

MILENA OLIVEIRA DEFENSOR

FATORES DETERMINANTES DO ATAQUE DE LAGARTAS E PERCEVEJOS EM
SOJA *Glycine max* NO ALTO DO PARANAÍBA

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador Prof. Dr. Flávio Lemes Fernandes

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL
2016

MILENA OLIVEIRA DEFENSOR

FATORES DETERMINANTES DO ATAQUE DE LAGARTAS E PERCEVEJOS EM
SOJA *Glycine max* NO ALTO DO PARANAÍBA

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 09 de dezembro de 2016.

Profa.Dr. Vanessa Andaló Mendes de Carvalho

Profa.Dr. Maria Elisa de Sena Fernandes

Dr. Alfredo Henrique Rocha Gonring

Prof. Dr. Flávio Lemes Fernandes
UFV
(Orientador)

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL
2016

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

D313f Defensor, Milena Oliveira, 1991
2016 Fatores determinantes do ataque de lagartas e percevejos em soja
Glycine max no Alto do Paranaíba / Milena Oliveira Defensor. - 2016.
37 f. : il.

Orientador: Flávio Lemes Fernandes.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-Graduação em Agronomia.
Inclui bibliografia.

1. Agronomia - Teses. 2. Soja - Doenças e pragas - Teses. 3. Pragas
agrícolas - Controle - Teses. 4. Organismos transgênicos - Teses. I.
Fernandes, Flávio Lemes. II. Universidade Federal de Uberlândia.
Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

CDU: 631

RESUMO

DEFENSOR, MILENA OLIVEIRA. **Fatores determinantes do ataque de lagartas e percevejos em soja *Glycine max* no Alto do Paranaíba.** 2016. 33p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.¹

A dinâmica de insetos, associados à soja, depende dos fatores como clima, transgenia e pulverização de inseticidas que influenciam na fenologia, distribuição e abundância dos organismos, tamanho das populações de insetos. Populações de lagartas e percevejos podem variar com a região de cultivo, cultivar (transgênica ou convencional), inimigos naturais e características da espécie e manejo da cultura. O novo cenário agrícola com cultivos transgênicos, cultivares precoces, mudança na arquitetura de plantas, aumento da população de plantas/ha e cultivares adaptados a diferentes regiões requerem informações sobre a sazonalidade das pragas. Objetivou-se estudar os fatores que determinam o ataque de lagartas e percevejos em plantios de soja nos municípios de Rio Paranaíba e Lagoa Formosa na região do Alto Paranaíba, Minas Gerais, Brasil. O estudo foi conduzido nas safras de 2013/2014 e 2014/2015 com as cultivares RR (Syn 1059 e P97R01) e RR2 (Monsoy 7110 IPRO). Em dois talhões de 10 ha, com 50 pontos de avaliação/talhão. As avaliações foram realizadas com batida de pano branco de 1 metro. Abundância dos insetos foi relacionada por análise de redundância (RDA) com dados climáticos e variações sazonais. Os elementos climáticos e pulverização de inseticidas são fatores que afetam a dinâmica populacional dos insetos-praga e inimigos naturais. Lagartas da subfamília Plusiinae atingiram maiores populações, seguidas de *Helicoverpa armigera* e *Anticarsia gemmatalis* com maiores populações em ambos os anos na fase reprodutiva da soja. Fatores como temperatura do ar, precipitação pluviométrica, pulverização de inseticidas e velocidade do vento afetam a população desses insetos. *Euschistus heros* foi o percevejo mais abundante, seguido de *Piezodorus guildinii* e *Nezara viridula*. Sendo que a temperatura do ar e radiação solar afetam diretamente as ninfas e indiretamente os adultos. Inimigos naturais foram pouco abundantes em ambos os locais, sendo em Lagoa Formosa teve menor quantidade. Coccinelídeos foram afetados negativamente e indiretamente pelas pulverizações de inseticidas. O fator Bt não influenciou a dinâmica e os surtos populacionais de pragas de soja.

Palavras chave: Plusiinae, Coccinellidae, *Euschistus heros*, Precipitação pluviométrica, transgenia.

¹Orientador: Flávio Lemes Fernandes – UFV

INTRODUÇÃO

A soja *Glycine max* (L.) Merril da família Fabaceae é originária da China e é cultivada em grandes áreas em todo o mundo. Esta commodity fornece metade da demanda global por óleo vegetal e proteína no mundo, sendo Brasil e Estados Unidos os maiores produtores mundiais (Bortolotto et al., 2015). Agentes abióticos (clima) e bióticos (insetos-praga) podem reduzir a produtividade da soja (Justiniano et al., 2014). A maioria das pragas da soja como lagartas e percevejos são insetos polífagos (se alimentam de várias plantas) (Pan et al., 2013). Danificam órgãos vegetativos e/ou reprodutivos e comprometem a produtividade desta cultura (Oliveira et al., 2014). A diversidade alimentar com trocas periódicas de hospedeiros, favorece a ingestão de diferentes nutrientes e pode aumentar a sobrevivência e a reprodução desses insetos, agravando os danos às culturas (Pan et al., 2013).

Em relação ao complexo de lagartas desfolhadoras que ocasionam problemas em todas as regiões produtoras de soja *Anticarsia gemmatalis* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae), *Chrysodeixis includens* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae) (Bernardi et al., 2012), *Spodoptera eridania* (Cramer) (Lepidoptera: Noctuidae), *Spodoptera cosmioides* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae) e *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) estão entre elas (Ortega et al., 2016).

Anticarsia gemmatalis tem ocorrência restrita ao continente americano, onde danifica diferentes culturas, especialmente a soja. Para completar o seu desenvolvimento larval, esta lagarta consome de 85 a 150 cm² de área foliar, mas a maior parte desse consumo é realizada por larvas de 4º a 6º ínstar, que são as lagartas \geq 1,5 cm que devem ser rastreadas durante a amostragem de pragas para as decisões de manejo (Batistela et al., 2012). Até a década de 90, foi o inseto desfolhador mais importante na cultura da soja, mas atualmente as lagartas da subfamília Plusiinae, o complexo do gênero *Spodoptera* e *H. armigera* são consideradas as pragas-chave da soja no mundo (Bortolotto et al., 2015).

Chrysodeixis includens tem duração da fase de ovo variando de 3 a 5 dias. As espécies passam por 5 a 6 ínstars em um período de 23,3 dias, totalizando o ciclo de vida de 43 dias. Uma das pragas mais destrutivas da soja se alimenta de 73 espécies de

33 plantas de 28 famílias. Até a década de 90, era considerada uma praga secundária, com
34 baixa distribuição nesta cultura, porém sua importância aumentou devido a surtos em
35 vários estados do Brasil (Palma et al., 2015).

36 *Helicoverpa armigera* tem preferência por consumir nervuras foliares, pecíolos,
37 pontos de crescimento apical, gemas axilares e botões florais, deixando a vagem vazia
38 na planta, comprometendo a produtividade e capacidade da planta de compensar os
39 danos (Rogers & Brier, 2010). O ciclo de vida desta praga dura de 4 a 6 semanas. Os
40 adultos são altamente móveis, podendo dispersar por até 2.000 km e eles têm a
41 capacidade de sobreviverem mesmo em condições adversas de clima (Murúa et al.,
42 2014).

43 Os percevejos (Hemiptera: Pentatomidae) podem reduzir o rendimento e a
44 qualidade das sementes de soja por sugarem a seiva da vagem, causando enrugamento e
45 deformação dos grãos, redução na germinação, vigor das sementes e retenção foliar
46 (Tuelher et al., 2016). *Nezara viridula* (Linnaeus) (percevejo-verde), *Piezodorus*
47 *guildinii* (Westwood) (percevejo-verde-pequeno) e *Euschistus heros* (Fabricius)
48 (percevejo-marrom) são as principais espécies desse grupo (Bortolotto et al., 2015).

49 *Nezara viridula* ocorre em regiões tropicais e subtropicais do mundo, pode
50 produzir até cinco ou seis gerações por ano, tem atraído muita atenção por causa de seu
51 polimorfismo de cor ostensiva (Musolin & Numata, 2003). Causa queda prematura de
52 vagens, atraso na maturação e perdas quantitativas e qualitativas na semente (Herbert &
53 Toews, 2012).

54 *Piezodorus guildinii* é uma das espécies mais prejudiciais à soja no Brasil e em
55 toda a América do Sul. Além disso, esta espécie é provavelmente a mais amplamente
56 distribuída, uma vez que é a que ocorre mais ao norte na região neotropical. Apesar de
57 ser menos comum do que *E. Heros*. *P. guildinii* é a espécie com maior potencial de
58 injúrias pois este percevejo tem maior comprimento de estilete (Bortolotto et al., 2015;
59 Husch et al., 2014). Tem menor número de hospedeiros e tamanhos que *N. viridula*
60 (Husch et al., 2014).

61 *Euchistus heros* é um inseto neotropical que ocorre na América do Sul,
62 principalmente nas regiões mais quentes do continente, uma vez raro na soja, este
63 percevejo é hoje a espécie mais comum nesta cultura (Bortolotto et al., 2015). Pode se

64 adaptar a diferentes ambientes sugando seiva da soja, causando injúrias e anormalidade
65 na maturidade das plantas, redução nos teores de óleo, germinação, qualidade e peso das
66 sementes e perturbações fisiológicas nas plantas (Graça et al., 2016).

67 Essas pragas estão presentes na soja durante os estádios vegetativos e
68 reprodutivos da soja, os quais são descritos pela letra V e R, seguidos por índices
69 numéricos (V1, V2, V3, V5, V6...Vn). N é o número de nós com folhas totalmente
70 desenvolvidas acima dos cotilédones e o estádio R de 1 a 8, descreve a maturação do
71 período de floração. Floração da planta (R1 e R2), desenvolvimento de vagens (R3 e
72 R4), desenvolvimento de sementes (R5 e R6) e maturidade fisiológica (R7 e R8)
73 (Justiniano et al., 2014).

