



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

FATORES AMBIENTAIS E TEMPO DE DEGRADAÇÃO FOLIAR DE
NEONICOTINÓIDES NO CONTROLE QUÍMICO DE INSETOS SUGADORES EM SOJA

LUCIANO FERREIRA DA FONSECA

UBERLÂNDIA-MG
MINAS GERAIS - BRASIL

2020

LUCIANO FERREIRA DA FONSECA

FATORES AMBIENTAIS E TEMPO DE DEGRADAÇÃO FOLIAR DE
NEONICOTINÓIDES NO CONTROLE QUÍMICO DE INSETOS SUGADORES EM SOJA

Tese apresentada à Universidade Federal de
Uberlândia, como parte das exigências do Programa
de Pós-Graduação em Agronomia – Doutorado, área
de concentração em fitotecnia, para obtenção do
título de “Doutor”.

Orientador

Prof. Dr. Flávio Lemes Fernandes

UBERLÂNDIA-MG
MINAS GERAIS - BRASIL
2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

F676f
2020 Fonseca, Luciano Ferreira da, 1984-
Fatores ambientais e tempo de degradação foliar de neonicotinóides
no controle químico de insetos sugadores em soja [recurso eletrônico] /
Luciano Ferreira da Fonseca. - 2020.

Orientador: Flávio Lemes Fernandes.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa
de Pós-Graduação em Agronomia.
Modo de acesso: Internet.
Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.te.2020.3022>
Inclui bibliografia.
Inclui ilustrações.

1. Agonomia. I. Fernandes, Flávio Lemes, 1979-, (Orient.). II.
Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em
Agronomia. III. Título.

CDU: 631



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
 Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Agronomia
 Rodovia BR 050, Km 78, Bloco 1CCG, Sala 206 - Bairro Glória, Uberlândia-MG, CEP 38400-902
 Telefone: (34) 2512-6715/6716 - www.ppga.iciag.ufu.br - posagro@ufu.br



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Agronomia				
Defesa de:	Tese de Doutorado, 002/2020 PPGAGRO				
Data:	Dezenove de fevereiro de dois mil e vinte	Hora de início:	14:00	Hora de encerramento:	18:20
Matrícula do Discente:	11613AGR016				
Nome do Discente:	Luciano Ferreira da Fonseca				
Título do Trabalho:	Fatores ambientais e tempo de degradação foliar de neonicotinoides no controle químico de insetos sugadores em soja				
Área de concentração:	Fitotecnia				
Linha de pesquisa:	Produção Vegetal em Áreas de Cerrado				

Reuniu-se na sala 104, bloco 1A Campus Monte Carmelo, da Universidade Federal de Uberlândia, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Agronomia, assim composta: Professores Doutores: Jardel Boscardin - UFU; Marcus Vinicius Sampaio - UFU; Ézio Marques da Silva - UFV; Alberto Carvalho Filho - UFV; Flávio Lemes Fernandes - UFV orientador do candidato.

Iniciando os trabalhos o presidente da mesa, Dr. Flávio Lemes Fernandes, apresentou a Comissão Examinadora e o candidato, agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovado.

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e

achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Marcus Vinicius Sampaio, Professor(a) do Magistério Superior**, em 19/02/2020, às 18:21, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Jardel Boscardin, Professor(a) do Magistério Superior**, em 19/02/2020, às 18:22, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **ALBERTO CARVALHO FILHO, Usuário Externo**, em 19/02/2020, às 18:23, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ézio Marques da Silva, Usuário Externo**, em 19/02/2020, às 18:24, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Flávio Lemes Fernandes, Usuário Externo**, em 19/02/2020, às 18:25, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1839191** e o código CRC **4A189066**.

LUCIANO FERREIRA DA FONSECA

FATORES AMBIENTAIS E TEMPO DE DEGRADAÇÃO FOLIAR DE
NEONICOTINÓIDES NO CONTROLE QUÍMICO DE INSETOS SUGADORES EM SOJA

Tese apresentada à Universidade Federal de
Uberlândia, como parte das exigências do Programa
de Pós-graduação em Agronomia – Doutorado, área
de concentração em fitotecnia, para obtenção do
título de “Doutor”.

APROVADA em 19 de Fevereiro de 2020.

Prof. Dr. Marcus Vinícius Sampaio	UFU
Prof. Dr. Jardel Boscardin	UFU
Prof. Dr. Ézio Marques da Silva	UFV
Prof. Dr. Alberto Carvalho Filho	UFV

Prof. Dr. Flávio Lemes Fernandes
UFV
(Orientador)

UBERLÂNDIA-MG
MINAS GERAIS - BRASIL

2020

*Aos meus pais João e Gasparina,
As minhas irmãs Lídia e Leila,
A minha esposa Ivaniele e meu filho Iuri,
e a todos aqueles que, de uma forma ou de outra, fazem parte da minha vida.*

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por ter-me dado saúde e força para concluir mais uma etapa tão importante em minha vida, e a todas as pessoas que, de alguma forma, contribuíram na realização deste trabalho, em especial:

Ao meu orientador, Flávio Lemes Fernandes, pela contribuição científica, pelos ensinamentos, amizade e compreensão.

Ao professor Prof. Dr Marcus Vinicius Sampaio, Prof. Dr. Jardel Boscardin, Prof. Dr. Ézio Marques da Silva, membros da Banca Examinadora, pela leitura e considerações.

Às colegas de trabalho Leonardo Peres, Rafael Mezzomo e Leandro Feitosa, pela colaboração na realização dessa pesquisa e pela amizade proporcionada.

À empresa FMC pela oportunidade de trabalho nos últimos nove anos e também pelo incentivo em continuar estudando e buscando conhecimento.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia, pelo conhecimento compartilhado.

Aos estudantes do Grupo de Pesquisa em Manejo Integrado de Pragas (GPMIP) da Universidade Federal de Viçosa, Campus Rio Paranaíba, Brenda K. Rodrigues, Guilherme M. Ribeiro, Layane F. Pereira, Wallyson S. Silva, pela ajuda na escrita e revisões.

Ao pessoal da Secretaria da Pós-Graduação, por todo apoio e atenção.

Muito obrigado!

Sumário

Resumo	i
Abstract.....	ii
Introdução Geral	1
Referências	3
Capítulo 1	5
Referencial Teórico	5
1 Cultura da soja e principais insetos sugadores	5
2 <i>Eushistus Heros</i> (Percevejo Marrom).....	6
2.1 Controle Químico de <i>Eushistus Heros</i> (Percevejo Marrom)	7
3 <i>Bemisia Tabaci</i> (Mosca Branca)	9
3.1 Controle Químico de <i>Bemisia Tabaci</i> (Mosca Branca)	10
4 Efeito das condições climáticas na população de insetos	11
Referências	13
Capítulo 2	20
Resumo	20
Abstract.....	20
1 Introdução	21
2 Material e Métodos	23
3 Resultados.....	25
4 Discussão	35
5 Conclusão	37
Referências	37
Capítulo 3	41
Resumo	41
Abstract.....	41
1 Introdução	42
2 Material e Métodos	43
3 Resultados.....	45
4 Discussão	52
5 Conclusão	54
Referências	54
Conclusões Gerais	58

LISTA DE TABELAS

Tab.		Pág.
1	Tratamento, dose, grupo químico e mecanismo de ação dos inseticidas utilizados no controle de <i>E. heros</i> na cultura da soja. Uberlândia-MG, 2020.	24
2	Dados observados durante a aplicação em cada localidade. Uberlândia-MG, 2020.	25
3	Análise de variância conjunta para os dados de números de ninfas, adultos e total (ninfas + adultos) de <i>E. heros</i> para diferentes locais do experimento. Uberlândia-MG, 2020.	26
4	Média do número de ninfas, adultos e total (ninfas + adultos) de <i>E. heros</i> para diferentes locais do experimento submetido à diferentes tratamentos. Uberlândia-MG, 2020.	28
5	Eixos canônicos e seus coeficientes da densidade de ninfas, adultos e total (N+A) de <i>E. herose</i> as variáveis ambientais e inseticidas em soja (<i>G. max</i>). Uberlândia-MG, 2020.	29
6	Efeito direto (ED), indireto (EI) e total (ET) do diagrama de trilha para o modelo da influência das variáveis ambientais, inseticidas nas densidades populacionais de adultos, ninfas e total de percevejos <i>E. heros</i> na soja em diferentes locais. Uberlândia-MG, 2020.	32
7	Inseticidas utilizados para tratamento de sementes. Uberlândia-MG, 2020.	44

LISTA DE FIGURAS

Fig.		Pág.
1	Diagrama de trilha da influência dos dados climáticos e inseticidas nas densidades de adultos, ninfas e total de percevejos <i>E. heros</i> na soja de quatro locais. Uberlândia-MG, 2020.	30
2	Dados climáticos de temperaturas (máxima, média, mínima e variação), precipitação e umidade relativa em Santa Maria-RS, Uberlândia-MG, Primavera do Leste-MT e Rondonópolis-MT. Uberlândia-MG, 2020.	33
3	Média de adultos, ninfas e total de percevejo <i>E. heros</i> em quatro locais submetidos a 8 tratamentos. Uberlândia-MG, 2020.	34
4	Mortalidade corrigida (%) de ninfa de <i>B. tabaci</i> em função dos tratamentos tiametoxam, imidaclopride, clotianidina e o controle. Uberlândia-MG, 2020.	46
5	Média de ninfas (<i>B. tabaci</i> cm ⁻²) de folha de soja nos tratamentos com inseticidas e controle (água) ao longo dos dias após a emergência (DAE) em dois locais (2016/2017- ano 1). Uberlândia-MG, 2020.	47
6	Média de ninfas (<i>B. tabaci</i> cm ⁻²) de folha de soja nos tratamentos com inseticidas e controle (água) ao longo dos dias após a emergência (DAE) em dois locais (2017/2018- ano 2). Uberlândia-MG, 2020.	48
7	Curvas de concentração (mg i.a. mL ⁻¹) e degradação (%) dos inseticidas tiametoxam, imidaclopride e clotianidina ao longo dos dias após a emergência (DAE) da soja em Lagoa Formosa e Rio Paranaíba, MG, 2016/2017 (ano 1). Uberlândia-MG, 2020.	50
8	Curvas de concentração (mg i.a. mL ⁻¹) e degradação (%) dos inseticidas tiametoxam, imidaclopride e clotianidina ao longo dos dias após a emergência (DAE) da soja em Lagoa Formosa-MG e Rio Paranaíba-MG 2017/2018 (ano 2). Uberlândia-MG, 2020.	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CE	Concentrado Emulsionável
CO ₂	Dióxido de Carbono
C.V.	Coefficiente de Variação
DAA	Dias Após Aplicação
DAE	Dias Após Emergência
DAS	Dias Após Semeadura
EMATER	Empresa Assistência Técnica e Extensão Rural
EMBRAPA	Empres Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ha	Hectare
i.a.	Ingrediente ativo
L	Litro (s)
m	Metro
mL	Mililitros
MAPA	Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento
MIP	Manejo Integra de Pragas
PSI	pound force per square inch
SC	Suspensão Concentrada
WG	Granulos Dispersíveis em Água
UFU	Universidade Federal de Uberlândia
UFV	Universidade Federal de Viçosa
UR	Umidade Relativa do Ar
°C	Graus Célsius
%	Porcentagem

RESUMO

FONSECA, LUCIANO FERREIRA DA. **Fatores ambientais e tempo de degradação foliar de neonicotinóides no controle químico de insetos sugadores em soja.** 2020. 69 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia¹.

Objetivou-se estudar as relações entre as condições ambientais, a população de percevejos e o controle químico em diferentes regiões produtoras de soja, bem como entender a dinâmica de degradação e o efeito dos neonicotinóides aplicados via tratamento de sementes sobre ninfas de mosca branca. Para estudar o efeito das condições ambientais e o controle químico na população de percevejos quatro ensaios foram instalados em quatro regiões (Uberlândia-MG, Primavera do Leste-MT, Rondonópolis-MT e Santa Maria-RS) em delineamento de blocos casualizados, contendo 8 tratamentos: Testemunha; Carbosulfano 400 SC (0,19 L ha⁻¹); Carbosulfano 400 SC (0,23 L ha⁻¹); Imidacloprido 700 WG (0,11 kg ha⁻¹); Tiametoxam 250 WG (0,17 kg ha⁻¹); Bifentrina + Carbosulfano 200 CE (0,5 L ha⁻¹); Imidacloprido + bifentrina 250 SC (0,3 L ha⁻¹) e Tiametoxam + λ -cialotrina 247 SC (0,3 L ha⁻¹) e 4 repetições. Avaliou-se o número de percevejos por metro em uma linha de soja aos 0, 3, 7, 10 e 15 dias após aplicação (DAA) e coletou-se os dados climáticos diariamente. Para estudar a degradação e o efeito dos neonicotinóides sobre ninfas de mosca branca, foram conduzidos um ensaio em casa de vegetação para análise da mortalidade de ninfas e ensaios à campo em Rio Paranaíba-MG e Lagoa Formosa-MG por duas safras, onde foram coletadas folhas para análise das concentrações dos produtos e contagem de ninfas aos 0, 5, 15, 25, 35, 45 e 65 dias após emergência das plantas de soja. Nos ensaios para compreensão dos fatores que afetam a população de percevejo marrom, observou-se que os inseticidas apresentaram diferentes níveis de interferência na população de *E. heros* de acordo com a região, provavelmente pelo efeito das condições ambientais como: umidade relativa do ar, variação de temperatura, temperatura máxima e principalmente precipitação pluviométrica. Os inseticidas proporcionaram maior redução da população em condições de densidade populacional próximo ao nível de controle, o que destaca a importância do monitoramento das lavouras para efetuar as medidas de controle. Em condições de elevada densidade populacional, os inseticidas bifentrina 50 + carbosulfano 150 EC, imidacloprido 250 + bifentrina 50 SC e imidacloprido 700 WG proporcionaram maior redução populacional. Nos ensaios em que se avaliou a degradação e o efeito dos neonicotinóides sobre ninfas de mosca branca, observou-se que o tratamento de sementes com os neonicotinóides tiametoxam, imidacloprido e clotianidina, proporcionaram elevada mortalidade de ninfas de mosca branca no ensaio de casa de vegetação, demonstrando a suscetibilidade das ninfas a esses produtos. Nos ensaios de campo, tiametoxam, imidacloprido e clotianidina, aplicados por meio do tratamento de sementes, apresentaram redução do número de ninfas em relação ao controle no início do desenvolvimento das plantas, porém a densidade de ninfas por folha aumentou ao longo do ciclo, devido a degradação dos produtos. Apesar da utilização de inseticidas em tratamento de sementes, o monitoramento da cultura deve ser realizado com frequência, desde o início do ciclo, complementando o manejo com aplicações foliares, se necessário, visando manter a praga sob controle.

Palavras-chaves: *Euschistus heros*, *Bemisia tabaci*, controle químico, fatores ambientais.

¹ Professor orientador: Flávio Lemes Fernandes – UFV

ABSTRACT

FONSECA, LUCIANO FERREIRA DA. **Environmental factors and time of leaf degradation of neonicotinoids in the chemical control of sucking insects in soybeans.** 2020. 69 p. Thesis (Phd Agronomy/Plant Science) - Federal University of Uberlândia, Uberlândia.

The objective was to study the relationships between environmental conditions, the population of bedbugs and chemical control in different soy producing regions, as well as understanding the dynamics of swallowing and the effect of neonicotinoids applied with seed treatment on white fly nymphs. To study the effect of environmental conditions and chemical control in the population of bedbugs four trials were installed in four regions (Uberlândia-MG, Primavera do Leste-MT, Rondonópolis-MT and Santa Maria-RS) in randomized block design, containing 8 treatments: Control; Carbosulfan 400 SC (0,19 L ha⁻¹); Carbosulfan 400 SC (0,23 L ha⁻¹); Imidacloprid 700 WG (0,11 kg ha⁻¹); Thiamethoxam 250 WG (0,17 kg ha⁻¹); Bifentrin + Carbosulfan 200 CE (0,5 L ha⁻¹); Imidacloprid + bifenthrin 250 SC (0,3 L ha⁻¹) and Thiamethoxam + λ-cyhalothrin 247 SC (0,3 L ha⁻¹) and 4 repetitions. We evaluated the number of bedbugs per meter in a soybean line at 0, 3, 7, 10 and 15 days after application (DAA) and collected the climatic data daily. To study the degradation and effect of neonicotinoids on white fly nymphs, a home vegetation trial was conducted to analyze the mortality of nymphs and field trials in Rio Paranaíba-MG and Lagoa Formosa-MG for two crops, where leaves were collected to analyze the concentrations of the products and count of nymphs at 0, 5, 15, 25, 35, 45 and 65 days after the emergence of soybean plants. In tests to understand the factors affecting the population of brown bedbugs, it was observed that insecticides presented different levels of interference in the population of *E. heros* according to the region, probably due to the effect of environmental conditions such as: relative humidity, temperature variation, maximum temperature and mainly rainfall. Insecticides provided a greater reduction in the population under conditions of population density close to the control level, which highlights the importance of monitoring crops to perform control measures. Under conditions of high population density, the insecticides bifentrin 50 + carbosulfan 150 EC, imidacloprid 250 + bifentrin 50 SC and imidacloprid 700 WG provided greater population reduction. In trials assessing the degradation and effect of neonicotinoids on white fly nymphs, treatment of seeds with neonicotinoids thiamethoxam, imidacloprid and clothianidin was found, provided high mortality of white-fly nymphs in the greenhouse test, demonstrating the suitability of nymphs to these products. In field trials, thiamethoxam, imidacloprid and clothianidin, applied by seed treatment, showed a reduction in the number of nymphs in relation to the control in early plant development, but the density of nymphs per leaf increased throughout the cycle, due to degradation of the products. Despite the use of insecticides in seed treatment, crop monitoring should be performed frequently, from the beginning of the cycle, complementing the management with foliar applications, if necessary, aiming to keep the pest under control.

Keywords: *Euschistus heros*, *Bemisia tabaci*, chemical control, environmental factors.

¹ Advisor: Flávio Lemes Fernandes– UFV

INTRODUÇÃO GERAL

A soja (*Glycine max* L.) é uma das commodities mais importantes no mercado internacional atual com relevante destaque na indústria de alimentos para pessoas e animais (AWADALLA et al., 2019; JIA et al., 2020). No Brasil, a produção de grãos na safra de 2017/18 foi de 119,3 milhões de toneladas, ficando atrás apenas dos Estados Unidos, que produziu 124,8 milhões de toneladas de soja no mesmo período. A área plantada no país possui uma contínua tendência de crescimento e constou com 35,82 milhões de hectares de área plantada na safra safra 2018/2019, sendo 1,9% superior a safra anterior. (CONAB, 2019).

A cultura apresenta crescimento exuberante, folhagem macia e succulenta e é uma fonte de alimento e abrigo para diversas pragas (BRAHMAN et al., 2018). Dentre essas pragas, os insetos sugadores proporcionam muitos desafios na adoção de estratégias de manejo, principalmente os percevejos e a mosca-branca.

O percevejo *Euschistus heros*, juntamente com outros percevejos da família Pentatomidae, é considerada uma das principais pragas da soja (MICHEREFF et al., 2019). As populações de percevejos fitófagos podem variar com a cultivar e com o manejo da cultura. A fenologia da soja influencia a dinâmica populacional dos percevejos, principalmente na fase reprodutiva. A relação entre as populações de percevejos e a fenologia da soja pode fornecer informações para o monitoramento das populações de pragas durante esses estágios (DEFENSOR et al., 2020).

Assim como os percevejos, a mosca branca causa danos econômicos a várias culturas, incluindo a soja, extraindo uma grande quantidade de seiva do floema e afetando negativamente o crescimento e desenvolvimento das plantas. Este inseto também excreta grande quantidade de substância açucarada, que serve como substrato para o desenvolvimento do fungo *Capnodium* spp. na superfície das folhas, cobrindo-as com uma camada escura, causando a redução da fotossíntese. Além disso, esta espécie tem a capacidade de transmitir viroses, causando grandes perdas (OLIVEIRA et al., 2001; GHANIM, 2014).

O manejo de pragas da soja inicia com a escolha do material genético (melhoramento genético visando resistência) e são combinados com monitoramento, quarentena de plantas, controle cultural, biológicos, físicos, mecânicos e químicos. O manejo integrado dos métodos de controle de pragas da soja é potencialmente a melhor estratégia adotada pelos agricultores (GAO et al., 2018). No entanto, o controle químico ainda é o método

mais utilizado e considerado mais eficiente. De acordo com Prado et al. (2010) os insucessos relatados ao controle químico de insetos, em muitos casos, não estão associados à ineficiência do produto utilizado e sim à tecnologia de aplicação empregada.

Os produtos fitossanitários desempenham um papel importante na agricultura devido à crescente necessidade de altos rendimentos e à produção intensiva de alimentos de forma sustentável (BUENO; CUNHA, 2020). De acordo Zanatta et al. (2018) a adoção de inseticidas no manejo da soja representa em torno de 12% dos custos variáveis.

O controle químico é a principal opção adotada no controle de *B. tabaci* no campo. É válido ressaltar que a aplicação de inseticida pode diminuir a população da mosca branca, mas nem sempre aumenta o rendimento de grãos, pois há interferência de fatores como a densidade da população dos insetos na área e a suscetibilidade da cultivar (MURGIANTO; HIDAYAT, 2017).

Em trabalho com o controle de *Euschistus heros*, Barcelos et al. (2019) observaram que o controle químico tem sido ineficiente para altas populações de percevejos em todo o ciclo da cultura, o que estaria relacionado com a alta capacidade migratória a curtas distâncias, ao elevado potencial reprodutivo e ao período de sobrevivência dos adultos de percevejo marrom. Portanto, para proporcionar melhor atendimento dos benefícios do método de controle químico faz-se necessário seguir o monitoramento de pragas (BUENO et al., 2012).

Por outro lado, a eficiência de controle de insetos pode ser significativamente influenciada pelos fatores climáticos. As alterações ambientais, em especial o aumento na temperatura e umidade de uma região ou diferença entre regiões distintas interferem na população de insetos, na fisiologia da planta e na dinâmica da microbiota do solo. Portanto, interfere na dinâmica dos defensivos, tanto na sua metabolização e degradação, como eficiência e controle. As alterações climáticas das últimas décadas, conhecida como aquecimento global, vem a intensificar essas relações com destaque para a influencia na capacidade das plantas de lidar com o estresse biótico, possivelmente aumentando sua suscetibilidade a doenças e pragas (ST-MARSEILLE et al., 2019; ZUCCHI et al., 2019).

