.

1.2 MORFOLOGIA DE *Melanagromyza sojae*

Os adultos dessa espécie são moscas que apresentam mesonoto de coloração preta e abdômen verde metálico. A envergadura das asas dos machos mede de 1,68 a 2,28 mm (THAPA, 2012). As pupas são cilíndricas de coloração amarelada, passando a marrom ao longo do desenvolvimento, medindo 2 mm de comprimento. As larvas são amarelo-claro, translúcidas e completamente desenvolvidas medem até 4 mm. Apresentam espiráculos anteriores pequenos em forma de botão com oito poros minúsculos. Os espiráculos

posteriores são separados e apresentam seis poros elevados no entorno de uma estrutura em forma de chifre. Os ovos dessa espécie, medem de 0,35 por 0,12 mm (SPENCER, 1973; TALEKAR, 1990; THAPA, 2012).

1.3 BIOECOLOGIA DE *Melanagromyza sojae*

As fêmeas ovipositam na face inferior e superior dos folíolos próximo às nervuras e inserção do pecíolo. Utilizando o aparelho ovipositor, produzem uma fenda na epiderme depositando um a dois ovos no tecido do mesófilo, preferencialmente nos trifólios mais jovens e tenros, inclusive nas folhas unifolioladas, ao longo de todo o ciclo da cultura, da fase de planta recém emergida até estágios mais avançados de desenvolvimento da planta (LEE, 1962; THAPA, 2012; VAN DEN BERG et al., 1995). Em contraposição, Sing (1982) afirmou que *M. sojae* ovipositam nas partes mais tenras da região do córtex da haste principal de plantas jovens. O número médio de ovos colocados por cada fêmea é de 170, variando de 41 a 270 (WANG, 1979).

As larvas eclodem entre dois a sete dias após a oviposição. Consomem tecidos do parênquima lacunoso foliar, produzindo uma galeria, em média 1,4 mm a cada hora, até atingir uma nervura foliar (LEE, 1962). Broqueiam o pecíolo foliar em direção a haste principal, onde chegam dois dias após a eclosão, broqueando a medula central da soja. Próximo à fase de pupa, a larva se alimenta das paredes da haste (atravessa o xilema e floema) e faz um orifício de saída, o qual fica protegido com detritos para sua proteção durante a fase de pupa (VAN DER GOOT, 1930). A duração da fase larval varia de 8 a 11 dias e neste período as larvas podem passar por até quatro instares. As galerias produzidas são de 5,9 cm no cultivo de verão e atingem até 13,4 cm de extensão na safrinha, dependendo do estágio fenológico em que o ataque ocorre (LEE, 1962; VAN DER GOOT, 1930; WANG, 1979;).

A fase de pupa dura em média seis a 12 dias, acontece em galerias no interior da planta e próxima a um orifício de saída, feito pela larva. Os adultos emergem dentro das galerias e abandonam a planta pelo orifício de emergência, feito pela larva (VAN DER GOOT, 1930; WANG, 1979). As fêmeas copulam cinco dias após a emergência e vivem de 15 a 36 dias. A longevidade dos machos é de 10 – 46 dias (SPENCER, 1973). O ciclo de vida completo, de ovo-adulto varia entre 16 e 26 dias, permitindo mais de uma geração por cultivo (GANGADRE; KOGAN, 1980; SPENCER, 1973; VAN DER GOOT, 1930).

Na mesma planta podem ser encontrados ao mesmo tempo, ovos, larvas e pupas. Em plantas recém-emergidas, quando a oviposição ocorre nas folhas unifolioladas, as larvas fazem galerias descendentes em direção ao solo até a raiz principal. Quando a oviposição ocorre nos trifólios, as larvas broqueiam em direção do solo e caso a planta não apresente condições de alimentar a larva naquele segmento, pela presença de galerias provocadas por outras larvas, ocorrem broqueamentos no sentido ascendente até o ápice da planta, podendo causar a morte do ponteiro (TALEKAR; CHEN, 1985). Mesmo em plantas pouco desenvolvidas, espontâneas ou tigueras, podem ser encontradas várias larvas com infestação na etapa mais tardia da fase vegetativa e até na fase reprodutiva, tanto na haste principal como em ramificações próximas a esta (GUEDES et al., 2015).

1.4 DANOS DE *Melanagromyza sojae* À SOJA

A cultura da soja é o principal hospedeiro de *M. sojae* (VAN DER GOOT, 1930). As plantas atacadas não apresentam sintomas externos aparentes do ataque e a única forma de constatar o dano é verificar a presença da larva ou da pupa por meio da abertura longitudinal da haste principal e secundárias da planta, observando-se a presença do inseto nas galerias (GANGRADE; KOGAN, 1980). Na fase adulta, as moscas, se alimentam de fluídos celulares que extravasam da epiderme das folhas, a partir de puncturas feitas com o aparelho ovipositor na face superior dos folíolos, entretanto, essas injúrias não causam perdas representativas a cultura (TALEKAR; CHEN, 1985)

O dano mais significativo é causado pelas larvas, que broqueiam o parênquima foliar, o pecíolo e a haste principal. Esta injúria produz galerias que reduzem a capacidade de translocação de água e nutrientes na planta. Como consequência as plantas diminuem sua estatura, número de flores, número de vagens, número de grãos, massa seca acumulada e nodulação por *Rhizobium* (TALEKAR, 1989; VAN DEN BERG et al., 1998).

A redução da produtividade pelas larvas de *M. sojae* à soja varia de 2 a 40%, e depende da intensidade e da época da ocorrência da injúria e do estágio fenológico da cultura (JADHAV et al., 2013(a); TALEKAR; CHEN, 1985; VAN DEN BERG et al., 1998). Os estágios iniciais de desenvolvimento da planta (especialmente as cinco primeiras semanas) são a fase mais crítica ao ataque de *M. sojae* (TALEKAR; CHEN, 1985). Ataques nesta fase podem ocasionar morte dos trifólios, regiões ocas no caule e consequente morte do meristema

apical, dano que pode ser amenizado pela emissão de ramificações laterais (VAN DEN BERG et al., 1998).

Entretanto, apesar dos indicativos de severidade de dano, Spencer (1973) sugere que os danos de *M. sojae* não são representativos para a cultura, pois na maioria dos casos, a infestação acontece em plantas já estabelecidas e as galerias não atingem os tecidos condutores do xilema, sendo assim não havendo prejuízos ao cultivo.

A localização do orifício de saída e das pupas é um indicativo do momento da infestação da praga. Em infestações precoces o orifício de saída é encontrado abaixo da cicatriz de inserção dos cotilédones. Em infestações mais tardias, o orifício de saída é encontrada nos entrenós acima da região do hipocótilo, pois o desenvolvimento das fibras do xilema nos entrenós próximos ao nível do solo dificulta o broqueamento das larvas. Como a infestação da praga acontece ao longo de todo o ciclo da cultura, a presença de orifícios de saída pode ser percebida em diferentes partes da planta (VAN DEN BERG et al., 1998; VAN DEN BERG et al., 1995).

1.5 MANEJO E CONTROLE DE *Melanagromyza sojae* EM SOJA

Em países como Taiwan, Indonésia, China e Índia, parasitoides de ocorrência natural atuam de forma significativa na redução de populações de *M. sojae* (TALEKAR, 1990). O parasitismo ocorre na fase larval e a emergência do parasitoide na fase de pupa da mosca-da-haste, o que não previne a injúria, porém, reduz a intensidade das infestações subsequentes. Os níveis de parasitismo possuem correlação positiva com a flutuação populacional da mosca-da-haste e variam entre os estágios de desenvolvimento da cultura, podendo atingir níveis de 70% de parasitismo nas espécies *Gronotoma* sp., *Eurytoma* sp., Pteromalidae e *Bracon* s. (VAN DEN BERG et al., 1995). Apesar da alta taxa de parasitismo, o índice de sobrevivência e consequente dano em soja é elevado (TALEKAR et al., 1985). Em lavouras de soja no Brasil e no Paraguai as espécies de parasitoides e seu potencial de uso no controle de *M. sojae* ainda são desconhecidos.

Populações de *M. sojae* também podem ser manejadas utilizando cultivares de soja com características que desfavoreçam a sua ocorrência e desenvolvimento. O maior tamanho e menor pilosidade dos folíolos das plantas de soja, além do maior diâmetro da galeria interna e o alto conteúdo de umidade da haste nas fases iniciais de desenvolvimento da planta, favorecem a incidência de ataques de *M. sojae* (CHIANG; NORRIS, 1983; TALEKAR;

CHEN, 1985). Tais características são consideradas na escolha da cultivar e também nos processos de melhoramento genético. Conforme descrito por Savajii (2006) na Índia, o percentual de plantas atacadas nas cultivares de soja é utilizado para classificar as mesmas como resistentes, moderadamente resistentes, suscetíveis ou altamente suscetíveis. Métodos similares de avaliação e classificação de cultivares de soja devem ser utilizados em países do Cone Sul onde a presença da mosca-da-haste já foi confirmada, visto que não há informações sobre a suscetibilidade das cultivares de soja à *M. sojae* utilizadas no Brasil e no Paraguai.

Outra tática de manejo de mosca-da-haste consiste em adequar a data da semeadura em função do fotoperíodo, de modo que o ciclo da soja não seja encurtado. O ciclo mais longo permite maior acúmulo de matéria seca e por consequência proporciona a planta maior capacidade de superar as injúrias decorrentes do ataque de *M. sojae* (TALEKAR, 1989).

No Cone Sul, não há informações sobre o manejo de *M. sojae* na cultura da soja, pela recente constatação nos cultivos do Brasil (ARNEMANN et al., 2016; GUEDES et al., 2015) e Paraguai (Guedes et al., 2016 *in press*). O controle de pragas via aplicação de inseticidas químicos é a forma de controle de insetos pragas mais utilizada em soja no Brasil (ALTOÉ et al., 2012). Alguns inseticidas que apresentam controle sobre *M. sojae* citados na literatura não são comercializados no Brasil (e.g. quinalfós, endrin, ometoato, monocotrofós) (LEE, 1962; TALEKAR; CHEN, 1985;). Entretanto, os inseticidas tiametoxan, Imidacloprido, clorantniliprole, spinosade, clorpirifós, cipermetrina e carbosulfano, que apresentam potencial de controle da mosca-da-haste da soja (ABDULLAH, 2001; DEBJANI et al., 2008; JADHAV et al., 2013(b); KHANDHWE et al., 2011; KUMAR et al., 2009(a); KUMAR et al., 2009(b); TALEKAR et al., 1985), são comercializados no Brasil e apresentam registro no Ministério da Agricultura e Pecuária – MAPA para utilização na cultura da soja (AGROFIT, 2016), dessa forma, são apresentando potencial de controle sobre *M. sojae*.

As formas de aplicação de inseticidas no controle de *M. sojae*, listadas na literatura, consistem do uso de inseticidas na semeadura (e.g., grânulos, inseticidas na forma líquida ou tratamento de sementes) e pulverizados em parte aérea das plantas de soja, sendo também combinada as formas de aplicação (ABDULLAH, 2001; JADHAV et al., 2013(b); KUMAR et al., 2009(a); TALEKAR; CHEN, 1985). Diversos inseticidas, amplamente utilizados na cultura da soja no Paraguai e no Brasil, tem seu efeito sobre populações de *M. sojae* desconhecidos, havendo a necessidade de testá-los sob diferentes métodos para as condições de cultivo de soja do Conesul, afim de melhor caracterizar as ferramentas disponíveis para o manejo dessa espécie.

1.6 DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E MONITORAMENTO DE INSETOS.

A geoestatística é utilizada com êxito para determinar variações espaciais da ocorrência de pragas em cultivos (AITA et al., 2015; BLACKSHAW; VERNON, 2006; DAL PRÁ et al. 2011; FARIAS et al., 2004; FARIAS et al., 2008). Fundamenta-se no princípio de que a diferença no valor de uma dada variável, em dois pontos, é dependente da distância entre esses, estando associada às técnicas usadas para analisar e inferir valores de uma variável distribuída no espaço e/ou no tempo (GARCÍA, 2006). Aplicadas no monitoramento de pragas, essas ferramentas permitem descrever de acordo com índices estatísticos baseados na média, variância e distribuição de frequência, o comportamento da distribuição espacial de uma população de insetos no campo, que pode ser agregada, uniforme ou aleatória, permitindo classificar as populações quanto a sua forma de distribuição (CAMBARDELLA, 1994; SILVEIRA-NETO et al., 1976).

O conhecimento da dinâmica espacial de insetos em ecossistemas agrícolas, é importante para determinação de estratégias de manejo (BLACKSHAW; VERNON, 2006). Essas informações são fundamentais para o planejamento das amostragens de monitoramento, possibilitando a determinação do tamanho de amostra e número de pontos amostrais adequados para a melhor estimativa da média populacional. Esses parâmetros são diretamente proporcionais a variabilidade dos parâmetros analisados e do nível de confiança para a estimativa e é inversamente proporcional ao erro amostral permitido, determinado pelo pesquisador (RIFFEL et al., 2012; STÜRMER et al., 2012).

O levantamento detalhado da distribuição espacial, permite a geração de mapas de distribuição, caracterizando sua ocorrência e permitindo por exemplo, a implantação e execução de manejo localizado de pragas, reduzindo o uso de pesticidas e diminuindo os impactos ambientais e econômicos (AITA et al., 2015; PARK et al., 2007; RIFFEL et al., 2012; TEMPLE, 2007)

A área de cultivo de soja no Paraguai é estimada em 3,82 milhões de hectares, com 0,56 semeados em safrinha (CAPECO, 2016), o qual apresenta altos níveis de infestação da mosca-da-haste da soja nos últimos anos. A ocorrência e distribuição de *M. sojae* em lavouras de soja no Paraguai, associado com duas estações de cultivo de soja, mostra a importância e os riscos da invasão dessa praga. Estudos são necessários para compreender e manejar de

forma segura *M. sojae* em soja, identificando os inseticidas mais eficientes, os métodos de aplicação mais promissores, as bases para a tomada de decisão de controle, momentos e intervalos de aplicação para as condições do Cone Sul.

A dissertação está dividida em três artigos e tem como objetivos: Artigo 1 registrar a ocorrência da espécie *M. sojae* no Paraguai; Artigo 2 estudar a distribuição espacial de *M. sojae* e suas injúrias em lavoura de soja; e Artigo 3 avaliar o efeito de inseticidas aplicados via Tratamento de Sementes (TS) ou Pulverização em Sulco de Semeadura (SS), via pulverização aérea e a combinação de TS ou SS com pulverizações aéreas.

2 REFERÊNCIAS

ABDULLAH, M. D.; OUAB S.; SOMCHAI, I.; SIRIPAN, T. Efficacy of Cypermethrin, Neem Extract and *Bacillus thuringiensis* for Controlling Insect Pests of Vegetable Soybean. **Kasetsart Journal (Nat. Sci.)**, v. 35, p. 14 – 22, 2001.

AITA, V.; ARAÚJO, M.; DEIVID.; RIBEIRO MACHADO, M. R.; GUEDES, J. V. C. Manejo de lagartas na cultura da soja com aplicação de controle localizad. **Interciencia**, v. 40 (11), p. 784-788, 2015.

AGROFIT Agrofit: **Sistema de agrotóxicos fitossanitários. Disponível** em:http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em 11 Fev. 2016.

ALTOÉ, S. T.; PRATISSOLI, D.; DE CARVALHO, J. R.; SANTOS, J. G. J.; PAES, J. P. P.; BUENO, R. C. O. F.; BUENO, A. F. *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) parasitism of Trichoplusiani (Lepidoptera: Noctuidae) eggs under different temperatures. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 85, p. 82-89, 2012.

ARNEMANN, J. A.; WALSH, T.; GORDON, K.; BRIER, H.; GUEDES, J.V.C.; TAY, W.T. Complete mitochondrial genome of the soybean stem fly *Melanagromyza sojae* (Diptera: Agromyzidae). **Mitochondrial DNA** (In press, 2016).

BENÍTEZ-DÍAZ, E.A. ***Melanagromyza* sp. (Diptera: Agromyzidae) mosca barrenadora del tallo en soja**. Circular Técnica n. 7, SENAVE, 2015. 1p.

BLACKSHAW, R. P.; VERNON, R. S. Spatio temporal stability of two beetle populations in non-farmed habitats in an agricultural landscape. **Journal of Applied Ecology**, v. 43, p.680-689, 2006.

CAMBARDELLA, C.A.; MOORMAN, T.B.; NOVAK, J.M.; PARKIN, T.B.; KARLEN, D.L.; TURCO, R.F.; KONOPKA, A.E. (1994) Field scale variability of soil properties in Central Iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**. 58(5) 1-1.501.

CAPECO. Área de Siembra, Producción y Rendimiento. <<http://capeco.org.py/area-de-siembra-produccion-y-rendimiento/>> Acesso em: 01 Feb. 2016.

CHIANG, H. S.; NORRIS, D. M. Morphological and physiological parameters of soybean resistance to agromyzid beanflies. **Environmental Entomology**, v. 12, p. 260-265, 1983.

DAL PRÁ, E.; GUEDES, J. V. C.; CHERMAN, M. A.; JUNG, A. H.; DA SILVA, S. J.; RIBAS, G. G. Uso da geoestatística para caracterização da distribuição espacial de larvas de *Diloboderus abderus*. **Ciência Rural**, v. 41(10), p. 1689-1694, 2011.

DEBJANI, D.; MUKHERJI, I.; TRIMOHAN. Evaluation of some insecticides against *Melanagromyza sojae* Zehnt and *Bemisia tabaci* Genn. on soybean. Evaluation of some insecticides against *Melanagromyza sojae* Zehnt and *Bemisia tabaci* Genn. on soybean. **Pesticide Research Journal**, v. 20(1), p. 72-74, 2008.

DEMPEWOLF, M. **Arthropods of economic importance - Agromyzidae of the world**, 2004. Disponível em: <<http://wbd.etibioinformatics.nl/bis/agromyzidae.php>>. Acesso em: 17 Feb. 2016.

FARIAS, P. R. S.; ROBERTO, S. R.; LOPEZ, J. R. S.; PERECIN, D. Geostatistical characterization of the spatial distribution of *Xylella fastidiosa* sharpshooter vectors on citrus. **Neotropical Entomology**, v. 33, p. 13-20, 2004.

FARIAS, P. R. S.; BARBOSA, J. C.; BUSOLI, A. C.; OVERAL, W. L.; MIRANDA, V. S.; RIBEIRO, S. M. Spatial analysis of the distribution of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and losses in maize crop productivity using geostatistics. **Neotropical Entomology**, v. 37, p. 321-327, 2008.

GANGADRE, G. A.; KOGAN, M. Sampling stem flies in soybean. **Sampling methods in soybean entomology**, Springer, p. 394-403, 1980.

GARCÍA, F. J. M. Analysis of the spatio-temporal distribution of *Helicoverpa armigera* Hb. in a tomato field using a stochastic approach. **Biosystems Engineering**, v. 93(3), p. 253-259, 2006.

GASSEN, D. K.; SCHNEIDER, S. Ocorrência de *Melanagromyza* sp. (Dip. Agromizidae) danificando soja no sul do Brasil. **Reunião de Pesquisa da Soja da Região Sul**, 13, p.108-109. 1985.

GUEDES, J. V. C.; CURIOLETTI, L. E.; BECHE, M.; ARNEMANN, J. A. Mosca-da-haste. **Cultivar Grandes Culturas**, v. 197, p. 28-31, 2015.

HIROSE, E.; MOSCARDI, F. **Insetos de outras regiões do mundo**. EMBRAPA-Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga. Brasília, DF, p. 859, 2012.