74 Para reduzir as consequências negativas dos surtos de pragas e melhorar os
75 lucros com a produção de soja sustentável, produtores devem controlar os artrópodes
76 fitófagos no nível de controle (NC) (momento correto da decisão de controle) e antes de
77 atingir o nível de dano econômico (NDE) (Bortolotto et al., 2015). O NC das lagartas na
78 cultura da soja grão é de 20 indivíduos grandes ($\geq 1,5\text{cm}$) (Batistela et al., 2012) e de
79 dois percevejos adultos ou ninfas por amostra/metro de fileira de soja/batida de pano
80 (Fonseca et al., 2014). No Brasil, pragas são controladas a partir de 30% de desfolha na
81 fase vegetativa ou 15% na fase reprodutiva na cultura da soja. Durante a floração e
82 quando as vagens começam se formar e a encher, perda de folhagem acima de 20%
83 diminui o rendimento da cultura (Bortolotto et al., 2015).

84 Os insetos podem causar danos e até mesmo levar a morte de plantas, porém
85 também tem espécies benéficas que podem controlar pragas por predação ou
86 parasitismo, denominadas inimigos naturais (Justiniano et al., 2014).

87 Em relação aos parasitoides, *Trissolcus basalis* (Wollaston) (Hymenoptera:
88 Platygastridae) e *Telenomus podisi* (Ashmead) (Hymenoptera: Platygastridae) são os
89 principais de ovos do complexo de percevejos da soja (Favetti et al., 2014) e
90 *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) parasitam ovos de *C. includens*, *H. armigera* e do complexo de espécies do gênero *Spodoptera* (Foerster et
91 al., 2015). Parasitoides de ovos de percevejo e de lagartas são utilizados no controle
92 biológico aplicado nesta cultura. Esses inimigos naturais podem limitar populações das

94 espécies hospedeiras atacando pelo menos uma fase do seu ciclo de vida (Obregón et
95 al., 2015; Paz-neto et al., 2015).

96 Entre os predadores, insetos da família Coccinellidae estão os mais comuns e
97 facilmente reconhecíveis na cultura de soja, com capacidade de suprimir populações de
98 lagartas e percevejos (Losey et al., 2012).

99 Dentre outros métodos de controle de pragas, o cultivo de transgênicos é uma
100 alternativa que reduz impactos ambientais e aumentam o ganho econômico, devido ao
101 menor uso de defensivos agrícolas, aumentando a preservação de inimigos naturais
102 (Coupe & Capel, 2015). Essas plantas são utilizadas em programas de MIP por terem
103 maior resistência às principais lagartas da soja e alta produtividade. A soja transgênica
104 RR (Roundup Ready), resistente ao herbicida glifosato, começou a ser utilizada no final
105 da década de 90 (Lima et al., 2015). A soja transgênica Intacta RR2 Pro disponibilizada
106 no mercado em 2014, também é tolerante ao glifosato além de ter resistência a lagartas
107 por ter genes de *Bacillus thuringiensis* (Bt) com resistência às lagartas *A. gemmatalis*,
108 *C. includens* e *H. armigera* (Justiniano et al., 2014).

109 A dinâmica de insetos associados à soja depende dos fatores como clima,
110 transgenia e pulverização de inseticidas que influenciam na fenologia, distribuição e
111 abundância dos organismos, e tamanho das populações de insetos (Moller, 2013). No
112 entanto, a alta variabilidade genética das pragas permite que se adaptem às variações
113 sazonais, climáticas e hábitos alimentares movendo-se para outros nichos e buscando
114 novas plantas hospedeiras (Venugopal et al., 2014). O manejo de pragas na soja pode
115 ser melhorado pela compreensão da dinâmica de pragas e inimigos naturais nos cultivos
116 de acordo com os elementos climáticos (Lundgren et al., 2013).

117 O estudo da dinâmica envolve mais de uma variável, o que torna o estudo
118 complexo de ser analisado. Para tanto, análises de redundância (RDA) e de trilha
119 possuem a característica de reduzir o volume de dados e especificar as variáveis que
120 mais afetam as populações de insetos-praga (Mitchell, 1993; Eubanks, 2001).

121 A RDA é uma análise o qual os eixos biplots resultantes são interpretados em
122 termos de diferenças nas abundâncias das espécies, sendo os eixos as variáveis
123 explicativas (Makarenkov & Legendre, 2002). A análise pode ser usada na identificação
124 e quantificação das interações diretas e indiretas entre a densidade populacional dos

125 insetos-praga com os elementos climáticos e fatores de produção. Derivada dos
126 principais componentes relaciona a distribuição das espécies e os fatores ambientais
127 com baixa dimensionalidade, quando há um grande número de indivíduos e se quer
128 estudar suas relações, especificando-se os fatores ambientais com mais ou menos
129 importância em relação aos padrões de distribuição das espécies. A RDA detecta
130 padrões de distribuição linear da espécie em função do gradiente ambiental e aqueles
131 significativos são apresentados como vetores da origem do diagrama de ordenação com
132 o comprimento dos vetores proporcionais à sua importância. O ângulo entre um
133 determinado vetor e cada eixo de ordenação representa o grau de correlação com o eixo
134 (Ter Braak & Smilauer, 2002).

135 A análise de trilha é utilizada para identificar e quantificar as interações diretas e
136 indiretas entre as populações de pragas, elementos climáticos, inimigos naturais,
137 número de pulverização com inseticidas e produtividade. Sendo uma ferramenta de
138 estatística que permite a investigação de modelos complexos que envolvem mais de
139 uma variável dependente (Mitchell, 1993; Eubanks, 2001). O efeito indireto de uma
140 variável é calculado quando a trilha passa por uma ou mais variáveis intermediárias até
141 chegar à variável resposta. Um coeficiente indireto é obtido por meio do produto de
142 todos os coeficientes ao longo de uma trilha (Li, 1975; Sokal & Rohlf, 1995).

143 O objetivo foi estudar os fatores que determinam o ataque de lagartas e
144 percevejos em plantios de soja na região do Alto Paranaíba.

145

146 MATERIAL E MÉTODOS

147

148

149 Os experimentos foram conduzidos em campo nos municípios de Rio Paranaíba
150 e Lagoa Formosa, Minas Gerais, Brasil. Rio Paranaíba ($19^{\circ} 14' 5,78''$ S e $46^{\circ} 12' 13,95''$
151 O) e Lagoa Formosa $18^{\circ} 56' 1,03''$ S e $46^{\circ} 25' 0,74''$ O) tem temperatura média anual de
152 20,04 °C e 28,35 °C, precipitação pluviométrica anual de 1533 mm e 2008 mm, altitude
153 de 1088 m e de 800 m e ventos frequentes na direção Leste-Oeste e Norte-Sul,
154 respectivamente. O estudo foi conduzido nas safras de 2013/2014 e 2014/2015 com as
155 cultivares de soja RR (Syn 1059 e P97R01) e RR2 (Monsoy 7110 IPRO).

156 Adultos e lagartas de lepidópteras, ninfas e adultos de percevejos, e inimigos
157 naturais foram amostrados semanalmente durante os estádios da soja. O estudo de

158 sazonalidade dos insetos foi conduzido em dois talhões de 10 ha cada, subdivididos em
159 cinco faixas, cada uma com 10 pontos de avaliação espaçados em 100 m. Cada ponto de
160 avaliação foi uma unidade amostral, totalizando 50 pontos de avaliação/talhão. As
161 avaliações foram realizadas com batida de pano branco de 1 metro.

162 Por tratar-se de lavoura comercial, as pragas foram controladas com inseticidas
163 em pulverizador automotriz (Uniport) em datas determinadas pelo produtor e os
164 produtos fitossanitários aplicados de acordo com recomendações dos fabricantes dos
165 produtos (Tabela 1).

166 Os dados de velocidade do vento, precipitação pluviométrica (PPT),
167 temperaturas máxima, mínima e média do ar, radiação solar e umidade relativa do ar
168 (UR) foram monitorados, diariamente, por estações meteorológicas durante o período
169 experimental.

170 Abundância de lagartas, ninfas e adultos de percevejos, e inimigos naturais
171 foram relacionados por análise de redundância (RDA), com as temperaturas máxima,
172 mínima e média, vento, precipitação pluviométrica, radiação solar, umidade relativa do
173 ar e inimigos naturais como variáveis quantitativas explicativas. O local, cultivar e fase
174 fenológica da soja foram os parâmetros qualitativos explicativos e os percevejos e
175 lagartas as variáveis quantitativas. Essa análise foi realizada com o programa Xlstat
176 Excel e os gráficos de ordenação com o SigmaPlot Versão 10.0. Além do gráfico de
177 RDA, foram feitos gráficos do clima dos municípios, de variação sazonal das pragas e
178 inimigos naturais (SigmaPlot Versão 10.0) e análise de trilha utilizando os
179 procedimentos PROC REG e PROC CALIS do SAS (SAS Institute, 2002) seguindo
180 orientações contidas em Mitchell (1993) (Figura 10).

181

182 Tabela1. Pulverizações no período experimental ano 1 e 2 (2013/2014 e 2014/2015) em
 183 plantio de soja em Lagoa Formosa e Rio Paranaíba, Minas Gerais, Brasil.