Portanto, para melhor auxiliar no manejo dessas pragas, é fundamental entender os fatores que afetam a população de insetos sugadores na cultura da soja através do controle químico e estudo das condições ambientais no controle de insetos sugadores na cultura da soja.

REFERÊNCIAS

AWADALLA, S.; ABDALLAH, F.; EL-SERAFI, H.; BADAWY, W. Influence of Different Plantations on the Main Piercing-Sucking Insect Pests Attacking Faba Bean and Soybean Plants. **Journal of Plant Protection and Pathology**, Mansoura, v.10, p. 289-292, 2019. DOI: <https://doi.org/10.21608/jppp.2019.43197>.

BARCELOS, M. N.; SOUZA, T. S.; TOSCANO, L. C.; MARUYAMA, W. I. Aspectos fisiológicos e fitotécnicos do ataque de euschistus heros em soja. **Ciência & Tecnologia: FATEC-JB, Jaboticabal**, v. 11, n. 1, p. 15-21, 2019.

BRAHMAN, S. K.; AWASTHI, A. K.; KERKETTA, A. Sucking insect-pests of soybean (*Glycine max* L.), their nature of damage and succession with the crop stages. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, London, v.7, p. 1476-1478, 2018.

BUENO, A. F.; PANIZZI, A. R.; CÔRREA-FERREIRA, B. S.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; GAZZONI, D. L.; HIROSE, E.; MOSCARDI, F.; CORSO, I. C.; OLIVEIRA, L. J.; ROGGIA, S. Histórico e evolução do manejo integrado de pragas da soja no Brasil. In: HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CÔRREA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. (Org.). Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga. Brasília: Embrapa, p. 37-74, 2012.

BUENO, M. R.; CUNHA, J. P. A. R. Environmental risk for aquatic and terrestrial organisms associated with drift from pesticides used in soybean crops. **Annals of the Brazilian Academy of Sciences**, Brasilia, v. 92, p. 1-16, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/0001-3765202020181245>.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO-CONAB. (2019) Acompanhamento de safra brasileira: grãos, Safra 2018/2019. Décimo primeiro Levantamento, Agosto 2019. Brasília. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso em: 01/10/2019.

DEFENSOR, M. O.; GONRING, A. H. R.; BORGES, L. F.; PLATA-RUEDA, A. Martínez, L.C & Fernandes, F.L. Population dynamics of stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae) associated at various soybean phenological stages. **Journal of Plant Diseases and Protection**, Amsterdam, v. 127, p. 55-61, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s41348-020-00323-z>.

GAO, Y.; SHI, S.; XU, M.; CUI, J. Current research on soybean pest management in China. **Oil Crop Science**, Wuhan, v. 3, n. 4, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3969/j.issn.2096-2428.2018.04.002>.

GHANIM, M. A review of the mechanisms and components that determine the transmission efficiency of Tomato yellow leaf curl virus (Geminiviridae; Begomovirus) by its whitefly vector. **Virus Research**, Amsterdam, v. 186, p. 47–54, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2014.01.022>.

JIA, F.; PENG, S.; GREEN, J.; KOH, L.; CHEN, X; Soybean supply chain management and sustainability: A systematic literature review. **Journal of Cleaner Production**, Oxford, 255, 120254, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120254>.

MICHEREFF, M. F. F.; BORGES, M.; LAUMANN, R. A.; DANIEL, D. LAGO, C. L. BLASSIOLI-MORAES, M. C. (2019) The influence of resistant soybean cultivars on the biological development of *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae), **Journal of Plant Interactions**, London, v. 14, n. 1, p. 544-551, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1080/17429145.2019.1662498>.

MURGIANTO, F. & HIDAYAT, P. 2017. Whitefly Infestation and Economic Comparison of Two Different Pest Control Methods on Soybean Production. **Planta Tropika: Journal of Agro Science**, v. 5 , p. 110-115. DOI: <https://doi.org/10.18196/pt.2017.071.110-115>.

OLIVEIRA, M. R. V.; HENNEBERRY, T. J.; ANDERSON, P. History, current status, and collaborative research projects for *Bemisia tabaci*. **Crop Protection**, Guildford, v. 20, p.709–723, 2001. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(01\)00108-9](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(01)00108-9).

PRADO, E. P.; RAETANO, C. G.; CHRISTOVAM, R. S.; AGUIAR-JÚNIOR, H. O.; DAL POGETTO, M.H.F. A. Tecnologias de aplicação de produtos fitossanitários no controle de percevejos pragas na cultura da soja. **Arquivos Instituto Biológico**, São Paulo, v.77, n.2, p. 1-10, 2010.

ST-MARSEILLE, A-F. G.; BOURGEOIS, G.; BRODEUR , J.; MIMEE, B. Simulating the impacts of climate change on soybean cyst nematode and the distribution of soybean. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 264, p. 178–187, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.10.008>.

ZANATTA, J. M.; PARUSSULO, D. B.; WELLER, J. A.; SCHONS, L. P.; BAGGIO, D. K. Análise de viabilidade econômica da produção de uma propriedade rural: estudo das culturas da soja, trigo e milho. **Revista de la Agrupación Joven Iberoamericana de Contabilidad y Administración de Empresas**, Bogotá, n. 19, p. 117 -128, 2018.

ZUCCHI, M. I., CORDEIRO, E. M., WU, X., LAMANA, L. M., BROWN, P. J., MANJUNATHA, S., CLOUGH, S. J. Population Genomics of the Neotropical brown stink bug, *Euschistus heros*: The most important emerging insect pest to soybean in Brazil. **Frontiers in Genetics**, Lausanne, v. 10, p. 1-12, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3389/fgene.2019.01035>.

CAPÍTULO 1

REFERENCIAL TEÓRICO

1 Cultura da soja e principais insetos sugadores

A soja, *Glycine max* (L.) Merrill, é uma leguminosa importante no cenário agrícola mundial, sendo uma das commodities mais importantes do Brasil (STURMER, 2014). Vários fatores podem afetar negativamente a produtividade da soja, reduzindo a rentabilidade do agricultor, entre eles, as pragas que atacam a soja ao longo de seu ciclo de vida.

O conhecimento dos insetos que ocorrem numa cultura é muito importante para a programação de tratamentos fitossanitários e também para previsão do surgimento de novas pragas. Nos últimos 25 anos, o estado do Mato Grosso vivenciou um aumento de 500% na incidência de pragas na cultura da soja. As pragas principais, secundárias e esporádicas tiveram um aumento de 66,67%, 1.100% e 1.000%, respectivamente. O aumento está correlacionado com os métodos de manejo das lavouras, alterações tecnológicas no campo e alterações climáticas (WIEST; BARRETO, 2012).

Já na fase reprodutiva os picos populacionais referem-se aos percevejos fitófagos (MARSARO JÚNIOR et al., 2010). O complexo de percevejos pode gerar grandes perdas diretas, pois danificam o produto comercializado (ROCHA et al., 2015).

Dentre as principais espécies de percevejos fitófagos na cultura da soja destacam-se o percevejo-marrom *Euschistus heros* (FABRICIUS, 1794), percevejo-verde-pequeno *Piezodorus guildinii* (WESTWOOD, 1837), percevejo-verde *Nezara viridula* (LINNAEUS, 1758), percevejo-barriga-verde *Dichelops furcatus* (FABRICIUS, 1775) e *Dichelops melacanthus* (DALLAS, 1851) e percevejo-asa-preta *Edessa meditabunda* (FABRICIUS, 1974) (Hemiptera: Pentatomidae) (COSTA-MOREIRA; ARAGÃO, 2009).

Segundo Vivan e Degrande (2011), o ataque dos percevejos às vagens pode ocasionar perdas iguais ou superiores a 30%, tornando as sementes atacadas chochas, enrugadas, secas e escurecidas. Em ataques intensos, as sementes podem perder acima de 50% de seu poder germinativo com redução no vigor e alterações nos teores de óleo e proteínas, comprometendo a qualidade e consequentemente, o valor final dos grãos e sementes (CONTE et al., 2014).

Esses insetos causam injúrias produzidas por enzimas digestivas injetadas durante a alimentação, que podem causar abortamento de grãos, baixos níveis de germinação e vigor

das sementes e retenção de folhas (OLIVEIRA, 2010; SILVA et al., 2013). As perdas podem variar de 49 a 125 kg ha⁻¹ a uma densidade de insetos de um percevejo m⁻¹ (GUEDES et al., 2012). Silva et al. (2013) relatam que a soja sob surtos de percevejos durante o período reprodutivo pode perder grãos devido a alterações fisiológicas que causam o retenção de folhas.

Além dos percevejos, outro inseto sugador problema em soja é a mosca branca. *Bemisia tabaci* Biótipo B (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae), considerada uma das pragas mais importantes da soja no Brasil e no mundo, por ser transmissoras de viroses importantes para várias culturas, incluindo a soja (CRUZ et al., 2016).

2 *Euschistus heros* (percevejo marrom)

O percevejo marrom *Euschistus heros* (Fabricius) (Hemiptera: Pentatomidae) é uma das espécies presentes em diferentes estágios de desenvolvimento da soja e têm causado grandes perdas no Brasil (PANIZZI et al., 2014). Atualmente é a espécie de percevejo mais abundante na cultura da soja e de outras culturas importantes no Brasil. Recentemente, está adaptado para se alimentar de algodão (Malvaceae) e se disseminou nessa cultura no centro-oeste do Brasil (SORIA et al., 2011). A sua população aumentou dramaticamente, expandindo-se na maior parte do território brasileiro, inclusive, adentrando plantações da Argentina (SALUSO et al., 2011).

No complexo de percevejos sugadores de grãos, o percevejo-marrom (*Euschistus heros*) foi a espécie mais frequente (72,1%) em 215 unidades de referência, participantes do Manejo Integrado de Pragas do estado do Paraná coordenado pela EMATER-PR e EMBRAPA SOJA na safra 2017/18 (CONTE et al., 2018).

A estimativa da densidade populacional de percevejos deve ser realizada por meio de amostragem em campo, o que pode ajudar nas decisões de manejo (SILVA et al., 2014). No Brasil, para percevejos, recomenda-se um limiar de ação de dois insetos m⁻¹ para produção de grãos e de um percevejo m⁻¹ para produção de sementes (BUENO et al., 2013).

O pano-de-batida é o método mais confiável de monitoramento de percevejos na lavoura e várias amostragens devem ser realizadas semanalmente, ao longo de toda a lavoura para se conhecer a sua distribuição espacial e a densidade média da praga (CONTE et al., 2018).

2.1 Controle químico de *Eushistus heros* (percevejo marrom)

O controle de *E. heros* é realizado pela aplicação de diferentes grupos químicos de inseticidas sintéticos. Atualmente, os neonicotinóides e os piretróides são muito utilizados na cultura da soja e a mistura dos ingredientes ativos desses dois grupos é comum (HEGETO et al., 2015). Dessas misturas, o tiametoxam + lambda-cialotrina são frequentemente utilizados no controle de insetos na soja. Desde a introdução dessas misturas em 2010, a suscetibilidade das populações de *E. heros* ao tiametoxam + lambda-cialotrina diminuiu (HUSCH; SOSA-GÓMEZ, 2014).

Entre os mecanismos de resposta dos insetos aos inseticidas, três grupos de enzimas são particularmente importantes, o complexo do citocromo p450, glutatona S-transferases e as esterases (HEGETO et al., 2015). A exposição de insetos a um inseticida por gerações consecutivas torna esse composto um importante agente seletivo de genótipos resistentes. Os genes para as enzimas relacionadas ao metabolismo desses compostos são alvos dessa seleção (HEGETO et al., 2015).

Sosa-Gómez et al. (2009) avaliaram a atividade de esterases em populações de *E. heros* nos estados do Paraná e São Paulo usando acetato de α -naftil como substrato e encontraram variação significativa na atividade de esterases nessas populações. Foram encontrados seis tipos diferentes de esterases nesses insetos capazes de hidrolisar o acetato de α -naftil. Essas esterases podem estar envolvidas na desintoxicação metabólica, mecanismo pelo qual os pesticidas são modificados para formas menos tóxicas para o inseto ou são rapidamente eliminados, impedindo sua ação no local alvo (BECKEL et al., 2006).

O aumento da tolerância dos percevejos aos inseticidas se deve a combinação de diversos fatores, sendo um deles o número excessivo de aplicações de inseticida com um mesmo princípio ativo ou de moléculas de um mesmo grupo químico ao longo das safras e em safras seguidas (CONTE et al., 2018).

O uso de inseticidas durante a produção tem permitido aos agricultores protegerem as produtividades dos cultivos. No entanto, a sustentabilidade dessa prática depende fortemente do uso responsável do controle químico. Além disso, as proibições de certos inseticidas e a falta de novas moléculas no mercado, podem levar à redução do número de ingredientes ativos usados no controle de percevejos na soja (GUEDES et al., 2012). É importante destacar que a soja Bt cultivada atualmente vem como medida de controle para as principais lagartas que ocorrem na soja, não controlando, entretanto, as lagartas do complexo Spodoptera (*Spodopteraeridania*, *S. cosmiodes*, *S. frugiperda* e *S. albula*), bem

como as demais pragas da cultura, como os percevejos sugadores, ácaros e mosca-branca (BUENO; SILVA, 2016).

Para a cultura da soja, novas tecnologias de manejo para o incremento de produção são constantemente pesquisadas e desenvolvidas em conjunto com o melhoramento genético de cultivares. De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento–MAPA (2019) os insetos-praga proporcionam perdas anuais de US\$ 12 bilhões para o setor agrícola brasileiro. Neste cenário destaca-se a busca por tecnologias que minimizem os danos e perdas em produção provocados por espécies de insetos-praga, como exemplo a soja Intacta RR2 PRO®, e recentemente, a soja tolerante a percevejo, a qual, suporta o dobro de percevejos (4 ou mais percevejos por m² para produção de grãos, e 2 ou mais percevejos por m² para produção de sementes), em comparação a soja não tolerante (2 ou mais percevejos por m² para produção de grãos, e 1 ou mais percevejos por m² para produção de sementes) (MAIA et al., 2014).

O acefato é um inseticida organofosforado de amplo espectro para tratamento foliar de hortaliças, fruteiras, algodão, ornamentais comerciais e em torno de galpões e laticínios (SOLECKI, 2016). O modo de ação do acefato é semelhante a outros pesticidas organofosforado, que é a inibição da atividade da acetilcolinesterase, porém o acefato inibe de maneira diferente. A toxicidade seletiva do acefato é considerada devida à conversão fácil em metamidofós (KUMAR; UPADHAY, 2013).

O modo de ação dos piretróides se dá pela interrupção da bomba de sódio nos neurônios (NARAHASHI, 1996; RAY, 2000). Se unem a subunidades α dos canais de sódio dependentes de voltagem, desacelerando a ativação (abertura), bem como a taxa de inativação (fechamento) dos canais de sódio, levando a um estado estável de hiperexcitação (ENSLEY, 2007).

O imidacloprido é um dos inseticidas neonicotinóides, que pertence a compostos preparados a partir de plantas de tabaco (KIM, 2006). O imidacloprido atua no receptor nicotínico de acetilcolina, isto é, produz efeitos nocivos no sistema nervoso dos insetos (LIU et al., 2004). Essa ação estimula o sistema nervoso, resultando de movimentos contínuos dos músculos dos insetos alvo, levando a paralisia e morte (BLOOMQUIST, 2009).

O tiametoxam é um inseticida neonicotinoide de segunda geração pertencente à subclasse tianicotinil da química (JESCHKE; NAUEN, 2008). Já o carbosulfan pertence à família de inseticidas Carbamatos, que inibe as atividades da colinesterase nos insetos alvo e é utilizado para controlar insetos, ácaros e nematoides.

As populações de *E. heros* coletadas em culturas de soja e algodão e avaliadas durante as safras 2012/2013 e 2013/2014 oriundas dos municípios de Nova Mutum, Sinop e Rondonópolis-MT se comportaram como suscetíveis às moléculas de tiametoxam, imidacloprido, lambdacialotrina e betaciflutrina (PITTA et al., 2018).

Ribeiro et al., (2016) observou que o inseticida Imidacloprido + Bifentrina foi superior aos inseticidas acefato, lambda-cialotrina e tiametoxam + lambda-cialotrinano controle e residual de controle de *E. heros* na cultura da soja. Observou também que todos os inseticidas aplicados promoveram um incremento em produtividade quando comparados à testemunha, observando uma menor porcentagem de dano causado por percevejo marrom.

3 *Bemisia tabaci* (Mosca branca)

A mosca branca, *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae), é uma das principais pragas agrícolas mais devastadoras no mundo (BARRO et al., 2011). Ela ocorre em todos os continentes com exceção dos polos (BARRO et al., 2011; WAN; YANG, 2016; KANAKALA; GHANIM, 2019). *Bemisia tabaci* é um complexo com cerca de 44 espécies crípticas (KANAKALA; GHANIM, 2019).

Os prejuízos causados por esta praga excedem 300 bilhões de dólares, podendo reduzir a produtividade em 100% (BARRO et al., 1997). Os prejuízos são ocasionados pela sucção da seiva, injeção de toxinas, excreção de *honeydew*, que favorece o desenvolvimento de fumagina e transmissão de viroses (LOPEZ et al., 2008; NAVAS-CASTILLO et al., 2011; GILBERTSON et al., 2015; EIGENBRODE et al., 2018).

Esta praga tem hábito polífago, se alimentando de plantas das diversas famílias, como Fabaceae, Asteraceae, Malvaceae, Solanaceae e Euphorbiaceae, atacando desde plantas daninhas à várias culturas de valor econômico, como tomate, mandioca, algodão, repolho e soja (WAN; YANG, 2016). O hábito polífago é favorecido pela sua plasticidade genética, alta capacidade de dispersão e sistema neural diversificado (BERNAYS, 2001; PERRING, 2001; BARRO et al., 2011; SATAR et al., 2018). Estas características proporcionam maior adaptação ao hospedeiro, fácil alimentação e maior sucesso reprodutivo no hospedeiro alvo (BARRO et al., 2011).

As maiores densidades dessa praga na soja são encontradas no terço médio, na face abaxial das folíolos, atingindo a máxima infestação no estágio R1 (SUEKANE et al., 2018; POZEBON et al., 2019). Na soja, esse inseto transmite o vírus da necrose da haste da soja

Cowpeamildmottle virus (CpMMV), pertencente ao gênero Carlavirus (MARUBAYASHI et al., 2010). Esse vírus foi descrito pela primeira vez no Brasil em 1983 infectando o feijão cv. Jalo, mas apenas em 2005 foi realizado o primeiro relato desse vírus transmitido por mosca branca na soja, causando nanismo e necrose no caule da soja (ALMEIDA et al., 2005; ZANARDO; CARVALHO, 2017).

3.1 Controle químico de *Bemisia tabaci* (Mosca branca)

O controle de *B. tabaci* é realizado principalmente por aplicação de inseticidas via pulverização foliar e tratamento de sementes. A aplicação de inseticidas e fungicidas nas sementes é estratégico devido à menor quantidade de ingredientes ativos por área aplicada em relação à área total de aplicação, o que reduz o custo do tratamento e o impacto ambiental (CASTELLANOS et al., 2017; BEM JUNIOR et al., 2019).

É importante ressaltar que os produtos utilizados no tratamento de sementes promovem o controle dos agentes bióticos sem alterar a fisiologia das plantulas e expressão do potencial genético da soja. Bem Junior et al. (2019) em estudo com cultivar de soja transgênica observaram que produtos fitossanitários (inseticidas e fungicidas), inclusive alguns que controlam ninfas de mosca branca, não interferiram na germinação, massa seca, acúmulo e formação de nódulos radiculares e auxiliaram no desenvolvimento em altura da planta e área foliar.

Os principais ingredientes ativos utilizados no tratamento de sementes para esses insetos são tiametoxan, imidacloprido e clotianidina, pertencentes ao grupo químico dos neonicotinóides (ZHANG et al., 2011; BELAY et al., 2012). O aumento no uso de neonicotinóides aplicados às sementes nas últimas décadas foi expressivo e marcou uma mudança sem precedentes em direção à produção em grande escala. A tendência é que o uso cresça continuamente à medida que as áreas de produção se expandem, o que destaca a importância do uso racional dessa ferramenta para controle de insetos, visando reduzir o potencial de resistência a pragas, surtos não direcionados, contaminação ambiental e danos à vida selvagem e espécies polinizadoras (DOUGLAS; TOOKER, 2015).

Os neonicotinóides são inseticidas sistêmicos eficazes no controle de insetos sugadores (CASIDA, 2018). Apesar disso, o baixo residual do inseticida na planta é um fator limitante, por proporcionar um controle satisfatório desta praga por apenas alguns dias após o plantio (BELAY et al., 2012). Contudo, já há relatos de resistência de algumas espécies de *B. tabaci* a neonicotinóides em outros países, além de poder causar

contaminação no solo e na água (NAVEEN et al., 2017; SATAR et al., 2018; TODEY et al., 2018).

Regan et al. (2017) relataram que o uso de inseticidas neonicotinóides isolados e em combinação com piretróides aplicados nas sementes de soja são efetivos na supressão das principais pragas e apresentaram resultados variáveis em pragas secundárias e nos predadores. North et al. (2016) observaram que o uso de neonicotinóides no tratamentos de sementes forneceram benefícios econômicos significativos em algumas áreas e anos de soja cultivada no Centro-Sul. De acordo com os autores, a adoção da técnica e os produtos a serem utilizados estão relacionadas ao preço das *commodities*, demais práticas de cultivo, cultura anterior, histórico da área e preferência pessoal dos agricultores.

Zhang et al. (2011) observaram que o tratamento de sementes com neonicotinóides foi eficaz contra *B. tabaci* por até 45 dias em laboratório e casa de vegetação e por até aproximadamente dois meses em campo. Zhang et al. (2017) observaram que nos primeiros dias após a emergência das plantas que o tratamento de sementes foi eficaz contra *B. tabaci*, porém, na última avaliação, aos 125 dias após a emergência, a densidade desses insetos foi alta, sendo estatisticamente igual ao tratamento controle com aproximadamente 800 adultos por 100 plantas. Entretanto, não há trabalhos que avaliem a concentração do ingrediente ativo nas folhas e os trabalhos que há sobre efeito residual foram realizados em casa de vegetação e laboratório, poucos realizados à campo.