JADHAV, S. N.; KRISHNA-NAIK, L.; PATIL, G. T.; BASAVARAJ, G. T.; KATARAKI, P. A. Assessment of crop loss estimation due to stem fly *Melanagromyza sojae* (Zehntner) in soybean ecosystem. **Journal Experimental Zoology**, v. 16(1), p. 221-228, 2013(a).

JADHAV, S. N.; KRISHNA-NAIK, L.; GIRADDI, R. S.; BABALAD, H. B.; KATARAKI, P. A. Development of management strategies against stem fly *Melanagromyza sojae*

(Zehntner) in soybean ecosystem. **Journal Experimental Zoology**, v. 16(1), p. 245-252, 2013(b).

KHANDWE, N.; NADAF, A.; SHARMA, S. Comparative efficacy of new and recommended insecticides against soybean defoliators and stem borers. **JNKVV Research Journal**, v. 45(2), p. 162-167, 2011.

KUMAR, N. G.; NGUYEN P. D. H.; GKVK, N. P. D. H. Effect of insecticides of different origin on the incidence of stem fly and pod borer in soybean crop. **Karnataka Journal of Agricultural Sciences**, v. 22(3), p. 640-641, 2009(a).

KUMAR, N. G.; NGUYEN P. D. H.; GKVK, N. P. D. H. Effect of various methods of application of insecticides on stem fly and termite incidence in soybean. **Karnataka Journal of Agricultural Sciences**, v. 22(3), p. 642-643, 2009(b).

LEE, S. Y. The mode of action of Endrin on the Bean Stem Miner, *Melanagromyza sojae* with special reference to its translocation in soybean plants. **Journal of Economic Entomology** v. 55, p. 956-954, 1962.

LINK, D.; HATSCHBACH, M.; LINK, F. M. Mosca da haste da soja: ocorrência e danos. **XXXVII Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul**, Porto Alegre-RS, 2010.

PARK, Y. L. et al. Spatial variability in corn and soybean insect pests: precision farming and insect pest management for the future. **International Plant Nutrition Institute**, v. 27, 2012.

RIFFEL, C. T.; GARCIA, M. S.; SANTI, A. L.; BASSO, C. J.; FLORA, L. P. D.; CHERUBIN, M. R.; EITELWEIN, M. T. Densidade amostral aplicada ao monitoramento georreferenciado de lagartas desfolhadoras na cultura da soja. **Ciência Rural**, v. 42, p. 2112-2119, 2012.

SAVAJJI, K. Biology and management of soybean stem fly *Melanagromyza sojae* (Zehntner) (Diptera: Agromyzidae). University of Agricultural Sciences. Master of Science thesis, 2006, 58 p.

SILVEIRA, N. S.; CARVALHO, R. P. L.; PARANHOS, S. B. Manual de ecologia dos insetos. São Paulo: **Ceres**, p. 419, 1976.

SINGH, S. Ecology of the Agromyzidae (Diptera) associated with leguminous crops in India. **Memoirs of the School of Entomology**, v. 8, 1982, 126 p.

SPENCER, K. A. Agromyzidae (Diptera) of economic importance. **Economic Importance**, v. 9, 1-405, 1973.

STRAKHOVA, I. S.; YEFREMOVA, Z. A.; TSCHIRNHAUS, M.; YEGORENKOVA, E. N. The parasitoid complex (Hymenoptera, Eulophidae) of leafminer flies (Diptera, Agromyzidae) in the middle Volga Basin. **Entomological Review**, v. 93(7), p. 865-873, 2013.

- STÜRMER, G. R.; CARGNELUTTI, A. F.; GUEDES, J. V. C.; STACKE, R. F. Sample size for estimating the population of stink bugs in soybean crops. **Revista Ciência Agronômica (UFC Online)**, v. 45, p. 155-167, 2012.
- TALEKAR, N. S. . Characteristics of *Melanagromyza sojae* (Diptera: Agromyzidae) damage in soybean. **Journal of Economic Entomology**, v. 82, p. 584-588, 1989.
- TALEKAR, N. S. Agromyzid Flies of Food Legumes In the Tropics. **Wiley Eastern, New Delhi**, v. 297. s/p, 1990.
- TALEKAR, N. S.; CHEN, B. S. The beanfly pest complex of tropical soybean. Soybean in tropical and subtropical cropping systems. **Asian Vegetable Research and Development Center**, p. 257-271, 1985.
- TEMPLE, J. H. **Evaluating precisio agricultural technologies in a louisiana cotton insect pest management system**. Thesis (Master of Science) – Department of Entomology, University of Louisiana at Monrow, Louisiana, 2007.
- THAPA, R. B. Redescription of *Melanagromyza sojae* (Zehntner) from India and Nepal. **Nepalese Journal of Biosciences**, v. 2, p. 64-70, 2012.
- TRIMOHAN; DEBJANI, D. Comparative response of diverse soybean genotypes to major pests of soybean under natural conditions. **National Seminar on Indian Agriculture: Preparedness for Climate Change**, p. 24-25, 2012.
- VAN DER GOOT, P. De Agromyza-vliegjes der inlandse katjang-gewassen op Java. Mededeelingen van het Instituut voor Plantenziekten, 78. English translation: Tropical Vegetable Information Service (1984). **Asian Vegetable Research and Development Center**, 1930.
- VAN DEN BERG, H.; ANKASAH, D.; HASSAN, K.; MUHAMMAD, A.; WIDAYANTO, H. A.; WIRASTO, H. B.; YULLY, I. Soybean stem fly, *Melanagromyza sojae* (Diptera: Agromyzidae), on Sumatra: seasonal incidence and the role of parasitism. **International Journal of Pest Management**, v.41, p. 127-133, 1995.
- VAN DEN BERG, H.; SHEPARD, B.; NASIKIN, B. M. Response of Soybean to Attack by Stemfly *Melanagromyza sojae* in Farmer's Fields in Indonesia. **Journal of Applied Ecology**, v. 35(4), p. 514-522, 1998.
- WANG, C. L. Occurence and life history of *Melanagromyza sojae* on soybean. **Journal of Agricultural Research**, v. 28, p. 217–223, 1979.
- WANG, J.; GAI, J. Mixed inheritance model for resistance to agromyzid beanfly (*Melanagromyza sojae* Zehntner) in soybean. **Euphytica** v. 122, p. 9-18, 2001.

3 ARTIGO 1:

Running head: Curioletti et al. 2016: First occurrence of Soybean Stem Fly *Melanagromyza sojae* (Diptera: Agromyzidae) in Paraguay.

Please address correspondence to:
 Jonas André Arnemann
 Federal University of Santa Maria
 Av. Roraima, n. 1000, CCR-42,
 Santa Maria, 97105-900, Brazil
 Phone: +55 55 3220 8015
 E-mail: jonasarnemann@gmail.com

Financial contact for invoice: Same as corresponding author

**First occurrence of Soybean Stem Fly *Melanagromyza sojae*
 (Diptera: Agromyzidae) in Paraguay**

Luis Eduardo **Curioletti**¹, Jerson V. Carús **Guedes**¹, Wee Tek **Tay**², Mónica Lucía **Ramírez-Paredes**³, Deivis **Noschang**⁴, Franciely **Irala**⁵, Jonas André **Arnemann**¹

¹Federal University of Santa Maria, Department of Crop Protection, Santa Maria, Rio Grande do Sul, 97105-900, Brazil

²CSIRO, Black Mountain Laboratories, Clunies Ross Street, ACT 2601, Australia

³Facultad de Ciencias Agropecuarias - Hohenau, Universidad Católica "Nuestra Señora de la Asunción", Campus Itapúa, Av. Padre Guillermo Hütter, 6290, Paraguay

⁴Calle Emilio Bobadilla Cáceres, Country Club, Hernandarias, Alto Paraná, Paraguay

⁵Mariscal, Lopez 3811, Dr Morra- Edificio Mcal Lopez Center, Asunción, Paraguay

*Corresponding author; E-mail: jonasarnemann@gmail.com

Abstract

The Soybean Stem Fly (SSF) *Melanagromyza sojae* (Zehntner) belongs to the family Agromyzidae and is highly polyphagous, attacking many plant species from the Fabacea Family, such as soybean and other beans. Despite reports of Agromyzidae flies infesting soybean fields in Rio Grande do Sul State (Brazil) in 1983 and 2009 and in Paraguay in 2015, *M. sojae* was recently confirmed in Brazil just in 2016, using morphology and mitochondrial DNA (mtDNA) markers. In this work, using partial mtDNA cytochrome oxidase I (COI) gene markers we confirmed the presence of *M. sojae* in Paraguay soybean fields. The implications of SSF incursions in Paraguay and in Brazil are discussed in relation to the current soybean agricultural practices on this region.

Introduction

M. sojae has been reported in diverse global regions (Dempewolf 2004) excluding North and South Americas, and is regarded as one of the most important pests in soybean fields in parts of Russia (Strakhova et al. 2013), in Asia (e.g., China (Wang and Gai 2001); India and Nepal (Thapa 2012)), and in parts of South East Asia (e.g., Indonesia (Van Den Berg et al. 2008)) and is a potential pest for Brazil (Hirose and Moscardi 2012) and for northern Australia (Shepard et al. 1983). Since its reported presence in Australia, as well as being noted as having the potential to become an agricultural insect pest (Shepard et al. 1983), the first major outbreaks have since been reported to cause significant damage to Australia's subtropical coastal soybean crops (Brier and Moore 2013).

In South America, the genus *Melanagromyza* was first recorded in Southern of Brazil, in Passo Fundo in 1983 (Gassen and Schneider 1985) and São Francisco de Assis in 2009 (Link et al. 2010), both in Rio Grande do Sul state, Brazil. *Melanagromyza* sp. was also

reported in Paraguay, in the 2014/15 growing season, occurring in the Southern region of the country (Benítez-Díaz, 2015). In the second soybean growing season in 2015, *Melanagromyza* was reported occurring in soybean fields in Santa Catarina and Rio Grande do Sul states, Southern of Brazil (Guedes et al. 2015). After, Arnemann et al. (2016) were the first to confirm the presence of *M. sojae* in soybean fields in the New World (Americas), reporting the annotation of the complete mitochondrial DNA and providing molecular markers for species identification.

Reports indicated that SSF can infest 100% of soybean plants and tunnelled up to 70% of stem length (Singh and Singh 1990; Singh and Singh 1992). SSF larvae damage the soybean stem negatively impacting plant growth and soybean yield (Talekar 1989). Until now there has been no information about the presence of this species in Paraguay. Here, suspected *M. sojae* specimens collected from soybean plants from four different soybean fields in Paraguay were identified by combining larval feeding behaviour on host plants and molecular comparison of the partial mtDNA COI sequence region, confirming the presence of this pest in Paraguay soybean fields.

Materials and Methods

Samples

A total of 8 fly larvae were collected from soybean plants from soybean fields located in Corpus Christi (Departamento Canindeyú), San Alberto (Departamento Alto Paraná), Santa Rita (Departamento Alto Paraná) and Pirapó (Departamento Itapúa), Paraguay, in the cropping season 2015/16 (Fig. 1). The insects were then sent to Laboratório de Manejo Integrado de Pragas of Federal University of Santa Maria (LabMIP-UFSM), Santa Maria-RS-Brazil, for molecular characterization and species confirmation.

Total Genomic DNA (gDNA) Extraction

Individual specimens were washed three times in 1000 μ L of fresh (99.9%) ethanol prior to gDNA extraction. Total gDNA from all specimens was extracted from whole larval body using Qiagen DNasy Blood and Tissue DNA Extraction Kit. Final elution volume for individual gDNA sample was in 35 μ L of Qiagen buffer EB, with gDNA quality ascertained by 1.5% agarose gel visualization, and concentration quantified using Qubit 2.0 Fluorometer (Invitrogen).

PCR Amplification and Sequencing of The Partial mtDNA COI gene

We used SSF-specific partial mtDNA COI gene PCR primer pairs designed based on the characterised SSF mtDNA COI gene sequence (GenBank accession number: KT597923) from a Brazilian *M. sojae* individual (Arnemann et al. 2016). PCR conditions for the mtDNA COI primer pairs consisted of: 95°C for 5 minutes (one cycle), 30 seconds each of 95°C, 61°C and 72°C (34 cycles), followed by a final extension cycle of 72°C for 5 minutes. PCR amplicons were kept at 4°C post-PCR and stored at -20°C until needed.

PCR amplification of individual DNA samples was carried out in a 25 μ L total reaction volume that contained 25 ng of genomic DNA, 0.5 μ M each forward and reverse primer, 0.2 mM of dNTP's, 1 \times Phusion HF Buffer (NEB), and 1.25 units of Phusion DNA polymerase (NEB).

Amplicons were purified using the QIAquick[®] PCR purification Kit (Qiagen) prior to being used as DNA template for Sanger sequencing reaction using the ABI BigDye[®] dideoxy chain termination sequencing system V3.1 (Applied Biosystems). Sequencing reaction and

post sequencing reaction clean-up were as specified by the sequencing facility. Sequencing was carried out at the Australian National University Biomolecular Resource Facility (ANU BRF).

Sequence Analysis and Molecular Characterization of mtDNA COI Gene

The programs Pregap and Gap4 within the Staden package (Staden et al. 2000) were used for editing and analysing DNA sequences and to generate sequence contigs. Assembled partial mtDNA COI contigs were checked for premature stop codons that may indicate a pseudogene (e.g., nuclear mtDNA, NuMT) using Geneious R8 (Biomatters Ltd., New Zealand) and by Blastp.

Results and Discussion

In this study the partial mtDNA COI gene region of 12 SSF specimens originating from four Paraguay locations (Corpus Christi, San Alberto, Santa Rita and Pirapó, Fig. 1) were analysed against the mtDNA sequences, confirming the presence of *M. sojae* specimens in soybean fields Paraguay, occurring possibly with substantially established populations.-

The Paraguay soybean area is estimated in 3.82 million hectares, with 0.56 million hectares in the second growing season (off-season) (CAPECO 2016), which had showed high levels of SSF infestation in the past recent years. The occurrence and distribution of *M. sojae* in soybeans fields in Paraguay, associated with the presence of the two soybeans seasons on that country, show the importance and risks of this invasion and will be instrumental to planning the management of this important pest on soybean.

References

- Arnemann JA, Walsh T, Gordon K, Brier H, Guedes JVC, Tay WT. 2016. Complete mitochondrial genome of the soybean stem fly *Melanagromyza sojae* (Diptera: Agromyzidae). Mitochondrial DNA (Accepted 09-Sept-2015, In press)
- Benítez-Díaz EA, 2015. *Melanagromyza* sp. (Diptera: Agromyzidae) mosca barrenadora del tallo en soja. Circular Técnica n. 7, SENAVE, 1pp.
- Brier, H, Moore N. 2013. Soybean stem fly outbreak in soybean crops. The Beatsheet. <<http://thebeatsheet.com.au/crops/pulses/soybeans/soybean-stem-fly-outbreak-in-soybean-crops/>> (last accessed 10 Nov 2015).
- Capeco. 2016. Área de Siembra, Producción y Rendimiento. <<http://capeco.org.py/area-de-siembra-produccion-y-rendimiento/>> (last accessed 01 Feb 2016).
- Dempewolf M. 2004. Arthropods of economic importance: Agromyzidae of the World. ETI-Information Services; Wokingham; UK (unpaginated).
- Gassen DK, Schneider S. 1985. Ocorrência de *Melanagromyza* sp. (Dip. Agromyzidae) danificando soja no sul do Brasil. In: Reunião de Pesquisa da Soja da Região Sul, 13, 1985, Porto Alegre. Soja: resultados de pesquisa 1984-85. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT 108-109.
- Guedes JVC, Curioletti LE, Beche M, Arnemann JA, 2015. Mosca-da-haste da soja no Brasil. Cultivar Grandes Culturas, v. Outubro, p. 28-30.
- Hirose E, Moscardi F. 2012. Insetos de outras regiões do mundo. IN: EMBRAPA-Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga. Brasília, DF: Embrapa, 859 p.
- Link D, Hatschbach M, Link FM. 2008. Mosca da haste da soja: ocorrência e danos. In: XXXVII Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul, Porto Alegre-RS.

- Shepard, M. Lawn R.J. Schneider MA. 1983. Insects on Grain Legumes in Northern Australia: A Survey of Potential Pests and Their Enemies. University of Queensland Press. Australia. 81pp.
- Singh KJ, Singh OP. 1992. Influence of stem tunneling by the maggots of *Melanagromyza sojae* (Zehn.) on yield of soybean. *Journal of Insect Science* 5: 198-200.
- Singh OP, Singh KJ. 1990. Seasonal incidence and damage of *Melanagromyza sojae* (Zehnt.) on soybean. *Indian Journal of Plant Protection* 18: 271-275.
- Staden RBKF, Bonfield JK. 2000. The Staden package, 1998. *Methods in Molecular Biology* 132: 115-130.
- Strakhova IS, Yefremova ZA, Tschirnhaus M, Yegorenkova EN. 2013. The parasitoid complex (Hymenoptera, Eulophidae) of leafminer flies (Diptera, Agromyzidae) in the middle Volga Basin. *Entomological Review* 93: 865-873. DOI:10.1134/S0013873813070087.
- Talekar NS. 1989. Characteristics of *Melanagromyza sojae* (Diptera: Agromyzidae) damage in soybean. *Journal of Economic Entomology* 82: 584-588.
- Thapa RB. 2012. Redescription of *Melanagromyza sojae* (Zehntner) from India and Nepal. *Nepalese Journal of Biosciences* 2: 64-70.
- Van Den Berg H, Ankasah D, Hassan K, Muhammad A, Widayanto Ha, Wirasto Hb, Yully I. 1995. Soybean stem fly, *Melanagromyza sojae* (Diptera: Agromyzidae), on Sumatra: Seasonal incidence and the role of parasitism. *International Journal of Pest Management* 41: 127-133. DOI:10.1080/09670879509371937.
- Wang J, Gai J. 2001. Mixed inheritance model for resistance to agromyzid beanfly (*Melanagromyza sojae* Zehntner) in soybean. *Euphytica* 122: 9-18.

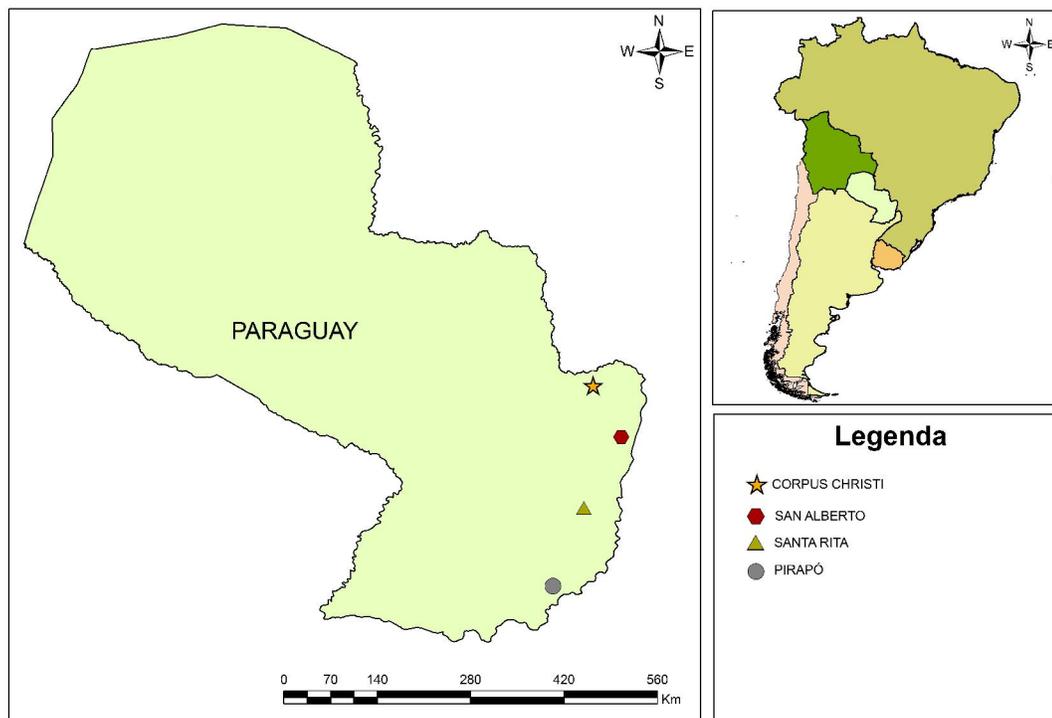


Figura 1 A map of sampling sites in Paraguay from which suspected *M. sojae* were collected. The soybean fields were located in Corpus Christi (Departamento Canindeyú), San Alberto (Departamento Alto Paraná), Santa Rita (Departamento Alto Paraná) and Pirapó (Departamento Itapúa), Paraguay.