Cultivares	¹ Número de pulverizações	Datas das pulverizações
Ano 1		
Rio Paranaíba		
SYN1059	8	² 17/12, ³ 28/12, ³ 03/01, ⁵ 15/01, ⁸ 20/01, ⁶ 26/01, ⁷ 03/02 e ⁹ 09/02
P97R01	5	⁶ 02/12, ⁵ 26/12, ⁵ 13/12, ⁶ 05/01 e ⁶ 11/01
M7110IPRO	3	⁶ 17/12, ³ 08/01 e ⁵ 23/01
Lagoa Formosa		
SYN1059	8	² 29/10, ³ 05/11, ⁴ 23/11, ⁹ 15/12, ⁵ 13/01, ⁶ 19/01, ⁷ 25/01 e ⁶ 05/01
P97R01	9	² 21/10, ³ 05/11, ⁷ 23/11, ⁵ 15/12, ⁸ 13/01, ⁶ 19/01, ⁶ 25/01, ⁵ 05/02 e ⁵ 15/02
M7110IPRO	3	³ 03/12, ⁵ 17/12 e ⁶ 07/01
Ano 2		
Cultivares	¹ Número de pulverizações	Datas das pulverizações
Rio Paranaíba		
SYN1059	8	² 11/12, ³ 21/12, ⁶ 11/01, ⁹ 18/01, ⁸ 08/02, ⁶ 18/02, ⁵ 24/02 e ⁵ 13/03
P97R01	7	² 21/10, ³ 11/01, ⁹ 18/01, ⁶ 08/02, ⁸ 18/02, ⁵ 24/02 e ⁵ 13/03
M7110IPRO	4	⁹ 07/02, ⁵ 17/02, ⁵ 23/02 e ⁶ 13/03
Lagoa Formosa		
SYN1059	9	² 11/12, ³ 17/12, ⁹ 29/12, ⁸ 15/01, ⁷ 18/02, ⁶ 22/02, ⁵ 25/02, ⁵ 06/03 e ⁶ 13/03
P97R01	9	³ 23/10, ³ 17/12, ⁹ 29/12, ⁷ 14/01, ⁶ 20/01, ⁸ 27/01, ⁶ 22/02, ⁵ 25/02, ⁵ 06/03
M7110IPRO	4	⁹ 20/12, ⁸ 13/02, ⁵ 26/01 e ⁵ 29/03

184 ¹Número de pulverizações com inseticidas em mistura com outros produtos

185 ²Diamida (Premio): 50 mL/ha P.C

186 ³Metomil (Lannate): 600mL/ha P.C – Rio Paranaíba/ 100 mL/ha P.C - Lagoa Formosa

187 (100 g i.a/ha)

188 ⁴Alfacipermetrina (Fastac): 120 mL/ha P.C (80g i.a/ha)

189 ⁵Acefato (Orthene - Rio Paranaíba):500g/ha P.C (300g i.a/ha)/(Perito - Lagoa Formosa):

190 900g/ha P.C (776 g i.a/ha)

191 ⁶Clorpirifós (Losban) 60 mL/ha P.C

192 ⁷Cipermetrina: 200 mL/ha P.C (50 g i.a/ha)

193 ⁸Imidacloprid e Beta-ciflutrina (Connect): 100mL/ha P.C (84g i.a/ha)

194 ⁹Bifentrina (Galil): 400mL/ha P.C (100g i.a/ha)

195

196

RESULTADOS

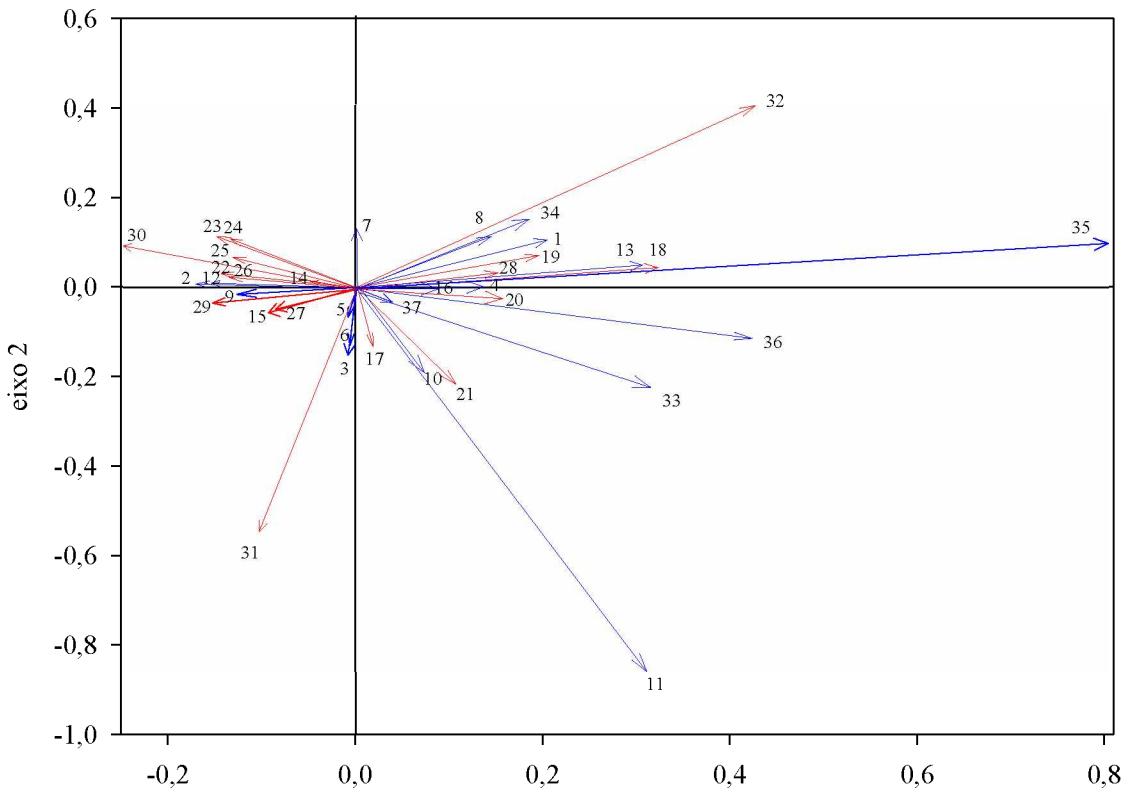
197

198 • **Diagrama da Análise de Redundância (RDA) e Clima**

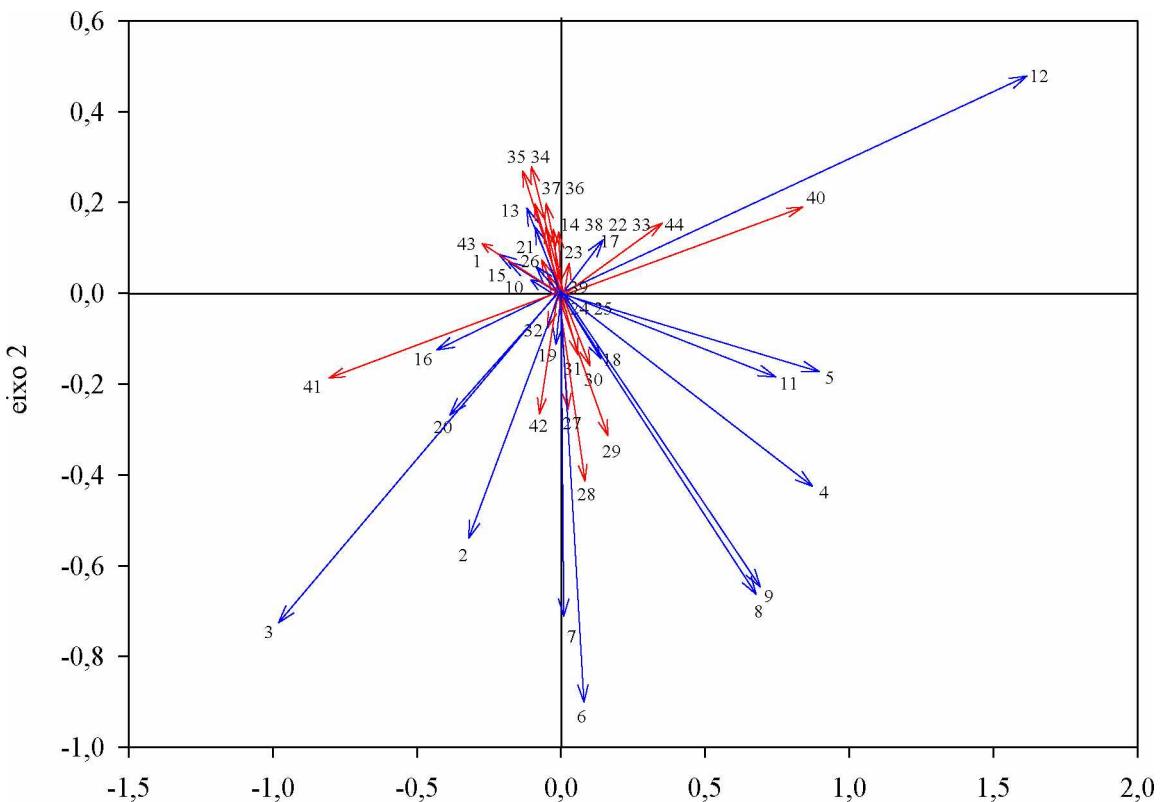
199 A densidade populacional de lagartas, percevejos e inimigos naturais no ano 1
200 relacionou-se com as fases fenológicas da cultura de soja, elementos climáticos,
201 localidade e cultivares. O modelo explicou 97,28% da variação total desses insetos com
202 o eixos 1 e 2 contribuindo com 87,68 e 9,60% da variância, respectivamente (Monte
203 Carlo, $p= 0,002$, 500 permutações) (Figura 1). Esses grupos de insetos apresentaram
204 maiores populações em Lagoa Formosa, principalmente nos estádios reprodutivos da
205 cultivar M7110IPRO (Figura 1).

206 A precipitação e a pulverização de inseticidas reduziram a população de
207 *Anticarsia gemmatalis*. *Euschistus heros* foi favorecido positivamente pelas altas
208 radiações no final do ciclo da soja e a cultivar SYN1059 teve baixa relação de
209 *Piezodorus guildinii*, *Nezara viridula* e *E. heros* (Figura 1).

210 Ventos fortes e maior amplitude térmica reduziram populações de parasitoides.
211 Coccinélidos foram mais frequentes em Rio Paranaíba nas sojas RR's no estádio
212 vegetativo e foram afetadas, positivamente, pelos fortes ventos e, negativamente, pela
213 alta radiação (Figura 1).