4 Efeito das condições climáticas na população de insetos

As condições climáticas têm um forte impacto no rendimento das culturas, na disseminação e taxa de multiplicação de pragas e doenças e no suprimento e demanda de água para irrigação (ROSENZWEIG et al. 2001). Kumar et al. (2019), concluíram que de todos os fatores abióticos, a temperatura máxima e mínima e umidade relativa têm um impacto muito maior na dinâmica populacional de insetos sugadores.

A data da semeadura afeta a população de mosca branca devido à mudança nos fatores abióticos (JHA; KUMAR, 2018). Rossman et al. (2018) relataram que os benefícios do uso de inseticidas no tratamento de sementes também variam com as condições do campo e do tempo, sendo a persistência e a atividade de diferentes neonicotinóides variáveis no tecido das plantas de acordo também com a cultivar (MAGALHAES et al., 2009).

O conhecimento das características do local do campo e da variedade de soja são, portanto, fundamentais para auxiliar na tomada de decisão de qual inseticida e forma de aplicação garante a efetividade de controle e torna possível fazer recomendações regionais, locais e individuais para o uso do tratamento de sementes (ROSSMAN et al., 2018) e demais ações durante o ciclo de cultivo.

A elevação da temperatura pode afetar o tempo de desenvolvimento do inseto, influenciando diretamente o número de gerações que ocorrem em função da diminuição da duração da fase ninfal dessa espécie de percevejo, há uma aceleração maior de desenvolvimento na faixa de temperatura de 20°C a 26°C do que entre 26°C a 30°C. Em relação à fecundidade, os maiores valores acontecem na faixa de temperatura que varia de 26°C a 28°C com ocorrência de baixa fecundidade quando as fêmeas são mantidas a 20°C. Contudo, a viabilidade da fase ninfal não é afetada entre as temperaturas de 20°C a 30°C (BUENO et al., 2017).

Os efeitos das condições climáticas são variáveis de acordo com a classe do inseticida. A eficácia dos organofosforados e neonicotinóides aumenta com o aumento da temperatura de 20 a 30 °C (VASSILAKOS; ATHANASSIOU, 2013) e efeito contrário ocorre em piretróides, que tem a eficácia reduzida em altas temperaturas (ARTHUR, 1999).

Apesar do aumento da eficácia, o que se observa em conjunto é uma redução nos dias de ação dos inseticidas, devido a maior taxa de degradação das moléculas, à medida que a temperatura e a umidade aumentam (AFRIDI et al., 2000; HAMACHER et al., 2002). De acordo com Matzrafi (2019) ocorre uma desintoxicação acelerada nas plantas, que metabolizam rapidamente os inseticidas sob mudanças climáticas, reduzindo assim a disponibilidade dos inseticidas para a praga alvo.

Vassilakos e Athanassiou (2013) associaram maior taxa de mortalidade de insetos não a atividade da molécula do inseticida, mas ao aumento do estresse metabólico promovido pelas condições climáticas nos insetos, considerando que altas temperaturas aumentam o contato ou absorção dos inseticidas (RUMBOS et al., 2013). Matzrafi (2019) chama a atenção para a questão de que muitos dos supostos relatórios de resistência feitos por agricultores podem ser devidos à aplicação de pesticidas, seguida por condições ambientais não ideais, em vez da evolução da resistência.

Por outro lado, Mlambo et al. (2018) enfatizaram que os efeitos de múltiplos estressores nos insetos, como inseticidas e temperaturas extremas, em especialmente quando está associado a baixa umidade relativa necessitam investigação aprofundada, tanto

para entender a dinâmica que ocorre na população de pragas como a ação nos inimigos naturais.

Zhang et al. (2018) relataram que o aumento da temperatura atmosférica e a precipitação aumentaram o uso de pesticidas. Sob as atuais projeções de mudanças climáticas, os autores estimaram que o uso de pesticidas aumentará o uso de defensivos químicos entre 1,1 a 2,5% em 2040. Para estabilizar ou reduzir esta tendência, Zhang et al. (2018) levantaram a necessidade de melhorias nas práticas de manejo, como destaque para o monitoramento constante de pragas, ampliar os serviços agrometeorológico e melhorar a disseminação de informações.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A.M.R.; PIUGA, F.F.; MARIM, S.R.R.; KITAJIMA, E.W.; GASPAR, J.O.; DE OLIVEIRA, T.G.; DE MORAES, T.G. 2005. Detection and partial characterization of a Carlavirus causing stem necrosis of soybean in Brazil. **Fitopatologia Brasileira**, Lavras, 30, 191-194. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-41582005000200016>.
- BARRO, P. J.; DRIVER, F. Use of RAPD PCR to distinguish the B biotype from other biotypes of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae). **Australian Journal of Entomology** v. 36, p. 149-152, 1997. <https://doi.org/10.1111/j.1440-6055.1997.tb01447.x>.
- BARRO, P. J.; LIU, S. S.; BOYKIN, L. M.; DINSDALE, A. B. *Bemisia tabaci*: a statement of species status. **Annual Review of Entomology**, Oxford, v. 56, p. 1-19, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-112408-085504>.
- BECKEL, H. S.; LORINI, I.; ANDLAZZARI, S. M. N. Efeito do sinergista butóxido de piperonila na resistência de *Oryzaephilus surinamensis* (L.) (Coleoptera, Silvanidae) a deltametrina e fenitroton. **Revista Brasileira de Entomologia**, Curitiba, v. 50, p. 110-114, 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262006000100016>.
- BELAY, D.K.; HUCKABA, R.M.; RAMIREZ, A.M.; RODRIGUES, J.C.V.; FOSTER, J.E. Insecticidal control of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) transmitting Carlavirus on soybeans and detection of the virus in alternate hosts. **Crop Protection**, Guildford, v. 35, p. 53-57, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2011.12.020>.
- BEM JUNIOR, L. D.; FERRARI, J. L.; DARIO, G.; TRIBONI, Y. B.; RAETANO, C. G. Physiological potential and initial development of soybean plants as a function of seed treatment. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 49, e55076, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-40632019v49e55076>.
- BERNAYS, E. A. Neural limitations in phytophagous insects: Implications for diet breadth and evolution of host affiliation. **Annual Review of Entomology**, Oxford, v. 46, p. 703-727, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.46.1.703>.

BLOOMQUIST, J. R. **Insecticides: chemistries and characteristics**. In: (Eds) Radcliffe, E. B., Hutchinson, W.D., Cancelado, R.E. (Ed.), Radcliffe's IPM World Textbook. University of Minnesota, St. Paul, Minnesota. 2009. p. 300.

BUENO, A. F.; PAULA-MORAES, S. V.; GAZZONI, D. L.; POMARI, A. F. Economic thresholds in soybean integrated pest management: old concepts, current adoption, and adequacy. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 42, p. 439-447, 2013.

BUENO, A. F. SILVA, D. M.. Velhas inimigas. **Revista Cultivar**, Pelotas, v.17, p. 28-31, 2016.

BUENO, A. F.; BORTOLOTTI, O. C.; BUENO, R. C. O. F.; HAMADA, E.; FAVETTI, B. M.; SILVA, G. V. **Efeitos do aquecimento global sobre pragas de oleaginosas**. In: (Eds) (Ed.). Aquecimento Global e Problemas Fitossanitários Bettiol, W; Hamada, E.; Angelotti, F.; Auad, A. M.; Ghini, R, Embrapa, Brasília- DF. 2017. p. 488.

CASIDA, J. E. Neonicotinoids and other insect nicotinic receptor competitive modulators: progress and prospects. **Annual Review of Entomology**, Oxford, v. 63, p. 125-144, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-020117-043042>.

CASTELLANOS, C. I. S.; ALMEIDA, A. S.; BORGES, C. T.; DEUNER, C. MENEGHELLO, G. E. Thiamethoxam treated bean seeds performance during storage. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 12, n. 1, p. 1-5, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5039/agraria.v12i1a5408>.

CONTE, O.; OLIVEIRA, F. T. DE; HARGER, N.; CORRÊA-FERREIRA, B. S. **Resultados do manejo integrado de pragas da soja na safra 2013/14 no Paraná**. Londrina: Embrapa Soja, 2014. 56 p.

CONTE, O.; OLIVEIRA, F. T. DE; HARGER, N.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; ROGGIA, S.; PRANDO, A.; SERATTO, C. D. **Resultados do manejo integrado de pragas da soja na safra 2017/18 no Paraná**. Londrina: Embrapa Soja, 2018. 66 p. (Embrapa Soja. Documentos, 402).

CORRÊA-FERREIRA, B. S. **Amostragem de pragas da soja**. In: (Eds.) Soja: Manejo Integrado de Insetos e outros Artrópodes-Praga. Hoffmann-Campo, C. B.; Corrêa-Ferreira, B.S; Moscardi, F. Embrapa ,Londrina-PR. 2012. p. 859.

COSTA-MOREIRA, H. J.; ARAGÃO, F. D. **Manual de pragas da soja**. Campinas-SP, 2009. 74 p.

CRUZ, P. L.; BALDIN, E. L. L.; GUIMARÃES, L. R. P.; PANNUTI, L. E. R.; LIMA, G. P. P.; HENG-MOSS, T. M.; HUNT, T. E. Tolerance of KS-4202 Soybean to the Attack of *Bemisia tabaci* Biotype B (Hemiptera: Aleyrodidae). **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 99, p. 600-607, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1653/024.099.0403>.

DOUGLAS, M. R.; TOOKER, J. F. Large-scale deployment of seed treatments has driven rapid increase in use of neonicotinoid insecticides and preemptive pest management in

U.S. field crops. **Environmental Science & Technology**, Easton, v. 49, n. 8, p. 5088–5097, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1021/es506141g>.

EIGENBRODE, S. D.; BOSQUE-PÉREZ, N. A.; DAVIS, T. S. Insect-borne plant pathogens and their vectors: ecology, evolution, and complex interactions. **Annual Review of Entomology**, Oxford, v. 63, p. 169-191, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-020117-043119>.

ENSLEY, S. **Pyrethrins and Pyrethroids**. In RC Gupta (ed). *Veterinary Toxicology: Basic and Clinical Principles*. Academic Press. New York. 2007. 494-498 p.

GILBERTSON, R. L.; BATUMAN, O.; WEBSTER, C. G.; ADKINS, S. Role of the insect supervectors *Bemisia tabaci* and *Frankliniella occidentalis* in the emergence and global spread of plant viruses. **Annual Review of Virology**, Palo Alto, v. 2, p. 67-93, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-virology-031413-085410>.

GUEDES, J. V. C.; ARNEMANN, J. A.; STURMER, G. R.; MELO, A. A.; BIGOLIN, M.; PERINI, C. R.; SARI, B. G. Percevejos da soja: novos cenários, novo manejo. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 12, p. 24-30, 2012. DOI: <https://doi.org/10.32404/rean.v3i2.1132>.

HEGETO, L. A.; RONQUI, L. A. S.; LAPENTA, A. S.; ALBUQUERQUE, F. A. Identification and functional characterization of esterases in Euschistusheros (Hemiptera, Pentatomidae) and their relationship with thiamethoxam and lambda-cyhalothrin. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 14, p. 11079-11088, 2015. DOI: <https://doi.org/10.4238/2015.September.22.1>.

HUSCH, P. E.; OLIVEIRA, M. C. N. DE; SOSA-GÓMEZ, D. R. Characterization of injury caused by *Edessa mediatubunda* (F.), *Chinavia impicticornis* (Stål), and *Piezodorus guildinii* (West.) (Hemiptera: Pentatomidae) to soybean. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 43, p. 276-281, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13744-014-0209-x>.

JHA, S. K.; KUMAR, M. Fluctuation in whitefly Bemisiatabaci population in relation to environmental factors. **Journal of Entomology and Zoology Studies**, AkiNik, v. 6, p. 3011-3014, 2018.

JESCHKE, P.; NAUEN, R. Neonicotinoids-from zero to hero in insecticide chemistry. **Pest Management Science**, West Sussex, v. 64, p. 1084-1098, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.1631>.

KANAKALA, S.; GHANIM, M. Global genetic diversity and geographical distribution of *Bemisia tabaci* and its bacterial endosymbionts. **PLoS ONE**, San Francisco, v. 14, p. 1-5, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0213946>.

KIM, U. Neonicotinoid insecticides. MMG 445 **Basic Biotechnology Journal** Weinheim, v. 2, p. 46–52, 2006.

KUMAR, R.; AHAD, I.; RASOOL, K.; KUMAR, R. Influence of abiotic factors on population dynamics of sucking insect pests in oats. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, London, v. 8, p. 591-595, 2019.

KUMAR, V. E.; UPADHAY, N. Chemical and biochemical mechanistic fate of acephate. **International Journal of Engineering Science**, Oxford, v. 4, p. 2674-2678, 2013.

LIU, Z.; WILLIAMSON, M. S.; LANSDELL, S. J.; DENHOLM, I.; HAN, Z.; MILLAR, N.S. A nicotinic acetylcholine receptor mutation conferring target-site resistance to imidacloprid in *Nilaparvatalugens* (Brown Planthopper). **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v.102, p. 8420–8425, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.0502901102>.

LOPEZ V.; VOS, J.; POLAR, P.; KRAUSS, U. Discovery learning about sustainable management of whitefly pests and whitefly-borne viruses. *International Centre for Tropical Agriculture*, v. 1, p. 12-37, 2008.

MAGALHAES, L. C.; HUNT, T. E.; SIEGFRIED, B. D. Efficacy of neonicotinoid seed treatments to reduce soybean aphid populations under field and controlled conditions in Nebraska. **Journal of Economic Entomology**, Oxford, v. 102, p. 187-195, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1603/029.102.0127>.

MAIA, M. C. C.; VELLO, N. A.; ARAÚJO, L. B. DE; DIAS, C. T. DOS S.; OLIVEIRA, L. C. DE; ROCHA, M. De M. Interação genótipo-ambiente em soja via análise de componentes principais com múltiplas matrizes de dados. **Revista Agroambiente**, v. 8, p. 104-111, 2014. DOI: <https://doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v8i1.1369>.

MARUBAYASHI, J. M.; YUKI, V. A.; WUTKE, E. B. Transmissão do *Cowpeamildmottle virus* pela mosca branca *Bemisia tabaci* biótipo B para plantas de feijão e soja. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 36,p. 158-160, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-54052010000200009>.

MARSARO JÚNIOR, A. L.; PEREIRA, P. R. V. S.; SILVA, W. R.; GRIFFEL, S. C. P. Flutuação populacional de insetos-praga na cultura da soja no Estado de Roraima. **Revista Acadêmica de Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 8, n. 1, p. 71-76, 2010.

MATZRAFI, M. Climate change exacerbates pest damage through reduced pesticide efficacy. **Pest Management Science**, v. 75, n.1, 9-13, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.5121> .

MLAMBO, S.; MVUMI, B. M.; STATHERS, T.; MUBAYIWA, M.; NYABAKO, T. Field efficacy and persistence of synthetic pesticidal dusts on stored maize grain under contrasting agro-climatic conditions. **Journal of Stored Products Research**, v. 76, p. 129–139, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2018.01.009>.

Ministério Da Agricultura Pecuária E Abastecimento-Mapa. **A cultura da soja**, Acesso em: 15 Out. 2019. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/soja>>.

NARAHASHI, T. Neuronal ion channels as the target sites of insecticides. **Pharmacology Toxicology**, Copenhagen, v. 7, n. 8, p.1–14, 1996. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0773.1996.tb00234.x>.

NAVEEN, N. C.; CHAUBEY, R.; KUMAR, D.; REBIJITH, K. B.; RAJAGOPAL, R.; SUBRAHMANYAM, B.; SUBRAMANIAN, S. Insecticide resistance status in the whitefly, *Bemisia tabaci* genetic groups Asoa-I, Asia-II-1 and Asia-II-7 on the Indian

subcontinent. **Scientific Reports**, London, v. 7, p. 40-46, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1038/srep40634>.

NAVAS-CASTILLO, J.; FIALLO-OLIVÉ, E.; SÁNCHEZ-CAMPOS, S. Emerging virus diseases transmitted by whiteflies. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 49, p. 219-248, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-072910-095235>.

NORTH, J. H.; GORE, J.; CATCHOT, A. L.; STEWART, S. D.; LORENZ, G. M.; MUSSER, F. R.; COOK, D. R.; KERNS, D. L.; DODDS, D. M. Value of neonicotinoid insecticide seed treatments in mid-south Soybean (*Glycine max*) production systems. **Journal of Economic Entomology**, v. 109, n. 3, p. 1156–1160, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/tow035>.

PANIZZI, A. R. Growing problems with stink bugs (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae): Species Invasive to the U.S. and Potential Neotropical Invaders . **American Entomologist**, Oxford, v. 60, p. 223-233, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1093/ae/tmv068>.

PITTA, R. M.; RODRIGUES, S. M. M.; VIVAN, L. M.; BIANCHIN, K. A. Suscetibilidade de *Euschistus heros* (Fabr. 1794) (Heteroptera: Pentatomidae) a inseticidas em Mato Grosso. **Scientific Electronic Archives**, Rondonópolis, v. 11, p. 1-5, 2018.

PERRING, T. The *Bemisia tabaci* species complex. **Crop Protection**, Guildford, v. 20, p. 725-737, 2001. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(01\)00109-0](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(01)00109-0).

POZEBON, H.; CARGNELUTTI FILHO, A.; GUEDES, J. V. C.; FERREIRA, D. R.; MARQUES, R. P.; BEVILAQUA, J. G.; ARNEMANN, J. A. *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) on soybean plants: Vertical distribution and on leaflets. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Amsterdam, v. 10, p. 1-5, 2019.

RAY, D. E. Pesticide neurotoxicity in Europe: real risks and perceived risks. **Neurotoxicology**, Park Forest South, v. 21, p. 219-221, 2000.

REGAN, K.; ORDOSCH, D.; GLOVER, K. D.; TILMON, K. J.; SZCZEPANIEC, A. Effects of a pyrethroid and two neonicotinoid insecticides on population dynamics of key pests of soybean and abundance of their natural enemies. **Crop Protection**, Guildford, v. 98, p. 24–32, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.03.004>.

RIBEIRO, F. C.; ROCHA, F. S.; ERASMO, E. A. L.; MATOS, E. P.; COSTA, S. J. Manejo com inseticidas visando o controle de percevejo marrom na soja intacta. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 3, p. 48-53, 2016. DOI: <https://doi.org/10.32404/rean.v3i2.1132>.

ROCHA, F.; VIEIRA, C. C.; FERREIRA, M. C.; OLIVEIRA, K. C.; MOREIRA, F. F.; PINHEIRO, J. B. Selection of soybean lines exhibiting resistance to stink bug complex in distinct environments. **Food and Energy Security**, v. 4, p. 133-143, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1002/fes3.57>.

ROSENZWEIG, C.; IGLESIAS, A.; YANG, X.; EPSTEIN, P. R.; CHIVIAN, E. Climate change and extreme weather events; implications for food production, plant diseases, and

pests. **Global Change Human Health**, v. 2, p. 90–104, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1015086831467>.

ROSSMAN, D. R.; BYRNE, A. M.; CHILVERS, M. I. Profitability and efficacy of soybean seed treatment in Michigan. **Crop Protection**, Guildford, v. 114, p. 44-52, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2018.08.003>

RUMBOS, C. I.; DUTTON, A. C.; ATHANASSIOU, C. G. Comparison of two pirimiphosmethyl formulations against major stored-product insect species. **Journal of Stored Products Research**, v. 55, p. 106-116, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2013.08.003>.

SALUSO, A.; XAVIER, L.; SILVA, F. A. C.; PANIZZI, A. R. An invasive pentatomid pest in Argentina: Neotropical brown stink bug, *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 40, p. 704-705, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-566X2011000600011>.

SATAR, G.; ULUSOY, M. R.; NAUEN, R.; DONG, K. Neonicotinoide insecticide resistance among populations of *Bemisia tabaci* in the Mediterranean region of Turkey. **Bulletin of Insectology**, v. 71, p. 171-177, 2018.

SUEKANE, R.; DEGRANDE, P. E.; MELO, E. P. DE; AZAMBUJA, T. M.; MENEGATI, C. T. Spatial distribution of soybean plants infested with whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) (Hemiptera: Aleyrodidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 85, p. 1-6, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1808-1657000642016>.

SILVA, A. J.; CANTERI, M. G.; SILVA, A. L. Haste verde e retenção foliar na cultura da soja. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.39, p. 151-156, 2013.

SILVA, G. V.; PASINI, A.; BUENO, A. DE F.; BORTOLOTTI, O. C.; BARBOSA, G. C.; CRUZ, Y. K. S. No impact of Bt soybean that express Cry1Ac protein on biological traits of *Euschistus heros* (Hemiptera, Pentatomidae) and its egg parasitoid *Telenomuspodisi* (Hymenoptera, Platygasteridae). **Revista Brasileira de Entomologia**, Curitiba, v. 58, p. 285-290, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262014000300010>.

SOLECKI, R. 2016. **Pesticide residues in food-2002-Joint FAO/WHO meeting on pesticide residues**. Rittenhouse. Food and Agriculture Organization of the United Nations and World Health Organization.

SORIA, M. F.; DEGRANDE, P. E.; PANIZZI, A. R. Symptoms, injuries, yield reduction and quality loss of cotton attacked by the Neotropical brown stink bug *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae). **Beltwide Cotton Conferences**, New Orleans, v. 4, p. 774-780, 2011.

SOSA-GÓMEZ, D. R.; SILVA, J. J. DA; LOPES, I. DE O. N.; CORSO, I. C.; ALMEIDA, A. M. R.; MORAES, G. C. P. DE; BAUR, M. E. Insecticide susceptibility of *Euschistus heros* (Heteroptera: Pentatomidae) in Brazil. **Journal of Economic Entomology**, Oxford, v. 102, p. 1209-1216, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1603/029.102.0346>.

STURMER, G. R. Sample size for estimating the population of stink bugs in soybean crops. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, p. 155-167, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902014000100019>.

TODEY, S. A.; FALLON, A. M.; ARNOLD, W. A. Neonicotinoid insecticide hydrolysis and photolysis: Rates and residual toxicity. **Environmental Toxicology and Chemistry**, New York, v. 37, p. 2797-2809, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1002/etc.4256>.

VASSILAKOS, T.N., ATHANASSIOU, CHRISTOS G. Effect of temperature and relative humidity on the efficacy of spinetoram for the control of three stored product beetle species. **Journal of Stored Products Research**, v. 55, p. 73-77, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2013.06.004>.

VIVAN, L. M.; DEGRANDE, P. E. **Pragas da soja**. In: Boletim de pesquisa de soja 1st ed... Rondonópolis: Fundação MT. (Boletim, 15), 2011. 297 p.