4 ARTIGO 2

Distribuição espacial de *Melanagromyza sojae* (Diptera: Agromyzidae) em soja

RESUMO

A mosca-da-haste da soja, de recente ocorrência na soja no Brasil e Paraguai, gera preocupação ao setor produtivo pela intensidade da ocorrência no último cultivo de safrinha. As medidas de controle dessa praga requerem dentre outros fatores, um maior conhecimento dos aspectos da biologia e distribuição da ocorrência e dos danos dessa espécie. Assim, o objetivo do trabalho foi estimar a distribuição espacial da ocorrência e dos danos de *M. sojae* em uma lavoura de soja de 45,9 ha no município de Santa Rosa del Monday, Alto Paraná, Paraguai. O perímetro da área foi determinado com uso de GPS de posicionamento por ponto absoluto, e com o programa FalkerMap 7500 gerado um gride amostral regular de 92 pontos, com dimensão de 70 x 70 metros. Em cada ponto amostral, aos 66 DAE, foram coletadas 10 plantas e avaliados a altura de planta, diâmetro da haste, número de entrenós, hastes secundárias, plantas atacadas, plantas bifurcadas em decorrência do ataque de *M. sojae*, entrenó da bifurcação, comprimento de galeria, entrenó de início e término da galeria, número e localização do orifício de saída, número de pupas e larvas. A análise da variabilidade espacial dos diferentes parâmetros estudados foi feita através de semivariogramas gerados com o programa computacional ArcGis 9.3. Os mapas foram confeccionados com os dados das variáveis estudadas e para a análise da dependência espacial, foi utilizada a classificação de Cambardella et al. (1994). O gride amostral utilizado foi apropriado para a caracterização das variáveis estudadas. O número de hastes, plantas atacadas, plantas bifurcadas, local da bifurcação, comprimento de galeria, local do término da galeria, número total de pupas, número de pupários vazios e vivos e número de larvas apresentaram distribuição espacial agregada e associados a ocorrência da praga. A altura de plantas, diâmetro da haste, número de orifícios de saída total, localizados abaixo e acima do entrenó cotiledonar apresentaram comportamento de distribuição aleatório, não associados ao padrão de distribuição espacial da praga. A equação ajustada que explica o comportamento desta praga e os injúrias ocasionados a cultura é a equação exponencial.

Palavras-chave: mosca-da-haste da soja, krigagem, semivariogramas, geoestatística..

Spatial distribution of *Melanagromyza sojae* (Diptera: Agromyzidae) on soybean fields

ABSTRACT

The soybean stem fly, has recent reported occurrence in Brazil and Paraguay, where the high incidence in the last off-season crop raises concern in the agricultural sector. The *M. sojae* management requires a better understanding of its biology and behavior. The study aimed to estimate the spatial distribution patterns of *M. sojae* and its damages in a 45.9 ha soybean field in Santa Rosa del Monday, Alto Paraná, Paraguay. The perimeter was marked using GPS positioning by absolute point, and a sampling grid of 92 points, with dimensions of 70 x 70 meters generated with FalkerMap 7500 computer program. In each sampling point, at 66 days after emergency 10 plants were collected and evaluated the parameters: plant height, stem diameter, number of internodes, secondary shoots, attacked plants, pupae and larvae, bifurcated plants, internode of bifurcation, gallery length, internode of beginning and end of the gallery, the number and location of the exit hole. Analysis of the spatial variability of the parameters made by semivariogramas created by ArcGIS 9.3. The data of the variables provided maps of spatial distribution and for the analysis of spatial dependence used the classification Cambardella et al. (1994). The sample grid 70 x 70 meters is suitable for the characterization of the studied variables. The number of: attacked plants, bifurcated plants, larvae, empty, alive and total pupae, the bifurcation site, length of gallery and site of gallery end showed aggregated spatial distribution pattern and correlated to *M. sojae* occurrence. This parameters are explained by spherical equations. The plant height, stem diameter, number of exit holes, and exit holes located below and above cotyledonal internodes showed random distribution pattern and are not correlated to the occurrence of *M. sojae*.

Key words: soybean stem fly, krigagem, semivariogramas, geoestatistic.

4.1 INTRODUÇÃO

Na região sul do Brasil, no ano de 2015 *Melanagromyza* sp. foi encontrada atacando cultivos de soja safrinha, impressionando pela alta incidência e abrangência dos ataques (Guedes et al., 2015). No Paraguai, *Melanagromyza* sp. foi encontrada na safrinha de soja do mesmo ano, sendo notificada por Benítez-Díaz (2015). No início da década de 80, Gassen e Schneider (1985) relataram a presença de *Melanagromyza* em lavoura de soja em Passo Fundo, Rio Grande do Sul. Anos depois, também no mesmo estado, Link et al (2009) também reportaram a ocorrência da mosca-da-haste em lavouras de soja no município de São Francisco de Assis, no mesmo estado.

A primeira notificação de *Melanagromyza sojae* (Diptera: Agromyzidae) nas américas, foi realizada por Arnemann et al., (2016), que realizou a descrição completa do DNA mitocondrial de *M. sojae* de espécimes coletados no Sul do Brasil e apresentando marcadores moleculares para identificação da presença da espécie. No Paraguai, Curioletti et al (2016 – Artigo 1), notificaram ocorrência de *M. sojae* em quatro localidades, pela comparação da sequência de uma região parcial do COI (DNA mitocondrial) de espécimes coletados em plantas de soja.

A mosca-da-haste da soja é considerada uma das principais pragas da cultura no continente asiático, ocorrendo em altas infestações as quais podem atingir o número total de plantas (Singh, 1990). Ainda que o inseto possa infestar os cultivos ao longo de todo o ciclo, somente infestações nas fases iniciais resultam em significativas perdas de produtividade, sendo as 5 primeiras semanas de cultivo as mais críticas para o ataque de *M. sojae* (Talekar e Chen, 1985; Gangadre e Kogan, 1980). Nessa fase, os ataques mais severos podem levar a morte de plântulas, morte dos ponteiros ou do ponto de crescimento, resultando em plantas bifurcadas com maior número de hastes e menor número de entrenós na haste principal. O ataque da mosca-da-haste da soja resulta em redução do acúmulo de matéria na planta ao longo de todo o ciclo, principalmente no período reprodutivo (Van Den Berg et al., 1995), do índice de área foliar, diâmetro de haste, número de nós, fatores que podem resultar em reduções da produtividade na ordem de 2 a 40% (Van Den Berg et al., 1998; Jadhav et al., 2013).

O monitoramento de lavouras para a estimativa das médias populacionais das pragas é fundamental para a adoção do Manejo Integrado de Pragas – MIP. O monitoramento pela

coleta de adultos com armadilhas e rede de varredura não apresenta correlação com a incidência de larvas e pupas em plantas de soja. As plantas atacadas não apresentam sintomas aparentes observação de sintomas nas plantas (Gangrade e Kogan, 1980). Para *M. sojae*, a única forma de detecção da espécie é pela coleta de plantas e abertura da haste principal para contagem das larvas, pupas e galerias.

As características biológicas e comportamentais de insetos, determinam a ocorrência e a forma de distribuição, que é de forma agregada, resultando na ocorrência de focos ou reboleiras com maior incidência da praga e por consequência suas injúrias (Park et al., 2007; Nakano, 2011). O conhecimento do padrão de distribuição de uma espécie praga é fundamental para o planejamento da amostragem, monitoramento e manejo (Riffel et al., 2012; Guedes e Maziero, 2011; Dal Prá et al., 2011). O comportamento de *M. sojae* quanto ao seu padrão de distribuição espacial na soja é desconhecido.

O uso da geoestatística, permite determinar as variações espaciais de pragas, solos, culturas; fundamentando-se no princípio de que a diferença no valor de uma dada variável em dois pontos é dependente da diferença no valor da sua distância (Varella e Sena, 2008). Permite inclusive, quando constatada a dependência espacial de um parâmetro, a estimativa da média de locais não amostrados, possibilita também a construção de mapas temáticos de alta precisão, para a visualização da distribuição espacial da praga na área (Alves, 2005; Farias et al., 2004). Se confirmada a dependência espacial, distribuição agregada em reboleiras ou foco e localização da ocorrência, a partir dos mapas da densidade é possível realizar o controle localizado das pragas, o qual apresenta vantagens como menor uso de defensivos agrícolas, menor custo e menor impacto ambiental (Aita et al., 2015; Riffel et al., 2012).

Com o objetivo de avaliar a distribuição espacial da ocorrência de *M. sojae* e seus danos em cultivo de soja, foi realizada uma amostragem georeferenciada em um lavoura de soja infestada pela praga e confeccionados mapas que expressam a distribuição das distintas fases da praga, dos danos e das características da planta em uma lavoura de soja.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na safra 2015/2016, em Santa Rosa del Monday, Alto Paraná, Paraguay, em uma lavoura de soja com incidência de *M. sojae*, com a área de 45,9 ha, latitude 25°47'32,92" e longitude 54°44'25,66".

A soja, cultivar NS 5909 RR, foi semeada com espaçamento entre linhas de 0,45m e densidade de 14 sementes por metro linear. Foram aplicados os inseticidas Fipronil (0,5 g/kg de semente) na forma de tratamento de sementes, Benzoato de Emamectina, (10 g/ha) aos 11 DAE e Teflumurom (30 g/ha) aos 21 e 43 DAE.

Para determinação da distribuição espacial de *M. sojae* o perímetro da área foi demarcado com auxílio de um GPS de posicionamento por ponto absoluto, marca Garmin, modelo GPS 10, com interface para computador de mão (Pocket PC). Utilizou-se o programa FalkerMap 7500, para dividir a área em um gride regular de amostragem com dimensão de 70 x 70 metros, originando 92 pontos.

Em cada ponto do gride amostral, foram coletadas 10 plantas, para avaliar o dano e a presença da mosca-da-haste da soja. As plantas foram acondicionadas em sacolas plásticas e identificadas para posterior avaliação dos parâmetros: (1) altura de planta (do colo até o último entrenó da haste principal), (2) diâmetro da haste no colo, (3) número de entrenós da haste principal, (4) número de hastes secundárias, (5) plantas atacadas, (6) plantas bifurcadas, (7) entrenó de localização da bifurcação, (8) comprimento de galeria (início até o término da galeria), (9) entrenó de início e término da galeria, (10) número de orifícios de saída, (11) localização do orifício de saída (entrenó), (12) número de larvas e (13) pupas categorizados em total, pupários vazios (pupas em que já ocorreu a emergência do inseto adulto), pupas vivas (pupas sem emergência do inseto adulto). Para caracterizar o número do entrenó, foi atribuído valor zero (0) para o entrenó entre o colo da planta e o nó cotiledonar, 1 para o entrenó localizado entre o nó cotiledonar e o nó das folhas unifolioladas, e assim sucessivamente.

A análise da variabilidade espacial para cada parâmetro levantado, foi realizada através de semivariogramas, que demonstram o comportamento das semivariâncias em função da distância, podendo assim definir o modelo da variabilidade espacial. Foi empregado o programa computacional ArcGis 9.3 (ESRI, 2004) que utiliza a metodologia dos mínimos quadrados para os ajustes dos modelos e como critérios para seleção do modelo, o programa utiliza o coeficiente de determinação e a soma dos quadrados de resíduos (Dal-PRÁ et al., 2011).

Os parâmetros de efeitos pepita, patamar e alcance foram determinados a partir dos semivariogramas. Esses parâmetros, foram empregados diretamente na interpolação por

krigagem ordinária no programa computacional ArcGis 9.3, para geração dos mapas das variáveis medidas nas plantas.

A classificação de Cambardella et al (1994) foi utilizada para a análise da dependência espacial, que considera de forte dependência espacial o semivariograma que tem o valor do efeito pepita < 25% do patamar, moderada quando entre 25 e 75% e de fraca quando > 75%.

Os mapas da distribuição espacial foram gerados para a altura de plantas, o número de entrenós, o número de ramificações laterais, o diâmetro da haste, plantas bifurcadas, o local da bifurcação, plantas atacadas, o comprimento da galeria, o entrenó de início e final da galeria, o número e localização de orifícios de saída, o número de pupas e larvas.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados serão descritos através da análise da Tabela 1, que apresentam os parâmetros geoestatísticos dos semivariogramas das variáveis analisadas para posterior análise dos mapas da distribuição espacial de *M. sojae*. Dentre os semivariogramas gerados (Figuras 1, 3, 5, 7 e 9) para as 17 variáveis avaliadas, por apresentarem dependência espacial para 10 destes foram ajustados modelos matemáticos. O modelo de equação esférica foi o que melhor se ajustou para as variáveis que apresentaram dependência espacial. Para os demais semivariogramas, não foi possível o ajuste de nenhum modelo, o que significa uma distribuição espacial aleatória (efeito pepita puro).

De acordo com a classificação de Cambardella et al (1994), a dependência espacial foi classificada como forte para as variáveis; número de hastes secundárias, percentual de plantas atacadas, localização da bifurcação, número de larvas, pupas, pupários vazios e vivos pois o valor do efeito pepita foi inferior a 25% do valor do patamar. As variáveis comprimento de galeria e localização final da galeria apresentaram dependência espacial moderada pois os valores do efeito pepita foram entre 25 e 75% do valor de patamar e o número de plantas bifurcadas dependência espacial fraca, com valores de efeito pepita maiores que 75% do valor de patamar. Esse resultado demonstra a distribuição agregada da população e injúrias de *M. sojae* na lavoura, havendo dependência espacial entre os pontos amostrados. Nesse caso, a geoestatística é a ferramenta mais adequada para estudar as populações e danos da mosca-da-haste da soja (Liebhold et al., 1993).

Os valores de alcance, determinam a distância adequada entre os pontos de amostragem, gride amostral, e representa a influência dos pontos amostrados sobre sua vizinhança, variáveis localizadas a distancias maiores que o alcance tem distribuição espacial aleatória, sendo independente entre si (Valeriano e Prado, 2001). Neste estudo, os valores do alcance variaram entre 80,9 e 235 m, dessa forma, a dimensão do gride amostral (70x70m) utilizada no estudo foi adequada e possibilitou a correta detecção da distribuição espacial de larvas, pupas e injúrias de *M. sojae*. Esses valores também são úteis para o planejamento e definição de grides amostrais para futuros estudos com *M. sojae*, principalmente para o cálculo do número de pontos amostrais para o monitoramento da praga. Considerando-se o menor valor de alcance obtido nas variáveis, número de plantas atacadas, número de larvas e pupas, que são informações coletadas no monitoramento de lavouras comerciais, recomenda-se a realização de 1 amostra por hectare para estimar a densidade da mosca-da-haste da soja e seus danos com elevado nível de confiança.

Tabela 1 Parâmetros dos semivariogramas relativos a planta de soja e aos aspectos relacionados ao ataque de *M. sojae* na cultura da soja. Santa Rosa del Monday, Alto Paraná, Paraguai. Safra 2015/16

Variáveis	Efeito pepita (C0)	Patamar (C)	Alcance (m)	(C0/C0+C) *100%	Modelo de semivariograma	Dependência espacial
Nº Larvas	0.0001	0.2712	156	0.036	Esférica	Forte
Nº Total de pupas	1.39	16.579	154	7,7	Esférica	Forte
Nº Pupários vazios	1.12	14.53	80.9	7,2	Esférica	Forte
Nº Pupários vivos	0.262	1.3948	125.9	15,81	Esférica	Forte
Plantas atacadas (%)	0.02	0.1893	94.394	2,11	Esférica	Forte
Comprimento da galeria	4.5645	2.5639	102.9	64	Esférica	Moderado
Início da galeria	-----	-----	-----	-----	-----	EPP*
Final de galeria	0.035	0.049039	127.74	42	Esférica	Moderado
Nº de plantas bifurcadas	4.0	471.6	235	84	Esférica	Fraco
Localização da bifurcação	0.05	2.9	145.9	17	Esférica	Forte
Nº de orifícios de saída	-----	-----	-----	-----	-----	EPP
Nº orifício saída fase inicial	-----	-----	-----	-----	-----	EPP
Altura da planta	-----	-----	-----	-----	-----	EPP
Nº de hastes secundárias	0.01	0.04	133.5	20	Esférica	Forte
Diâmetro da haste	-----	-----	-----	-----	-----	EPP
Nº de nós	-----	-----	-----	-----	-----	EPP

As variáveis relacionadas a ocorrência de espécimes de *M. sojae*, número de larvas e número de pupas, apresentaram forte dependência espacial segundo a classificação de Cambardela et al (1994), ocorrendo de forma agregada (Figura 1). Dessa forma, ao longo do ciclo da cultura, as infestações de *M. sojae* aconteceram de forma heterogênea, com incidência em forma de focos de maior intensidade em alguns pontos da lavoura, o que caracteriza distribuição do tipo agregada (Figura 2). Essa variação decorre da colonização e surgimento das moscas de forma heterogênea na lavoura, com reflexos diretos na oviposição e por consequência na distribuição agregada de larvas e pupas.

Os pupários vazios caracterizam o comportamento da ocorrência de *M. sojae* no início do cultivo, pois o ciclo ovo-larva-pupa-adulto tem duração média de 18 - 22 dias (Wang, 1979). Dessa forma, considerando a data da amostragem, realizada aos 60 DAE da soja, a variável pupários vazios representa a distribuição espacial das infestações resultantes das oviposições ocorridas até no máximo 42 DAE. O número de larvas encontrado, decorre das infestações ocorridas mais tardiamente, próximas a data da amostragem. Já a ocorrência de pupas vivas, representa infestações ocorridas intermediárias as que originaram as pupas vazias e larvas. A estratificação da ocorrência de *M. sojae* permite concluir que a infestação de *M. sojae* em lavouras se deu de forma agregada nos distintos momentos, a exemplo de outros insetos que atacam raízes (Dal Prá et al., 2011), parte aérea (Riffel et al., 2012) e interior de plantas (Dinardo-Miranda et al., 2011).