214
 215 Figura 1: Diagrama de ordenação da análise de redundância (RDA) da safra 2013/2014
 216 (ano 1) da influência dos estádios fenológicos da soja, dos locais, cultivares, inimigos
 217 naturais e dados climáticos sobre a flutuação populacional de pragas. Setas vermelhas
 218 representam as variáveis qualitativas e azuis às quantitativas. O comprimento das setas é
 219 proporcional à importância da variável. Variáveis relacionadas positivamente possuem
 220 setas na mesma direção e quando negativamente possuem setas na direção contrária.
 221 Ângulo entre setas de 90° representam variáveis não relacionadas. Números
 222 representam as variáveis: 1. Aplicação de inseticidas; 2. Produtividade da soja; 3.
 223 Temperatura máxima; 4. Temperatura média; 5. Temperatura mínima; 6. Amplitude
 224 térmica; 7. Umidade relativa; 8. Precipitação; 9. Vento; 10. Radiação; 11. *Euschistus*
 225 *heros*; 12. Coccinellidae; 13. Parasitoide; 14. R1; 15. R2; 16. R3; 17. R4; 18. R5; 19.
 226 R6; 20. R7; 21. R8; 22. V1; 23. V2; 24. V3; 25. V4; 26. V5; 27. V6; 28. Lagoa
 227 Formosa/MG; 29. Rio Paranaíba/MG; 30. Cultivar SYN1059; 31. Cultivar P97R01; 32.
 228 Cultivar M7110IPRO; 33. *Helicoverpa armigera*; 34. *Anticarsia gemmatalis*; 35.
 229 *Plusiinae*; 36. *Piezodorus guildinii*; 37. *Nezara viridula*.
 230



231
 232 Figura 2: Diagrama de ordenação da análise de redundância (RDA) da safra
 233 2014/2015 (ano 2) da influência dos estádios fenológicos da soja, locais, cultivares,
 234 inimigos naturais e dados climáticos sobre a flutuação populacional de pragas. Setas
 235 vermelhas representam as variáveis qualitativas e azuis às quantitativas. O
 236 comprimento das setas é proporcional à importância da variável. Variáveis
 237 relacionadas positivamente possuem setas na mesma direção e quando negativamente
 238 possuem setas na direção contrária. Ângulo entre setas de 90° representam variáveis
 239 não relacionadas. Ângulo entre as setas é de 90° as variáveis não são relacionadas.
 240 Números representam as variáveis: 1. *Helicoverpa armigera*; 2. *Anticarsia*
 241 *gemmatalis*; 3. *Plusiinae*; 4. *Piezodorus guildinii*; 5. Ninfas de *Piezodorus guildinii*;
 242 6. *Nezara viridula*; 7. Ninfas de *Nezara viridula*; 8. *Euschistus heros*; 9. Ninfas de
 243 *Euschistus heros*; 10. Coccinellidae; 11. Parasitoide; 12. Produtividade da soja; 13.
 244 Aplicação de inseticidas; 14. Temperatura máxima; 15. Temperatura média; 16.
 245 Temperatura mínima; 17. Amplitude térmica; 18. Umidade relativa; 19. Precipitação;
 246 20; Vento; 21. Radiação; 22. R1; 23. R2; 24. R3; 25. R4; 26. R5.1; 27. R5.2 ; 28.
 247 R5.3; 29. R5.4; 30. R5; 31. R6; 32. R7; 33. R8; 34. V1; 35. V2; 36. V3; 37. V4; 38.
 248 V5; 39. V6. 40. Lagoa Formosa/MG; 41. Rio Paranaíba/MG; 42. Cultivar SYN1059;
 249 43. Cultivar P97R01; 44. Cultivar M7110IPRO.

250 No ano 2, o modelo explicou 75,53%, da variação total com os eixos 1 e 2
 251 contribuindo com 45,40 e 30,13% da variância, respectivamente (Monte Carlo,
 252 $p < 0,0001$, 500 permutações) (Figura 2).

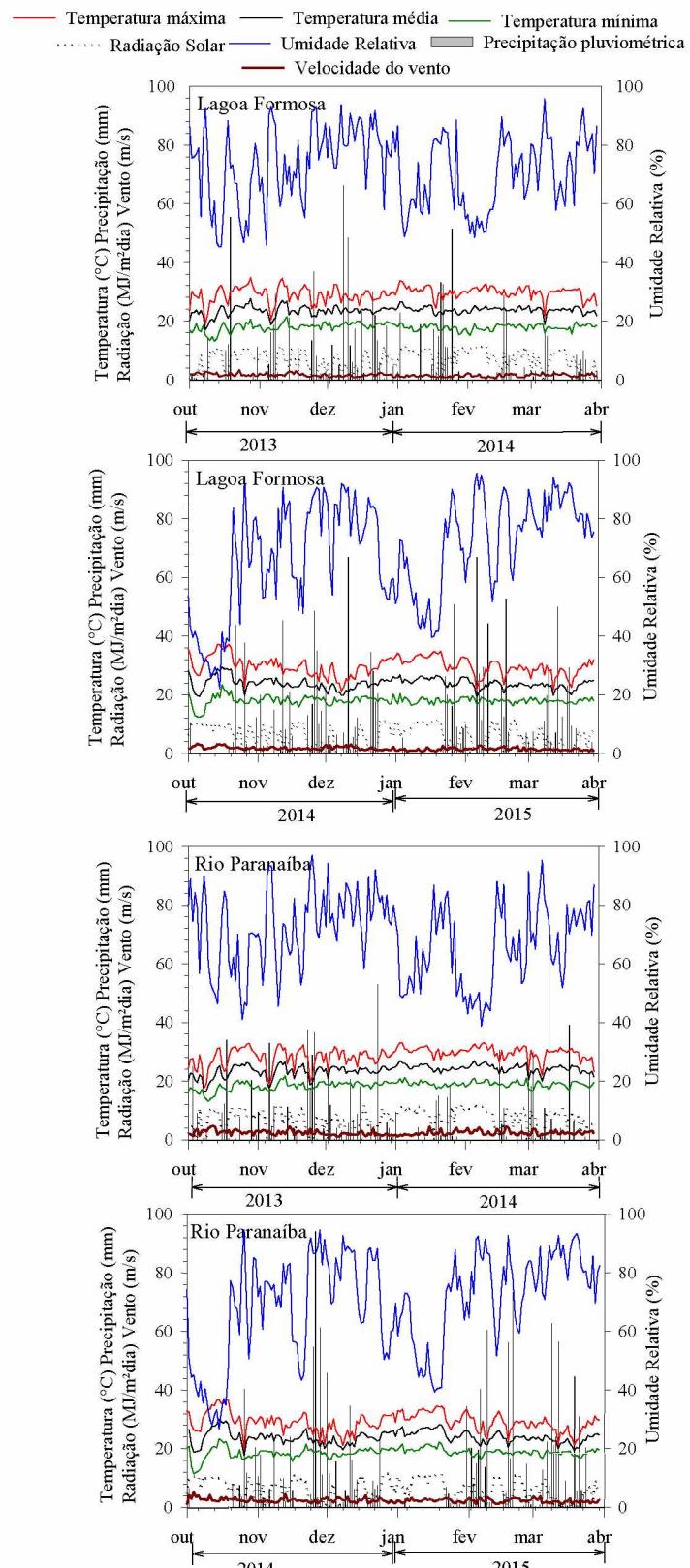
253 A densidade de lagartas, percevejos e inimigos naturais foi pouco afetada pelas
254 fases fenológicas da cultura da soja. Percevejos e parasitoides foram mais frequentes em
255 Lagoa Formosa e lagartas e coccinelídeos em Rio Paranaíba (Figura 2).

256 *Helicoverpa armigera* foi favorecida positivamente pela radiação e temperaturas
257 baixas, e desfavorecida pela umidade relativa, sendo mais na cultivar P97R01.
258 *Chrysodeixis includens* e *A. gemmatalis* foram favorecidas pelos ventos fortes e baixas
259 temperaturas, sendo mais frequentes na cultivar SYN1059 (Figura 2).

260 Parasitoides foram mais frequentes nos percevejos *P. guildini*, *N. viridula* e *E. heros* e afetaram, em maior intensidade a produtividade da soja em Lagoa Formosa com
261 a cultivar RR2 M7110IPRO (Figura 2).

263 Em Lagoa Formosa no ano 1, a temperatura variou de a 16°C-28°C, a PPT de 0 a
264 66 mm, radiação 0 a 11 MJ/m²dia, UR 45% a 95 % e o vento de 0,3 a 3,2 m/s. Já ano 2,
265 a temperatura variou de 19°C-29°C, a PPT de 0 mm a 67 mm, radiação de 0 a 11
266 MJ/m²dia, UR de 22% a 95% e o vento de 0,6 a 3,2m/s. Em Rio Paranaíba, ano 1, a
267 temperatura variou de a 16°C-28°C, a PPT de 0 a 62 mm, radiação 0 a 11 MJ/m²dia, UR
268 38,25% a 97% e o vento de 1 a 4 m/s. No ano 2, a temperatura variou de 17°C-30°C, a
269 PPT de 0 mm a 94 mm, radiação de 0 a 11 MJ/m²dia, UR de 26% a 94% e o vento de 1
270 a 5 m/s (Figura 3).

271 Lagoa Formosa tem em seu histórico maiores temperaturas e pluviosidade que
272 Rio Paranaíba, porém nos períodos experimentais nos dois anos, o clima foi
273 equivalente, não apresentando diferenças abruptas nas variáveis climáticas. Sendo que
274 Rio Paranaíba com clima atípico, se igualando aos valores de Lagoa Formosa, com
275 temperaturas elevadas.



276

277 Figura 3: Dados climáticos no período experimental (2013/2014 e 2014/2015) em
 278 plantio de soja em Lagoa Formosa e Rio Paranaíba, Minas Gerais, Brasil.