WAN, F. H.; YANG, N. W. Invasion and management of agricultural alien insects in China. **Annual Review of Entomology**, Oxford, v. 61, p. 77-98, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-010715-023916>.

WIEST, A.; BARRETO, M. R. Evolução dos Insetos-Praga na Cultura da Soja no Mato Grosso. **EntomoBrasilis**, Vassouras, v. 5, n. 2, 84-87, 2012. DOI: <https://doi.org/10.12741/ebrasilis.v5i2.173>

ZANARDO, L. G.; CARVALHO, C. M. *Cowpea mild mottle virus* (Carlavirus, Betaflexiviridae): a review. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 42, p. 417-430, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40858-017-0168-y>.

ZHANG, L.; GREENBERG, S. M.; ZHANG, Y.; LIU, T. X. Effectiveness of thiamethoxam and imidacloprid seed treatment against *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) on cotton. **Pest Management Science**, West Sussex, v. 67, p. 226-232, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.2056>.

ZHANG, Z.; ZHAO, Y.; WANG, Y.; LI, B.; LIN, J.; ZHANG, X.; MU, W. Seed treatment combined with a spot application of clothianidin granules prolongs the efficacy of controlling piercing-sucking insect pests in cotton fields. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 65, p. 8083-8092, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b03120>.

ZHANG, Y. W.; MCCARL, B. A.; LUAN, Y.; KLEINWECHTER, U. Climate change effects on pesticide usage reduction efforts: a case study in China. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, v. 23, p. 685-701, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11027-017-9755-y>.

CAPÍTULO 2

FATORES AMBIENTAIS NO CONTROLE QUÍMICO DE *Euschistus heros* EM SOJA EM TRÊS REGIÕES CLIMÁTICAS DO BRASIL

RESUMO

O percevejo-marrom (*Euschistus heros*) se alimenta de vagens e grãos da soja, causando abortamento de grãos, redução de vigor e germinação das sementes. O conhecimento de técnicas de controle e os fatores que afetam a população desta espécie é fundamental para manejá-la. Com isso, objetivou-se estudar as relações entre as condições ambientais, a população de percevejos e o controle químico em regiões produtoras de soja. O estudo foi conduzido em Santa Maria-RS, Uberlândia-MG, Primavera do Leste-MT e Rondonópolis-MT. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com oito tratamentos: Testemunha (sem aplicação de inseticidas); 0,19 L ha⁻¹ Carbosulfano 400SC; 0,23 L ha⁻¹ Carbosulfano 400SC; 0,11 kg ha⁻¹ Imidacloprido 700WG; 0,17 kg ha⁻¹ Tiametoxam 250WG; 0,5 L ha⁻¹ Bifentrina + Carbosulfano 200CE; 0,3 L ha⁻¹ Imidacloprido + bifentrina 250SC e 0,3 L ha⁻¹ Tiametoxam + λ-cialotrina 247SC, com quatro repetições. As aplicações foram realizadas no estádio R5.1 em Primavera do Leste-MT e nas outras regiões no estádio R4. A contagem do número de ninfas, adultos e total (ninfas + adultos) de *E. heros* por pano de batida foi realizada aos 0, 3, 7, 10 e 15 dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos. Foi realizada a análise conjunta para avaliação populacional de cada tratamento em cada região, análise de correlações canônicas e de trilha para avaliar o efeito dos inseticidas e fatores ambientais sobre a população da praga. Os inseticidas apresentaram diferentes níveis de interferência na população de *E. heros* de acordo com a região. Os inseticidas proporcionaram maior redução da população em condições de densidade populacional próximo ao nível de controle, o que destaca a importância do monitoramento das lavouras para efetuar as medidas de controle. Em condições de elevada densidade populacional, os inseticidas bifentrina 50 + carbosulfano 150EC, imidacloprido 250 + bifentrina 50SC e imidacloprido 700WG proporcionaram melhor controle populacional.

Palavras-chave: *Glycine max* (L), percevejo-marrom, interferência ambiental, monitoramento de pragas.

ABSTRACT

Environmental factors in the chemical control of *Euschistus heros* in soybeans in three climatic regions of Brazil

The brown bug (*Euschistus heros*) feeds on pods and soybeans, causing grain abortion, reduction of vigor and germination of seeds. The knowledge of control techniques and the factors that affect the population of this species is fundamental to manage it. With this, we aimed to study the relationships between environmental conditions, the population of bedbugs and chemical control in soy-producing regions. The study was conducted in Santa Maria-RS, Uberlândia-MG, Primavera do Leste-MT and Rondonópolis-MT. The

experimental design was in randomized blocks, with eight treatments: Control (without application of insecticides); 0.19 L ha⁻¹ Carbosulfan 400SC; 0.23 L ha⁻¹ Carbosulfan 400SC; 0.11 kg ha⁻¹ Imidacloprid 700WG; 0.17 kg ha⁻¹ Thiametoxam 250WG; 0,5 L ha⁻¹ Bifenthrin + Carbosulfan 200CE; 0,3 L ha⁻¹ Imidacloprid + bifenthrin 250SC and 0,3 L ha⁻¹ Thiametoxam + λ -cyhalothrin 247SC, with four repetitions. The applications were carried out in the R5.1 stage in Primavera do Leste-MT and in the other regions in the R4 stage. The count of the number of nymphs, adults and total (nymphs + adults) of *E. heros* per beat cloth was performed at 0, 3, 7, 10 and 15 days after the application (DAA) of the treatments. A joint analysis was performed to assess the population of each treatment in each region, to analyze canonical and trail correlations to evaluate the effect of insecticides and environmental factors on the population of the pest. Insecticides presented different levels of interference in the population of *E. heros* according to the region. Insecticides provided a greater reduction in the population under conditions of population density close to the control level, which highlights the importance of monitoring crops to perform control measures. Under conditions of high population density, the insecticides bifenthrin 50 + carbosulfan 150EC, imidacloprid 250 + bifenthrin 50SC and imidacloprid 700WG provided better population control.

Keywords: *Glycine max* (L), brown bug, environmental interference, pest monitoring.

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* L.) é uma leguminosa economicamente importante, rica em proteína e óleo e fornecedora de outros componentes relevantes a saúde como o amido, fibras e minerais (CHAUDHARY et al., 2015). O potencial produtivo e a qualidade dos grãos da soja podem ser afetados pelo ataque de insetos pragas (RICH; KOCH, 2016; SCHÜNEMANN et al., 2018; EDUARDO et al., 2018).

Os percevejos são as pragas mais importantes da soja, pois se alimentam das vagens e grãos, causando perdas de rendimentos e afetando a qualidade da semente (KRINSKI et al., 2013; SOSA-GÓMES et al., 2014). Os percevejos podem ocasionar danos irreversíveis à cultura, pois, ao se alimentarem, sugam diretamente os grãos, danificando o produto comercializado (ROCHA et al., 2014).

Os principais percevejos nesta cultura são o verde-pequeno, *Piezodorus guildinii* (Westwood), verde, *Nezara viridula* (Linnaeus) e o marrom, *Euschistus heros* (Fabricius). O percevejo-marrom-da-soja, (*E. heros*), é a espécie mais abundante do complexo de percevejos em grande parte das regiões produtoras de soja (FARIAS et al., 2014; PANIZZI, 2014).

As técnicas de manejo integrado têm sido utilizadas para o manejo do complexo de pragas da soja. Os principais métodos de controle são o químico, o biológico e o cultural, sendo a adoção das medidas de controle baseadas nos níveis populacionais das espécies

monitoradas por amostragem periódica (FONSECA et al., 2014; SCHÜNEMANN et al., 2018). No Brasil, o nível de controle é de 2 percevejos m⁻¹ na produção de grãos e de 1 percevejo m⁻¹ para produção de sementes (BUENO et al., 2013).

Com o advento das cultivares com genes de proteção ao ataque de lagartas houve redução no número de aplicações de inseticidas, principalmente no período vegetativo da soja. Isso tem favorecido o aumento populacional de percevejos, como observado por Silva et al. (2014). Somado a isso, surgiram restrições no número de moléculas para o manejo de percevejos na cultura. No cenário atual, inseticidas pertencentes aos grupos químicos dos neonicotinóides, piretróides, carbamatos e organofosforados estão disponíveis e são recomendados para o manejo de sugadores da soja (CREMONEZ et al., 2019).

O controle químico tem sido a medida mais utilizada para reduzir os percevejos nas lavouras (BUENO et al., 2013) com predominância de produtos à base de acefato (organofosforado) e misturas de piretróides e neonicotinóides, o que dificulta a rotação de produtos com diferentes modos de ação para controle dessa praga e pode selecionar populações resistentes (HEGETO et al., 2015).

Por outro lado, a eficiência de controle de insetos pode ser significativamente influenciada pelos fatores climáticos. As alterações ambientais, em especial o aumento na temperatura e umidade entre regiões interferem na população de insetos, na fisiologia da planta e na dinâmica da microbiota do solo. Portanto, interfere na dinâmica dos defensivos, tanto na sua metabolização e degradação, como eficiência e controle. As alterações climáticas das últimas décadas, conhecida como aquecimento global, vem a intensificar essas relações, com destaque para a influencia na capacidade das plantas de lidar com o estresse biótico, possivelmente aumentando sua suscetibilidade a doenças e pragas (ST-MARSEILLE et al., 2019; ZUCCHI et al., 2019).

A maioria dos trabalhos disponíveis na literatura se restringem a um local ou poucos inseticidas. Diante da importância do manejo desta praga para manutenção da sustentabilidade da produção da soja, objetivou-se avaliar a performance de inseticidas para controle de percevejo na cultura da soja, em diferentes regiões, bem como a interação desse controle com as condições abióticas na população de percevejos após a aplicação dos inseticidas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em quatro locais na safra agrícola 2015/2016, contemplando os municípios de Santa Maria-RS (29°43'35,72'' S; 53°33'40,10'' O; altitude de 115 m), Uberlândia-MG (18°59'46,60'' S; 48°06'41,01'' O; altitude de 863 m), Primavera do Leste-MT (15°34'11,09'' S; 59°31'55,23'' O; altitude de 635 m) e Rondonópolis-MT (16°23'15,21'' S; 54°30'42,93'' O; altitude de 229 m).

O município de Uberlândia encontra-se no Triângulo Mineiro na Região Sudeste do Brasil, com clima do tipo Aw, ou seja, apresenta um inverno seco e um verão chuvoso, a temperatura média varia entre 18 a 23°C com precipitação anual entre 1.500 e 1.600 mm. Santa Maria fica na Região Sul do Brasil, localizada a uma altitude de 115 m. Apresenta clima temperado, chuvoso e quente do tipo Cfa, no qual a temperatura média do mês mais frio fica entre -3°C e 18°C e a temperatura média do mês mais quente superior a 22°C, úmido durante todo ano e precipitação anual variando de 1600 a 1700 mm. Rondonópolis fica na região Centro-oeste do país, localizada a uma altitude de 229 m. O clima tropical do tipo Aw, inverno seco e verão chuvoso, com temperatura variando entre 17 e 37 °C, com precipitação anual entre 1500 a 1600 mm. Primavera do Leste está localizada na região Centro-Oeste a uma altitude de 635 m. O clima é tropical, classificado como Aw, o verão tem muito mais pluviosidade que o inverno com temperatura média variando de 18 a 23°C e média anual de pluviosidade de 1784 mm.

A condução dos ensaios ocorreu durante os meses de janeiro, fevereiro e março de 2016, no período reprodutivo da cultura da soja. Para o manejo fitossanitário da cultura foi definido um padrão de manejo com a utilização dos mesmos produtos nas quatro regiões, porém de acordo com a necessidade da cultura e com base no monitoramento frequente das áreas. Os tratamentos culturais definidos para o controle de plantas daninhas consistiram em aplicações dos herbicidas: Glifosato – sal de amônio (3,0 L ha⁻¹) e carfentrazone-etílico (70 mL ha⁻¹) realizada em dessecação 5 dias antes da semeadura e do Glifosato – sal de amônio (2,0 L ha⁻¹) realizado em pós-emergência no estágio vegetativo V4.

O manejo adotado para o controle de doenças como a ferrugem da soja (*Phakopsora pachyrhizi*) foi realizado com três aplicações de fungicidas, de acordo com as doses recomendadas, iniciando no estágio fenológico R1 (florescimento) e intervalo de 14 dias com aplicação de trifloxistrobina + proclorazoxol (0,4 L ha⁻¹) na primeira aplicação (R1), fluxapiraxade + piraclostrobina (0,3 L ha⁻¹) 14 dias após a primeira aplicação e picoxistrobina + ciproconazole (0,3 L ha⁻¹) aos 28 dias após a primeira aplicação. Não

foram realizadas aplicações de inseticidas para controle de lagartas ou outras pragas na cultura da soja para não afetar a população de percevejos.

Os ensaios foram conduzidos em áreas já cultivadas anteriormente, em solo corrigido e a recomendação de adubação de semeadura e cobertura foram realizadas de acordo com a necessidade de cada local, de forma a garantir os níveis de nutrientes ideais para o cultivo da soja.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com oito tratamentos (Tabela 1) e quatro repetições, totalizando 32 parcelas. As unidades experimentais apresentavam 12 linhas de 10 metros de comprimento e espaçadas entre si com 0,50 metros, totalizando 60 m² a área de cada parcela. A área útil de cada unidade experimental foi de 32 m², pois, as avaliações foram feitas nas 8 linhas centrais de cada parcela, desprezando 2,0 metros nas extremidades de cada linha.

Os tratamentos consistiram em diferentes grupos químicos de inseticidas e diferentes doses conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 1. Tratamento, dose, grupo químico e mecanismo de ação dos inseticidas utilizados no controle de *E. heros* na cultura da soja. Uberlândia-MG, 2020.

Tratamentos	Grupo químico	Dose (L ha ⁻¹)	Dose (g i.a. ha ⁻¹)
Controle*	Água	-	-
Carbosulfano 400 SC	Carbamato ¹	0,19	75
Carbosulfano 400 SC	Carbamato ¹	0,23	90
Imidaclopride 700 WG	Neonicotinoide ²	0,11	75
Tiametoxam 250 WG	Neonicotinoide ²	0,17	42
Carbossulfano + bifentrina CE	Carbamato ¹ e Piretroide ³	0,5	75 + 25
Imidacloprido + bifentrina SC	Neonicotinoide ² e Piretroide ³	0,3	75 + 15
Tiametoxam + λ-cialotrina SC	Neonicotinoide ² e Piretroide ³	0,3	42,3 + 31,8

*Controle: somente água; SC = Suspensão Concentrada, WG= grânulos dispersos em água, CE = Concentrado Emulsionável.¹Inibidores de acetilcolinesterase; ²Moduladores competitivos de receptores nicotínicos da acetilcolina; ³moduladores de canais de sódio; i.a. ingrediente ativo

As aplicações dos tratamentos foram realizadas em uma única vez, utilizando-se um pulverizador costal pressurizado a CO₂, com pressão constante a 40 psi, munido de seis pontas XR 11002, com barra de pulverização com 3 metros de comprimento e 0,5 m espaçamento entre os bicos, utilizando um volume de solução de 200 L ha⁻¹. Os dados da aplicação como cultivar de soja, estágio da soja no momento da aplicação, temperatura, umidade entre outros estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2. Dados observados durante a aplicação em cada localidade. Uberlândia-MG, 2020.

Cidade	Santa Maria	Uberlândia	Primavera do Leste	Rondonópolis
Estado	RS	MG	MT	MT
Local	Biomonte	EPA	Agrolab	Área Produtor
Cultivar	NS5909RR	P98Y30RR	M8372RR	TMG132RR
Semeadura	05/12/2015	27/12/2015	01/12/2015	02/12/2015
Emergência	10/12/2015	02/01/2016	06/12/2015	07/12/2015
Estádio fenológico	R4	R4	R5.1	R4
Data aplicação	15/02/16	08/03/16	27/01/16	27/01/16
Temperatura (°C)	29	25	26	32
Umidade Relativa (%)	56	62	67	51
Velocidade vento (km h ⁻¹)	7,1	3,6	5,1	8,6
Nebulosidade	33%	0%	0%	66%

A variável analisada no experimento foi a contagem do número de ninfas, adultos e total (ninfas + adultos) de *E. heros* por pano de batida. Essa avaliação foi realizada aos 0, 3, 7, 10 e 15 dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos. Em cada localidade o estágio fenológico correspondente as avaliações foi R4, R4, R5.1, R5.1 e R5.2 para as cidades de Santa Maria-RS, Rondonópolis-MT e Uberlândia-MG, já para o experimento conduzido em Primavera do Leste-MT os estágios fenológicos das avaliações foram R5.1, R5.1, R5.2, R5.2 e R5.3. Para estas avaliações adotou-se o pano-de-batida com dimensões 1 m de comprimento x 1,5 m largura, contabilizando separadamente os percevejos adultos e ninfas (3º a 5º instar) em uma linha de 1 m (0,5 m²) por amostragem. Além disso, foram realizadas quatro amostras por unidade experimental e foram contabilizados o valor médio de ninfas, adultos e ninfas + adultos por parcela.

Foi realizada a análise conjunta para avaliação populacional a partir das médias dos tratamentos das regiões avaliadas. Aplicou-se teste F para a análise da variância. As médias foram comparadas pelo teste de Skot Knott, com 5% de significância. A análise de correlações canônicas e de trilha foram realizadas para avaliar o efeito dos inseticidas e fatores ambientais sobre a população da praga. As análises foram conduzidas com auxílio dos programas Genes (CRUZ, 2013) e SAS System (1999).

3 RESULTADOS

O número de ninfas, adultos e total (ninfas + adultos) de *E. heros* por pano de batida m⁻¹ apresentou diferença entre tratamentos, locais e a interação tratamento x local (Tabela 3). As maiores populações de ninfas foram observadas em Santa Maria-RS (5,5

insetos/pano de batida), adultos em Primavera do Leste-MT (7,0 insetos/pano de batida) e total de percevejos em Santa Maria-RS (9,9 insetos/pano de batida) e Primavera do Leste-MT (10,3 insetos/pano de batida) (Tabela 4). No entanto, a população de percevejos foi afetada pelos inseticidas e doses testados com redução das populações em Uberlândia-MG, Primavera do Leste-MT e Santa Maria-RS (Tabela 4). Já em Rondonópolis-MT apenas o inseticida carbosulfano 400 SC (nas duas doses) e bifentrina 50 + carbosulfano 150 CE proporcionaram redução da população total do inseto (Tabela 4).

Uma maior população de ninfas ocorreu em Santa Maria-RS, onde todos os produtos proporcionaram redução do número de ninfas em relação à testemunha, principalmente nas parcelas tratadas com bifentrina 50 + carbosulfano 150 CE e imidaclopride 250 + bifentrina 50 SC. Já em Uberlândia-MG todos os produtos reduziram o número de ninfas ao passo que em Rondonópolis-MT, nenhum produto reduziu a população de ninfas. Em Primavera do Leste-MT, bifentrina 50 + carbosulfano 150 CE, proporcionaram maior redução do número de ninfas, seguido de imidaclopride 700 WG e imidaclopride 250 + bifentrina 50 SC (Tabela 4).

Tabela 3. Análise de variância conjunta para os dados do número de ninfas, adultos e total (ninfas + adultos) de *E. heros* para diferentes locais experimentais. Uberlândia-MG, 2020.

Fonte de variação	GL	QM	P
Ninfa			
Blocos	3	1,2	-
Tratamentos (T)	7	9,2	0,025
Local (L)	3	21,3	<0,001
T x L	16	1,7	0,004
Resíduo	56	0,9	-
Total	127	-	-
CV (%)		49	
Adulto			
Blocos	3	0,1	-
Tratamentos (T)	7	11,4	0,001
Local (L)	3	40,1	<0,001
T x L	16	2,0	0,003
Resíduo	56	0,9	-
Total	127	-	-
CV (%)		38	
Total (ninfa + adulto)			
Blocos	3	0,8	-
Tratamentos (T)	7	13,5	<0,001
Local (L)	3	52,3	<0,001
T x L	16	2,9	0,001
Resíduo	56	1,9	-
Total	127	-	-
CV (%)		37	

A maior população de adultos foi observada em Primavera do Leste-MT, onde carbosulfan 400 SC nas duas doses avaliadas, imidaclopride 700 WG e carbosulfano 150 + bifentrina 50 CE proporcionaram maior redução da população. Já na região de Uberlândia-MG, os tratamentos reduziram a população de adultos em relação à testemunha com excessão de tiametoxam 141 + λ -cialotrina 106 SC. Em Santa Maria-RS, todos os produtos proporcionaram redução da população de adultos e em Rondonópolis-MT, apenas carbosulfano 400 SC, imidaclopride 700 WG, carbosulfano 150 + bifentrina 50 CE e tiametoxam 141 + λ -cialotrina 106 SC reduziram a população de adultos (Tabela 4).

Os inseticidas apresentaram melhor eficiência quando as densidades populacionais de percevejos (*E. heros*) estavam próximas ao nível de dano (2 percevejos m^{-1}) (Tabela 4). Como exemplo, em Uberlândia-MG na densidade de 2 adultos/batida de pano/m as populações nos inseticidas baixaram para 0,3 a 1,5 percevejos (Tabela 4). Diferente de Primavera do Leste-MT (7 adultos m^{-1}), Santa Maria-RS (4,4 adultos m^{-1}) e Rondonópolis-MT (3,7 adultos m^{-1}) (Tabela 4). Esta mesma observação pôde ser constatada para a população total quando comparamos os dados de Uberlândia-MG frente as demais regiões.

Tabela 4. Média do número de ninfas, adultos e total (ninfas + adultos) de *E. heros* para diferentes locais do experimento submetido à diferentes tratamentos. Uberlândia-MG, 2020.