Figura 1 Semivariogramas do número de larvas (A), número de pupas (B), número de pupários vazios (C) e número de pupas vivas (D) para o gride de 70 x 70 metros. Santa Rosa del Monday, Alto Paraná, Paraguai. 2015

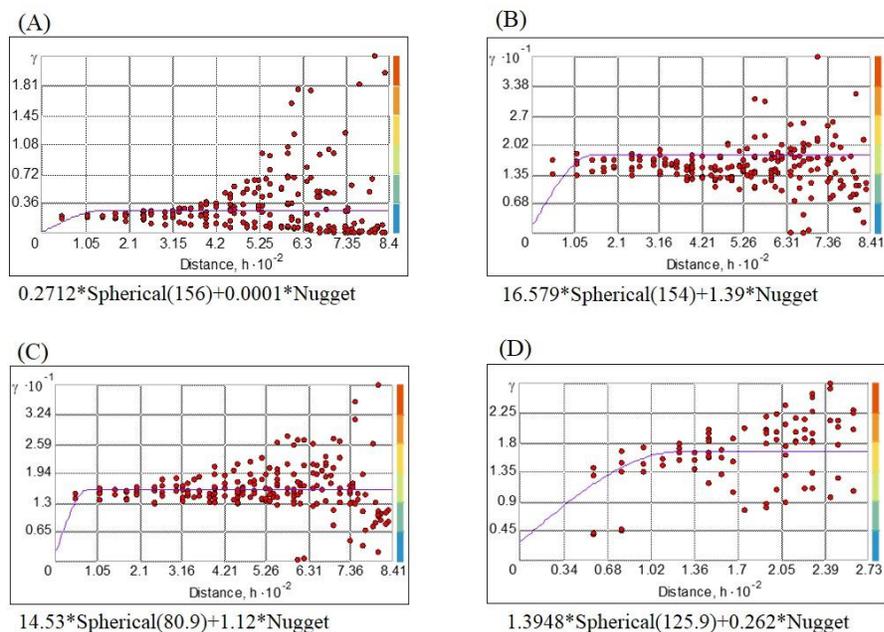
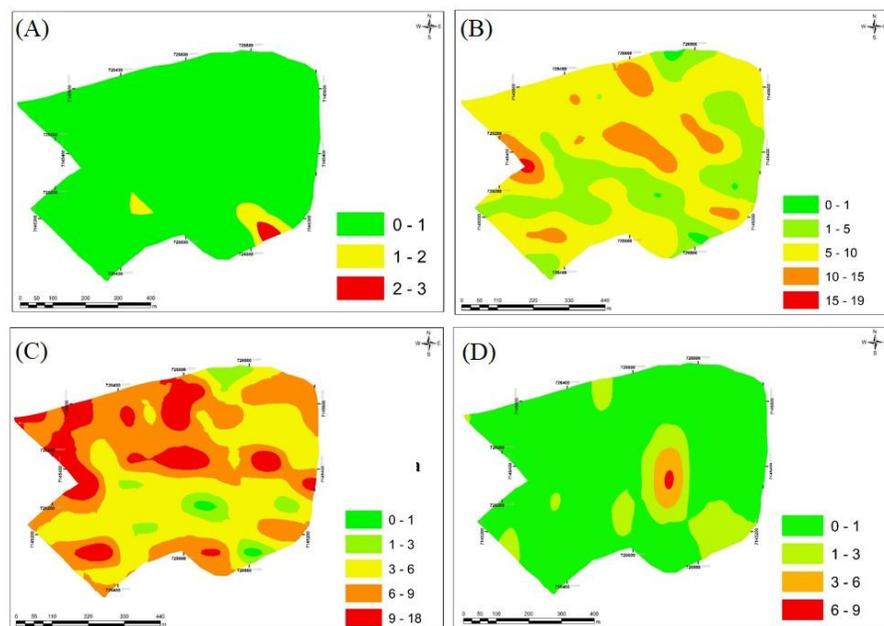


Figura 2 Mapa da distribuição espacial número de larvas (A), número total de pupas (B), número de pupários vazios (C) e número de pupas vivas (D) em plantas de soja, decorrentes da krigagem ordinária, com gride de 70 x 70m, Santa Rosa del Monday, Alto Paraná, Paraguai. 2015.



O percentual de plantas atacadas e comprimento de galerias, variáveis relacionadas a intensidade de ataque de *M. sojae*, apresentaram dependência espacial classificada como forte e localização final da galeria moderada. A distribuição espacial do tipo agregada para o número de plantas atacadas, decorre da distribuição espacial dos espécimes de *M. sojae*, que ocorrem de forma heterogênea na lavoura conforme atestado nas Figuras 3 e 4. O comprimento da galeria, parâmetro apresenta correlação direta com a redução da produtividade de grãos (Gyawaly, 2002), apresentou relação com a localização do final da galeria, indicando que as plantas com maior comprimento de galerias apresentavam um número superior de entrenós danificados, e conseqüentemente danos nos entrenós mais entrenós superiores da planta, em decorrência das sucessivas reinfestações.

A localização de início da galeria não apresentou nenhum modelo matemático ajustável para sua descrição, sendo sua distribuição do tipo aleatória. Este resultado se deve ao alto número de plantas com galerias iniciando ao nível do solo, decorrentes do intenso ataque ocorrido na fase inicial do ciclo da soja (Van Den Berg et al., 1985).

Figura 3 Mapa da distribuição espacial número de plantas atacadas (A), comprimento médio de galerias (B), localização inicial da galeria (C) e localização final da galeria (D) em plantas de soja, decorrentes da krigagem ordinária, com gride de 70 x 70m, para amostragem de *M. sojae*, Santa Rosa del Monday, Alto Paraná, Paraguai. 2015.

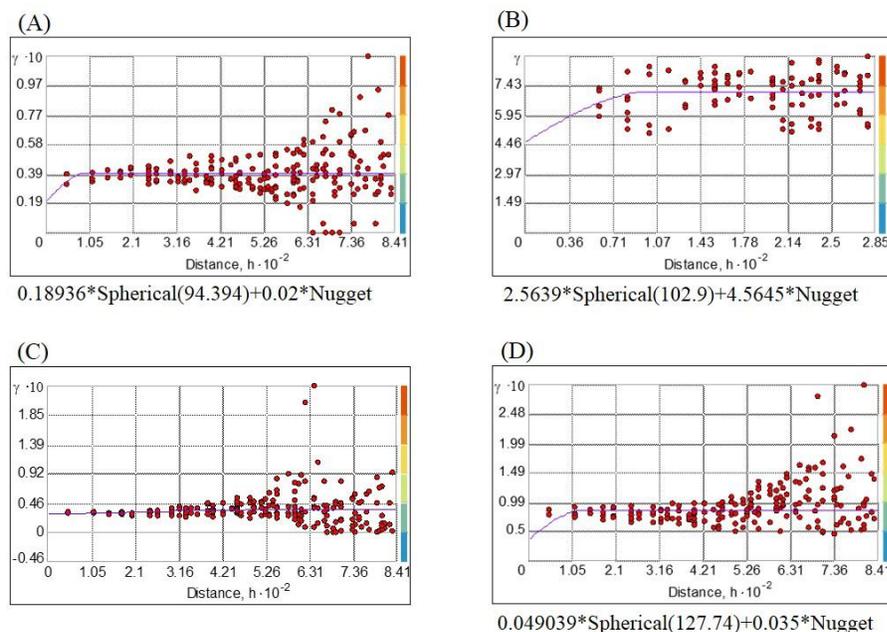
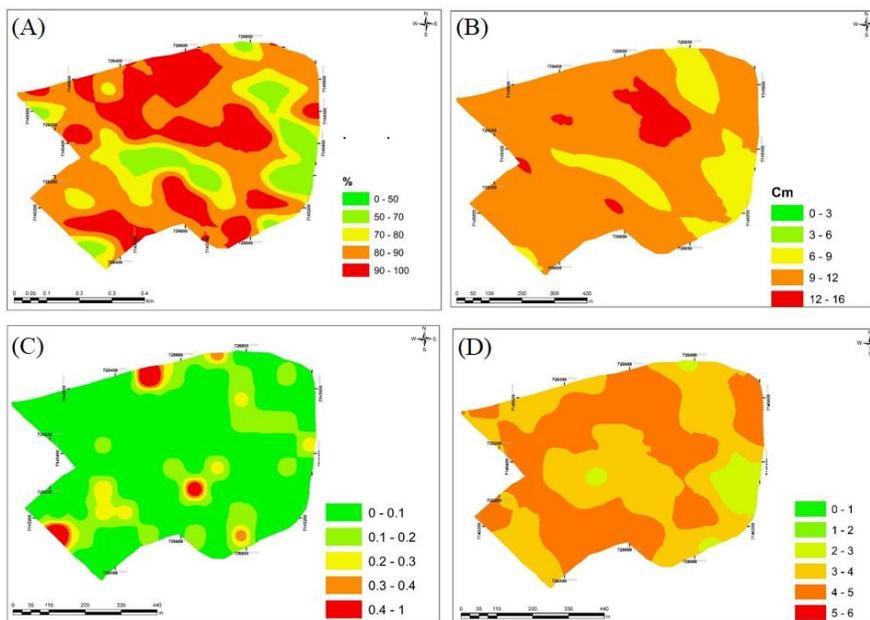


Figura 4 Semivariogramas do percentual de plantas atacadas (A), Comprimento médio de galeria (B), Início da galeria (C) e final da galeria (D) para o gride de 70 x 70 metros. Santa Rosa del Monday, Alto Paraná, Paraguai. 2015.



As variáveis, número de plantas bifurcadas e localização da bifurcação, também relacionadas a intensidade de injúrias, apresentaram dependência espacial fraca e moderada respectivamente (Figuras 5 e 6). Ataques de *M. sojae* nos 30 dias iniciais de desenvolvimento pode resultar na morte de trifólios e plântulas devido a produção de galerias no interior da haste principal. Além disso, podem resultar na morte do ponto de crescimento das plantas em diferentes alturas (entrenós), resultando na emissão de ramificações laterais em maior número (Gangrade Kogan, 1970). Esse dano se distribuiu de forma agregada na lavoura com variações de 0% a 80% de plantas. O resultados para a localização da bifurcação apresentou variação da distribuição das médias de forma similar aos da distribuição do percentual de plantas bifurcadas, onde, nos locais com maior incidência de plantas bifurcadas, predominou a bifurcação nos entrenós basais, o que indica incidência de dano mais precoce, dessa forma, a infestação nos primeiros dias de cultivo apresentam maior possibilidade de resultar na morte do meristema apical da planta.

Figura 5 Semivariogramas do número de plantas bifurcadas em decorrência do ataque de *M. sojae* (A) e entrenó de localização da bifurcação (B), para o gride de 70 x 70 metros. Santa Rosa del Monday, Alto Paraná, Paraguai. 2015.

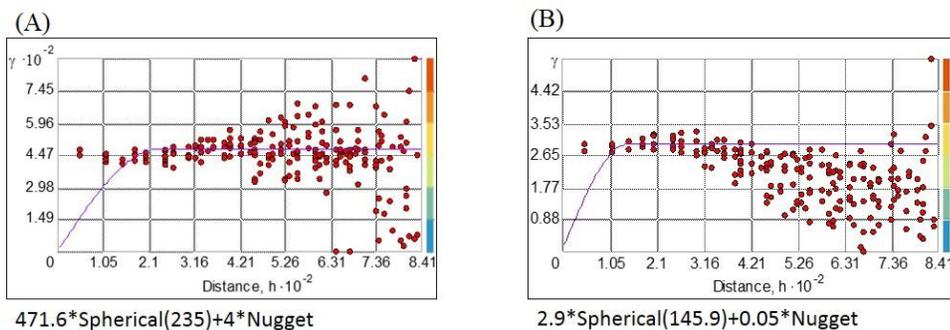
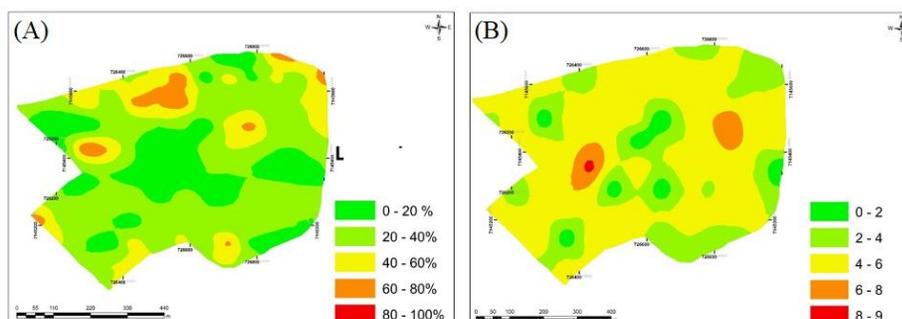


Figura 6 Mapa da distribuição espacial do número de plantas bifurcadas em decorrência do ataque de *M. sojae* (A), entrenó da ocorrência da bifurcação (B) em plantas de soja, decorrentes da krigagem ordinária, com gride de 70 x 70m, Santa Rosa del Monday, Alto Paraná, Paraguai. 2015.



O número total de orifícios de saída e sua estratificação em orifício de saída localizado abaixo do entrenó cotiledonar e acima da entrenó cotiledonar não apresentaram modelo matemático ajustável, ou seja, apresentam distribuição espacial aleatória, efeito pepita puro (Figuras 7 e 8). Dessa forma, a geoestatística não consegue descrever ou prever o padrão de ocorrência dessa variável, sendo atribuída ao acaso.

A localização do orifício de saída é um indicativo da época de ocorrência de *M. sojae* em relação ao estágio fenológico da cultura, sendo os orifícios de saída localizados abaixo do entrenó cotiledonar (entrenó número 0) atribuídas a incidências mais precoces da mosca da haste e conseqüentemente mais impactantes na redução da produtividade (Van Den Berg et al., 1998).

Figura 7 Semivariogramas do número total de orifícios de saída (A), orifícios de saída localizados abaixo do nó cotiledonar (B), orifícios de saída localizados acima do nó

cotiledonar (C) para o gride de 70 x 70 metros. Santa Rosa del Monday, Alto Paraná, Paraguai. 2015.

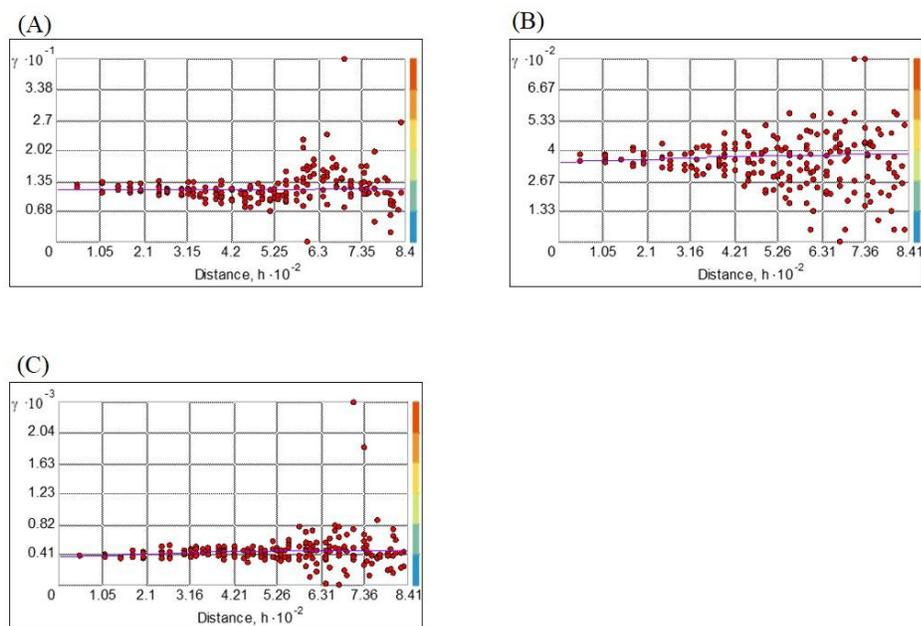
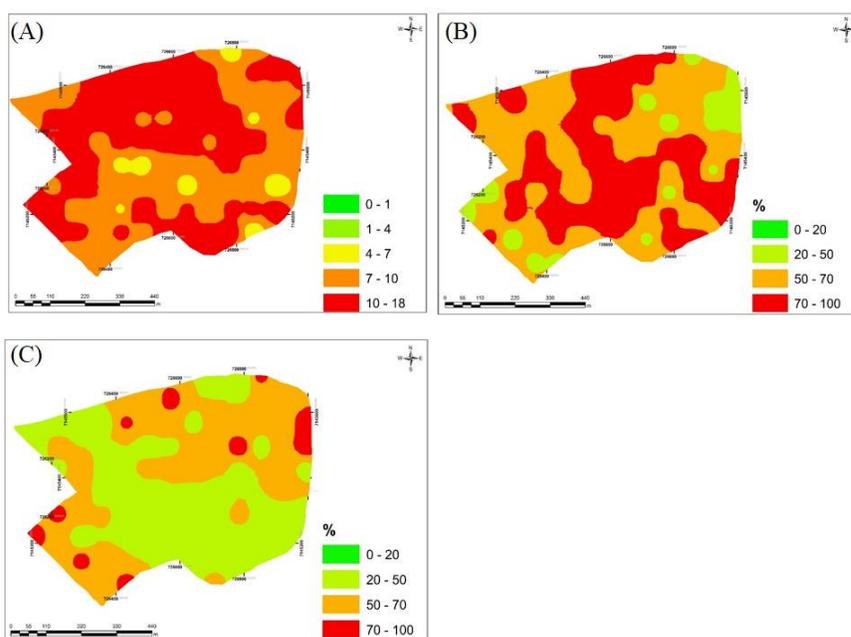


Figura 8 Mapa da distribuição espacial número total de orifícios de saída (A), orifícios de saída localizados abaixo do entrenó cotiledonar (B), orifícios de saída localizados acima do entrenó cotiledonar (C) em plantas de soja, decorrentes da krigagem ordinária, com gride de 70 x 70m, Santa Rosa del Monday, Alto Paraná, Paraguai. 2015.



Dentre as variáveis relacionadas ao desenvolvimento da planta, altura, número de hastes secundárias, número de nós e diâmetro da haste, somente a variável número de hastes secundárias apresentou dependência espacial e conseqüentemente distribuição agregada (Figuras 9 e 10). Isso se justifica, pela intensa ocorrência de plantas bifurcadas decorrentes do severo ataque de *M. sojae* que resultou na morte do meristema apical nas fases iniciais de desenvolvimento da planta e, como forma de compensação, as plantas emitiram maior número de ramificações laterais (Talekar e Chen, 1985; Gangrade e Kogan, 1970).

As demais variáveis apresentaram distribuição espacial classificada como aleatória, não havendo dependência espacial e influência do ataque de *M. sojae*. Talekar (1989), comparando cultivos de soja sob efeito de foto período natural de curta duração na condição de cultivo tardio, equivalente a safrinha do Paraguai, com plantas sob fotoperíodo artificial, equivalente ao cultivo de safra, constatou redução significativa na área foliar e massa seca da haste e grãos decorrentes do ataque de *M. sojae* no cultivo com fotoperíodo reduzido. Entretanto, sob condições de fotoperíodo prolongado, equivalente a condição em que se desenvolveu a lavoura de soja analisada, o ataque de *M. sojae* não apresentou influência sobre nenhuma das variáveis analisadas. Isso se deve ao fato de as plantas disponibilizarem maior recurso de luminosidade e apresentarem ciclo maior permitindo maior acúmulo de carboidratos, compensando os efeitos adversos da do ataque da mosca-da-haste da soja.

Figura 9 Semivariogramas da distribuição espacial de altura de plantas (A), número de hastes secundárias (B), diâmetro da haste (C) e número de nós na haste principal (D) para o gride de 70 x 70 metros. Santa Rosa del Monday, Alto Parana, Paraguai. 2015.