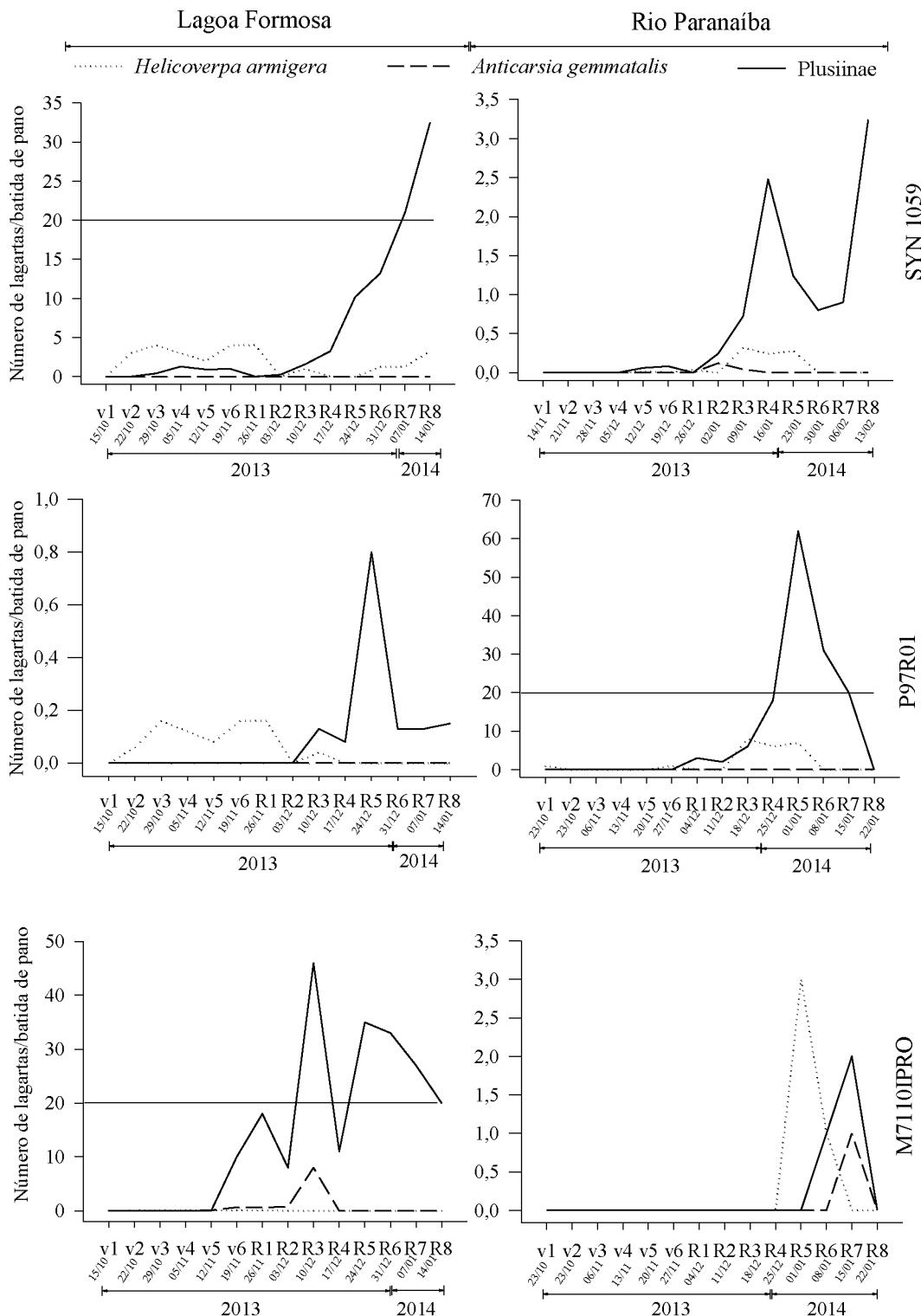
279 • **Lagartas**

280 Lagartas apresentaram picos populacionais, principalmente, na fase reprodutiva
281 da soja nos dois municípios e cultivares (Figura 4). As da subfamília Plusiinae foram as
282 mais abundantes em ambos locais, cultivares e anos, ultrapassando o nível de controle de
283 20 lagartas/batida de pano atingindo 50 lagartas/batida de pano no primeiro ano em
284 Lagoa Formosa (cultivar M7110IPRO) (Figura 4). Entretanto, no ano 2, atingiu nível de
285 controle apenas no município de Rio Paranaíba, em R5 com 30 lagartas/batida de pano
286 (cultivar P97R01) e 25 lagartas/batida de pano (cultivar SYN 1059)(Figuras 4 e 5).

287 *Anticarsia gemmatalis* e *H. armigera* tiveram baixa abundância nos dois anos
288 tendo, apenas, um pequeno surto populacional em Rio Paranaíba no primeiro ano
289 (cultivar M7110IPRO), com três lagartas/batida de pano (Figuras 4 e 5).

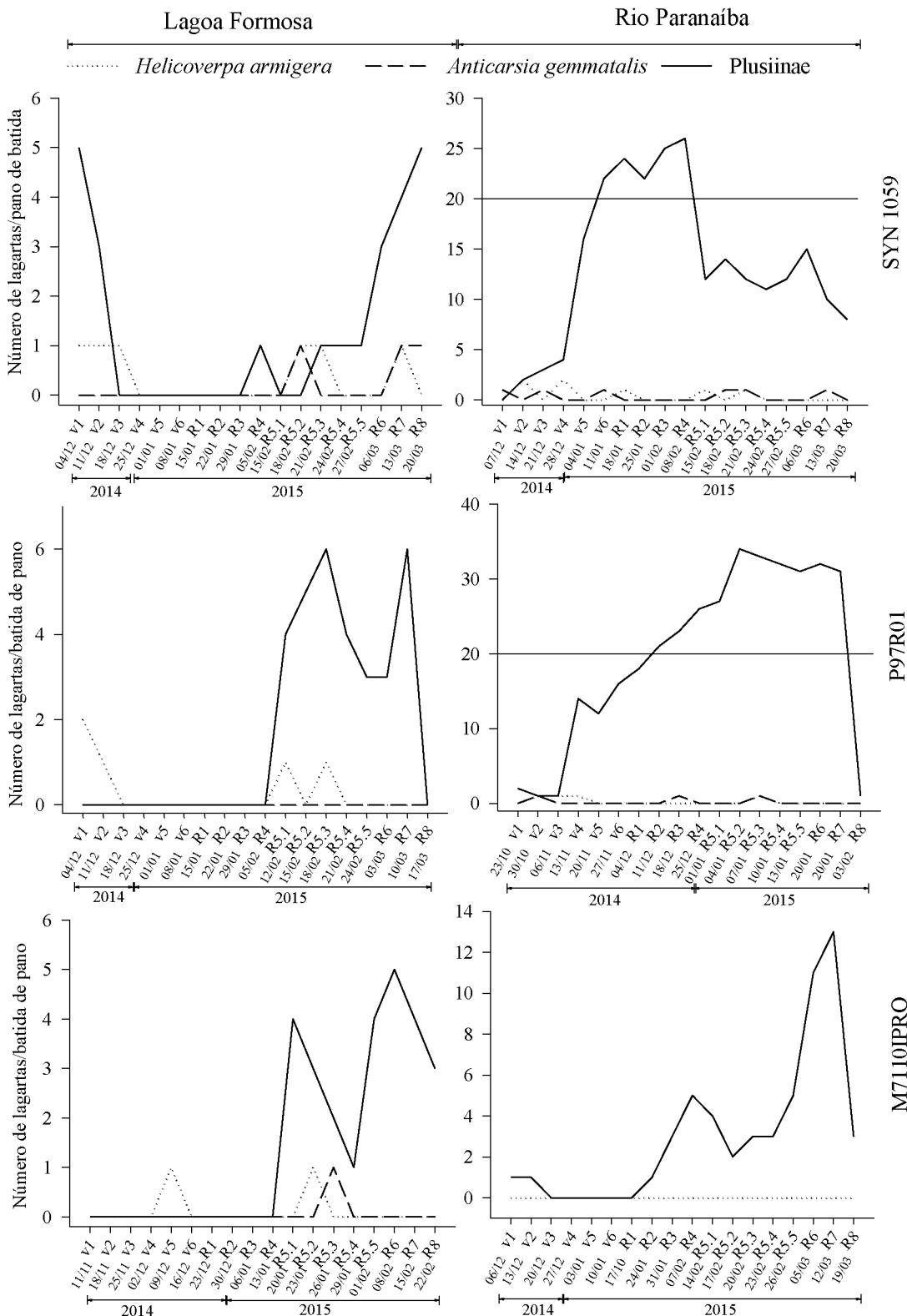
290 A cultivar transgênica RR2 teve, em ambos os municípios lagartas da subfamília
291 Plusiinae como mais ocorrente e *A. gemmatalis* quase ausente (Figuras 4 e 5).

292 Os surtos de lagartas ocorreram de maneira igualitária tanto nas cultivares RR
293 (não-bt) quanto em cultivar RR2 (Bt).



294

295 Figura 4: Variação sazonal de lagartas em três cultivares de soja (SYN 1059, P97R01 e
296 M7110IPRO) nos municípios de Lagoa Formosa e Rio Paranaíba no ano 1 (2013/2014).
297 *Linha contínua representa o nível de controle.



299 Figura 5: Variação sazonal de lagartas em três cultivares de soja (SYN 1059, P97R01 e
 300 M7110IPRO) nos municípios de Lagoa Formosa e Rio Paranaíba no ano 2 (2014/2015).
 301 *Linha contínua representa o nível de controle.

302 • **Percevejos**

303 Os percevejos foram detectados em todo o ciclo da soja, nos dois anos e em
304 ambos os municípios, mas no ano 2, apenas a partir do estádio R5 na cultivar P97R01
305 (Figuras 6 e 7).