Tratamentos	¹ Local			
	Uberlândia (MG)	Primavera do Leste (MT)	Rondonópolis (MT)	Santa Maria (RS)
	Ninfa (N)			
Controle (somente água)	3,3aB	3,2aB	2,3aB	5,5aA
² Carbosulfano 400 SC	0,8bB	2,7aA	1,2aB	3,3bA
³ Carbosulfano 400 SC	0,4bB	2,4aA	0,9aB	2,6bA
⁴ Imidaclopride 700 WG	0,7bB	2,2bA	1,8aA	1,9cA
⁵ Tiametoxam 250 WG	0,8bB	2,7aA	1,7aB	2,7bA
⁶ Bifentrina 50+Carbosulfano 150CE	0,5bA	1,0cA	0,9aA	1,6cA
⁷ Imidaclopride 250+bifentrina 50SC	0,6bB	1,9bA	1,5aA	1,7cA
⁸ Tiametoxam 141+λ-cialotrina 106SC	0,9bB	3,6aA	1,9aB	2,6bA
	Adulto (A)			
Controle (somente água)	2,0aC	7,0aA	3,7aB	4,4aB
² Carbosulfano 400 SC	0,8bB	2,6dA	2,2bA	2,7bA
³ Carbosulfano 400 SC	0,3bC	2,3dA	1,4bB	3,1bA
⁴ Imidaclopride 700 WG	0,8bB	2,6dA	2,2bA	2,4bA
⁵ Tiametoxam 250 WG	0,9bB	3,6cA	2,9aA	2,8bA
⁶ Bifentrina 50+Carbosulfano 150CE	0,4bB	2,3dA	1,4bB	2,9bA
⁷ Imidaclopride 250+bifentrina 50SC	0,7bC	3,3cA	3,1aA	2,2bB
⁸ Tiametoxam 141+λ-cialotrina 106SC	1,5aC	4,6bA	2,3bC	3,4bB
	Total (N+A)			
Controle (somente água)	5,6aB	10,3aA	6,0aB	9,9aA
² Carbosulfano 400 SC	1,4bC	5,3cA	3,4bB	6,0bA
³ Carbosulfano 400 SC	0,5bB	4,7cA	2,3bB	5,6bA
⁴ Imidaclopride 700 WG	1,9bB	4,8cA	4,0aA	4,4cA
⁵ Tiametoxam 250 WG	1,3bB	6,3cA	4,6aA	5,4bA
⁶ Bifentrina 50+Carbosulfano 150CE	0,6bB	3,3cA	2,4bA	4,5cA
⁷ Imidaclopride 250+bifentrina 50SC	1,0bB	5,2cA	4,6aA	3,8cA
⁸ Tiametoxam 141+λ-cialotrina 106SC	1,8bD	8,2bA	4,2aC	6,0bB

¹Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Skott-Knott ao nível de 5% de significância. SC= Suspensão concentrada, WG= Grânulos dispersos em água, CE= Concentrado emulsionável. Doses (g ingrediente ativo por hectare): 2 = 75; 3 = 90; 4 = 75; 5 = 42,5; 6 = 25 + 75; 7 = 15 + 75; 8 = 42,5 + 31,8. O símbolo “λ” representa a letra grega lambda.

Para todas as regiões foram encontrados dois eixos canônicos significativos dos três eixos, nas relações entre densidades do percevejo *E. heros* (ninfas, adultos e total) com as variáveis ambientais para Santa Maria (Wilk's Lambda = 0,001; F = 97,3; gl numerador/densidade = 6/418; P < 0,001) explicando 90% da variação total; Uberlândia-MG (Wilk's Lambda = 0,008; F = 67,2; gl numerador/densidade = 6/418; P < 0,001) explicando 70% da variação total; Primavera do Leste-MT (Wilk's Lambda = 0,070; F = 41,2; gl numerador/densidade = 6/418; P < 0,001) explicando 80% da variação total e Rondonópolis-MT (Wilk's Lambda = 0,136; F = 6,25; gl numerador/densidade = 6/418; P < 0,001) explicando 70% da variação total (Tabela 5).

As densidades de percevejos em Santa Maria-RS foram mais afetadas por inseticidas, precipitação pluviométrica e variação de temperatura, com valores de coeficientes de -3,4,

-2,2 e -2,1, respectivamente (Tabela 5). Em Uberlândia-MG, os inseticidas, precipitação pluviométrica e temperatura máxima do ar foram os que mais proporcionaram variações, com coeficientes de -1,5, -1,1 e -1,0, respectivamente (Tabela 5). Em Primavera do Leste-MT foram inseticidas, umidade relativa, precipitação e temperatura máxima do ar com coeficientes de -1,1, -0,9, -0,7 e -0,7, respectivamente (Tabela 5). Já Rondonópolis-MT foi inseticidas, precipitação, variação de temperatura e temperatura máxima, com coeficientes de -1,8, -1,3, -0,9 e -0,9, respectivamente (Tabela 5).

Tabela 5. Eixos canônicos e seus coeficientes da densidade de ninfas, adultos e total (N+A) de *E. herose* as variáveis ambientais e inseticidas em soja (*G. max*). Uberlândia-MG, 2020.

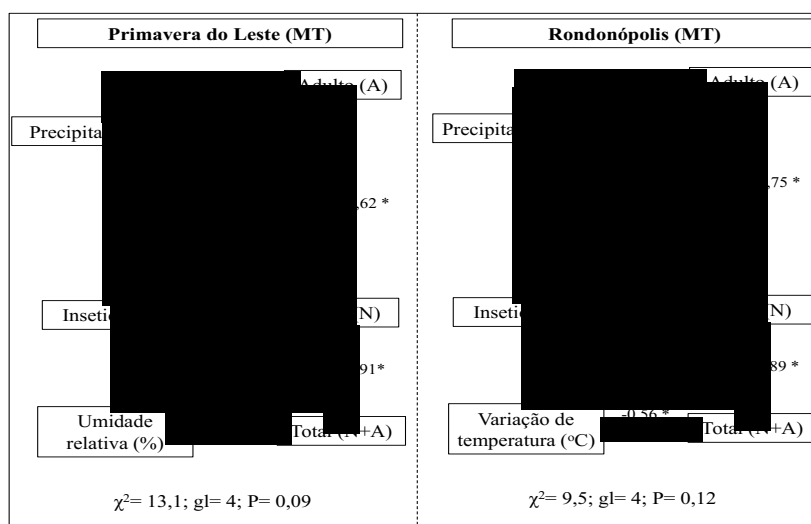
Variáveis	Eixo 1		Eixo 2	
	Coeficiente	¹ r	Coeficiente	¹ r
Densidades populacionais (grupo I)				
Santa Maria (RS)				
Ninfas (N)	-1,2	-0,2	-1,3	-0,6
Adultos (A)	-0,5	-0,5	-0,7	-0,7
Total (N+A)	-0,8	-0,8	-1,6	-0,9
Variáveis ambientais, inseticidas (grupo II)				
Temperatura média do ar (°C)	0,4	-0,7	0,0	0,0
Temperatura mínima do ar (°C)	0,1	-0,6	0,0	0,0
Temperatura máxima do ar (°C)	0,2	-0,7	0,1	-0,1
Amplitude térmica (°C)	-2,1	-0,8	-0,0	0,9
Umidade relativa do ar (%)	-0,7	0,4	-0,8	-0,6
Precipitação pluviométrica (mm)	-2,2	-0,9	-0,9	-0,8
Inseticidas	-3,4	0,9	-1,1	-0,7
Características do eixo	R ² = 0,9; F= 17,2; P<0,001		R ² = 0,6; F= 5,5; P<0,001	
Uberlândia (MG)				
Ninfas (N)	-1,8	-0,6	-1,9	-0,7
Adultos (A)	-0,7	-0,6	-0,4	-0,8
Total (N+A)	-0,9	-0,7	-1,1	-0,8
Variáveis ambientais, inseticidas (grupo II)				
Temperatura média do ar (°C)	0,2	-0,8	0,4	0,7
Temperatura mínima do ar (°C)	0,5	-0,2	0,8	-0,0
Temperatura máxima do ar (°C)	-1,1	-0,9	0,7	-0,8
Amplitude térmica (°C)	-0,3	-0,5	-0,1	0,1
Umidade relativa do ar (%)	0,2	0,1	-0,9	-0,3
Precipitação pluviométrica (mm)	-1,0	-0,8	-1,3	-0,7
Inseticidas	-1,5	-0,9	-2,7	-0,8
Características do eixo	R ² = 0,7; F= 11,4; P<0,001		R ² = 0,4; F= 3,5; P=0,004	

...continua

Tabela 5. Eixos canônicos e seus coeficientes da densidade de ninfas, adultos e total (N+A) de *E. heros* e as variáveis ambientais e inseticidas em soja (*G. max*). Uberlândia-MG, 2020.

Primavera do Leste (MT)				
Ninfas (N)	-2,5	0,4	-1,8	-0,5
Adultos (A)	-1,3	1,1	-0,6	-0,7
Total (N+A)	-0,9	-1,3	-1,7	-0,5
Variáveis ambientais, inseticidas (grupo II)				
Temperatura média do ar (°C)	0,5	-0,7	0,3	0,6
Temperatura mínima do ar (°C)	0,2	-0,6	0,4	0,8
Temperatura máxima do ar (°C)	0,3	-0,2	0,1	-0,7
Amplitude térmica (°C)	-0,7	-0,7	-0,5	0,8
Umidade relativa do ar (%)	-0,9	0,4	0,5	-0,8
Precipitação pluviométrica (mm)	-0,7	0,8	-0,4	-0,8
Inseticidas	-1,1	0,7	-1,1	-0,9
Características do eixo	R ² = 0,8; F= 16,1; P<0,001		R ² = 0,3; F= 3,1; P<0,005	
Rondonópolis (MT)				
Ninfas (N)	0,6	0,9	0,1	0,6
Adultos (A)	0,4	0,3	-0,3	0,6
Total (N+A)	-0,6	-0,7	-0,7	-0,8
Variáveis ambientais, inseticidas (grupo II)				
Temperatura média do ar (°C)	0,1	-0,6	-0,5	0,0
Temperatura mínima do ar (°C)	0,6	-0,7	-0,5	0,0
Temperatura máxima do ar (°C)	-0,7	-0,9	0,6	-0,1
Amplitude térmica (°C)	-0,9	-0,6	-1,2	0,2
Umidade relativa do ar (%)	-0,9	0,1	-1,8	-0,6
Precipitação pluviométrica (mm)	-1,3	-0,9	-0,4	-0,6
Inseticidas	-1,8	0,9	-1,6	-0,8
Características do eixo	R ² = 0,7; F= 11,0; P<0,001		R ² = 0,3; F= 1,2; P=0,06	

¹Coefficiente de correlação de Pearson entre os coeficientes canônicos



χ² = qui-quadrado; gl= grau de liberdade do teste de qui-quadrado; coeficientes significativos a p<0,05 estão representados com um asterisco (*), respectivamente; ns = não significativo.

Figura 1. Diagrama de trilha da influência dos dados climáticos e inseticidas nas densidades de adultos, ninfas e total de percevejos *E. heros* na soja de quatro locais. Linhas contínuas e tracejadas mostram efeitos positivos e negativos, respectivamente. Uberlândia-MG, 2020.

Os modelos significativos pela análise de trilha foram ($\chi^2 = 7,2$, $p=0,13$) para Santa Maria-RS, ($\chi^2 = 6,1$, $p=0,13$) para Uberlândia-MG, ($\chi^2 = 13,1$, $p=0,09$) para Primavera do Leste-MT ($\chi^2 = 9,5$, $p=0,12$) e para Rondonópolis-MT (Figura 1). A maioria das variáveis selecionadas foi significativa no modelo de trilha utilizado. As variáveis climáticas e inseticidas afetaram direta e indiretamente a população de percevejos nos diferentes locais (Figura 1).

O aumento da população de adultos nos quatro locais proporcionou aumento de ninfas e total de percevejos. Além disso, os inseticidas e variáveis ambientais sobre adultos e ninfas proporcionam efeito indireto no número de ninfas e total de percevejos na área (Figura 1, Tabela 6). Em Primavera do Leste-MT redução de umidade relativa aumentou a população de adultos de *E. heros*. Em Santa Maria e Rondonópolis-MT as variações de temperatura podem reduzir diretamente a população de adultos e indiretamente as ninfas e total (Figura 1, Tabela 6).

A amplitude térmica em Santa Maria-RS pode ter proporcionado redução acentuada da população de adultos e ninfas dos percevejos, uma vez que a Figura 2 mostra graficamente esta variação com temperaturas muito elevadas e muito baixas no mesmo dia. Por outro lado, em Uberlândia-MG a precipitação pluviométrica foi superior as outras regiões. O município de Rondonópolis-MT foi o que apresentou menor precipitação pluviométrica (Figura 2).

Em todos os tratamentos e locais do estudo os níveis populacionais de ninfas, adultos e total de percevejos atingiram o nível de controle (NC). A maioria dos inseticidas proporcionou níveis populacionais de percevejo abaixo do NC até 15 DAA (Figura 3).

Os inseticidas reduziram a população de percevejo com maior eficiência em Uberlândia-MG (Figura 3). Já em Santa Maria os inseticidas não reduziram a população de percevejos abaixo do NC (Figura 3). Em todos os locais, com exceção de Santa Maria-MG, os inseticidas imidaclopride + bifentrina, bifentrina + carbosulfano e carbosulfano reduziram a população de adultos de percevejos abaixo do NC até 15 DAA. Já os inseticidas imidaclopride + bifentrina e bifentrina + carbosulfano reduziram as ninfas de percevejos abaixo do NC em todos os locais aos 15 DAA com a exceção do município de Primavera do Leste-MT. Em geral, os inseticidas foram mais efetivos na redução da população de adultos do que as ninfas de percevejos em Uberlândia-MG, Primavera do Leste-MT e Rondonópolis-MT (Figura 3).

Tabela 6. Efeito direto (ED), indireto (EI) e total (ET) do diagrama de trilha para o modelo da influência das variáveis ambientais e inseticidas nas densidades populacionais de adultos, ninfas e total de percevejos *E. heros* na soja em diferentes locais. Uberlândia-MG, 2020.

Variável	Adulto (A)			Ninfa (N)			A+N			Precipitação
	ED	EI	ET	ED	EI	ET	ED	EI	ET	ED/ET
Santa Maria (RS)										
^V Temperatura	-0,87	-0,57	-1,44	.	-0,57	-0,57	-0,56	.	-0,56	.
Precipitação	-0,73	.	-0,73	.	-0,56	-0,56	.	-0,49	-0,49	-0,61
Inseticidas	-0,37	.	-0,37	-	0,28	-0,63	.	0,25	0,25	.
				0,91						
Adulto	.	.	.	0,75	.	0,75	.	0,68	0,68	.
Ninfa	.	.	.	.	.	.	0,89	.	0,89	.
R ²	0,72			0,44			0,61			0,64
P	<0,001			0,05			<0,01			<0,01
Uberlândia (MG)										
Temp. máxima	0,64	.	0,64	.	0,40	0,40	-0,31	0,32	-0,01	.
Precipitação	-0,68	.	-0,68	.	-0,42	-0,42	.	-0,34	-0,34	-0,57
Inseticidas	-0,37	.	-0,37	-	0,28	-0,63	.	0,25	0,25	.
				0,91						
Adulto	.	.	.	0,75	.	0,75	.	0,75	1,42	.
Ninfa	.	.	.	.	.	.	0,81	.	0,81	.
R ²	0,61			0,63			0,48			0,65
P	<0,001			0,04			0,05			<0,06
Primavera do Leste (MT)										
Umid. relativa	-0,81	.	-0,81	.	.	.	-0,56	-0,46	1,00	.
Precipitação	-0,19	0,02	-0,21	.	-0,12 ^A	-0,12 ^A	.	0,02 ^A	0,02 ^A	0,21
					0,14 ^I	0,14 ^I		0,14 ^I	0,14 ^I	
Inseticidas	-0,11	.	-0,11	-	-0,07	-0,74	-0,68	-0,07 ^A	-0,07 ^A	.
				0,67				-0,61 ^N	-0,61 ^N	
Adulto	.	.	.	0,62	.	0,62	.	0,56	0,56	.
Ninfa	.	.	.	.	.	.	0,91	.	0,91	.
R ²	0,68			0,52			0,87			0,83
P	<0,001			0,04			<0,01			<0,01
Rondonópolis (MT)										
^V Temperatura	-0,87	.	-0,87	.	-0,65	-0,65	-0,56	-0,58	-1,14	.
Precipitação	-0,73	.	-0,73	.	-0,55	-0,55	.	-0,49	-0,49	0,53
Inseticidas	-0,37	.	-0,37	-	0,28	-0,63	.	0,28 ^A	0,28 ^A	.
				0,91				0,81 ^N	0,81 ^N	
Adulto	.	.	.	0,75	.	0,75	.	0,67	0,67	.
Ninfa	.	.	.	.	.	.	0,89	.	0,89	.
R ²	0,72			0,44			0,61			
P	<0,001			0,04			<0,01			

A= Efeito indireto via adulto, N= Efeito indireto via ninfa, I= Efeito indireto via inseticida e V= Variação de temperatura

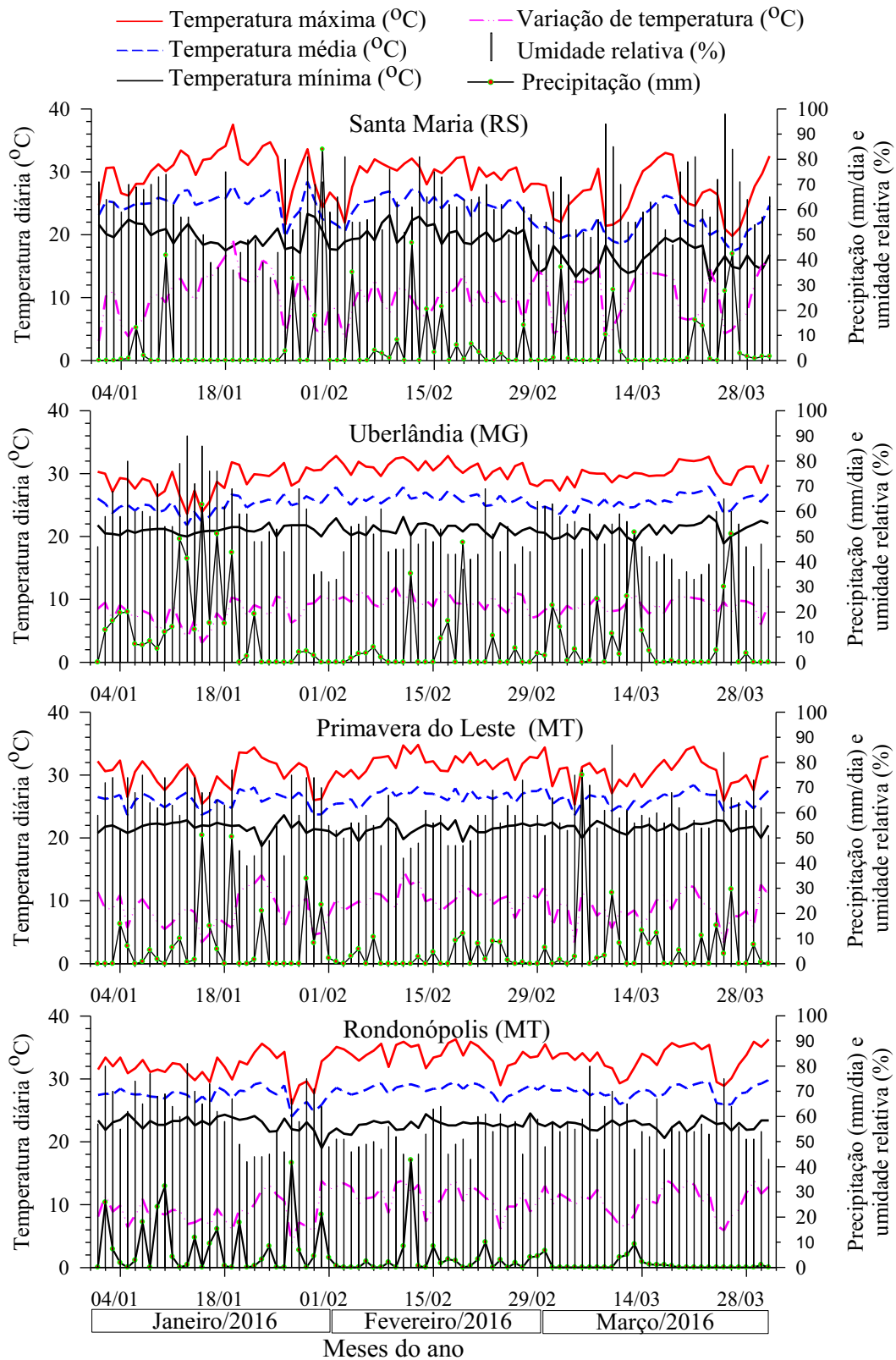
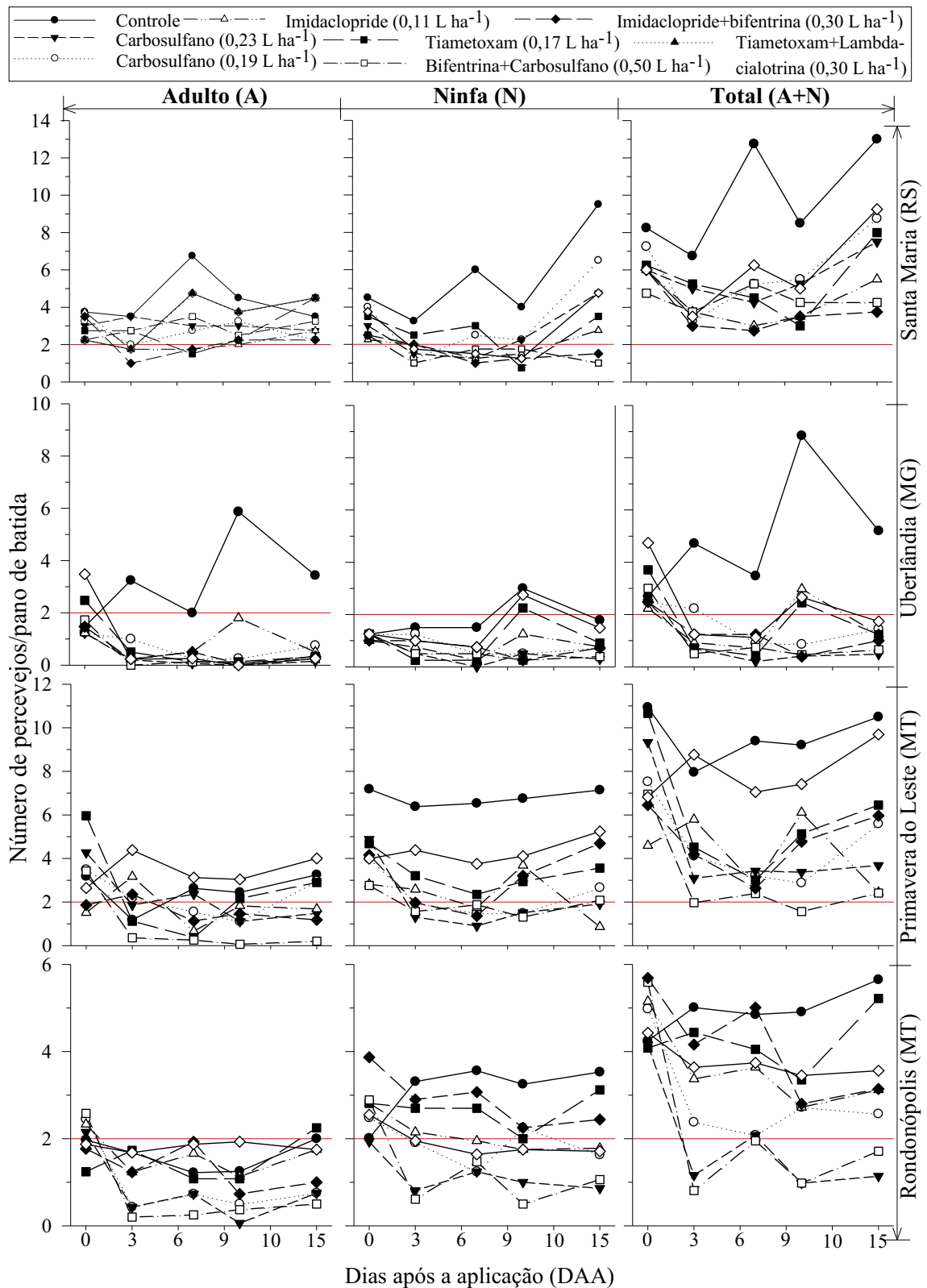


Figura 2. Dados climáticos de temperaturas (máxima, média, mínima e variação), precipitação (mm) e umidade relativa (%) em Santa Maria-RS, Uberlândia-MG, Primavera do Leste-MT e Rondonópolis-MT. Uberlândia-MG, 2020.