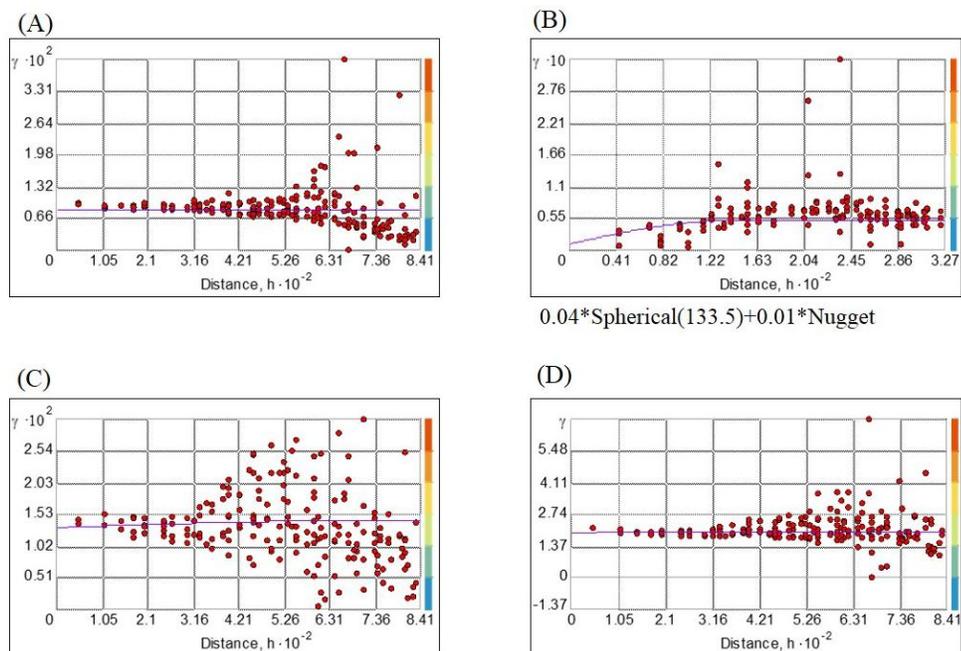
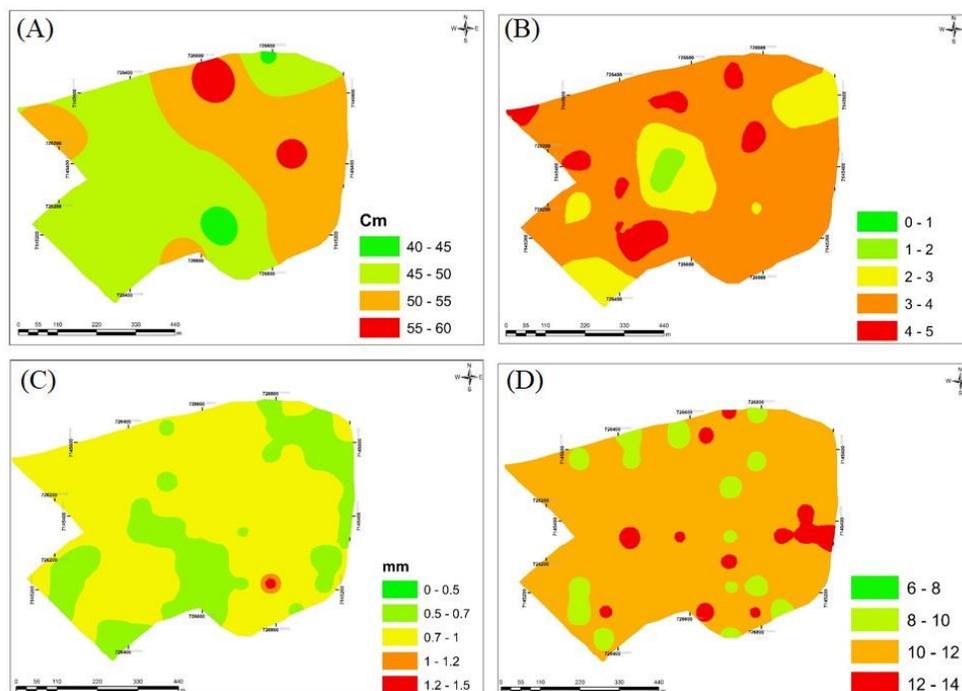


Figura 10 Mapa da distribuição espacial da altura de plantas (A), número de hastes secundárias (B), diâmetro de hastes (C) e número médio de entrenós (D) em plantas de soja, decorrentes da krigagem ordinária, com gride de 70 x 70m, Santa Rosa del Monday, Alto Paraná, Paraguai. 2015.



É imprescindível a continuidade do estudo da distribuição de *M. sojae* em lavouras de soja, buscando melhor caracterizar, a relação entre a distribuição da praga e injúrias e o impacto sobre a produtividade e sua ocorrência em relação as fases da cultura. A frequência de monitoramento necessária para fornecer bases para a tomada de decisão do manejo em tempo hábil precisa ser determinada. A melhor caracterização desses aspectos, proporcionarão mais informações para o manejo dessa praga, além de possibilitarem a realização de ações de manejo de forma localizada, tendo em vista o padrão de distribuição agregado da praga.

O trabalho demonstrou a viabilidade do uso da geoestatística na caracterização da distribuição espacial de *M. sojae*. O mapeamento da ocorrência de *M. sojae* e suas injurias em plantas de soja caracterizados pelos semivariogramas e mapas gerados, são fundamentais para elaboração e execução de programas de amostragem e de seu correto manejo.

4.4 CONCLUSÃO

A distribuição espacial do número de pupários vazios, vivos e total, de larvas, plantas atacadas, hastes secundárias e localização da bifurcação referendadas pela dependência espacial forte, o comprimento de galerias e localização final de galerias referendadas pela dependência espacial moderada, e o número de plantas bifurcadas referendada pela dependência espacial fraca, é do tipo agregada e está associada a ocorrência *M. sojae*. A altura de plantas, diâmetro da haste, número de orifícios de saída localizados abaixo e acima do entrenó cotiledonar e total de orifícios de saída não apresentam dependência espacial e sua distribuição espacial é aleatória, não associados a ocorrência de *M. sojae*. Grides amostrais de 70x70m são apropriados para a caracterizar a distribuição das injurias e espécimes de *M. sojae* em lavoura de soja. São necessários um ponto amostral por hectare para estimar a densidade de larvas, pupas de *M. sojae* e plantas atacadas em uma lavoura.

4.5 REFERENCIAS

Aita, V, Magano DA, Machado MRR, Guedes JVC (2015) Manejo de lagartas na cultura da soja com aplicação de controle localizado. *Interciencia*. 40(11): 784-788.

Alves M, Pozza EA, Da Silva FM, Moraes JC, De Oliveira MS, De Souza ZM, De Figueiredo CAP (2005) Análise geoestatística da variabilidade especial da Broca-do-Café (*Hypothenemus hampei*) (Coleoptera: Scolytidae) e da Cercosporiose (*Cercospora coffeicola*: Scolytidae) do Cafeeiro (*Coffea arábica* L.). In: CONGRESSO

BRASILEIRO DE AGROINFORMÁTICA, 5.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO NO AGRONEGÓCIO COOPERATIVO, 2., 2005, Londrina. Anais....: SBI-AGRO, 2005. 1 CD-ROM.

- Arnemann JA, Walsh T, Gordon K, Brier H, Guedes JVC, Tay WT (2016) Complete mitochondrial genome of the soybean stem fly *Melanagromyza sojae* (Diptera: Agromyzidae). Mitochondrial DNA (Accepted 09-Sept-2015, In press).
- Benítez-Díaz EA (2015) *Melanagromyza* sp. (Diptera: Agromyzidae) mosca barrenadora del tallo en soja. *SENAVE*, Circular Técnica 7, 1pp.
- Cambardella CA, Moorman TB, Novak JM, Parkin TB, Karlen DL, Turco RF, Konopka AE (1994) Field scale variability of soil properties in Central Iowa soils. *Soil Science Society of America Journal*. 58(5) 1-1.501.
- Dal Prá E, Guedes JVC, Cherman MA, Jung AH, Da Silva SJ, Ribas GG (2011) Uso da geoestatística para caracterização da distribuição espacial de larvas de *Diloboderus abderus*. *Ciência Rural*. 41(10): 1689-1694.
- ESRI (2004) *Redlands: Environmental Systems Research Institute*. ArcGIS.
- Farias PRS, Roberto SR, Lopes JRS, Perecin D (2004) Geostatistical characterization of the spatial distribution of *Xylella fastidiosa* sharpshooter vector on citrus. *Neotropical Entomology*. 33(1): 13-20.
- Gangadre GA, Kogan M (1980) Sampling stem flies in soybeans. Section VI. P. 394-403.
- Gassen DK, Schneider S (1985) Ocorrência de *Melanagromyza* sp. (Dip. Agromyzidae) danificando soja no sul do Brasil. In: Reunião de Pesquisa da Soja da Região Sul, 13, 1985, Porto Alegre. Soja: resultados de pesquisa 1984-85. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT 108-109.
- Gyawali BK (2002) Tunnel Length as an Indicator of Feeding Damage in Soybean due to Bean Fly, *Melanagromyza sojae* (Zehntner) (Diptera : Agromyzidae) Nepal Journal of Science and Technology 4 51-65.
- Guedes JVC, Curioletti LE, Beche M, Arnemann JA (2015) Mosca-da-haste. *Cultivar Grandes Culturas*. 197 28-31.

- Guedes, JVC, Maziero H (2011) Tecnologia de aplicação de inseticidas. In: Antuniassi, U.R.; Boller, W. Org. Tecnologia de aplicação para culturas anuais. Passo Fundo: Aldeia Norte; *FEPAF*. 241-251, 2011.
- Jadhav SN, Krishna L, Patil RH, Basavaraj GT, Kataraki PA (2013) Assessment of crop loss estimation due to stem fly *Melanagromyza sojae* in soybean eco system. *J. Exp. Zool. India*. 16(1): 221–228.
- Link D, Hatschbach M, Link FM (2008) Mosca da haste da soja: ocorrência e danos. In: XXXVII Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul, Porto Alegre-RS.
- Nakano O (2011) Entomologia Econômica. Piracicaba: ESALQ/USP. 2 ed. 464p.
- Park YL, Tollefson JJ (2005) Characterization of the spatial dispersion of corn root injury by corn rootworms (Coleoptera: Chrysomelidae). *Journal of Economic Entomology*. 98(2): 378-383.
- Riffel CT, Garcia MS, Santi AL, Basso CJ, Flora LPD, Cherubin MR, Eitelwein MT (2012) Densidade amostral aplicada ao monitoramento georreferenciado de lagartas desfolhadoras na cultura da soja. *Ciência Rural*. 42: 2112-2119.
- Singh OP, Singh KJ (1990) Seasonal incidence and damage of *Melanagromyza sojae* (Zehnt.) on soybean. *Indian Journal of Plant Protection*. 18: 271-275.
- Talekar NS, Chen BS (1985) The beanfly pest complex of tropical soybean. In Soybean in tropical and subtropical cropping systems. *Asian Vegetable Research and Development Center*. 257-271.
- Valeriano MM, Prado H (2001) Técnicas de geoprocessamento e de amostragem para o mapeamento de atributos anisotrópicos do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 25: 997-1005.
- Van Den Berg H, Ankasah D, Hassan K, Muhammad A, Widayanto HA, Wirasto HB, Yully I. (1995). Soybean stem fly, *Melanagromyza sojae* (Diptera: Agromyzidae), on Sumatra: Seasonal incidence and the role of parasitism. *International Journal of Pest Management* 41: 127-133.

- Van Den Berg H, Shepard B, Nasikin BM (1998) Response of Soybean to Attack by Stemfly *Melanagromyza sojae* in Farmer's Fields in Indonesia Author(s): Source: *Journal of Applied Ecology*, 35(4) 514-522.
- Varella CAA, Sena DG (2008) Estudos do interpolador IDW para utilização em Agricultura de Precisão, Princípios em Agricultura de Precisão. Rio de Janeiro: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 26 p.

5 ARTIGO 3

Métodos de controle de *Melanagromyza sojae* (Diptera: Agromyzidae) em soja

RESUMO

A ocorrência de *Melanagromyza sojae*, sua distribuição e a intensidade dos danos causados à soja no Brasil e no Paraguai indicam a necessidade de informações sobre o efeito de inseticidas e formas de aplicação para seu controle. Foram realizados dois experimentos para avaliar o controle de *M. sojae* utilizando inseticidas químicos, experimento 1; em esquema fatorial 2x12 foram testados 12 inseticidas aplicados na semeadura em tratamento de sementes (TS) ou aplicação no sulco de semeadura (SS), combinando com a presença e ausência de pulverizações aéreas de inseticidas aos 18 e 28 dias após a emergência - DAE. No experimento 2, foram testados 17 tratamentos com inseticidas aplicados exclusivamente em pulverização de aérea aos 10 e 22 DAE. A eficiência foi avaliada aos 22, 28 e 38 DAE no experimento 1 e aos 22 e 38 DAE no experimento 2, sendo contados o número de larvas, pupas, plantas atacadas e comprimento de galeria; e calculada a eficiência de controle por Abbott (1925). As variáveis do experimento 1 não apresentaram interação entre os tratamentos com e sem aplicação aérea de inseticidas. Clorantniliprole (1,25 g kg semente), apresentou a melhor eficiência de controle (95%) aos 22 DAE. Imidacloprido + Bifentrina (0,66 + 0,54 g kg⁻¹ semente), Fipronil (0,5 g kg⁻¹ semente) e Imidacloprido (1,2 g kg⁻¹ de semente) via TS e Tiametoxam (125 g ha⁻¹) via SS, apresentaram controle de 70, 66, 62 e 54%, respectivamente. As combinações de inseticidas aplicados via (TS) Fipronil (0,5 g kg⁻¹ semente); Cyantraniliprole (0,625 g kg semente) e (SS) Tiametoxan (125 g ha⁻¹) com suas respectivas pulverizações aéreas resultaram nas melhores índices de controle aos 28 DAE, 52 e 48% respectivamente. Aos 38 DAE, o controle foi inferior a 15% em todos os tratamentos. No experimento 2, Clorpirifós (480 g ha⁻¹) e Tiametoxan + Lambdacialotrina (32,25 + 26,5 g ha⁻¹) apresentaram eficiência de controle de 62%, Tiodicarbe (56 g ha⁻¹), Imidacloprido + Betaciflutrina (100 + 12,5 g ha⁻¹) e Bifentrina (15 g ha⁻¹), 58 e 54%, respectivamente aos 22 DAE e foram os mais eficientes no controle. Aos 38 DAE, a eficiência de controle de Clorpirifós (480 g ha⁻¹) foi 41%. Os inseticidas e formas de aplicação mostraram dificuldades de controle da praga em soja sugerindo a necessidade de mais pesquisas.

Palavras-chave: Mosca-da-haste, praga invasiva, controle químico, *Glycine max*.

Control methods of *Melanagromyza sojae* (Diptera: Agromyzidae) on soybean fields

ABSTRACT

The occurrence, wide distribution and intensity of damages of *Melanagromyza sojae* in soybeans in Brazil and Paraguay, indicates the necessity of information about the effect of insecticides and application forms to its management. Were carried two experiments, experiment 1; in factorial scheme 2x12, were tested 12 insecticides applied at sowing as seed dressing (SD) or in the crop row (CR), combined with the presence and absence of aerial spraying of insecticides at 18 and 28 days after emergence - DAE. In experiment 2, 17 treatments of insecticides were aerial sprayed at 10 and 22 DAE. Efficiency was assessed at 22, 28 and 38 DAE in experiment 1 and at 22 and 38 DAE in experiment 2, were counted the larvae and pupae number, attacked plants and length of galleries, and calculated control efficiency by Abbott (1925). The variables of experiment 1 showed no interaction between treatments with and without aerial spraying of insecticides. Cloranthraniliprole (1.25 g kg⁻¹ seed), achieved the best control efficiency (95%) at 22 DAE. Imidacloprido + Bifentrina (0.66 + 0.54 g kg⁻¹ seed), Fipronil (0.5 g kg⁻¹ seed) and Imidacloprido (1.2 g kg⁻¹ seed) applied as SD and Thiamethoxam (125 g ha⁻¹) as CR, 70, 66, 62 and 54%, respectively, of *M. sojae* control efficiency. The combination of insecticides applied via SD Fipronil (0.5 g kg⁻¹ seed); Cyantraniliprole (0.625 g kg⁻¹ seed) and CR Thiamethoxam (125 g ha⁻¹) with the respective aerial spraying treatment resulted the highest control efficiencies at 28 DAE, 52 and 48%, respectively. At 38 DAE, the control efficiency was bellow 15% in all treatments. In experiment 2, Chlorpyrifós (480 g ha⁻¹) and Thiamethoxam + Lambda-cyhalothrin (32.25 + 26.5 g ha⁻¹) had control efficiency of 62% at 22 DAE and Tiodicarbe (56 g ha⁻¹), Imidacloprido + Betacyfluthrin (100 + 12.5 g ha⁻¹) and Bifentrina (15 g ha⁻¹), 58 and 54%, respectively, and were the most efficient treatments in controlling *M. sojae*. At 38 DAE, Chlorpyrifós (480 g ha⁻¹) control efficiency was 41% and Thiamethoxam (52 g ha⁻¹) 20%. Overall, the insecticides and methods of application had difficulties in controlling *M. sojae*.

Key words: Soybean stem fly, invasive plague, pest control, *Glycine max*.

5.1 INTRODUÇÃO

A mosca-da-haste da soja, *Melanagromyza sojae* (Diptera: Agromyzidae), ocorre em diversas regiões do planeta (Dempewolf, 2004), sendo considerada uma das principais espécies praga da cultura da soja em partes da Rússia (Strakhova et al., 2013), da China (Wang et al., 2001), da Índia e do Nepal (Thapa, 2012); e da Indonésia (Van Den Berg et al., 1995). Nas Américas, *M. sojae* já era classificada como potencial praga da cultura da soja no Brasil em 2012 (Hirose e Moscardi, 2012), e sua presença foi recentemente confirmada em plantas de soja no Sul do Brasil (Arnemann et al. 2016) e no Paraguai (Curioletti et al. 2016, Artigo 1).

Os danos causados pelo ataque de *M. sojae* na cultura da soja são provocados pelas larvas que se alimentam no interior do limbo foliar, dos pecíolos e das hastes das plantas, produzindo galerias que reduzem a produtividade (Van Den Ber et al., 1998). Essa redução pode variar de 2 a 40%, dependendo da intensidade e da época da injúria em relação ao estágio fenológico da cultura. Os estágios iniciais, principalmente as primeiras quatro semanas de cultivo, são os mais suscetíveis (Jadhav et al., 2013 (a); Van Den Berg et al., 1998; Talekar e Chen, 1985).

Nos países onde a presença de *M. sojae* é endêmica, as populações da mosca-da-haste são controladas naturalmente por (i) parasitoides (Talekar, 1990; Van Den Berg et al., 1995), (ii) variedades tolerantes ao ataque de *M. sojae* (Chiang e Norris, 1983; Talekar e Chen, 1985; Wang, 2001; Savajii 2006; Trimohan e Debjani, 2012); (iii) semeadura em épocas de menor intensidade de ocorrência de ataques ou que a planta apresenta maior capacidade de superar as injúrias (Talekar, 1989; Jadhav et al., 2013(a)), (iv) aumento da fertilização do solo (Van Der Goot, 1930; Girish et al., 2009; Jadhav et al., 2013(b)); (v) inseticidas aplicados na semeadura, em parte aérea e a combinação dos métodos (Lee, 1962; Talekar et al., 1985; Abdullah, 2001; Debjani et al., 2008; Kumar et al, 2009(a); Kumar et al, 2009(b);Khandhwe et al., 2011; Jadhav et al., 2013(a)).