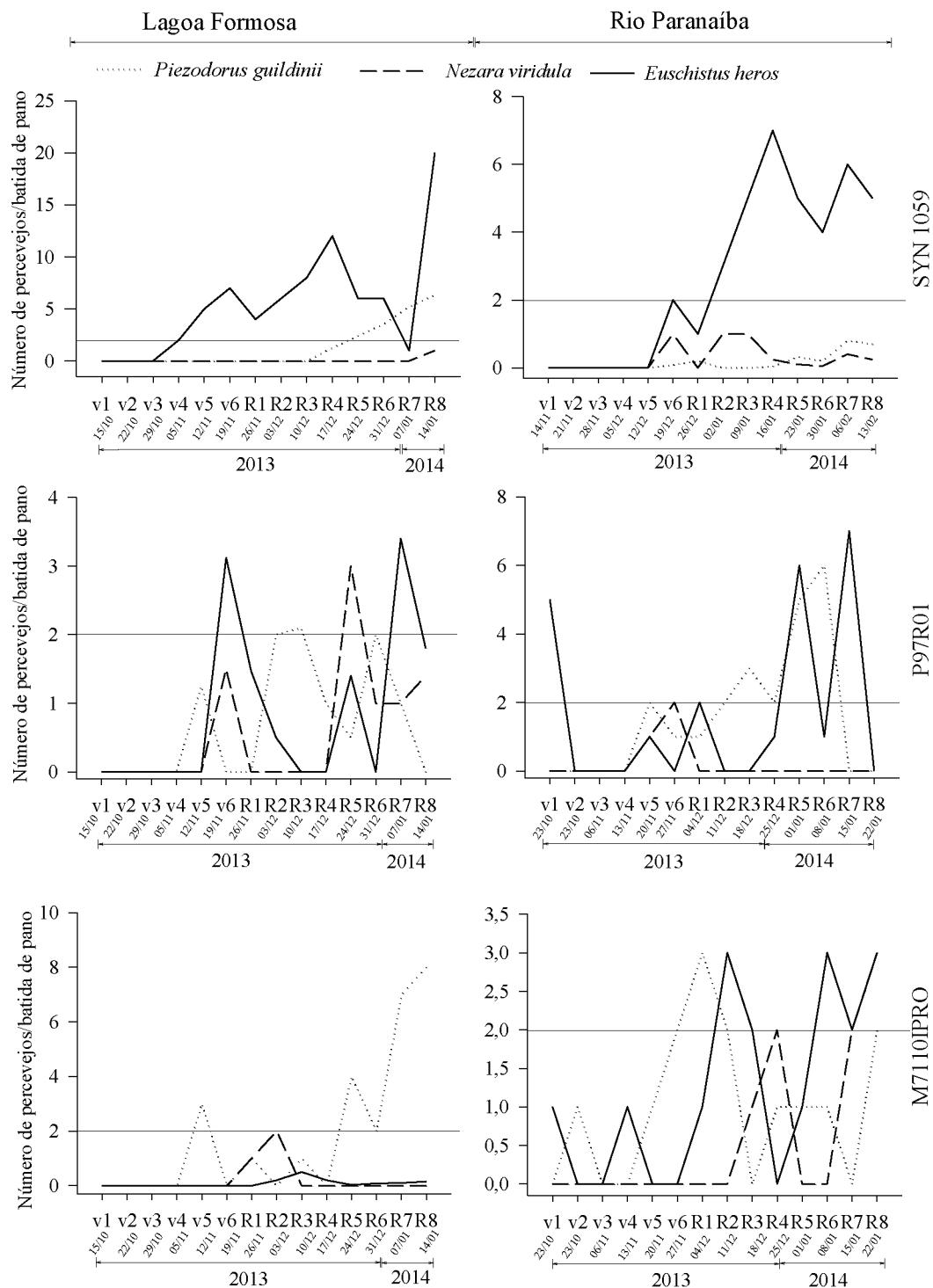
306 *Euschistus heros* foi o percevejo mais abundante, tendo ultrapassado o nível de
307 controle (dois percevejos/batida de pano) em todas as cultivares e locais em ambos os
308 municípios (exceção Lagoa Formosa cultivar P97R01), atingindo os maiores picos
309 populacionais no mês de janeiro, 20 percevejos/batida de pano em Lagoa Formosa no
310 ano 1 (SYN 1059) e ano 2 (P97R01) e sem atingir nível de controle em Rio Paranaíba
311 (P97R01) no ano 2. Além disso, esses insetos apresentaram distribuição semelhante nas
312 cultivares RR2 (M7110IPRO) e RR (SYN 1059 e P97R01) em ambos os municípios
313 (Figuras 6 e 7).

314 *Piezodourus guildinii* foi o segundo percevejo mais abundante, com picos
315 populacionais mais concentrados na fase reprodutiva e superando o nível de controle em
316 quase todas cultivares e municípios, atingindo máximo de 12 percevejos/batida de pano
317 (Lagoa Formosa, cultivar SYN 1059, ano 2) (Figuras 6 e 7).

318 *Nezara viridula* teve menores densidades, mas com maior abundância no ano 2
319 em Rio Paranaíba (cultivar SYN 1059), seis percevejos/batida de pano em R5 (Figuras
320 6 e 7).

321 Os surtos de percevejos ocorreram de maneira igualitária tanto nas cultivares RR
322 (não-bt) quanto em cultivar RR2 (Bt).

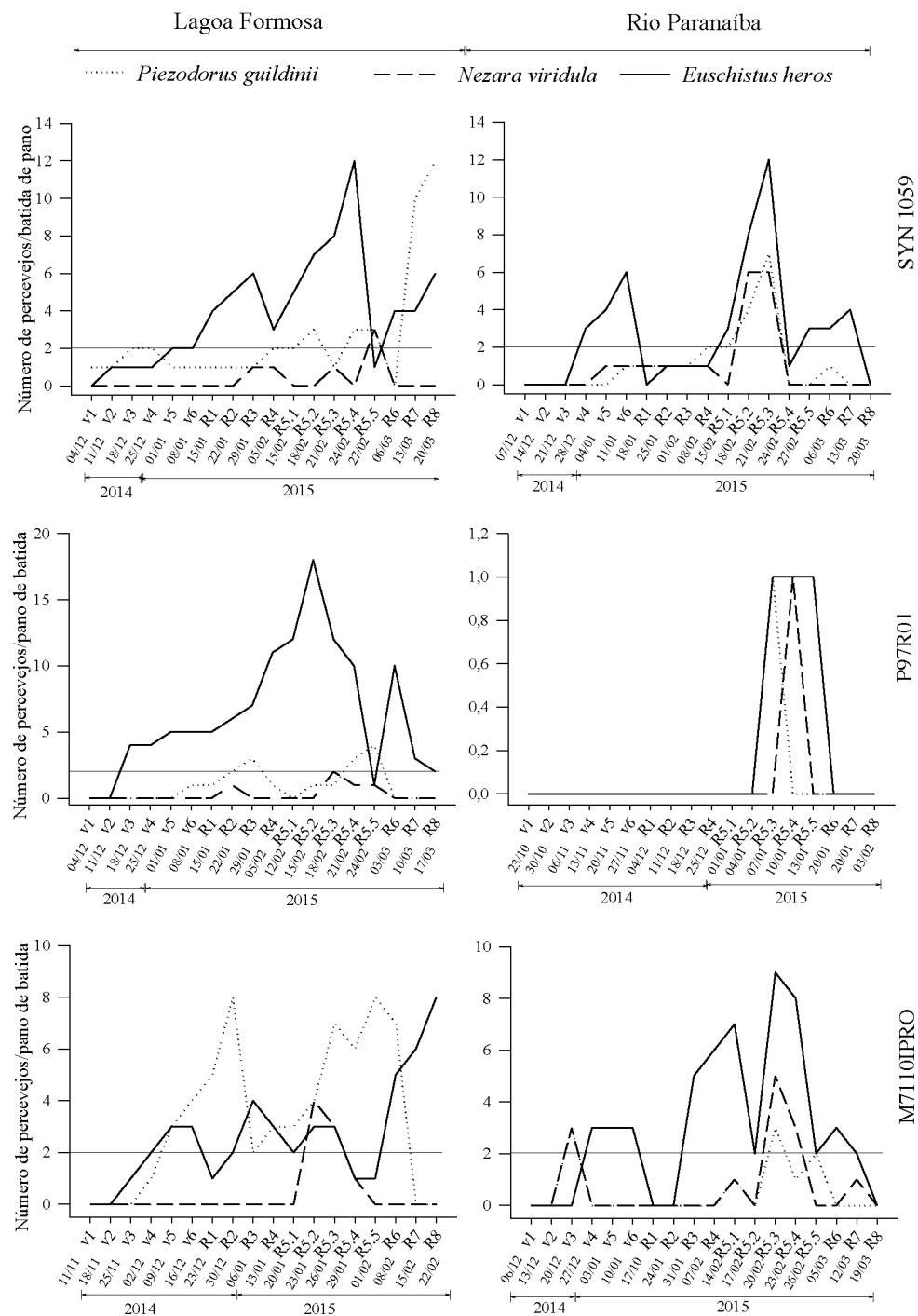
323



324

325 Figura 6: Variação sazonal de percevejos em três cultivares de soja (SYN 1059, P97R01
 326 e M7110IPRO) nos municípios de Lagoa Formosa e Rio Paranaíba no ano 1
 327 (2013/2014).

328 *Linha contínua representa o nível de controle



331 Figura 7: Variação sazonal de percevejos em três cultivares de soja (SYN 1059, P97R01
 332 e M7110IPRO) nos municípios de Lagoa Formosa e Rio Paranaíba no ano 2
 333 (2014/2015).