O asterisco mostra diferença estatística da análise de medida repetida no tempo ($P < 0,05$).

Figura 3. Média de adultos, ninfas e total de percevejo *E. heros* em quatro locais submetidos a 8 tratamentos. A linha vermelha na horizontal representa o nível de dano econômico adotado por produtores de soja no Brasil. Uberlândia-MG, 2020.

4 DISCUSSÃO

A população de percevejos estava acima do nível de dano em todos os locais avaliados. Além disso, observou-se variação na população de ninfas e adultos de *E. heros* nos locais de avaliação. Este resultado pode ser explicado pela pressão de seleção dos inseticidas utilizados. Em locais onde o cultivo da soja é a cultura base da agricultura como Primavera do Leste-MT e Rondonópolis-MT, a população de insetos presentes na área têm sido exposta aos inseticidas avaliados por várias safras. A aplicação inadequada de inseticidas aliada a diferenças de condições climáticas também são hipóteses que podem levar a uma falha de controle e conseqüentemente uma maior resistência a inseticidas e maior incidência de uma praga em uma região específica (GUEDES, 2016; TUELHER et al., 2017).

A menor incidência de *E. heros* em algumas regiões pode estar relacionada ao uso da rotação de inseticidas, conceito que é baseado no princípio de redução de indivíduos resistentes a um inseticida quando se realiza alternância dos diferentes produtos, ou seja, quando é realizado a rotação dos modos de ação dos inseticidas, o que minimizaria o risco de ocorrência de resistência de *E. heros* a algum princípio ativo (TABASHNIK, 1989).

Os inseticidas apresentaram diferentes níveis de interferência na população de *E. heros* de acordo com a região. Provavelmente pelo efeito das condições abióticas como umidade relativa do ar, variação de temperatura, temperatura máxima e principalmente precipitação pluviométrica. A relação negativa da precipitação pluviométrica com as populações de adultos de *E. heros* pode ser devido à vários fatores. De fato que, a precipitação afeta negativamente os insetos (ZALUCKI et al., 2002), podendo comprometer o sucesso reprodutivo da espécie e afetar o estabelecimento da população da praga no campo.

A precipitação pode reduzir a área de voo dos insetos e dificultar o encontro dos parceiros para acasalar, reduzindo a viabilidade de ovos à pupas (BACCA et al., 2006). Adicionalmente, a precipitação pode inibir a oviposição dos insetos. Isso é devido ao impacto sobre adultos do percevejo marrom (*E. heros*) que proporciona aumento ou elevação das populações de ninfas. Como ocorrido em *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae) (TRIVEDI et al., 1994, PEREIRA et al., 2007). Esses resultados auxiliam a compreensão de que não são somente os inseticidas que reduzem a população das pragas, outros fatores são auxiliares no manejo e isso precisa ser considerado nos programas de MIP (VASSILAKOS; ATHANASSIOU, 2013; ZHANG et

al., 2018). Tanto é verdade, que estudos tem sido realizados com outros insetos e verificado aumento populacional com baixa precipitação pluviométrica e altas temperaturas. Isso provavelmente proporciona alteração do número de aplicações de inseticidas e na pressão de seleções das populações no campo.

O percevejo marrom possui ampla distribuição geográfica nos campos de soja brasileiros. Assim, pode inferir que as variações dos efeitos dos inseticidas na população do percevejo devido os locais avaliados, provavelmente, pode ser resultante da variabilidade genética entre as populações. Esta variabilidade já foi detectada na população de *E. heros* na região de Sapezal-MT (SOSA- GOMEZ et al., 2004).

Os inseticidas reduziram a população de percevejo com maior eficiência em Uberlândia-MG do que nos outros locais, pois a densidade populacional de adultos era menor que das outras regiões. Segundo Pitta et al. (2018), o uso de produtos em misturas, como neonicotinóides com piretróides, são opções de táticas de controle, porém tais produtos devem ser utilizados no início do crescimento das populações. Por outro lado em Santa Maria-RS e Primavera do Leste-MT os inseticidas não reduziram a população de percevejos abaixo do NC, pois as populações estavam mais elevadas na avaliação prévia à aplicação dos inseticidas. Demonstrando com isso, a importância do correto monitoramento da lavoura no manejo de *E. heros*.

Em condições de elevada densidade populacional de *E. heros* os inseticidas bifentrina 50 + carbosulfano 150 EC, imidacloprid 250 + bifentrina 50 SC e imidacloprid 700 WG proporcionaram maior redução populacional. A maior redução da população de adultos do que as ninfas de *E. heros* abaixo do NC foi observado neste estudo, diferente do observado por Eduardo et al. (2018) que observou maior mortalidade de ninfas. As menores populações de adultos de *E. heros* foram observados com aplicações de misturas de inseticidas neonicotinóides + piretróides e piretróides + carbamato. Isto se deve à características dos ingredientes ativos nessas misturas que geralmente contêm um neonicotinoide (sistêmico), que atua no inseto por meio de ingestão, e o outro piretroide que atua principalmente via contato (PAZINI et al., 2019). Da mesma forma, a mistura de bifentrina + carbosulfano também apresentou maior redução da população em diferentes regiões.

5 CONCLUSÃO

Os inseticidas apresentaram diferentes níveis de interferência na população de E. heros de acordo com a região, sendo que essa variação entre as regiões se deu pelo efeito das condições ambientais, principalmente a precipitação pluviométrica.

Os inseticidas proporcionaram maior redução da população em condições de densidade populacional próximo ao nível de controle, o que destaca a importância do monitoramento das lavouras para efetuar as medidas de controle.

Em condições de elevada densidade populacional, os inseticidas bifentrina 50 + carbosulfano 150 EC, imidacloprido 250 + bifentrina 50 SC e imidacloprido 700 WG proporcionaram melhor controle populacional.

REFERÊNCIAS

BACCA T.; LIMA, E. R.; PIKANÇO, M. C.; GUEDES, R. N. C.; VIANA, J. H. M. Optimum spacing of pheromone traps for monitoring the coffee leaf miner *Leucoptera coffeella*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Amsterdam, v. 119, p. 39-45, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2006.00389.x>.

BUENO, A. F.; PAULA-MORAES, S. V.; GAZZONI, D. L.; POMARI, A. F. Economic thresholds in soybean integrated pest management: old concepts, current adoption, and adequacy. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 42, p. 439-447, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13744-013-0167-8>.

CHAUDHARY, J.; PATIL, G. B.; SONAH, H.; DESHMUKH, R. K.; VUONG, T. D.; VALLIYODAN, B.; NGUYEN, H. T. Expanding omics resources for improvement of soybean seed composition traits. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 6, p. 1021, 2015.

GUEDES, R. N. C. Insecticide resistance, control failure likelihood and the First Law of Geography. **Pest Management Science**, West Sussex, v. 73, p. 479-484, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.4452>.

CREMONEZ, P. S. G.; MATSUMOTO, J. F.; ANDRELLO, A. C.; ROGGIA, S.; PINHEIRO, D. O.; NEVES, P. M. O. J. Macro-elements in the hemolymph of adult *Euschistus heros* (Fabr.) (Hemiptera: Pentatomidae) treated with pyriproxyfen. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology**, , New York, v. 220, p. 47-51, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2019.02.012>.

EDUARDO, W. I.; TOSCANO, L. C.; TOMQUELSKI, G.V.; MARUYAMA, W.I.; MORANDO, R. Action thresholds for the soybean stink bug complex: phytotechnical and physiological parameters and egg parasitism. **Revista Colombiana de Entomología**, Bogotá, v.44, p. 165-171, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.25100/socolen.v44i2.7312>.

FARIAS, L. R.; PAULA, D. P.; ZHOU, J. J.; LIU, R.; PAPPAS, J. R.G. J.; , MORAES, M. C. B.; LAUMANN, R. A.; BORGES, M.; BIRKETT, M. A.; PICKETT, J. A.; FIELD, L. M.; BÁO, S. N. Identification and expression profile of two putative odorant-binding proteins from the neotropical brown stink bug, *Euschistus heros* (Fabricius) (Hemiptera: Pentatomidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 43, p. 106-114, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13744-013-0187-4>.

FONSECA, P. R.; FERNANDES, M. G.; JUSTINIANO, W.; CAVADA, L. H.; SILVA, J. A. N. Spatial distribution of adults and nymphs of *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae) on Bt and non-Bt soybean. **Journal of Agricultural Science**, London, v. 6, p. 31-142, 2014. DOI: <https://doi.org/10.5539/jas.v6n6p131>.

HEGETO, L. A.; RONQUI, L. A. S.; LAPENTA, A. S.; ALBUQUERQUE, F. A. Identification and functional characterization of esterases in *Euschistus heros* (Hemiptera, Pentatomidae) and their relationship with thiamethoxam and lambda-cyhalothrin. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 14, p. 11079-11088, 2015. DOI: <https://doi.org/10.4238/2015.September.22.1>.

KRINSKI, D.; FAVETTI, B. M.; LIMA, A. G. DE; BRUM, T. R. Oviposition preference of the neotropical brown stink bug *Euschistus heros* on artificial substrates of different colors. **Ciência Rural**, Santa Maria , v. 43, p. 2185-2190, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782013001200011>

PAZINI, J. B.; PADILHA, A. C.; CAGLIA, D.; BUENO, F. A.; RAKES, M.; ZOTTI, M. J.; MARTINS, J. F. S.; GRUTZMACHER, A. D. Differential impacts of pesticides on *Euschistus heros* (Hem.: Pentatomidae) and its parasitoid *Telenomus podisi* (Hym.: Platygasteridae). **Scientific Reports**, London, v. 9, p. 6544-6550, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-42975-4>.

PANIZZI A. R. Growing problems with stink bugs (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae): Invasive species into the U.S.A. and Neotropical species that might invade the U.S.A. **American Entomologist**, Oxford, v. 61, p. 223 -233, 2014.

PEREIRA, E. J. G.; PICANÇO, M. C.; BACCI L.; CRESPO A. L. B.; GUEDES R. N. C. Seasonal mortality factors of the coffee leaf miner, *Leucoptera coffeella*. **Bulletin of Entomological Research**, London, v. 97, p. 421-432, 2007. DOI: DOI: <https://doi.org/10.1017/S0007485307005202>.

PITTA, R. M.; RODRIGUES, S. M. M.; VIVAN, L. M.; BIANCHIN, K. A. Suscetibilidade de *Euschistus heros* (Fabr. 1794) (Heteroptera: Pentatomidae) a inseticidas em Mato Grosso. **Scientific Electronic Archives**, Rondonópolis, v. 11, p. 1-5, 2018.

RICH, W. A.; KOCH, R. L. Effects of *Rag1* aphid-resistant soybean on mortality, development, and preference of brown marmorated stink bug. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Amsterdam, v.158, p. 109-117, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1111/eea.12392>.

ROCHA, F.; BERMUDEZ, F.; FERREIRA, M. C.; OLIVEIRA, K. C.; PINHEIRO, J. B. Effective selection criteria for assessing the resistance of stink bugs complex in soybean. **Crop Breeding And Applied Biotechnology**, Viçosa, v.14, p. 174-179, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1984-70332014v14n3a26>.

SCHÜNEMANN, R.; KNAAK, N.; FIUZA, L. M. Mode of action and specificity of *Bacillus thuringiensis* toxins in the control of caterpillars and stink bugs in soybean culture. **ISRN Microbiology**, Washington, v. 3, 1-12, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1155/2014/135675>.

SCHÜNEMANN, R.; ROGGIA, S.; MURARO, D. S.; KNAAK, N.; FIUZA, L. M. Insecticidal potential of *Bacillus thuringiensis* for the biological control of neotropical brown stink bug. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Amsterdam, v. 166, p. 131-138, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1111/eea.12650>.

SILVA, G.V.; PASINI, A.; BUENO, A. F.; BORTOLOTTI, O. C.; BARBOSA, G. C.; CRUZ, Y. K. S. No impact of Bt soybean that express Cry1Ac protein on biological traits of *Euschistus heros* (Hemiptera, Pentatomidae) and its egg parasitoid *Telenomuspodisi* (Hymenoptera, Platygasteridae). **Revista Brasileira de Entomologia**, Curitiba, v. 58, p. 285-290, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262014000300010>.

SOSA- GOMEZ, D. R.; DELPIN, K. E.; ALMEIDA, A. M. R. Hirose, E. Genetic differentiation among Brazilian populations of *Euschistus heros* (Fabricius) (Heteroptera: Pentatomidae) based on RAPD analysis. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 33, p. 179-187, 2004. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-566X2004000200009>.

ST-MARSEILLE, A-F. G.; BOURGEOIS, G.; BRODEUR, J.; MIMÉE, B. Simulating the impacts of climate change on soybean cyst nematode and the distribution of soybean. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 264, p. 178-187, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.10.008>.

TABASHNIK B.E. Managing resistance with multiple pesticide tactics: theory, evidence and recommendations. **Journal of Economic Entomology**, Oxford, v. 82, p. 1263-1269, 1989. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/82.5.1263>.

TRIVEDI, T. P.; RAJAGOPAL, D.; TANDON, P. L. Environmental correlates of the potato tuber moth *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae). **International Journal of Pest Management**, London, v. 40, p. 305-308, 1994. DOI: <https://doi.org/10.1080/09670879409371904>.

TUELHER, E. S.; SILVA, É. H.; RODRIGUES, H. S.; HIROSE, E.; GUEDES, R. N. C.; OLIVEIRA, E. E. Area-wide spatial survey of the likelihood of insecticide control failure in the neotropical brown stink bug *Euschistus heros*. **Journal of Pest Science**, v. 91, p. 849-859, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10340-017-0949-6>.

VASSILAKOS, T.N., ATHANASSIOU, CHRISTOS G. Effect of temperature and relative humidity on the efficacy of spinetoram for the control of three stored product beetle species. **Journal of Stored Products Research**, v. 55, p. 73-77, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2013.06.004>.

ZALUCKI, M. P.; CLARKE, A. R.; MALCOLM, S. B. Ecology and behavior of first instar larval Lepidoptera. **Annual Review of Entomology**, Oxford, v. 47, p. 361-393, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.47.091201.145220>.

ZHANG, Y. W.; MCCARL, B. A.; LUAN, Y.; KLEINWECHTER, U. Climate change effects on pesticide usage reduction efforts: a case study in China. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, v. 23, p. 685–701, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11027-017-9755-y>.

ZUCCHI, M. I., CORDEIRO, E. M., WU, X., LAMANA, L. M., BROWN, P. J., MANJUNATHA, S., CLOUGH, S. J. Population Genomics of the Neotropical brown stink bug, *Euschistus heros*: The most important emerging insect pest to soybean in Brazil. **Frontiers in Genetics**, Lausanne, v. 10, p. 1-12, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3389/fgene.2019.01035>.

CAPÍTULO 3

TEMPO DE DEGRADAÇÃO DE NEONICOTINÓIDES NO CONTROLE DE *Bemisia tabaci* EM TRATAMENTO DE SEMENTES DE SOJA

RESUMO

A mosca branca (*Bemisia tabaci*) é uma das principais pragas da soja, devido as dificuldades em seu manejo e o potencial risco econômico, o controle inicia no semente da cultura. Com isso, objetivou-se entender a dinâmica de degradação dos neonicotinóides em soja e a eficácia de controle de *B. tabaci* quando aplicados via tratamento de sementes. O estudo foi conduzido em Rio Paranaíba-MG e Lagoa Formosa-MG. Em casa de vegetação foram avaliados o tratamento de sementes com os inseticidas tiametoxam, imidacloprido, clotianidina e controle, em delineamento interamento casualizado com 10 repetições. Em casa de vegetação os adultos foram colocados em contato com a plântula emergida por 24 h para oviposição. Após três dias avaliou-se o número de ninfas mortas por cm² de folha. Já no campo, o experimento foi realizado em delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. Realizou-se contagem de ninfas em 5 folhas por parcela e, simultaneamente, coletou-se 10 folhas para análise da concentração do produtos em laboratório aos 0, 5, 15, 25, 35, 45 e 65 dias após a emergência (DAE). No ensaio de campo o número de ninfas cm² aumentou ao longo do tempo em todos os tratamentos, em ambas as regiões e nas duas safras. Os inseticidas imidaclopride, tiametoxam e clotianidina tiveram as suas concentrações nas folhas reduzidas exponencialmente ao longo dos dias após a emergência da soja, chegando a 100% de degradação dos ingredientes ativos até 50 dias após a emergência. Portanto, o tratamento de sementes com os neonicotinóides tiametoxam, imidacloprido e clotianidin, proporcionaram elevada mortalidade de ninfas de mosca branca no ensaio de casa de vegetação, demonstrando a suscetibilidade das ninfas a esses produtos. Nos ensaios de campo, tiametoxam, imidacloprido e clotianidin, aplicados via tratamento de sementes, apresentaram redução do número de ninfas em relação ao controle no início do desenvolvimento das plantas.

Palavras-chave: Mosca-branca, tratamento de sementes, imidacloprid, tiametoxam, clotianidina.

ABSTRACT

DEGRADATION TIME OF NEONICOTINOIDS IN THE CONTROL OF *Bemisia tabaci* IN TREATMENT OF SOYBEAN SEEDS

The white fly (*Bemisia tabaci*) is one of the main pests of soy, due to the difficulties in its management and the potential economic risk, the control begins in the sowing of the crop. With this, we aimed to understand the dynamics of neonicotinoid degradation in soybean and the effectiveness of *B. tabaci* control when applied via seed treatment. The study was conducted in Rio Paranaíba-MG and Lagoa Formosa-MG. In greenhouse, the treatment of seeds with the insecticides thiamethoxam, imidacloprid, clothianidin and control in randomized interaction design with 10 repetitions. In greenhouse adults were placed in contact with the emerged seedling for 24 h for oviposition. After three days, the number of dead nymphs per cm² of leaf was evaluated. Já

no campo, o experimento foi realizado em delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. Nymphs were counted on 5 leaves per plot and, simultaneously, 10 leaves were collected to analyze the concentration of the products in the laboratory at 0, 5, 15, 25, 35, 45 and 65 days after emergence (DAE). In the field test the number of nymphs cm^2 increased over time in all treatments, in both regions and in the two harvests. The insecticides imidacloprid, thiamethoxam and clothianidin had their leaf concentrations reduced exponentially over the days after the emergence of soybeans, reaching 100% degradation of the active ingredients up to 50 days after emergence. Therefore, seed treatment with the neonicotinoids thiamethoxam, imidacloprid and clothianidin, provided high mortality of white fly nymphs in the greenhouse test, demonstrating the successibility of nymphs to these products. In field tests, thiamethoxam, imidacloprid and clothianidin, applied by means of seed treatment, showed a reduction in the number of nipples in relation to the control at the beginning of the development of the plants.

Keywords: Whitefly, seed treatment, Imidacloprid, thiamethoxam, clothianidin.

1 INTRODUÇÃO

As perdas de produção resultantes de danos diretos e indiretos nas plantas de soja podem atingir até $300 \text{ kg hectare}^{-1}$ (APROSOJA, 2017).

A mosca-branca (*Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889)) é uma das principais espécies de pragas da soja, levando a graves perdas econômicas devido às dificuldades envolvidas em seu manejo (ARNEMANN et al., 2019). O ciclo de vida curto (16-25 dias) (SOTTORIVA, 2010) e as altas taxas de oviposição (160 ovos por fêmea) (MALUMPHY et al., 2017) permitem que a mosca-branca complete de 11 a 15 gerações por ano com populações atingindo seu pico durante o estágio de floração das plantas de soja (MARABI et al., 2017).

As ninfas de mosca branca ficam concentradas no terço médio e inferior das plantas, no lado abaxial dos folíolos e nas áreas média e inferior da superfície foliar. Os adultos ficam mais expostos ao contato direto com os inseticidas devido ao hábito da fêmea de se alimentar nas folhas superiores e mais jovens, enquanto o controle das ninfas depende mais da eficácia da translocação dos inseticidas na planta (CZEPAK et al., 2018; POZEBON et al., 2019).

No atual cenário agrícola global de proteção de culturas, o uso de inseticidas químicos continua sendo a estratégia de controle mais eficiente e economicamente viável para *B. tabaci* em soja. Os neonicotinóides estão entre os inseticidas mais amplamente adotados para o manejo de pragas em culturas anuais e perenes em todo o mundo (JESCHKE et al., 2011). Como exemplo, os inseticidas clothianidina, imidaclopride e tiametoxam, amplamente utilizados no Brasil para controle de pragas, com ampla

flexibilidade de aplicação, como em tratamentos de sementes, aplicações foliares, aplicação solo e via sistemas de irrigação (HURLEY; MITCHELL, 2017). Os neonicotinóides proporcionam efeito residual aliado à sistemicidade na planta, que pode estar ligada a uma maior eficiência de controle das ninfas de mosca-branca (STAMM et al., 2016).