O uso de inseticidas é atualmente a principal tática de controle adotada para o manejo da mosca-da-haste da soja. Inseticidas são utilizados na semeadura (e.g., grânulos, inseticida na forma líquida ou tratamento de sementes) e pulverizados na parte aérea das plantas de soja, havendo também a combinação dos dois métodos (Talekar e Chen, 1985; Abdullah et al., 2001; Kumar et al., 2009 (b); Adak 2012; Jadhav et al., 2013). O manejo de *M. sojae* com

inseticidas resulta em maior índice de área foliar, número de nódulos fixadores de N, matéria fresca e seca de plantas e maior produtividade em decorrência do maior número de vagens e grãos por vagens (Talekar, 1989). Entretanto, informações sobre quais inseticidas têm potencial de controle de *M. sojae* em soja e suas formas de aplicação, são limitadas e inexistentes nos países que cultivam a soja no Cone Sul, como o Brasil e o Paraguai.

O trabalho foi dividido em dois experimentos: experimento 1 com objetivo de avaliar o efeito de combinações de inseticidas aplicados em semeadura (tratamento de sementes e no sulco) e em aplicações foliares, no controle em *M. sojae*. Experimento 2; com objetivo de avaliar o efeito de inseticidas aplicados na fase inicial de desenvolvimento da soja (somente em pulverização de parte aérea) no controle de *M. sojae*.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados em San Cristobal (25° 59' 56,02''S / 55° 45' 54,97''O), Alto Paraná, Paraguay, na safra 2015/16. A semeadura da cultivar de soja TMG 7262 RR INOX, no espaçamento entre linhas de 0,4 m e densidade de 15 sementes por metro. Foram aplicados na semeadura 250 kg de nitrogênio, fósforo e potássio (NPK) 0-20-20. O manejo de plantas daninhas foi realizado em pré plantio e no estádio V4, com aplicação de 1040 g de equivalente ácido ha⁻¹ de glifosato. As sementes foram tratadas com fludioxonil e metalaxil-M (1,25 e 0,5 g kg⁻¹ de sementes) e até o momento foi realizada uma aplicação de fungicida azoxystrobin e ciproconazole (60 + 24 g ha⁻¹) no estádio V7.

5.2.1 Experimento 1: inseticidas aplicados no tratamento de sementes e sulco de semeadura, combinados com pulverizações aéreas.

Foram aplicados inseticidas via tratamento de sementes (TS) ou diretamente no sulco de semeadura (SS) pulverizados com jato dirigido ou pela distribuição de grânulos, combinados com programas inseticidas aplicados em parte aérea aos 17 e 27 dias após a emergência (DAE). O TS foi realizado aplicando os inseticidas sobre as sementes dentro de um saco plástico transparente e posteriormente agitadas vigorosamente por 2 minutos para o recobrimento das mesmas pelo inseticida. A aplicação de inseticidas na forma líquida no sulco de semeadura foi realizada imediatamente após a semeadura, com pulverizador costal de pesquisa pressurizado a CO₂, com ponta de pulverização XR 110 015 a 15 cm do solo e com volume de calda de 100 L ha⁻¹. Os inseticidas aplicados no sulco na forma de grânulos foram

distribuídos manualmente na sulco de plantio imediatamente após a semeadura e recobertos com fina camada de solo. A aplicação dos inseticidas na parte aérea da planta, para ambos experimentos, foi realizada utilizando-se pulverizador costal de pesquisa propelido a CO₂, com ponta de pulverização XR 110 015 e volume de calda de 150 L ha⁻¹.

O delineamento utilizado foi blocos ao acaso com quatro repetições, parcelas de 2 m x 5 m (largura x comprimento), em esquema bifatorial 2 x 12. O fator A foi constituído por dois níveis: (1) sem pulverização de inseticidas em parte aérea e (2) com inseticidas aplicados em pulverização aérea. O fator D foi constituído por 12 níveis, formados pela combinação dos inseticidas aplicados na semeadura (tratamentos de sementes e no sulco) mais os inseticidas pulverizados em parte aérea na primeira e na segunda data (Tabela 1).

As avaliações do efeito dos inseticidas sobre *M. sojae* foram realizadas aos 22, 28 e 38 DAE. Para as avaliações foram coletadas 10 plantas da linha central de cada parcela, separadas as raízes da parte aérea e a haste principal aberta longitudinalmente, para registro do: (1) número de larvas; (2) número de pupas; (3) número de plantas atacadas (4) comprimento da galeria (do início até o término da galeria). Na avaliação de 22 DAE foram avaliadas somente as parcelas com inseticidas aplicados no TS.

Os dados foram submetidos a análise estatística pelo programa ASSISTAT 7.7 (2016), e as médias comparadas pelo teste Skott-Knott. A eficiência de controle dos tratamentos calculada pela equação de Abbott (1925) para a variável o número de plantas atacadas.

5.2.2. Experimento 2: inseticidas aplicados em pulverizações aéreas.

Foram pulverizados inseticidas para o controle de mosca-da-haste da soja em parte aérea de soja, semeada sem uso de inseticidas em TS. O delineamento utilizado foi blocos ao acaso, com quatro repetições. As pulverizações foram realizadas aos 10 e 22 dias após a emergência da soja, nos estádios de desenvolvimento de V1 e V3, respectivamente (Tabela 2).

As avaliações foram realizadas aos 22 e 38 DAE, adotando os mesmos procedimentos para amostragem, avaliação de plantas e análise dos resultados, descritos no experimento 1.

Tabela 1. Inseticidas aplicados na semeadura na forma de tratamento de sementes e a combinação de inseticidas pulverizados em parte aérea aos 18 e 28 DAE para o controle de *Melanagromyza sojae* em soja. San Cristobal, Alto Paraná, Paraguai. Safra 2015/16.

	Aplicação no solo na semeadura		Aplicação aos 18 DAE		Aplicação aos 28 DAE	
	Inseticida	g/ha	Inseticida	g/ha	Inseticida	g/ha
T1	Imidacloprido*	48	Flubendiamida	33,6	Imidacloprido + Beta-ciflutrinaa	100 + 12,5
T2	Tiametoxam*	42	Clorantraniliprole + Lambdacialotrina	7,5 + 3,75	Tiametoxan + Lambdacialotrina	32,25 + 26,5
T3	Fipronil*	20	Clorfenapir	240	Acetamiprido + Alfacipermetrina	40 + 80
T4	Clorantraniliprole*	48	Indoxacarbe	60	Clorantraniliprole	10
T5	Imidacloprido + Tiodicarbe*	42 + 126	Flubendiamida	33,6	Imidacloprido + Beta-ciflutrina	100 + 12,5
T6	Cyantraniliprole*	25	Clorantraniliprole + Lambdacialotrina	7,5 + 3,75	Tiametoxan + Lambdacialotrina	32,25 + 26,5
T7	Imidacloprido + Bifentrina*	21,6+ 26,4	Carbosulfano + Bifentrina	90 + 30	Carbosulfano + Bifentrina	90 + 30
T8	Carbosulfano**	400	Clorantraniliprole	30	Acefato	780
T9	Clorpirifós**	1200	Metomil	226	Clorpirifós	480
T10	Cadusafos**	800	Carbosulfano + Bifentrina	90 + 30	Carbosulfano + Bifentrina	90 + 30
T11	Cadusafos***	800	Carbosulfano + Bifentrina	90 + 30	Carbosulfano + Bifentrina	90 + 30
T12	Tiametoxan*	125	Clorantraniliprole + Lambdacialotrina	7,5 + 3,75	Tiametoxan + Lambdacialotrina	32,25 + 26,5
T13	Testemunha	-	-	-	-	-

* Inseticidas aplicados no tratamento de sementes

** Inseticidas líquidos pulverizados no sulco de semeadura

*** Inseticida granulado distribuído no sulco de semeadura

Tabela 2. Inseticidas foliares aplicados aos 10 e 22 DAE para o controle de *Melanagromyza sojae* em soja. San Cristobal, Alto Paraná, Paraguai. Safra 2015/16.

Tratamento	Aplicação aos 10 DAE		Aplicação aos 22 DAE	
	Inseticida	g/ha	Inseticide	g/ha
T1	Clorraniliprole	10	Clorraniliprole	10
T2	Flubendiamida	33,6	Flubendiamida	33,6
T3	Clorraniliprole + Lambdacialotrina	7,5 + 3,75	Clorraniliprole + Lambdacialotrina	7,5 + 3,75
T4	Tiodicarbe	56	Tiodicarbe	56
T5	Metomil	215	Metomil	215
T6	Clorpirifós	480	Clorpirifós	480
T7	Acefato	750	Acefato	750
T8	Clorfenapir	240	Clorfenapir	240
T9	Indoxacarbe	400	Indoxacarbe	400
T10	Benzoato de Emamectina	5	Benzoato de Emamectina	5
T11	Bifentrina	15	Bifentrina	15
T12	Tiametoxan	52	Tiametoxan	52
T13	Imidacloprido	175	Imidacloprido	175
T14	Tiametoxan + Lambdacialotrina	32,25 + 26,5	Tiametoxan + Lambdacialotrina	32,25 + 26,5
T15	Imidacloprido + Beta-ciflutrina	100 + 12,5	Imidacloprido + Beta-ciflutrina	100 + 12,5
T16	Carbosulfano + Bifentrina	90 + 30	Carbosulfano + Bifentrina	90 + 30
T17	Testemunha		Testemunha	

5.3 RESULTADOS

5.3.1 Experimento 1: inseticidas aplicados no tratamento de sementes, sulco de semeadura, combinados com pulverizações aéreas.

O número médio de plantas atacadas variou de 0,25 a 6,00, do total de 10 plantas avaliadas por parcela (Tabela 2). O tratamento com Clorantraniliprole (1,25 g kg semente) diferiu dos demais tratamentos, obtendo os melhores resultados no controle de mosca-da-haste da soja, com eficiência de 95,83%. Os tratamentos com Fipronil (0,5 g kg⁻¹ semente), Imidacloprido + Bifentrina (0,66 + 0,54 g kg⁻¹ semente), Imidacloprido (1,2 g kg⁻¹ de semente), e Tiametoxan (125 g ha⁻¹) diferiram dos demais tratamentos e controle de 70,83%, 66,67%, 62,50% e 54,17%, respectivamente, de *M. sojae*. O comprimento de galerias das galerias causadas pelas larvas não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos avaliados.

Para o número médio de pupas, os tratamentos com Tiametoxan (1,05 g kg⁻¹ semente), Fipronil (0,5 g kg⁻¹ semente), Clorantraniliprole (1,25 g kg semente), Cyantraniliprole (0,625 g kg semente) e Imidacloprido + Bifentrina (0,66 + 0,54 g kg⁻¹ semente) apresentaram as menores médias e diferiram dos demais tratamentos. O número médio de larvas nos tratamentos com inseticidas variou entre 0,00 e 1,00, não diferiu entre os tratamentos, mas diferiram da Testemunha, com 2,50 larvas, demonstrando o efeito destes tratamentos sobre a mosca-da-haste da soja.

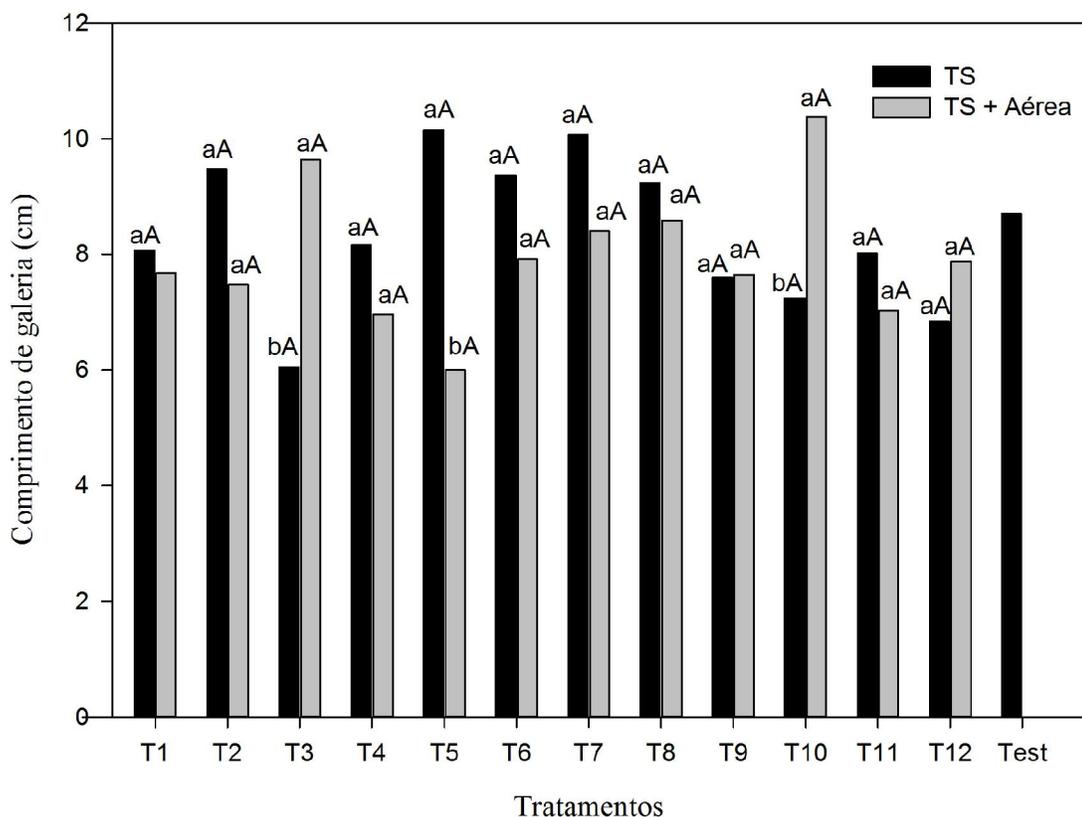
Tabela 3 Efeito de inseticidas aplicados no tratamento de sementes e sulco de semeadura no número de plantas atacadas (P.A.), eficiência de controle (E %), comprimento de galeria (C.G.), número de pupas e número de larvas de *Melanagromyza sojae*, em soja aos 22 DAE. San Cristobal, Alto Paraná, Paraguai. Safra 2015/16.

Tratamentos	Dose g.ha ⁻¹	P. A ¹	E(%)	C. G. (cm)	N.pupas ¹	N. larvas ¹
1. Imidacloprido*	48	2,25 b	62,50	5,33 a	0,75 a	0,25 b
2. Tiametoxan*	42	3,25 a	45,83	4,23 a	0,50 b	1,00 b
3. Fipronil*	20	2,00 b	66,67	4,70 a	0,25 b	0,75 b
4. Clorantniliprole*	48	0,25 c	95,83	1,25 a	0,00 b	0,00 b
5. Imidacloprido + Tiodicarbe*	42 + 126	3,75 a	37,50	6,97 a	1,00 a	0,75 b
6. Cyantraniliprole*	25	3,50 a	41,67	5,69 a	0,50 b	0,75 b
7. Imidacloprido + Bifentrina*	21,6+ 26,4	1,75 b	70,83	6,64 a	0,00 b	0,50 b
8. Carbosulfano**	400	3,75 a	37,50	8,61 a	1,25 a	0,25 b
9. Clorpirifós**	1200	4,00 a	33,33	5,57 a	1,25 a	1,00 b
10. Cadusafós**	800	3,50 a	41,67	6,59 a	1,25 a	0,50 b
11. Cadusafós***	800	4,00 a	33,33	7,03 a	2,00 a	0,75 b
12. Tiametoxan*	125	2,75 b	54,17	7,04 a	1,25 a	0,50 b
13. Testemunha	-	6,00 a	0,00	7,29 a	2,25 a	2,50 a
CV(%)		24,10	-	26,60	34,16	37,14

¹Número médio em cada 10 plantas avaliadas. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Na avaliação de 28 DAE, o comprimento de galeria apresentou interação significativa entre os níveis do fator A, (1) TS e (2) TS + Pulverização aérea (Figura 1). No tratamento (T3) Imidacloprido + Tiodicarbe (1,05 + 3,15 g kg⁻¹ semente) + Flubendiamida (33 g ha⁻¹) + Imidacloprido + Betaciflutrina (100 + 12,5 g ha⁻¹), o comprimento de galeria para pulverização aérea de inseticidas foi menor e diferiu dos valores sem pulverização aérea, com valores de 6,00 e 10,15 cm respectivamente, demonstrando o efeito complementar de controle pela pulverização em parte aérea de inseticidas em relação a parcela somente com TS. Nos tratamentos (T3) Fipronil (0,5 g kg⁻¹ semente) + Clorfenapir (240 g ha⁻¹) + Acetamiprido + Alfacipermetrina (40 + 80 g ha⁻¹) e (T10) Cadusafós (800 g ha⁻¹) + Bifentrina e Carbosulfano (30 + 90 g ha⁻¹) + Bifentrina e Carbosulfano (30 + 90 g ha⁻¹), os tratamentos sem aplicação de inseticidas em parte aérea, foram menores em relação aos tratamentos com pulverização, apresentando valores de 6,05 e 9,64 cm e 7,24 e 10,38 cm para os respectivos tratamentos, resultado contrário do esperado, incremento de controle por essas pulverizações.

Figura 1 Efeito de inseticidas aplicados no tratamento de sementes e no sulco de semeadura, combinados com pulverizações aéreas, no comprimento galerias de *Melanagromyza sojae*, em plantas de soja. San Cristobal, Alto Paraná, Paraguai. Safra 2015/16



As demais variáveis avaliadas aos 28 DAE não apresentaram interação entre os níveis do fator A, ou seja, entre os tratamentos que receberam e não receberam pulverização de inseticidas via foliar. O número de plantas atacadas apresentou diferença entre os tratamentos com inseticidas, variando de 3,37 e 6,62 e para a média destes em relação a Testemunha, exceto para (8) Carbosulfano (400 g ha⁻¹) + Flubendiamida (10 g ha⁻¹) e (10) Cadusafós (800 g ha⁻¹) + Bifentrina e Carbosulfano (30 + 90 g ha⁻¹). As melhores eficiências de controle foram obtidas nos tratamentos (3) Fipronil (0,5 g kg⁻¹ semente) + Clorfenapir (240 g ha⁻¹) com 52% e em (6) Cyantraniliprole (0,625 g kg semente) + Clorantraniliprole e Lambdacialotrina (7,5 + 3,25 g ha⁻¹) e (12) Tiametoxan (125 g i.a/ ha⁻¹) + Clorantraniliprole e Lambdacialotrina (7,5 + 3,25 g ha⁻¹) que apresentaram 48,15% de controle. Os tratamentos (4) Clorantraniliprole (1,25 g kg semente) + Indoxacabee (60 g ha⁻¹) e (7) Imidacloprido + Bifentrina (0,66 + 0,54 g kg⁻¹ semente) + Bifentrina e Carbosulfano (30 + 90 g ha⁻¹) tiveram controle de 36,62% e (9) Clorpirifós (1200 g ha⁻¹) + Metomil (226 g ha⁻¹) e (10) Cadusafós

(800 g ha⁻¹) + Bifentrina e Carbosulfano (30 + 90 g ha⁻¹) de 34,62%. Nos demais tratamentos, o controle foi inferior a 30%.

O número de pupas nos tratamentos com inseticidas, variou de 0,12 a 1,37 e não apresentou diferença, entretanto, as médias dos tratamentos com inseticidas foram menores e diferiram da Testemunha (3,00). O número de larvas por amostra não apresentou diferença entre os tratamentos, os valores variaram entre 0,10 a 1,00 não diferindo entre os tratamentos com inseticidas nem em relação a testemunha.