334 *Linha contínua representa o nível de controle
 335

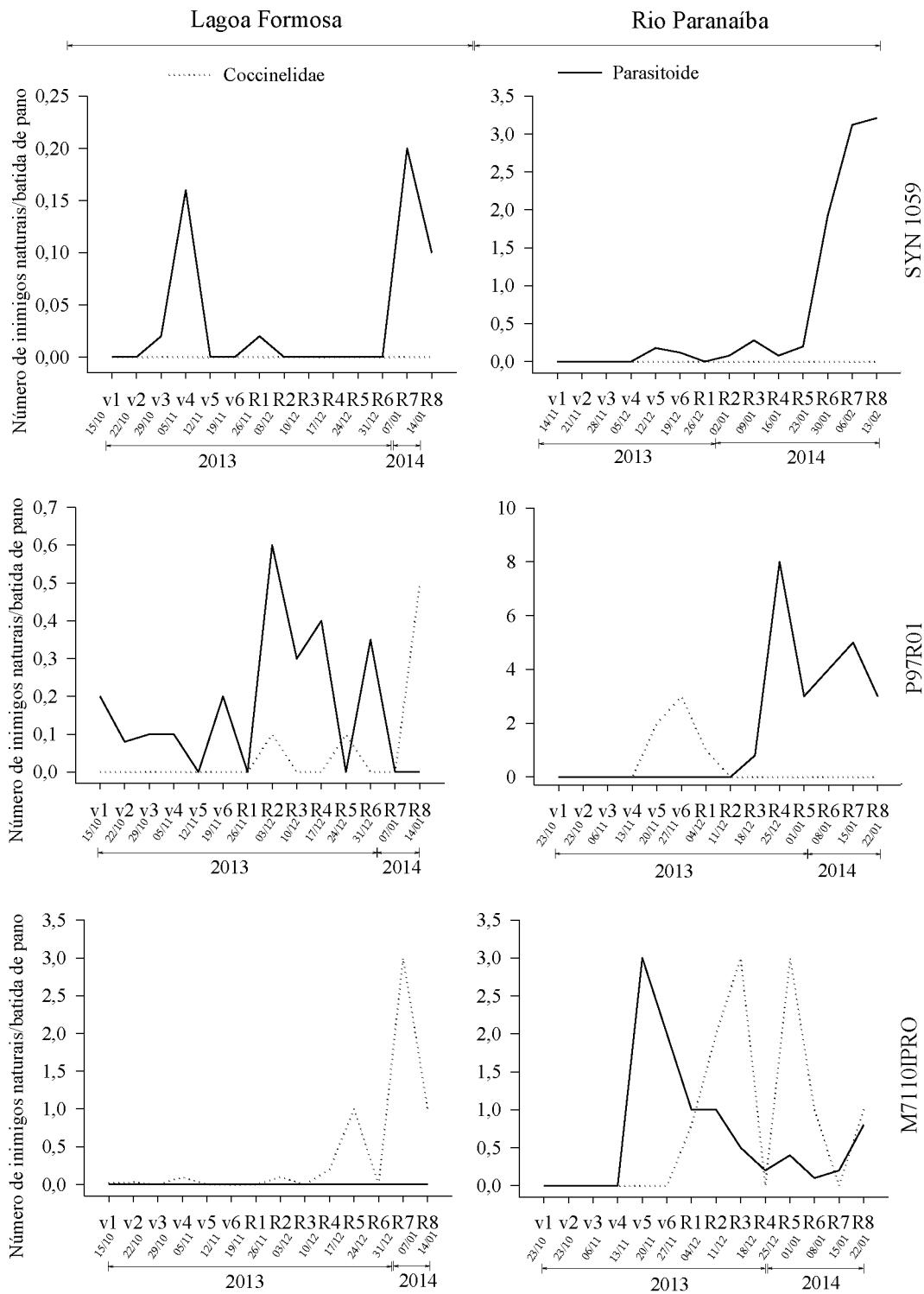
336 • **Inimigos Naturais**
337

338 Os inimigos naturais foram pouco abundantes ao longo do período experimental,
339 sendo que no ano 1 em Lagoa Formosa, o número de inimigos naturais foi menor com
340 máximo de três coccinelídeos/batida de pano na cultivar M7110IPRO. Esses insetos não
341 foram encontrados na cultivar SYN 1059 em ambos os municípios. Parasitoides foram
342 encontrados em todas as cultivares e municípios, exceto na cultivar M7110IPRO em
343 Lagoa Formosa (Figura 8).

344 No ano 2, populações de coccinelídeos e parasitoides foram mais constantes do
345 início do estádio fenológico (vegetativo) ao fim do ciclo reprodutivo da cultura da soja,
346 entretanto com maiores picos populacionais neste último estádio (Figura 9).

347 Parasitoides foram os inimigos naturais mais presentes se comparado aos
348 predadores, em ambos locais e cultivares, exceto na cultivar P97R01 em Rio Paranaíba
349 (Figuras 8 e 9).

350 Os inimigos naturais estiveram presentes de maneira igualitária tanto na soja
351 não-Bt (RR) quanto na Bt (RR2).



352

353

354

355

Figura 8: Variação sazonal de inimigos naturais em três cultivares de soja (SYN 1059, P97R01 e M7110IPRO) nos municípios de Lagoa Formosa e Rio Paranaíba no ano 1 (2013/2014).

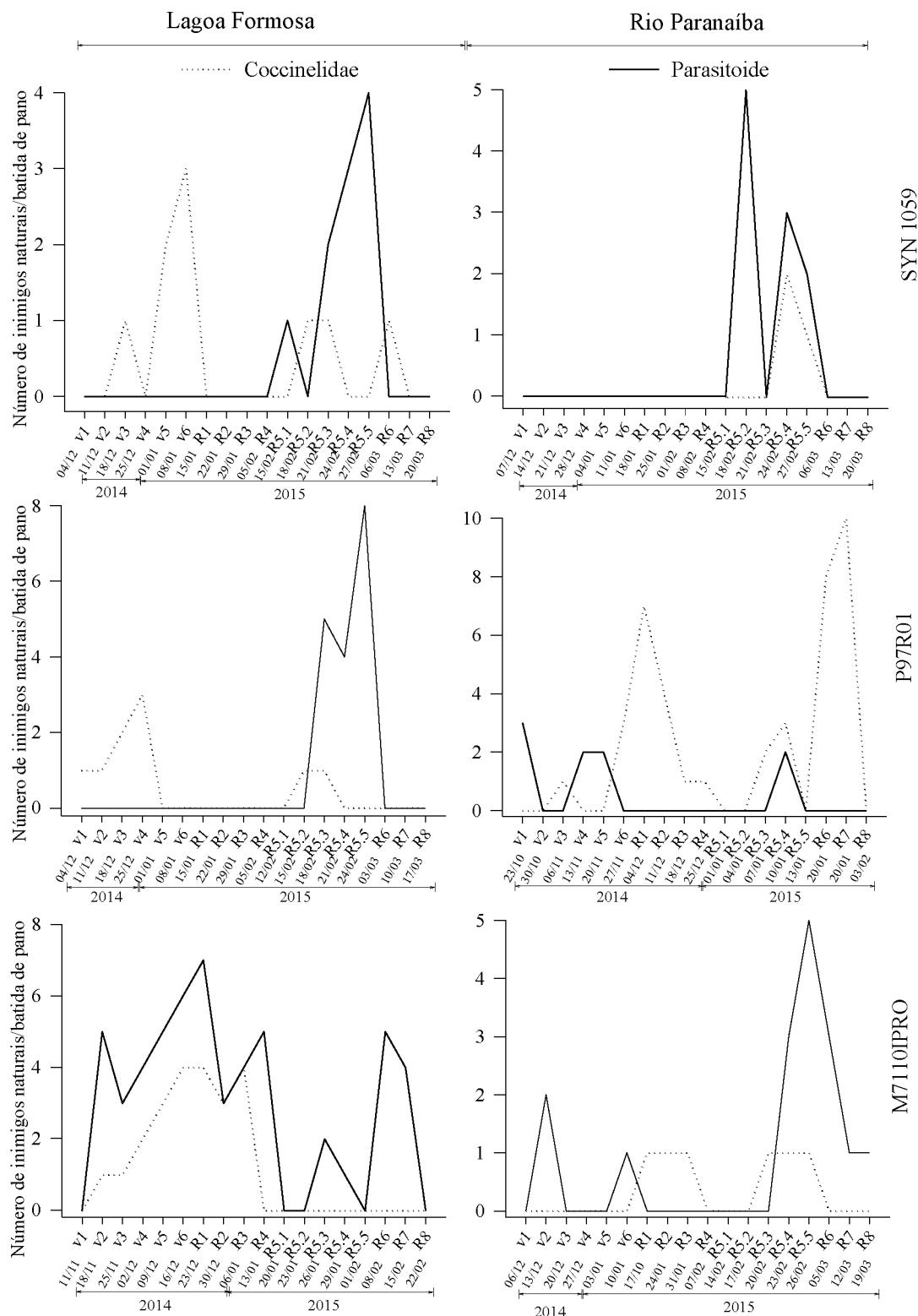
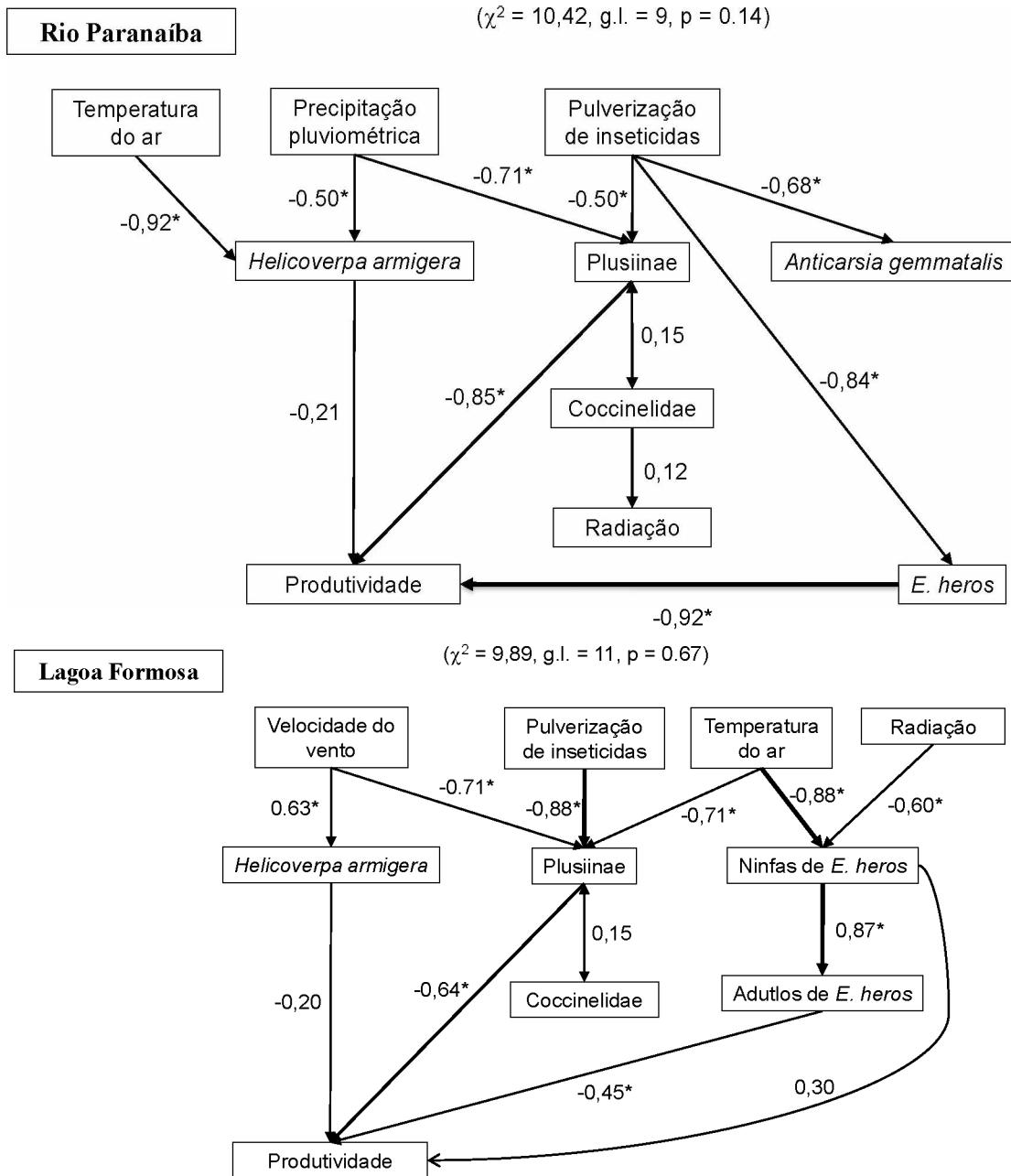


Figura 9: Variação sazonal de inimigos naturais em três cultivares de soja (SYN 1059, P97R01 e M7110IPRO) nos municípios de Lagoa Formosa e Rio Paranaíba no ano 2 (2014/2015).