Apesar disso, o baixo residual de inseticidas nas plantas é fator limitante, pois realizará um controle satisfatório da praga por apenas alguns dias após o plantio (BELAY et al., 2012). Dessa forma, no caso da utilização dos neonicotinóides em tratamento de sementes, muitas vezes é necessário complementar o manejo com aplicações foliares, de acordo com o monitoramento da lavoura, principalmente nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura.

Um dos fatores limitantes do período de controle dos inseticidas é a degradação da molécula (ZHANG et al., 2018). De acordo com Matzrafi (2019) a perda da ação das moléculas nas plantas é acelerada em altas temperaturas. O aumento na velocidade de reações metabólicas nos vegetais, levam a rápida metabolização dos inseticidas, reduzindo assim a disponibilidade dos inseticidas para a praga alvo.

Frente aos desafios no manejo de mosca branca na cultura da soja e os questionamentos sobre a eficácia de controle e segurança na aplicação dos neonicotinóides, objetivou-se com este trabalho entender a dinâmica de degradação dos neonicotinóides nas plantas de soja e a eficácia de controle quando aplicados via tratamento de sementes.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em casa-de-vegetação, laboratório e campo nos municípios de Rio Paranaíba e Lagoa Formosa, Minas Gerais, Brasil. Rio Paranaíba (19° 14' 5,78" S e 46° 12' 13,95" O) e Lagoa Formosa (18° 56' 1,03" S e 46° 25' 0,74" O) tem temperatura média anual de 20 °C e 28 °C, precipitação pluviométrica anual de 1533 mm e 2008 mm, altitude de 1088 m e de 800 m e ventos frequentes na direção Leste-Oeste e Norte-Sul, respectivamente.

2.1 Casa-de-vegetação

Antes de realizar o experimento em campo, conduziu-se um experimento em casa-de-vegetação para verificar a eficácia dos inseticidas em tratamento de sementes para o controle de ninfas de mosca branca (*B. tabaci*). O estudo foi conduzido no delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro tratamentos e 10 repetições. Os

tratamentos foram as sementes tratadas com os inseticidas tiametoxam, imidacloprid, clotianidina e o controle (sem tratamento). As sementes foram tratadas manualmente conforme doses na Tabela 7.

Para tanto as sementes tratadas foram semeadas em vasos de 5 L, colocando-se cinco sementes por vaso. Os vasos foram fertilizados com NPK 04-14-08 no ato da semeadura e as irrigações foram realizadas diariamente. Quando as plântulas emergiram, estas foram cobertas com um tecido de organza e no interior foram liberados 20 adultos de mosca branca por planta, sendo um total de 100 adultos/vaso. Os adultos foram mantidos por 24 horas sobre as plântulas para oviposição, e após três dias utilizando-se uma lupa de aumento de 20x avaliou-se o número de ninfas mortas de *B. tabaci* cm⁻² na região adaxial da folha. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas entre si pelo intervalo de confiança à 95% (IC_{95%}). Como a mortalidade de ninfas foi alta em todos os tratamentos prosseguiu-se com os experimentos de campo.

Tabela 7. Inseticidas utilizados para tratamento de sementes. Uberlândia-MG, 2020.

Inseticida (i.a.)	Fabricante	Concentração do i.a.	¹ Dose
Imidaclopride+ tiodicarb	Bayer S.A.	150 g L ⁻¹ + 450 g L ⁻¹	0,70
Tiametoxam	Syngenta Ltda	350 g L ⁻¹	0,30
Clotianidina	Basf S.A.	600 g L ⁻¹	0,10

i.a.= ingrediente ativo; ¹Litro/100 Kg de sementes

2.2 Campo

O experimento foi repetido quatro vezes, duas em cada local e nos anos agrícolas de 2017/2018 e 2018/2019, com a cultivar de soja RR2 (Monsoy 7110 IPRO). O sistema de plantio utilizado foi o mecanizado. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro tratamentos e 10 repetições. Os tratamentos foram as sementes tratadas com os inseticidas (T1) tiametoxam, (T2) imidacloprid, (T3) clotianidina e (T4) controle (sem tratamento). O tratamento de sementes foi feito manualmente em sementes previamente não tratadas. As parcelas experimentais apresentaram quatro linhas de 5 m de comprimento, espaçadas de 0,70 m, tendo sido utilizada densidade de semeadura de aproximadamente 28 sementes por metro linear, resultando em uma população de aproximadamente 360000 plantas/ha. As áreas foram irrigadas por aspersão na semeadura e semanal de acordo com a precipitação diária.

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico argiloso. A adubação das plantas foi de 380 Kg ha⁻¹ da fórmula 04-14-08

de NPK e, 10 dias após a emergência das plantas (quando as plantas estavam em V3), foi realizada a adubação de cobertura com fosfato monoamônico (MAP) 280 Kg ha⁻¹. As plantas daninhas foram controladas de 7 a 35 dias após a emergência.

As avaliações foram realizadas em 10 plantas nas duas linhas centrais da parcela experimental. Para tanto utilizou-se uma lupa de 20x de aumento contando-se o número de ninfas na face adaxial do folíolo mediano da planta, avaliando-se cinco folíolos aleatórios na planta. Em cada folíolo avaliou-se em dois campos da nervura principal o número de ninfas vivas de *B. tabaci*. As ninfas de *B. tabaci* foram avaliadas aos 0, 5, 15, 25, 35, 45 e 65 dias após a emergência (DAE) das plantas de soja. Os dados foram submetidos aos pressupostos da análise de variância, que após satisfeitos foram submetidos ao teste de Tukey a $p < 0,05$, utilizando o PROC GLM do SAS (SAS, 2002).

2.3 Análise química foliar

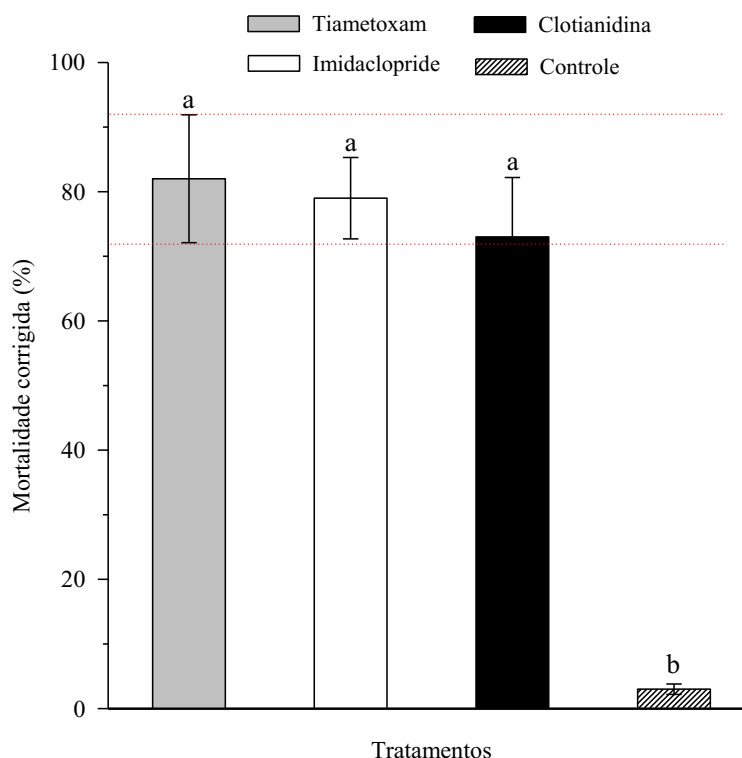
No mesmo dia das avaliações da população de mosca-branca, vinte folhas foram coletadas em 10 plantas nas duas linhas centrais da parcela experimental na mesma posição de avaliação das ninfas de *B. tabaci*. Estas folhas foram coletadas no horário de 08h:00min às 09h:30min da manhã, e em seguida levadas para o laboratório de Manejo Integrado de Pragas, armazenadas em saco plástico identificado e armazenado em freezer a -10 °C. No laboratório as folhas foram trituradas após a adição de 2 mL de nitrogênio líquido. No laboratório, as condições cromatológicas do LC-MS/MS seguiram o método JM-nBPL-0006/16, empregando coluna Pursuit XRs C18 (150 x 2,0 mm) e volume de injeção de 20 µL. Para a fase móvel A utilizou-se água com 0,2% de ácido fórmico + 11 mM de formiato de amônio e para a fase móvel B utilizou-se metanol com 0,2% de ácido fórmico + 10mM de formiato de amônio.

As concentrações detectadas em cada DAE foi submetida à análise de regressão não linear modelo hiperbólico decaindo ($p < 0,05$). Além disso, calculou-se a degradação dos compostos ativos de cada inseticida tendo como referência a concentração inicial como 100% e realizou-se análise de regressão não linear com os modelos hiperbólicos de platô ($p < 0,05$).

3 RESULTADOS

No experimento em casa-de-vegetação, as mortalidades de ninfas de *B. tabaci* cm⁻² em folhas de soja nos tratamentos com os inseticidas tiametoxam, imidaclopride e

clotianidina não diferiram estatisticamente entre si ($F= 1,52$; $p= 0,15$). As mortalidades nos inseticidas clotiniadina e imidaclopride permaneceram no nível de intervalo de confiança do inseticida tiametoxam próximas à 80% (Figura 4).

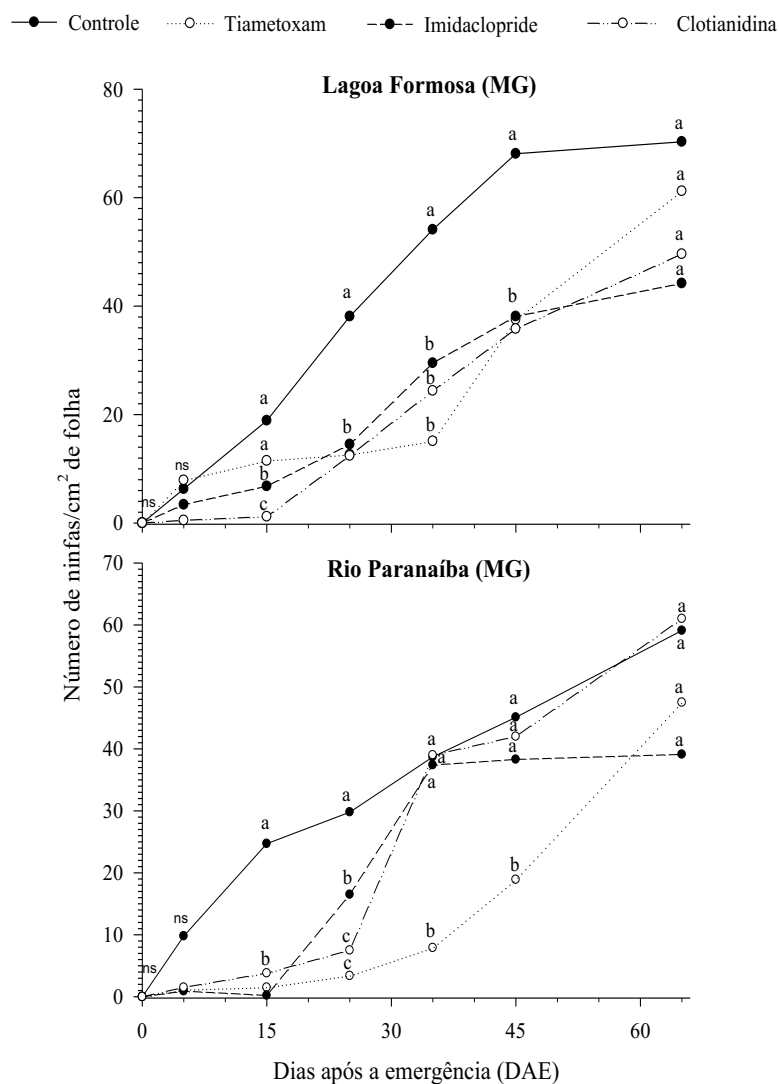


As linhas vermelha na horizontal no interior da figura representa o intervalo de confiança à 95% do inseticida tiametoxam. As médias enquadradas dentro deste intervalo não diferem entre si.

Figura 4. Mortalidade corrigida (%) de ninfa de *B. tabaci* em função dos tratamentos tiametoxam, imidaclopride, clotianidina e o controle. Uberlândia-MG, 2020.

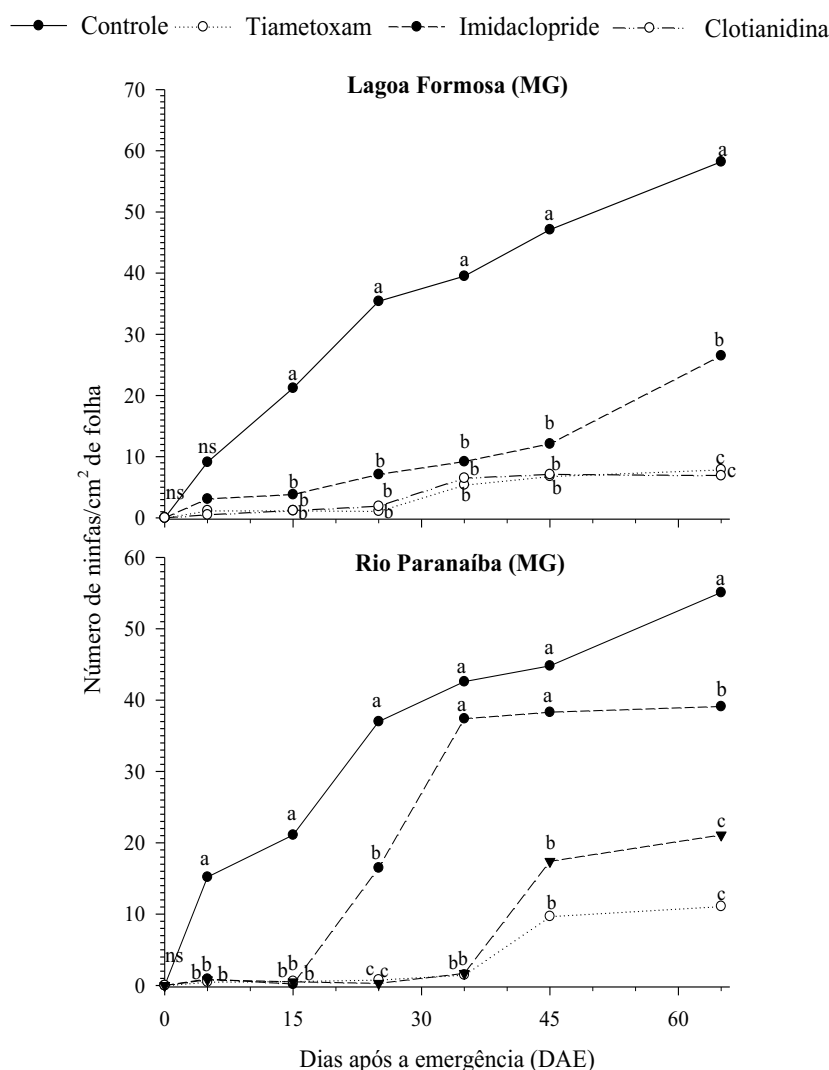
No experimento de campo, a safra 2016/2017 (ano 1) o número de ninfas de *B. tabaci* cm^{-2} em folha de soja tanto no município de Lagoa Formosa quanto em Rio Paranaíba foi crescente ao longo dos dias após emergência (DAE) em todos os tratamentos (Figura 5). Em Lagoa Formosa, a redução no número de ninfas de *B. tabaci* cm^{-2} nos tratamentos tiametoxam, imidaclopride e clotianidina foram diferentes do controle e iguais entre si até os 45 DAE, com pico populacional aos 45-65 DAE, quando não houve mais diferença com o nível de infestação do controle (água). No município de Rio Paranaíba somente o tratamento com o inseticida tiametoxam se manteve até os 45 DAE, os tratamentos com imidaclopride e clitianidina a infestação de *B. tabaci* cm^{-2} foram diferentes do controle até os 25 DAE (Figura 5).

Na safra de 2018/2019 (ano 2) no município de Lagoa Formosa o número de ninfas de *B. tabaci* cm^{-2} no tratamento com os inseticidas foram iguais estatisticamente até os 45 DAE, após, houve um aumento no número de ninfas no tratamento com imidaclopride e redução nos tratamentos com tiametoxam e clotianidina entre 45-65 DAE (Figura 6). O controle diferiu-se estatisticamente dos tratamentos com inseticida até 65 DAE nos dois locais. Enquanto que no município de Rio Paranaíba os tratamentos com inseticida foram iguais até os 25 DAE, a partir desse tempo, os tratamentos com tiametoxam e clotianidina obtiveram comportamento semelhante até o fim da avaliação. Enquanto que o tratamento com imidaclopride assemelhou-se estatisticamente com o controle dos 35-45 DAE (Figura 6).



Médias seguidas pela mesma letra, comparando os tratamentos em cada DAE, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). ns= não significativo.

Figura 5. Média de ninfas (*B. tabaci* cm^{-2}) de folha de soja nos tratamentos com inseticidas e controle (água) ao longo dos dias após a emergência (DAE) em dois locais (2016/2017- ano 1). Uberlândia-MG, 2020.



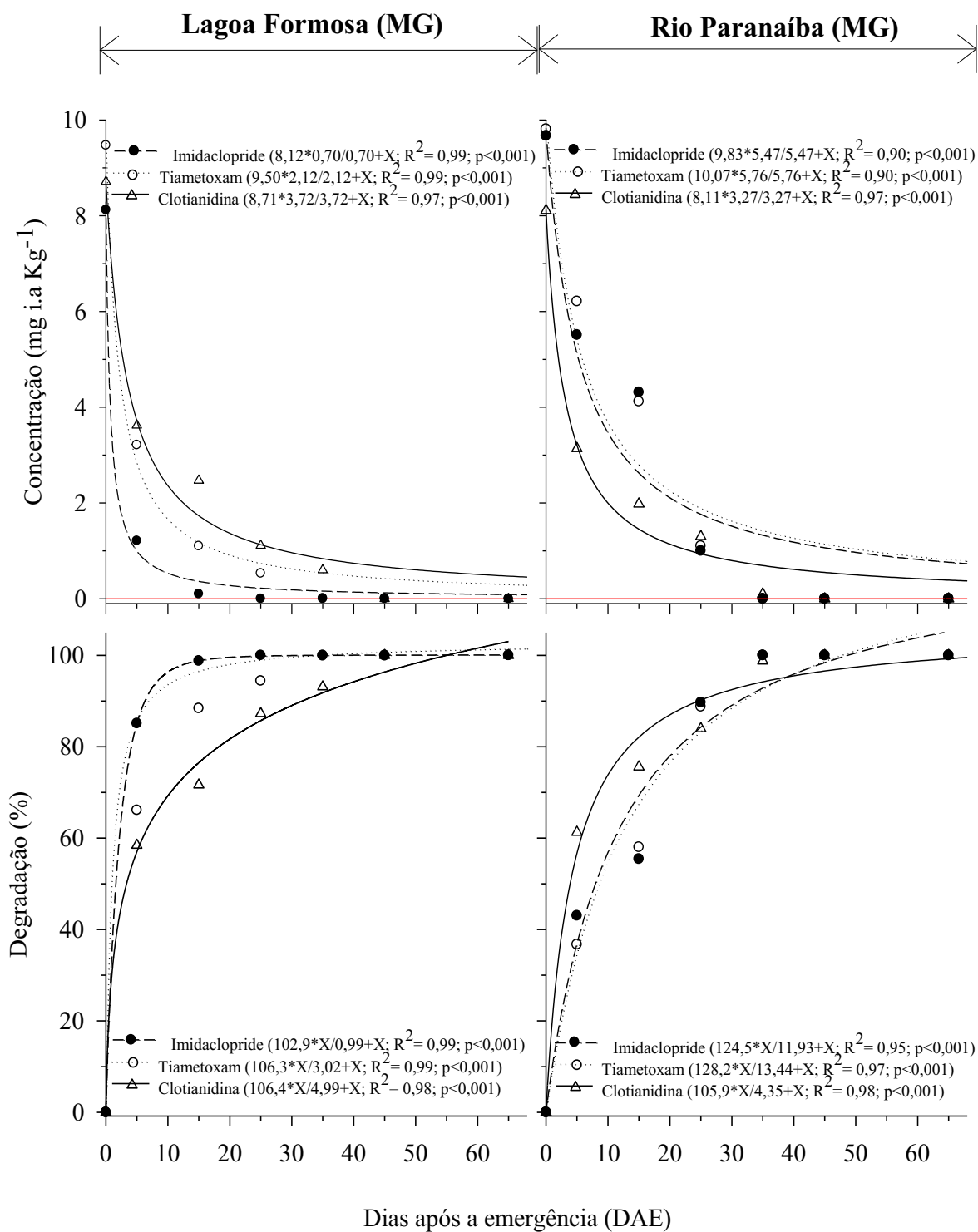
Médias seguidas pela mesma letra, comparando os tratamentos em cada DAE, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). ns= não significativo.

Figura 6. Média de ninfas (*B. tabaci* cm^{-2}) de folha de soja nos tratamentos com inseticidas e controle (água) ao longo dos dias após a emergência (DAE) em dois locais (2017/2018- ano 2). Uberlândia-MG, 2020.

No ano 1, os inseticidas imidaclopride, tiametoxam e clotianidina tiveram as suas concentrações reduzidas exponencialmente ao longo dos dias após a emergência da soja. Em Rio Paranaíba, as concentrações foliares de inseticidas foram superiores ao encontrado em Lagoa Formosa. Além disso, foi observado 100% de degradação dos ingredientes ativos até 50 dias após a emergência (Figuras 7 e 8). No ano 2, as concentrações residuais de tiametoxam e imidaclopride foram maiores na cidade de Rio Paranaíba, enquanto as concentrações residuais de clotianidina foram maiores em Lagoa Formosa.