Aos 38 DAE, para todas variáveis analisadas, não houve interação entre os níveis do fator A, parcelas com e sem aplicação de inseticidas via pulverização foliar. O número de plantas atacadas apresentou aumento significativo em relação a avaliação anterior, atingindo a totalidade de plantas no tratamento Testemunha, sendo superior a nove plantas atacadas em todos os tratamentos e não apresentando diferença entre os mesmos (Tabela 4). Apesar disso, no tratamento com (6) Cyantraniliprole (0,625 g kg semente) + Clorantraniliprole e Lambdacialotrina (7,5 + 3,25 g ha⁻¹) o número de plantas atacadas foi o mais baixo, 8,75 plantas.

A eficiência de controle de *M. sojae* nessa data de avaliação (38 DAE) foi muito baixa, sendo de 12,50% no tratamento (6) Cyantraniliprole (0,625 g kg semente) + Clorantraniliprole e Lambdacialotrina (7,5 + 3,25 g ha⁻¹) e de 10% em (2) Tiametoxan 1,05 g kg⁻¹ semente) + Clorantraniliprole e Lambdacialotrina (7,5 + 3,25 g ha⁻¹). Os demais tratamentos apresentaram controle inferior a 5%. O comprimento médio da galeria não apresentou diferença, entretanto, a média dos tratamentos com inseticida foi menor e diferiu da testemunha, mostrando que os inseticidas reduziram as injúrias da mosca-da-haste. Os valores variaram de 11,69 cm nos tratamentos (9) Clorpirifós (1200 g ha⁻¹) + Metomil (226 g ha⁻¹) até 17,38 cm no tratamento (10) Cadusafós (800 g ha⁻¹) + Bifentrina e Carbosulfano (30 + 90 g ha⁻¹), a média da Testemunha foi 18,81 cm.

O número de pupas não diferiu entre os tratamentos, com valor mínimo de 0,25 nos tratamentos (2) Tiametoxan (1,05 g kg⁻¹ semente) + Clorantraniliprole e Lambdacialotrina (7,5 + 3,25 g ha⁻¹) e máximo de 1,84 no tratamento (10) Cadusafós (800 g ha⁻¹) + Bifentrina e Carbosulfano (30 + 90 g ha⁻¹). Da mesma forma, o número de larvas não apresentou diferença e variou de 0,5 nos tratamentos (3) Fipronil (0,5 g kg⁻¹ semente) + Clorfenapir (240 g ha⁻¹) e (2) Tiametoxan (1,05 g kg⁻¹ semente) + Clorantraniliprole e Lambdacialotrina (7,5 + 3,25 g

ha⁻¹) a 3,00 no tratamento (13) Testemunha e (10) Cadusafós (800 g ha⁻¹) + Bifentrina e Carbosulfano (30 + 90 g ha⁻¹).

Tabela 4 Efeito de inseticidas aplicados no tratamento de sementes e aplicação no sulco e em pulverização aérea, no controle de *Melanagromyza sojae*, em soja. San Cristobal, Alto Paraná, Paraguai. Safra 2015/16

Tratamentos	28 DAE					38 DAE				
	Dose g.ha ⁻¹	P.A.	E (%)	Nº de Pupas ¹	Nº Larvas ¹	P. A. ¹	E (%)	G.L. (cm)	Nº de Pupas ¹	Nº Larvas ¹
1. Imidacloprido*	48	4,62b	28,92	0,87a	1,00a	9,25a	7,50	15,02a	0,59a	2,00a
2. Tiametoxan*	42	4,87b	25,08	1,37a	0,92a	9,00a	10,00	14,84a	0,25a	0,50a
3. Fipronil*	20	3,12b	52,00	0,65a	0,10a	9,75a	2,50	15,46a	1,32a	0,50a
4. Clorantniliprole*	48	4,12b	36,62	0,62a	0,12a	9,75a	2,50	15,61a	0,76a	2,00a
5. Imidacloprido + Tiodicarbe*	42 + 126	4,87b	25,08	1,12a	0,87a	9,50a	5,00	15,76a	0,75a	3,50a
6. Cyantraniliprole*	25	3,37b	48,15	1,00a	0,50a	8,75a	12,50	14,13a	1,45a	1,00a
7. Imidacloprido + Bifentrina*	21,6+ 26,4	4,12b	36,62	0,87a	0,65a	9,25a	7,50	13,69a	1,70a	1,00a
8. Carbosulfano**	400	6,62a	0,00	1,53a	1,03a	9,50a	5,00	15,65a	0,36a	2,00a
9. Clorpirifós**	1200	4,25b	34,62	1,37a	0,37a	9,50a	5,00	11,86a	1,06a	1,75a
10. Cadusafos**	800	4,25b	34,62	0,50a	0,50a	9,75a	2,50	17,38a	1,84a	3,00a
11. Cadusafos***	800	5,87a	9,69	0,87a	0,62a	10,00a	0,00	14,45a	0,34a	2,83a
12. Tiametoxan*	125	3,37b	48,15	0,12a	0,25a	10,00a	0,00	14,96a	0,94a	1,62a
13. Testemunha	-	6,50*	0,00	3,00*	0,50	10,00	0,00	18,81*	1,00	3,02
CV(%)		18,66		29,36	24,47	4,24		10,17	32,06	25,61

¹Número médio em cada 10 plantas avaliadas. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

5.3.2 Experimento 2: inseticidas aplicados em pulverizações aéreas.

Na avaliação aos 22 DAE, exceto para o tratamento Acefato (750 g ha^{-1}), o número de plantas atacadas pela mosca-da-haste da soja nos tratamentos com inseticidas foi menor em relação a testemunha. Os tratamentos Tiodicarbe (56 g ha^{-1}), Clorpirifós (480 g ha^{-1}), Clorfenapir (240 g ha^{-1}), Bifentrina (15 g ha^{-1}), Tiametoxan (52 g ha^{-1}), Imidacloprido (175 g ha^{-1}), Tiametoxan + Lambdacialotrina ($32,25 + 26,5 \text{ g ha}^{-1}$) e Imidacloprido + Betaciflutrina ($100 + 12,5 \text{ g ha}^{-1}$) apresentaram os menores danos, diferindo dos demais. A eficiência de controle foi de 62,5% nos tratamentos Clorpirifós (480 g ha^{-1}) e Tiametoxan + Lambdacialotrina ($32,25 + 26,5 \text{ g ha}^{-1}$), de 58,33% em Tiodicarbe (56 g ha^{-1}) e 54,17% nos tratamentos Bifentrina (15 g ha^{-1}) e Imidacloprido + Betaciflutrina ($100 + 12,5 \text{ g ha}^{-1}$), sendo esses os considerados os mais eficazes aos 22 DAE no controle de *M. sojae* em soja. O comprimento de galeria não apresentou diferença entre os tratamentos avaliados, os menores valores foram encontrados em Imidacloprido (175 g ha^{-1}), Tiametoxan + Lambdacialotrina ($32,25 + 26,5 \text{ g ha}^{-1}$) e Benzoato de Emamectina (5 g ha^{-1}) com 5,16 cm, 5,50 cm e 5,67cm respectivamente, na Testemunha o comprimento foi de 7,29cm.

O número de pupas não apresentou diferença entre os tratamentos, apesar de apresentar médias baixas de 0,5 pupas nos tratamentos (9) Indoxacabee (400 g ha^{-1}) e (12) Tiametoxan (52 g ha^{-1}) a até 2,25, resultado do controle das larvas no início da infestação. O número de larvas dos tratamentos (4) Tiodicarbe (56 g ha^{-1}), (6) Clorpirifós (480 g ha^{-1}), (10) Benzoato de Emamectina (5 g ha^{-1}), (11) Bifentrina (15 g ha^{-1}), (12) Tiametoxan (52 g ha^{-1}), (13) Imidacloprido (175 g ha^{-1}), (14) Tiametoxan + Lambdacialotrina ($32,25 + 26,5 \text{ g ha}^{-1}$) e (15) Imidacloprido + Betaciflutrina ($100 + 12,5 \text{ g ha}^{-1}$) diferiu dos demais tratamentos, apresentando o menor número de larvas, variando entre 0,25 e 0,99. Na Testemunha, foram encontradas 2,59 larvas, apresentando correlação com o número de plantas atacadas.

Na avaliação de 38 DAE, o número de plantas atacadas apresentou aumento significativo em relação a avaliação anterior, com número de plantas atacadas superior a nove na maioria dos tratamentos. O tratamento Clorpirifós (480 g ha^{-1}) apresentou a menor média com 5 plantas atacadas e diferiu dos demais tratamentos. Os tratamentos Tiametoxan (52 g ha^{-1}), Imidacloprido (175 g ha^{-1}) e Tiametoxan + Lambdacialotrina ($32,25 + 26,5 \text{ g ha}^{-1}$) apresentaram 6,79 e 7,75 plantas atacadas, respectivamente, diferindo dos demais tratamentos. A eficiência de controle de *M. sojae* foi maior no tratamento Clorpirifós (480 g ha^{-1}) com

41,18% e 20,12% no tratamento Tiametoxan (52 g ha⁻¹). Os demais tratamentos apresentaram controle igual a zero ou menor que 10%. O comprimento de galerias causadas pelas injúrias de mosca-da-haste apresentou diferença entre os tratamentos, com as menores médias e para Clotrantraniliprole + Lambdacialotrina (7,5 + 3,75 g ha⁻¹), Clorpirifós (480 g ha⁻¹), Indoxacarbe (400 g ha⁻¹), Benzoato de Emamectina (5 g ha⁻¹), Tiametoxan (52 g ha⁻¹), Imidacloprido (175 g ha⁻¹), Tiametoxan + Lambdacialotrina (32,25 + 26,5 g ha⁻¹) e Imidacloprido + Betaciflutrina (100 + 12,5 g ha⁻¹) com valores entre 10,07 cm e 13,06 cm. Os demais tratamentos apresentaram variações de 14,06 cm até 17,71cm, indicando que a aplicação desses tratamentos reduziu as injúrias causadas pelas larvas e *M. sojae*.

O número médio de pupas de *M. sojae* também apresentou diferença entre os tratamentos avaliados, diferindo nos tratamentos Tiametoxan (52 g ha⁻¹) com 0,75, Clorpirifós (480 g ha⁻¹) e Imidacloprido (175 g ha⁻¹) com 1,00 e Tiodicarbe (56 g ha⁻¹), Carbosulfano + Bifentrina (90 + 30 g ha⁻¹) e Clorantraniliprole (10 g ha⁻¹) com 1,25, 1,50 e 1,75 respectivamente. O número de larvas encontradas nos tratamentos Clorpirifós (480 g ha⁻¹), Tiametoxan (52 g ha⁻¹) e Flubendiamida (33,6 g ha⁻¹) foi menor e diferente dos demais tratamentos, com valores de 0,25, 0,50 e 0,75 larvas de *M. sojae*, respectivamente.

Tabela 5 Tratamentos aplicados em pulverização aérea para o controle de *Melanagromyza sojae*, em soja. San Cristobal, Alto Paraná, Paraguay. Safra 2015/16

Tratamento	Dose (g ⁻¹)	22 DAE					38 DAE				
		P. A. ¹	E (%)	G.L. (cm)	Nº de Pupas ¹	Nº Larvas ¹	P. A. ¹	E (%)	G.L. (cm)	Nº de Pupas ¹	Nº Larvas ¹
1. Clorraniliprole	10	4,75a	20,83	6,70a	2,00 a	1,50a	8,25a	2,94	15,23a	1,75 b	3,00 a
2. Flubendiamida	33,6	5,00a	16,67	6,96a	1,25 a	1,75a	9,25a	0,00	15,05a	4,00 a	0,75 b
3. Clotrantraniliprole + Lambdacialotrina	7,5 + 3,75	3,75a	37,50	8,68a	1,75a	1,25a	9,50a	0,00	13,06b	3,25 a	3,25 a
4. Tiodicarbe	56	2,50b	58,33	7,43a	0,75a	0,50b	9,50a	0,00	15,89a	1,25 b	2,00 b
5. Metomil	215	4,50a	25,00	6,54a	2,25a	1,50a	10,0a	0,00	17,71a	4,50 a	3,75 a
6. Clorpirifós	480	2,25b	62,50	7,20a	1,00a	0,50b	5,00c	41,18	11,66b	1,00 b	0,25 b
7. Acefato	750	6,25a	0,00	7,15a	1,50a	4,00a	9,25a	0,00	15,90a	2,50 a	1,00 b
8. Clorfenapir	240	3,25b	45,83	6,61a	0,75a	1,25a	9,75a	0,00	14,06a	2,75 a	4,00 a
9. Indoxacarbe	400	4,75a	20,83	7,88a	0,50a	2,00a	9,75a	0,00	12,99b	2,50 a	1,25 b
10. Benzoato de Emamectina	5	4,25a	29,17	5,67a	2,00a	1,00b	9,50a	0,00	11,28b	3,75 a	0,75 b
11. Bifentrina	15	2,75b	54,17	6,07a	1,00a	0,50b	9,75a	0,00	15,08a	3,75 a	2,75 a
12. Tiametoxan	52	3,25b	45,83	6,84a	0,50a	1,00b	6,75b	20,12	11,04b	0,75 b	0,50 b
13. Imidacloprido	175	3,50b	41,67	5,16a	0,75a	0,75b	7,75b	8,82	12,18b	1,00 b	1,00 b
14. Tiametoxan + Lambdacialotrina	32,25 + 26,5	2,25b	62,50	5,50a	0,75a	0,25b	7,75b	8,82	10,70b	2,50 a	1,50 b
15. Imidacloprido + Beta-ciflutrina	100 + 12,5	2,75b	54,17	7,26a	0,75a	0,50b	8,75a	0,00	15,02a	2,75 a	2,45 a
16. Carbosulfano + Bifentrina	90 + 30	4,00a	33,33	7,11a	1,00a	1,75a	8,50a	0,00	14,36a	1,50 b	1,25 b
17. Testemunha	10	6,00a	0,00	7,29a	2,25a	2,50a	8,50a	0,00	13,36a	2,25 a	2,50 a
CV(%)	33,6	18,78		14,95	30,29	35,19	8,02		9,02	31,05	32,37

¹Número médio em cada 10 plantas avaliadas. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

5.4 DISCUSSÃO

5.4.1 Experimento 1: inseticidas aplicados no tratamento de sementes e sulco de semeadura, combinados com pulverizações aéreas.

Aos 22 DAE, a avaliação dos tratamentos que receberam exclusivamente TS sobre a variável plantas atacadas, indica que o melhor tratamento foi Clorantraniliprole (1,25 g kg semente), que também apresentou o menor comprimento de galeria em comparação à testemunha. Os tratamentos Imidacloprido (1,2 g kg⁻¹ de semente), Fipronil (0,5 g kg⁻¹ semente), Imidacloprido + Bifentrina (0,66 + 0,54 g kg⁻¹ semente) e Tiametoxan (125 g i.a ha⁻¹) apresentaram controle intermediário, com eficiência de controle superior a 50%, evidenciando potencial para o controle da praga.

A maior redução do número de pupas foi obtido com Clorantraniliprole (1,25 g kg semente), Imidacloprido + Bifentrina (0,66 + 0,54 g kg⁻¹ semente), Fipronil (0,5 g kg⁻¹ semente), Tiametoxan (1,05 g kg⁻¹ semente) e Cyantraniliprole (0,625 g kg semente). Esses tratamentos impediram o desenvolvimento de larvas na fase inicial de crescimento das plantas, retardando a infestação de *M. sojae*. O número de larvas de mosca-da-haste foi menor nos tratamentos com inseticida em relação a Testemunha, porém não apresentou diferença. Os inseticidas aplicados na semeadura, em geral, apresentam efeito sobre essa variável na leitura realizada aos 22 DAE. Entretanto, isso não significa que o controle por esse método de aplicação e inseticidas usados persista até esse momento, uma vez que na avaliação são levados em conta a presença de larvas e pupas na haste principal, os quais são perceptíveis ao método amostral somente 4 – 5 dias após a oviposição, considerado duração de fase de ovo 2-3 dias e os 2 dias necessários para que a larva emergida atinja a haste principal.

A aplicação de inseticidas via TS ou SS, é o único método de aplicação que possibilita a absorção e translocação ascendente dos mesmos, ou seja, via xilema e distribuição para a parte aérea da planta, locais em que as larvas se alojam e se alimentam. Ao se alimentar no interior das hastes das plantas tratadas com inseticidas aplicados no solo, as larvas se contaminam com os inseticidas, mostrando o efeito com a redução da população. Desse modo, a aplicação de inseticidas na semeadura (via TS e SS) é um método eficiente de controle da mosca-da-haste da soja protegendo-as nos primeiros dias de cultivo, entretanto,

deve ser mais estudado com respeito a tipos e doses de inseticidas, além da associação de métodos de controle.

Aos 28 DAE, a combinação da aplicação de inseticidas na semeadura e em parte aérea, exceto para a variável comprimento de galerias, não apresentou interação. Não ocorreu incremento do controle em decorrência da pulverização aérea de inseticidas. A eficiência diminuiu para todos os tratamentos em comparação a avaliação anterior. Isso decorre, provavelmente do término do efeito dos inseticidas aplicados via TS ou SS, possivelmente antes dos 18 DAE, momento em que foi realizada a pulverização aérea. As plantas estavam sem a proteção por inseticidas no intervalo de tempo entre o término do efeito do tratamento de sementes e a realização da pulverização aérea, o que possibilitou a oviposição e infestação das plantas por *M. sojae*.

As larvas de *M. sojae*, alojadas no interior das hastes e pecíolos da planta, não são controladas por inseticidas aplicados via foliar, pois não são translocados via xilema e por consequência não atingem o interior da haste principal da planta, local em que se encontram as larvas e pupas, que ficam protegidas do efeito de contato e ingestão dos inseticidas. Isso foi comprovado pelo escasso número de larvas e pupas mortas no interior das plantas. Os adultos de *M. sojae* são mais vulneráveis aos efeitos das aplicações aéreas, por habitarem o exterior das plantas e se alimentarem dos fluidos celulares das folhas de soja extravasados pela punctura realizada com o aparelho ovipositor (Spencer, 1973). Estes fluidos podem conter inseticidas que estão na superfície e se quando extravasados sobre a superfície da folha.

Os melhores resultados de eficiência de controle de *M. sojae* foram observados aos 38 DAE, nos tratamentos Fipronil (0,5 g kg⁻¹ semente) + Clorfenapir (240 g ha⁻¹) + Acetamiprido + Alfacipermetrina (40 + 80 g ha⁻¹), Cyantraniliprole (0,625 g kg semente) + Clorantraniliprole e Lambdacialotrina (7,5 + 3,25 g ha⁻¹) + Tiametoxan e Lambdacialotrina (100 + 12,5 g ha⁻¹) e Tiametoxan (125 g i.a/ ha⁻¹) + Clorantraniliprole e Lambdacialotrina (7,5 + 3,25 g ha⁻¹) + Tiametoxan e Lambdacialotrina (100 + 12,5 g ha⁻¹) aplicados na semeadura e via foliar. Decorrem provavelmente do efeito residual maior dos inseticidas aplicados no solo e eventualmente da associação com as pulverizações.

O número de pupas apresentou diferença entre os tratamentos inseticidas em relação a testemunha. Na avaliação de 28 DAE, o número de larvas havia sido menor nos tratamentos inseticidas. Entre uma avaliação e outra, houve tempo suficiente para grande parte das larvas se transformassem em pupa, pois o intervalo de 10 dias é suficiente para as larvas

completarem o período larval que dura em média 8-11 dias (Wang, 1979), atingido a fase de pupa repetindo o comportamento das médias e demonstrando que a composição populacional de insetos, não sofreu alterações durante o período.

O comprimento médio de galerias, variável que apresentou interação entre a aplicação de inseticidas na semeadura e em parte aérea, no tratamento Imidacloprido + Tiodicarbe (1,05 + 3,15 g kg⁻¹ semente) + Flubendiamida (33 g ha⁻¹) + Imidacloprido + Betaciflutrina (100 + 12,5 g ha⁻¹) ocorreu aumento significativo de controle no tratamento com pulverização aérea, em decorrência do efeito de controle destes inseticidas sobre a população de *M. sojae*. Entretanto, nos tratamentos Fipronil (0,5 g kg⁻¹ semente) + Clorfenapir (240 g ha⁻¹) + Acetamiprido + Alfacipermetrina (40 + 80 g ha⁻¹) e Cadusafós (800 g ha⁻¹) + Bifentrina e Carbosulfano (30 + 90 g ha⁻¹) + Bifentrina e Carbosulfano (30 + 90 g ha⁻¹) se observou mais larvas e galerias maiores nos tratamentos com pulverizações aéreas, contrariando os resultados esperados.

Na avaliação final realizada aos 38 DAE, a incidência média de plantas atacadas aumentou de forma significativa, atingido quase a totalidade de plantas. Ainda que não houve diferença no comprimento de galerias entre os tratamentos com inseticidas, a média destes foi inferior e diferiu da testemunha, resultado proporcionado pela soma dos efeitos das aplicações.

O início das aplicações aéreas aos 18 DAE seguida de outra aos 28 DAE mostrou-se inadequado para o controle de *M. sojae* em soja, visto que não houve interação entre os níveis do fator A e a gradativa redução de controle observada ao longo das avaliações, apesar das pulverizações aéreas. São esperados melhores resultados se a aplicação aérea acontecer antes do término do residual dos inseticidas aplicados na semeadura. Além disso, o intervalo de 10 dias entre as pulverizações mostrou-se muito longo para prevenir reinfestações,

5.4.2 Experimento 2: inseticidas aplicados em pulverizações aéreas.

Aos 22 DAE, 12 dias após a aplicação dos tratamentos, os melhores efeitos de controle de *M. sojae* nos tratamentos Clorpirifós (480 g ha⁻¹); Tiametoxan + Lambdacialotrina (32,25 + 26,5 g ha⁻¹); Tiodicarbe (56 g ha⁻¹); Bifentrina (15 g ha⁻¹) e Imidacloprido + Betaciflutrina (100 + 12,5 g ha⁻¹). Com valores intermediários de controle estão os tratamentos Clorfenapir

(240 g ha⁻¹); Tiametoxan (52 g ha⁻¹); e Imidacloprido (175 g ha⁻¹) (Tabela 5). Estes tratamentos controlaram a mosca-da-haste, demonstrado pela redução de plantas atacadas e pelo menor número médio de larvas na planta. O comprimento das galerias nas plantas atacadas não variou entre os tratamentos avaliados.

Estes inseticidas atuam principalmente no controle da fase de adulto de *M. sojae*, evitando que a mosca-da-haste oviposite nas plantas de soja. A semelhança no comprimento de galerias indica que todas as plantas que sofreram a infestação apresentaram injúrias de intensidade similar, evidenciando que os inseticidas não tiveram efeito sobre as larvas estabelecidas, hipótese reforçada pelo escasso número de larvas mortas encontradas no interior das plantas.

Aos 38 DAE, o tratamento Clorpirifós (480 g ha⁻¹) apresentou a menor incidência de plantas atacadas, diferindo dos demais tratamentos. Este foi o único tratamento que apresentou controle, com 41,18%, seguido por Tiametoxan (52 g ha⁻¹) com 20,12%. Todos os demais tratamentos apresentaram eficiência de controle muito baixa ou não apresentaram controle de *M. sojae*. O comprimento de galerias está diretamente ligado a intensidade do dano e apresentou diferenças entre os tratamentos. Os menores valores encontrados nos tratamentos Tiametoxan + Lambdacialotrina (32,25 + 26,5 g ha⁻¹); Tiametoxan (52 g ha⁻¹); Benzoato de Emamectina (5 g ha⁻¹); Clorpirifós (480 g ha⁻¹); Indoxacarbe (400 g ha⁻¹) e Clotrantraniliprole + Lambdacialotrina (7,5 + 3,75 g ha⁻¹). Ainda que alguns destes tratamentos apresentaram alta incidência da praga, a redução do tamanho de galeria é um indicativo que estes tratamentos controlaram a praga, retardando a infestação e ocorrência das larvas responsáveis pelas injúrias.

A aplicação realizada aos 22 DAE e a avaliação realizada aos 38 DAE contempla um intervalo de tempo de 16 dias, período muito longo para manutenção da eficiência de controle a níveis satisfatórios, o que explica a baixa eficiência de controle nesta avaliação. O caráter pioneiro deste trabalho traz benefícios que vão além da resposta de suas hipóteses, apresentam informações para o planejamento dos novos trabalhos. Os intervalos e o momento de início das aplicações precisam ser estudados com maior detalhamento, tanto para a combinação de aplicações na semeadura com pulverizações aéreas, quanto para pulverizações exclusivamente aéreas. Sugere-se que a primeira aplicação foliar de inseticida seja realizada até os 10 DAE, mesmo em lavouras que tenham recebido tratamento de sementes com efeito sobre *M. sojae*. A reaplicação desses inseticidas deve ser feita em períodos menores que 10 dias. Essa prática

se justifica pela expectativa de maior eficiência de controle e proteção das plantas no período mais suscetível ao ataque da mosca-da-haste da soja.

5.5 CONCLUSÃO

Clorantraniliprole (1,25 g kg semente) controla em 95,83% *M. sojae* em soja até os 22 DAE e Imidacloprido + Bifentrina (0,66 + 0,54 g kg⁻¹ semente), Fipronil (0,5 g kg⁻¹ semente) e Imidacloprido (1,2 g kg⁻¹ de semente) controlam 70,83%, 66,67%, 62,50% e 54,17%, respectivamente.

Fipronil (0,5 g kg⁻¹ semente) + Clorfenapir (240 g ha⁻¹) + Acetamiprido + Alfacipermetrina (40 + 80 g ha⁻¹), Cyantraniliprole (0,625 g kg semente) + Clorantraniliprole e Lambdacialotrina (7,5 + 3,25 g ha⁻¹) + Tiametoxan e Lambdacialotrina (100 + 12,5 g ha⁻¹) e Tiametoxan (125 g i.a/ ha⁻¹) + Clorantraniliprole e Lambdacialotrina (7,5 + 3,25 g ha⁻¹) + Tiametoxan e Lambdacialotrina (100 + 12,5 g ha⁻¹) aplicados em parte aérea apresentam 52% e 48,15%, respectivamente, de controle aos 28 DAE, de respectivamente.

Aos 38 DAE, nenhum tratamento via TS ou SS com ou sem pulverização aérea foi eficaz na redução de plantas atacadas por *M. sojae* em soja.

Os inseticidas Clorpirifós (480 g ha⁻¹) e Tiametoxan + Lambdacialotrina (32,25 + 26,5 g ha⁻¹) pulverizados aos 10 dias controlam 62,50%, Tiodicarbe (56 g ha⁻¹) 58,33% e Bifentrina (15 g ha⁻¹) e Imidacloprido + Betaciflutrina (100 + 12,5 g ha⁻¹) 54,17% aos 22 DAE. Clorpirifós (480 g ha⁻¹) pulverizado aos 10 e 22 DAE, controla *M. sojae* (41,18%) em soja aos 38 DAE.

5.6 REFERÊNCIAS

- Abbott WS (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J Econ Entomol.* 18:265-266.
- Abdullah MD, Ouab S, Somchai I, Siripan T (2001). Efficacy of Cypermethrin, Neem Extract and *Bacillus thuringiensis* for Controlling Insect Pests of Vegetable Soybean. *Nat Sci.* 35:14 – 22.
- Adak T, Kumar J, Dey D, Shakil NA, Walla S (2012). Residue and bio-efficacy evaluation of controlled release formulations of Imidacloprido against pests in soybean (*Glycine max*). *J Environ Sci Heal, Part B.* 47: 226–231.
- Arnemann JA, Walsh T, Gordon K, Brier H, Guedes JVC, Tay WT (2016). Complete mitochondrial genome of the soybean stem fly *Melanagromyza sojae* (Diptera: Agromyzidae). *Mitochondrial DNA* (Aceito 09-Sept-2015, In press)
- Chiang HS, Norris DM (1983). Morphological and physiological parameters of soybean resistance to agromyzid beanflies. *Environ Entomol.* 12: 260-265.
- Debjani D, Mukherji I, Trimohan (2008) Evaluation of some insecticides against *Melanagromyza sojae* Zehnt and *Bemisia tabaci* Genn. on soybean. *Pesticide Research Journal*, 20(1), 72-74.
- Dempewolf M (2004). Arthropods of economic importance: Agromyzidae of the World. *ETI-Information Services* (Não paginado).
- Hirose E, Moscardi F (2012). Insetos de outras regiões do mundo. IN: EMBRAPA-Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga. Brasília, DF: Embrapa, p. 859.
- Jadhav SN, Krishna L, Patil RH, Basavaraj GT, Kataraki PA (2013a). Assessment of crop loss estimation due to stem fly *Melanagromyza sojae* in soybean eco system. *J Exp Zool*, 16:221-228.
- Jadhav SN, Krishna-Naik L, Giraddi RS, Babalad HB, Kataraki PA (2013b). Development of management strategies against stem fly *Melanagromyza sojae* (Zehntner) in soybean ecosystem. *J Exp Zool.* 16(1): 245-252
- Kumar NG, Nguyen PDH, Gkvk NPDH (2009a). Effect of insecticides of different origin on the incidence of stem fly and pod borer in soybean crop. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences.* 22(3): 640-641.
- Kumar NG, Nguyen PDH, Gkvk NPDH (2009b). Effect of various methods of application of insecticides on stem fly and termite incidence in soybean. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences.* 22(3): 642-643.
- Lee SY (1962). The mode of action of Endrin on the Bean Stem Miner, *Melanagromyza sojae* with special reference to its translocation in soybean plants. *Journal of Economic Entomology.* 55: 956-954.

- Savajii K (2006). Biology and management of soybean stem fly *Melanagromyza sojae* (Zehntner) (Diptera: Agromyzidae). University of Agricultural Sciences. Master of Science thesis, 58 p.
- Strakhova IS, Yefremova ZA, Tschirnhaus M, Yegorenkova EN (2013). The parasitoid complex (Hymenoptera, Eulophidae) of leafminer flies (Diptera, Agromyzidae) in the middle Volga Basin. *Entomol Review*. 93(7): 865-873.
- Talekar NS (1989) Characteristics of *Melanagromyza sojae* (Diptera: Agromyzidae) damage in soybean. *J Econ Entomol*. 82: 584-588.
- Talekar NS (1990) *Agromyzid Flies of Food Legumes In the Tropics*. Wiley Eastern, New Delhi, v. 297. s/p,
- Talekar NS, Chen BS (1985). In *Soybean in tropical and subtropical cropping systems*. Asian Vegetable Research and Development Center, 257-271.
- Thapa RB. (2012). Redescription of *Melanagromyza sojae* (Zehntner) from India and Nepal. *Nepalese Journal of Biosciences*, 2: 64-70.
- Trimohan, Debjani D (2012). Comparative response of diverse soybean genotypes to major pests of soybean under natural conditions. *National Seminar on Indian Agriculture: Preparedness for Climate Change*, 24-25.
- Van Den Berg H, Ankasah D, Hassan K, Muhammad A, Widayanto Ha, Wirasto Hb, Yully I. (1995). Soybean stem fly, *Melanagromyza sojae* (Diptera: Agromyzidae), on Sumatra: Seasonal incidence and the role of parasitism. *Int J Pest Manage*, 41: 127-133.
- Van Den Berg H, Shepard B, Nasikin BM (1998). Response of Soybean to Attack by Stemfly *Melanagromyza sojae* in Farmer's Fields in Indonesia. *J Appl Ecol*, 35: 514-522.
- Wang J, Gai J. (2001). Mixed inheritance model for resistance to agromyzid beanfly (*Melanagromyza sojae* Zehntner) in soybean. *Euphytica*, 122: 9-18.

6.0 DISCUSSÃO

A notificação da ocorrência e distribuição da espécie *Melanagromyza sojae* no Paraguai, é a primeira etapa para o planejamento das estratégias do manejo dessa espécie. A extensa área de cultivo de soja, 3,82 e 0,56 milhões de hectares cultivados na safra e safrinha respectivamente, somados à ausência de um programa de vazio sanitário de vigência nacional e também nas regiões limítrofes do Brasil nos meses de outono e inverno, acentuam a importância e os riscos potenciais dessa importante praga aos cultivos de soja no Paraguai e também no Brasil.

Conhecer as características da distribuição espacial de *M. sojae* é fundamental para o entendimento da sua dinâmica populacional. A geoestatística mostrou-se adequada para descrever o comportamento da praga. A distribuição espacial do número de hastes, plantas atacadas, plantas bifurcadas, local da bifurcação, comprimento de galeria, local do término da galeria, número total de pupas, número de pupários vazios e vivos e número de larvas acontece de forma agregada. Dessa forma, a população da praga e suas injúrias concentram-se em maior intensidade em pontos da lavoura, caracterizando ocorrência em manchas ou reboleiras. Essa condição é resultante do comportamento do inseto adulto, quem concentrando sua ocorrência e atividade em pontos da lavoura e conseqüentemente, a oviposição acontece de forma mais intensa nesses locais o que resulta em focos de maior densidade populacionais de larvas e pupas, e por conseqüência, as injúrias e danos em maior intensidade.

As variáveis relacionadas ao desenvolvimento da planta, altura de plantas, diâmetro da haste, como também o número total de orifícios de saída e sua localização na planta apresentaram comportamento de distribuição aleatório, dessa forma não sendo afetadas pela ocorrência de forma agregada de *M. sojae*.

A heterogeneidade de sua ocorrência de *M. sojae*, deve ser considerada no planejamento do monitoramento, havendo a necessidade de realização de no mínimo 1 ponto amostral por hectare para detectar com maior exatidão a intensidade e ocorrência da praga e injúrias.

Dentre as formas de manejo de *M. sojae* em soja, o uso de inseticidas via TS e/ou pulverização aérea é a mais adotada nos países onde sua ocorrência é endêmica. O estudo da eficiência de inseticidas utilizados na cultura da soja no Brasil e no Paraguai, demonstrou que alguns tratamentos apresentam controle sobre a mosca-da-haste da soja, porém, de modo geral não foram alcançados controles satisfatórios.

A continuidade dos estudos de avaliação de eficiência de controle inseticidas em *M. sojae* é fundamental. Devem ser buscadas as combinações de inseticidas, doses, momentos e formas de aplicação que proporcionem o maior controle. A proteção das plantas do ataque de *M. sojae*, principalmente nas fases iniciais de desenvolvimento da cultura, é fundamental para evitar os danos e as perdas na produtividade decorrentes de seu ataque a soja, dessa forma, os programas de aplicação devem trazer o máximo controle nesse período.

Este trabalho, buscou identificar a espécie de *Melanagromyza* ocorrente nos cultivos de soja no Paraguai, bem como, produzir informações para compor as estratégias de manejo. O estudo da distribuição espacial visa fornecer informações acerca do padrão da distribuição espacial de *M. sojae* no espaço e no tempo para melhor compreender a dinâmica dessa espécie em uma lavoura de soja. A avaliação de inseticidas, foi realizada com objetivo de avaliar o efeito dos inseticidas disponíveis aos produtores para o uso na cultura da soja, no Paraguai e no Brasil, e seu efeito sobre *M. sojae*.

Futuros trabalhos devem ampliar a distribuição da ocorrência de *M. sojae*, identificar a origem e a época aproximada da entrada da população da mosca-da-haste presentes no Paraguai e Brasil. Dentre as formas de controle, avaliar as diferenças de suscetibilidade entre os cultivares locais, identificar os parasitoides associados a *M. sojae*. O manejo com inseticidas, ampliar a caracterização da ação de inseticidas sobre a praga, testando novos inseticidas, avaliando-se doses, épocas e formas de aplicação.

7.0 CONCLUSÃO GERAL

As larvas coletadas em plantas de soja de quatro localidades do Paraguai, são da espécie *Melanagromyza sojae*.

A população e as injúrias de *M. sojae* apresentam distribuição espacial agregada.

A geoestatística é a ferramenta mais adequada para o estudo da distribuição espacial de *M. sojae* e a equação exponencial a que melhor descreve esse comportamento.

É necessário um ponto por hectare para estimar com confiança a densidade de larvas, pupas e plantas atacadas em uma lavoura.

Dentre os inseticidas aplicados na semeadura, Clorantraniliprole (1,25 g kg semente) apresentou o melhor controle de *M. sojae*. Imidacloprido + Bifentrina (0,66 + 0,54 g kg⁻¹ semente), Fipronil (0,5 g kg⁻¹ semente), Imidacloprido (1,2 g kg⁻¹ de semente) e Tiametoxan (125 g ha⁻¹) apresentaram controle intermediários.

Dentre os inseticidas aplicados via pulverização foliar, Clorpirifós (480 g ha⁻¹) apresentou o melhor controle de *M. sojae*. Tiametoxan + Lambdacialotrina (32,25 + 26,5 g ha⁻¹), Tiodicarbe (56 g ha⁻¹), Bifentrina (15 g ha⁻¹) e Imidacloprido + Betaciflutrina (100 + 12,5 g ha⁻¹) apresentaram controles intermediários.

ANEXOS

Anexo 1. Descrição dos estádios de desenvolvimento da soja.

I Fase Vegetativa

- VC Da emergência a cotilédones abertos.
- V1 Primeiro nó; folhas unifolioladas abertas.
- V2 Segundo nó; primeiro trifólio aberto.
- V3 Terceiro nó, segundo trifólio aberto.
- Vn Enésimo (último) nó com trifólio aberto, antes da floração.

II Fase Reprodutiva (observação na haste principal)

- R1 Início da floração até 50% DAA plantas com uma flor.
- R2 Floração plena. Maioria dos racemos com flores abertas.
- R3 Final da floração. Vagens com até 1,5 cm de comprimento.
- R4 Maioria DAA vagens no terço superior com 2-4 cm, sem grãos perceptíveis.
- R5.1 Grãos perceptíveis ao tato a 10% de granação.
- R5.2 Maioria DAA vagens com granação de 10 a 25%.
- R5.3 Maioria DAA vagens entre 25 e 50% de granação.
- R5.4 Maioria DAA vagens entre 50 e 75% de granação.
- R5.5 Maioria DAA vagens entre 75 e 100% de granação.
- R6 Vagens com granação de 100% e folhas verdes.
- R7.1 Início a 50% de amarelecimento de folhas e vagens.
- R7.2 Entre 51 e 75% de folhas e vagens amarelas.
- R7.3 Mais de 76% de folhas e vagens amarelas.
- R8.1 Início a 50% de desfolha.
- R8.2 Mais de 50% de desfolha pré-colheita.
- R9 Ponto de maturação de colheita.

Fonte: Ritchie, S.W. et al. **How a soybean plant develops**. Ames: Iowa State University of Science And Technology Cooperative Extension Service. SpecialReport, 53, mar. 1994. (Adaptadopor J. T. Yorinori (1996)).