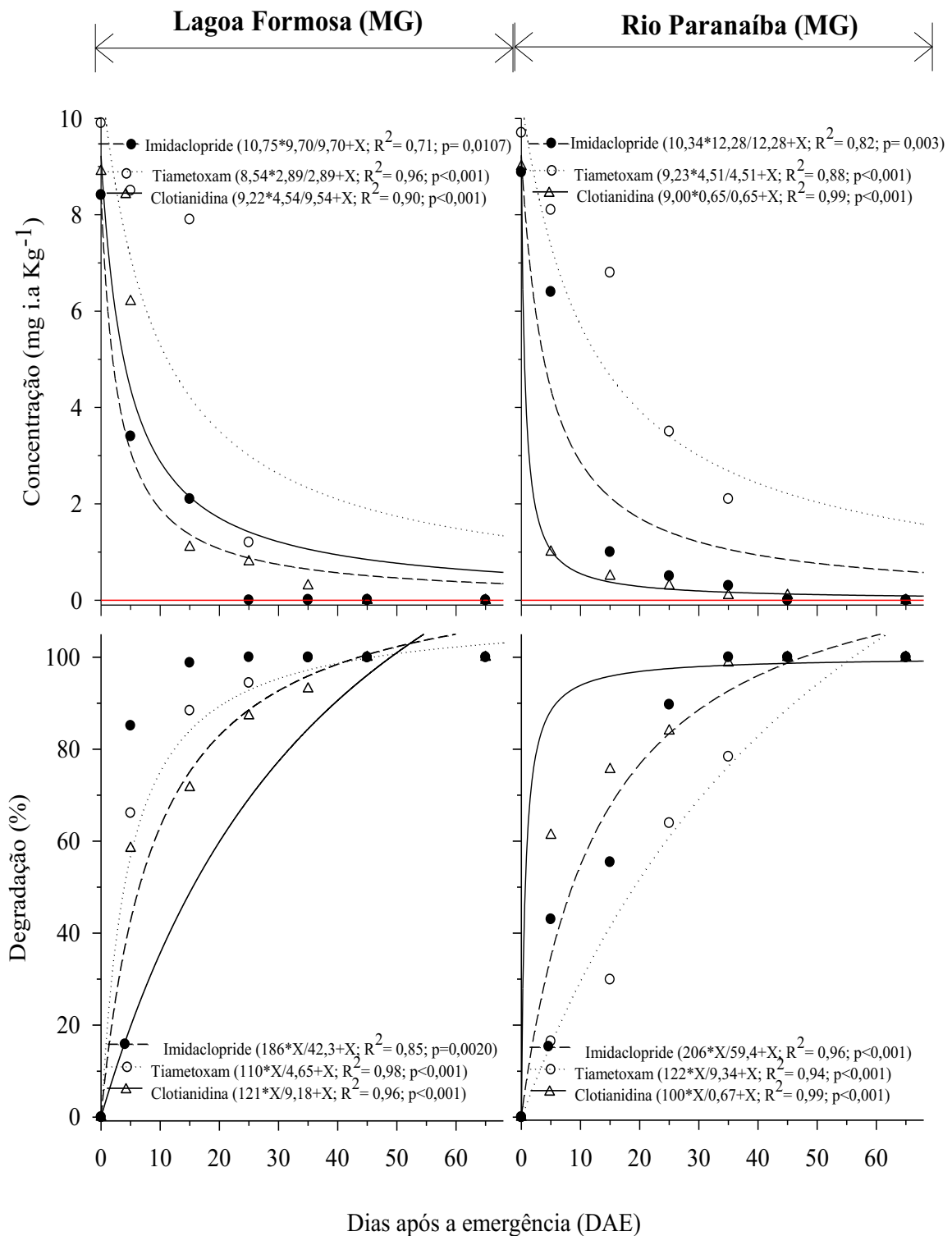
A rápida degradação dos compostos na folha em Lagoa Formosa foi observada no inseticida imidaclopride ($1,1 \text{ mg i.a. kg}^{-1}$) aos 5 dias após a emergência, equivalente a 88% de degradação deste composto na folha, com a exceção do inseticida clotianidina, que no mesmo período teve a concentração de $3,8 \text{ mg i.a. kg}^{-1}$ e degradação de 59%. No município de Rio Paranaíba, a concentração foliar do imidaclopride foi de $5,8 \text{ mg i.a. kg}^{-1}$ aos 5 dias após a emergência. Neste mesmo município, foi observado menor concentração de clotianidina ($3,0 \text{ mg i.a. kg}^{-1}$) aos 5 dias após a emergência. A degradação dos inseticidas imidaclopride e clotianidina nas folhas de soja foram 40 e 60%, respectivamente (Figura 7).

No ano 2, a degradação desses inseticidas ocorreu de forma exponencial nos dois locais. Em Lagoa Formosa, clotianidina foi o inseticida que demorou mais tempo para degradar. Entretanto, esse inseticida apresentou rápida degradação em Rio Paranaíba, chegando a aproximadamente 85% de degradação aos 5 DAE. Tiametoxam foi o inseticida com maior degradação em Lagoa Formosa, chegando a aproximadamente 60% de degradação aos 5 DAE, enquanto em Rio Paranaíba, foi o inseticida que degradou mais lentamente, demorando aproximadamente 25 DAE para atingir a mesma degradação (Figura 8).



A linha vermelha representa o tratamento controle (água).

Figura 7. Curvas de concentração (mg i.a. mL⁻¹) e degradação (%) dos inseticidas tiametoxam, imidaclopride e clotianidina ao longo dos dias após a emergência (DAE) da soja em Lagoa Formosa e Rio Paranaíba, MG, 2016/2017 (ano 1). Uberlândia-MG, 2020.



A linha vermelha representa o tratamento controle (água).

Figura 8. Curvas de concentração (mg i.a. mL⁻¹) e degradação (%) dos inseticidas tiametoxam, imidaclopride e clotianidina ao longo dos dias após a emergência (DAE) da soja em Lagoa Formosa e Rio Paranaíba, MG, 2017/2018 (ano 2). Uberlândia-MG, 2020.

4 DISCUSSÃO

O número de ninfas de *B. tabaci* cm⁻² foi crescente ao longo dos dias após emergência (DAE) em todos os tratamentos em ambas as regiões e nas duas safras, pois ao longo do tempo os inseticidas sofreram degradação, reduzindo a concentração nas folhas, permitindo o desenvolvimento de ninfas nas folhas de soja. O aumento da densidade populacional de ninfas de *B. tabaci* cm⁻² ao longo dos DAA mostra que a eficácia dos inseticidas diminuiu (ZHANG et al., 2015). O uso de inseticidas neonicotinóides no tratamento de sementes protegem as plântulas de soja por um curto período de tempo após a emergência (BAILEY et al., 2015). Isto ocorre devido apenas 5% dos ingredientes ativos ser absorvido pelas raízes das plântulas e os restantes perdidos pelo ambiente (SUR; STORK, 2003). Por isso, o monitoramento das culturas no campo deve ser realizado com frequência, empregando de acordo com a necessidade, a complementação do manejo com aplicações foliares com inseticidas de outro grupo químico, visando manter a população da praga sobre controle.

A diferença de degradação entre os produtos nas duas regiões e as diferentes safras pode ser devido à interação da molécula com a planta e os fatores ambientais dos locais, incluindo chuvas, temperaturas, irrigação e condições de solo, que podem desempenhar papéis importantes na redução da concentração e aumento da degradação dos inseticidas nas folhas (NAULT et al., 2004).

As ninfas de *B. tabaci* foram suscetíveis a todos os tratamentos com inseticida. Esses inseticidas podem ser futuramente usados para o manejo de mosca branca em tratamento de sementes, devido à necessidade de novos inseticidas em caso de resistência conferida aos inseticidas já utilizados no campo (JUTSUM et al., 1998). E também, pelo fato de neonicotinóides serem inseticidas sistêmicos e translaminar, que agem como agonista no receptor de acetilcolina nicotínico (nAChRs) no sistema nervoso de insetos (WANG et al., 2018). Esses estão entre os inseticidas mais eficazes para o controle de uma gama de insetos-pragas sugadores, incluindo mosca-branca (ELBERT et al., 2008; BASS et al., 2015).

O sucesso dessa classe química também pode ser visto no trabalho de Nauen et al. (2008), no qual observaram que ninfas de *B. tabaci* foram 4 a 10 vezes mais suscetíveis ao imidaclopride em comparação com os adultos. Jones et al. (2011) concluíram suscetibilidade de ninfas de mosca-branca ao neonicotinoide imidaclopride. Dados de

toxicidade de *B. tabaci* a doses de ciantraniliprole (diamida antranilica) e dinotefurano, que são inseticidas neonicotinóides foram relatado por Hopkinson e Pumpa (2019).

Em ambos os municípios no ano 1 os tratamentos com inseticida neonicotinoide apresentou menor quantidade no número de ninfas de *B. tabaci* cm⁻² até 30-45 dias comparado ao controle. Resultados semelhantes podem ser vistos no trabalho de Wang et al. (2017), observaram que populações de *B. tabaci* foram relativamente suscetíveis aos inseticidas imidaclopride e tiametoxam.

O controle de *B. tabaci* depende principalmente de inseticidas, especialmente neonicotinóides (WANG et al., 2017). As sementes tratadas com inseticida são amplamente utilizadas pela indústria para controle de *B. tabaci*, incluindo tiametoxam e imidaclopride (HOPKINSON; PUMPA, 2019). O tratamento de semente de tomate com imidaclopride apresentou toxicidade para *Bemisia tabaci* podendo ser sugerido o uso no gerenciamento integrado da mosca branca (ABDEL-RAZIK, 2019).

No ano 2 o tratamento com o inseticida imidaclopride em determinado período assemelhou-se com o controle no número de ninfas de *B. tabaci* cm⁻². Os inseticidas neonicotinóides permanecem altamente eficazes contra muitas pragas importantes, porém o uso excessivo desse grupo químico de inseticidas levou pressão de seleção por resistência de alguns insetos (BASS et al., 2015). Recentemente, verificou-se que o mecanismo de resistência envolvido pode ser a super expressão do gene do citocromo P450 (CYP6CM1), uma enzima versátil de desintoxicação capaz de conferir resistência ao imidaclopride e possivelmente a outros neonicotinóides em populações de campo (KARUNKER et al., 2008; NAUEN et al., 2015).

O presente trabalho mostra que os inseticidas thiametoxam, imidaclopride e clotianidina tem potencial em fornecer proteção significativa contra *B. tabaci* na soja. Os inseticidas imidaclopride e thiametoxam são encontrados em concentrações maiores em folhas mais velhas e concentrações menores nas folhas mais novas. Além disso, alguns de seus metabólitos são tão tóxicos quanto o composto original (NAUEN et al., 1998; NAUEN; ELBERT, 2003). Em algodão, o tratamento com o inseticida clotianidina reduziu a densidade populacional de *B. tabaci*, reduzindo a frequência de aplicação de inseticidas em pelo menos quatro aplicações (ZHANG et al., 2015).

Neste estudo, foi detectada uma rápida degradação do inseticida imidaclopride nos primeiros dias após a emergência, em Lagoa Formosa. Isto pode ter ocorrido devido à hidroxilação da ponte de etileno no anel de imidazolinidina, redução do grupo nítrico ou oxidação do imidaclopride em álcool 6-cloropicolítico (SUR; STORK, 2003). Por outro

lado, o tiametoxam pode se decompor em clotianidina, o que pode contribuir para sua atividade contínua na planta e maior efetividade no controle de insetos (DING et al., 2018).

5 CONCLUSÃO

O tratamento de sementes com os neonicotinóides tiametoxam, imidacloprido e clotianidin, proporcionaram elevada mortalidade de ninfas de mosca branca no ensaio de casa de vegetação, demonstrando a suscetibilidade das ninfas a esses produtos.

Nos ensaios de campo, aos 5 DAE a degradação dos inseticidas nas folhas de soja varia entre 40 a 88%, de acordo com o inseticida e o local de cultivo. Portanto, o efetivo controle no número de ninfas com o tratamento de sementes utilizando tiametoxam, imidacloprido e clotianidin refere-se ao desenvolvimento inicial da soja. A medida que a proteção das folhas cessa observa-se o aumento na densidade de ninfas.

REFERÊNCIAS

ABDEL-RAZIK, M. A. A. Residues of imidacloprid insecticide and its efficacy on whitefly, *Bemisia tabaci* (gennadius) in tomato plants. **International Journal Of Environmental Science And Technology**, Tehran, v. 16, p. 3989-4000, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13762-018-2045-8>.

ARNEMANN, J. A.; BEVILAQUA, J. G.; BERNARDI, L.; ROSA, D. O. DA; ENCARNAÇÃO, F. A. DA; RIBAS, D.; ROHRIG, A. Whitefly on greenhouse tomatoes: Insights on chemical and biological management. **Journal of Agricultural Science**, London, v.9, p. 1-14, 2019.

ARNEMANN, J. A.; POZEBON, H.; MARQUES, R. P.; FERREIRA, D. R.; PATIAS, L. S.; BEVILAQUA, J. G.; GUEDES, J. V. Managing Whitefly on Soybean. **Journal of Agricultural Science**, London, v. 9, p. 1-14, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5539/jas.v11n9p41>.

ASSOCIAÇÃO DOS PRODUTORES DE SOJA E MILHO DO MATO GROSSO. Mosca-branca causa perdas nas lavouras de soja no MT. *In*: RURAL CENTRO. Campos Grande, MS: Rural Centro, 2017. Disponível em: <http://ruralcentro.uol.com.br/noticias/mosca-branca-causa-perdas-nas-lavouras-de-soja-no-mt-84060>. Acesso em: 20 fev. 2020.

BAILEY, W.; DIFONZO, C.; HODGSON, E.; HUNT, T.; JARVI, K.; JENSEN, B.; KNODEL, J.; KOCH, R.; KRUPKE, C.; MCCORNACK, B.; MICHEL, A.; PETERSON, J.; POTTER, B.; SZCZEPANIEC, A.; TILMON, K.; TOOKER, J. ; ZUKOFF, S. 2015. **The Effectiveness of Neonicotinoid Seed Treatments in Soybean**. Disponível em: <https://extension.entm.purdue.edu/publications/E-268-W.pdf>. Acesso em: 09 fev. 2020.

BASS, C.; DENHOLM, I.; WILLIAMSON, M.S.; NAUEN, R. The global status of insect resistance to neonicotinoid insecticides. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, New York, v. 121, p. 78-87, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2015.04.004>.

BELAY, D. K.; HUCKABA, R. M.; RAMIREZ, A. M.; RODRIGUES, J. C. V.; FOSTER, J. E. Insecticidal control of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) transmitting Carlavirus on soybeans and detection of the virus in alternate hosts. **Crop Protection**, Guildford, v. 35, p. 53-57, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2011.12.020>.

CZEPAK, C.; COELHO, A. S. G.; REZENDE, J. M.; NUNES, M. L. S.; WEBER, I. D.; SILVÉRIO, R. F.; ALBERNAZ-GODINHO, K. C. *Bemisia tabaci* MEAM1 population surveys in soybean cultivation. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Amsterdam, v. 166, p. 215-223, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1111/eea.12656>.

DING, J.; LI, H.; ZHANG, Z.; LIN, J.; LIU, F.; MU, W. Thiamethoxam, clothianidin, and imidacloprid seed treatments effectively control thrips on corn under field conditions. *Journal of Insect Science*, v 18, p. 1-8, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1093/jisesa/iey128>.

ELBERT, A.; HAAS, M.; SPRINGER, B.; THIELERT, W.; NAUEN, R. Applied aspects of neonicotinoid uses in crop protection. **Pest Management Science**, West Sussex, v. 64, p. 1099-1105, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.1616>.

HOPKINSON, J. E.; PUMPA, S.M. Baseline susceptibility of *Bemisia tabaci* MEAM1 (Hemiptera: Aleyrodidae) in Australia to spirotetramat, cyantraniliprole and dinotefuran, with reference to pyriproxyfen cross-resistance. **Austral Entomology**, v. 58, p. 762-771, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1111/aen.12390>.

HURLEY, T.; MITCHELL, P. Value of neonicotinoid seed treatments to US soybean farmers. **Pest Management Science**, West Sussex, v. 73, p. 102-112, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.4424>.

JESCHKE, P.; NAUEN, R.; SCHINDLER, M.; ELBERT, A. Overview of the status and global strategy for neonicotinoids. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 59, p. 2897– 2908, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf101303g>.

JONES, C. M.; DANIELS, M.; ANDREWS, M.; SLATER, R.; LIND, R. R. J.; GORMAN, K.; WILLIAMSON, M. S.; DENHOLM, I. Age-specific expression of a P450 monooxygenase (CYP6CM1) correlates with neonicotinoid resistance in *Bemisia tabaci*. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, New York, v. 101, p. 53-58, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2011.07.004>.

JUTSUM, A. R.; HEANEY, S. P.; PERRIN, B. M.; WEGE, P. J. Pesticide resistance: Assessment of risk and the development and implementation of effective management strategies. *Pesticide Science*, v. 54, p. 435-446, 1998. DOI: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1096-9063\(199812\)54:4<435::AID-PS844>3.0.CO;2-K](https://doi.org/10.1002/(SICI)1096-9063(199812)54:4<435::AID-PS844>3.0.CO;2-K).

KARUNKER, I.; BENTING, J.; LUEKE, B.; PONGE, T.; NAUEN, R.; RODITAKIS, E.; VONTAS, J.; GORMAN, K.; DENHOLM, I.; MORIN, S. Over-expression of cytochrome P450 CYP6CM1 is associated with high resistance to imidacloprid in the B and Q biotypes of *Bemisia tabaci* (Hemiptera : Aleyrodidae). **Insect Biochemistry and**

Molecular Biology, Oxford, v. 38, p. 634-644, 2008. DOI:
<https://doi.org/10.1016/j.ibmb.2008.03.008>.

MALUMPHY, C.; EYRE, D.; ANDERSON, H. 2017. **Tobacco, sweet potato or silver leaf whitefly: *Bemisia tabaci***. Plant Health Inspection Branch. Acesso 20 ja. 2020. Disponivel <https://planthealthportal.defra.gov.uk/assets/factsheets/Bemisia-tabaci-Defra-Plant-Pest-Factsheet-Feb-2017-2.pdf>.

MARABI, R. S.; DAS, S. B.; BHOWMICK, A. K.; PACHORI, R.; SHARMA, H. L. Seasonal population dynamics of whitefly (*Bemisia tabaci* Gennadius) in soybean. **Journal of Entomology and Zoology Studies**, AkiNik, v. 5, p. 169-173, 2017.

MATZRAFI, M. Climate change exacerbates pest damage through reduced pesticide efficacy. **Pest Management Science**, v. 75, n.1, 9-13, 2019. DOI:
<https://doi.org/10.1002/ps.5121>.

NAUEN, R.; BIELZA, P.; DENHOLM, I.; GORMAN, K. Age-specific expression of resistance to a neonicotinoid insecticide in the whitefly *Bemisia tabaci*. **Pest Management Science**, West Sussex, v. 64, p. 1106-1110, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.1654>.

NAUEN, R.; JESCHKE, P.; VELTEN, R.; BECK, M. E.; EBBINGHAUS-KINTSCHER, U.; THIELERT, W.; RAUPACH, G. Flupyradifurone: a brief profile of a new butenolide insecticide. **Pest Management Science**, West Sussex, v. 71, p. 850-862, 2015. DOI:
<https://doi.org/10.1002/ps.3932>.

NAUEN, R.; HUNGENBERG, H.; TOLLO, B.; TIETJEN, K.; ELBERT, A. Antifeedant effect, biological efficacy and high affinity binding of imidacloprid to acetylcholine receptors in *Myzus persicae* and *Myzus nicotianae*. **Pesticide Science**, v. 53, p. 133-140, 1998. DOI: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1096-9063\(199806\)53:2<133::AID-PS756>3.0.CO;2-D](https://doi.org/10.1002/(SICI)1096-9063(199806)53:2<133::AID-PS756>3.0.CO;2-D).

NAUEN, R.; ELBERT, A. European monitoring of resistance to insecticides in *Myzus persicae* and *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) with special reference to imidacloprid. **Bulletin of Entomological Research**, London, v. 93, p. 47-54, 2003. DOI:
<https://doi.org/10.1079/BER2002215>.

NAULT, B. A.; TAYLOR, A. G.; URWILER, M.; RABAEY, T.; HUTCHISON, W. D. Neonicotinoid seed treatments for managing potato leafhopper infestations in snap bean. **Crop Protection**, Guildford, v. 23, p. 147-154, 2004. DOI:
<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2003.08.002>.

POZEBON, H.; CARGNELUTTI FILHO, A.; GUEDES, J. V. C.; FERREIRA, D. R.; MARQUES, R. P.; BEVILAQUA, J. G.; ARNEMANN, J. A. *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) on soybean plants: Vertical distribution and on leaflets. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Amsterdam, v. 10, p. 1-5, 2019.

SOTTORIVA, L. D. M. 2010. Aspectos biológicos de *Bemisia tabaci* biótipo B em plantas infestantes. 40 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Instituto Agronômico de Campinas-IAC, São Paulo, Brazil.

STAMM, M. D.; HENG-MOSS, T. M.; BAXENDALE, F. P.; SIEGFRIED, B. D.; BLANKENSHIP, E. E.; NAUEN, R. Uptake and translocation of imidacloprid, clothianidin and flupyradifurone in seed-treated soybeans. **Pest Management Science**, West Sussex, v. 72, p. 1099-1109, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.4152>.

SUR, R.; STORK, A. Uptake, translocation and metabolism of imidacloprid in plants. *Bulletin of Insectology*, v. 56, p. 35-40, 2003.

WANG, W.; WANG, S.; HAN, G.; DU, Y.; WANG, J. Lack of cross-resistance between neonicotinoids and sulfoxaflor in field strains of Q-biotype of whitefly, *Bemisia tabaci*, from eastern China. **Pesticide biochemistry and physiology**, New York, v. 136, p.46-51, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2016.08.005>.

ZHANG, B.; KONG, F.; ZENG, X. Detoxification enzyme activity and gene expression in Diafenthiuron resistant whitefly, *Bemisia tabaci*. **Journal of Agricultural Science**, London, v. 7, p. 1-5, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5539/jas.v7n9p66>.

ZHANG, P.; REN, C.; SUN, H.; MIN, L. Sorption, desorption and degradation of neonicotinoids in four agricultural soils and their effects on soil microorganisms, **Science of The Total Environment**, Amsterdam, v. 615, p. 59-69, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.097>.

CONCLUSÕES GERAIS

Os inseticidas apresentam diferentes níveis de interferência na população de *E. heros* nas diferentes regiões, provavelmente pelo efeito das condições ambientais distintas e a resistência das populações de percevejo nos diferentes locais, os quais influenciam a densidade populacional entre as regiões.

Nas regiões com menor densidade populacional de *E. heros* (próximo do nível de dano), os inseticidas apresentam maior redução populacional.

Os neonicotinóides proporcionam mortalidade de ninfas de mosca branca na cultura da soja, sobretudo, no início do desenvolvimento da cultura.