361 Os modelos de trilha significativos ($P>0,05$) pelo teste de χ^2 estão indicados na
362 figura 10. Em Rio Paranaíba, as populações de lagartas de *H. armigera*, Plusiinae e *A.*
363 *gemmaatalis* foram reguladas pelos efeitos diretos da temperatura do ar, precipitação
364 pluviométrica e pulverização com inseticidas.

365 Os efeitos diretos da temperatura foram mais importantes para *H. armigera*,
366 Plusiinae e ninfas de *E. heros*, reduzindo a população destas pragas. Já para a densidade
367 de ninfas de *E. heros*, além do efeito negativo da radiação e temperatura do ar, o efeito
368 positivo sobre o próximo estádio do percevejo também foi importante. A produtividade
369 da soja foi afetada pela densidade de *H. armigera* e adultos de percevejo marrom em
370 Rio Paranaíba e por *H. armigera*, adultos de percevejo marrom e Plusiinae em Lagoa
371 Formosa (Figura 10). Em Rio Paranaíba, verificou-se efeitos indiretos do número de
372 pulverizações para *E. heros*, temperatura do ar e precipitação pluviométrica sobre a
373 produtividade da soja. Em Lagoa Formosa, verificou-se efeitos indiretos do número de
374 pulverizações, temperatura do ar, velocidade do vento e radiação sobre a produtividade
375 da soja (Figura 10).

376 Lagartas da subfamília Plusiinae e o percevejo *E. heros* tiveram maiores médias
377 de densidades nas duas cidades e em todas as cultivares, comportamentos semelhantes
378 nos anos 1 e 2. Inimigos naturais apresentaram média baixa de abundância em ambos os
379 períodos experimentais (Tabelas 2 e 3).



380

381

382 Figura 10. Diagrama de trilha do efeito de elementos climáticos, pulverização de
 383 inseticidas e inimigos naturais sobre a densidade populacional de lagartas, percevejos e
 384 produtividade da soja em Rio Paranaíba e Lagoa Formosa. Os coeficientes de trilha
 385 (efeitos diretos) e correlação estão indicados em cada interação. Setas unidirecionais
 386 indicam uma interação causal de uma variável com a outra e setas bidirecionais uma
 387 correlação. A espessura de cada linha é proporcional à magnitude da interação e
 388 coeficientes significativos a $P < 0,05$ estão indicados com um asterisco '*'.

389

390

391

392 Tabela 2. Médias da densidade populacional de lagartas, percevejos e inimigos naturais
 393 de diferentes cultivares em Lagoa Formosa e Rio Paranaíba (ano 1).

	Lagoa Formosa			Rio Paranaíba		
	SYN	P97R01	M7110IP	SYN 1059	P97R01	M7110IP
	1059	RO		RO		RO
<i>H. armigera</i>	1,81 ± 0,06	0,06±0,00	0,06 ± 0,00	0,06 ± 0,00	1,64 ± 0,11	0,29 ± 0,03
<i>A.gemmatalis</i>	0,00 ± 0,00	0,72 ± 0,08	0,00 ± 0,00	0,01± 0,00	0,00 ± 0,00	0,07 ± 0,01
Plusiinae	4,08 ± 0,26	14,86±0,58	0,10 ± 0,01	0,70 ± 0,04	10,14±0,67	0,21 ± 0,02
<i>P. guildinii</i>	0,95 ± 0,07	0,70 ± 0,03	1,86 ± 0,10	0,17 ± 0,01	1,57 ± 0,07	1,00 ± 0,04
<i>N. viridula</i>	0,00 ± 0,00	0,56 ± 0,03	0,21± 0,02	0,29 ± 0,02	0,21± 0,02	0,57 ± 0,04
<i>E. heros</i>	4,38 ± 0,14	0,84 ± 0,05	0,09 ±0,01	2,71± 0,10	1,64 ± 0,09	1,21 ± 0,04
Coccinelidae	0,00 ± 0,00	0,05 ± 0,01	0,39 ± 0,03	0,00 ± 0,00	0,43 ± 0,04	0,77 ± 0,04
Parasitoides	0,03 ± 0,00	0,17 ± 0,01	0,00 ± 0,00	0,66 ± 0,04	1,70 ± 0,10	0,66 ± 0,03

394
 395 Tabela 3. Médias da densidade populacional de lagartas, percevejos e inimigos naturais
 396 em diferentes cultivares em Lagoa Formosa e Rio Paranaíba (ano 2).

	Lagoa Formosa			Rio Paranaíba		
	SYN	P97R01	M7110IP	SYN 1059	P97R01	M7110IP
	1059	RO		RO		RO
<i>H. armigera</i>	0,33 ± 0,02	0,28 ± 0,02	0,11 ± 0,01	0,39 ± 0,02	0,22 ± 0,01	0,00 ± 0,00
<i>A.gemmatalis</i>	0,17 ± 0,01	0,00 ± 0,00	0,06 ± 0,01	0,33 ± 0,02	0,17 ± 0,01	0,00 ± 0,00
Plusiinae	1,33 ± 0,06	1,72 ± 0,08	1,44 ± 0,06	13,22 ± 0,27	19,72±0,41	3,06 ± 0,12
<i>P. guildinii</i>	2,61 ± 0,11	0,94 ± 0,04	3,39 ± 0,10	1,11 ± 0,06	0,06 ± 0,01	0,56 ± 0,03
<i>N. viridula</i>	0,00 ± 0,00	0,28 ± 0,02	0,44 ± 0,04	1,00 ± 0,06	0,06 ± 0,01	0,72 ± 0,05
<i>E. heros</i>	4,00 ± 0,10	6,39 ± 0,16	2,67 ± 0,07	2,78 ± 0,11	0,17 ± 0,01	2,94 ± 0,10
Coccinelidae	0,50 ± 0,03	0,50 ± 0,03	1,22 ± 0,05	0,17 ± 0,02	2,22 ± 0,10	0,33 ± 0,02
Parasitoides	0,56 ± 0,04	0,94 ± 0,08	3,00 ± 0,08	0,56 ± 0,05	0,50 ± 0,03	0,89 ± 0,05

397

DISCUSSÃO

398 O monitoramento das populações dos insetos-praga ao longo do ciclo da cultura
 399 é fundamental para auxiliar na tomada de decisão do controle. A adoção dessa prática
 400 contribui para a redução do uso de inseticidas, do uso de combustíveis fósseis e das
 401 402

403 contaminações no homem, nos alimentos e no meio ambiente (Marsaro júnior et al.,
404 2010). As dificuldades no controle de pragas com químicos, preocupações ambientais,
405 aumento da resistência das pragas e custo alto com defensivos químicos aumentam a
406 importância do controle biológico e avanço nos estudos de sazonalidade desses insetos
407 (Lenteren, 2012).

408 • **Diagrama da Análise de Redundância (RDA) e Clima**

409 O modelo de RDA explicou 97,28% da variação total (ano 1) e 75,53% (ano 2).
410 Esses valores são considerados bons, pois modelos descritos acima de 70%-75% são
411 aceitos (Perlitz & Graf, 1995).

412 Verificou-se maior relação de pragas com período reprodutivo da soja no ano 1,
413 concordado com relato de maior população de lagartas em estádio mais avançados da
414 cultura da soja (Bueno et al., 2011) e com aumento gradual desses insetos durante o
415 desenvolvimento de soja RR e RR2, onde a maior abundância de pragas ocorre entre os
416 estádios V8 e R6 (Justiniano et al., 2014).

417 A precipitação reduziu a população de *A. gemmatalis*. A baixa abundância de *A.*
418 *gemmaatalis* pode ter como uma das justificativas a dispersão das lagartas pelas chuvas e
419 redução do movimento das mesmas no momento do ataque na planta (Scholl et al.,
420 2016). A precipitação reduz a capacidade de propagação das lagartas neonatas e pode
421 aumentar a propagação de doenças nestas (Alalouni et al., 2013).

422 Ventos fortes e maior amplitude térmica reduziram populações de parasitoides.
423 Coccinelídeos foram mais frequentes em Rio Paranaíba nas sojas RR's no estádio
424 vegetativo e foram afetadas, positivamente, pelos fortes ventos e, negativamente, pela
425 alta radiação. A maior amplitude térmica tem efeito negativo na sobrevivência de
426 parasitoides devido à suscetibilidade dos mesmos a fatores abióticos sendo que
427 mudanças abruptas de temperatura matam mais facilmente os parasitoides de ovo
428 (Bueno et al., 2012).

429 A densidade de lagartas, percevejos e inimigos naturais foi pouco afetada pelas
430 fases fenológicas da cultura da soja no ano 2. Outros fatores podem ter contribuído para
431 determinar a abundância de insetos neste período, como manejo do solo, mudança nas
432 práticas agrícolas, pulverizações de inseticida e interações com o clima (Reddy et al.,
433 2015; Schneider et al., 2015).

434 *Helicoverpa armigera* foi favorecida positivamente pela radiação e temperaturas
435 baixas, e desfavorecida pela umidade relativa. A temperatura do ar mínima, afeta a
436 sobrevivência das populações de *H. armigera*, e as máximas retardam a taxa de
437 crescimento destas, como relatado em estudo dos efeitos oscilatórios de temperatura
438 nesta praga (Reddy et al., 2015). Além disso, a pupa ter maior capacidade de tolerar frio
439 como encontrado no estudo de efeitos das alterações climáticas nas pupas de *H.*
440 *armigera* em algodão (Huang & Li, 2014). Esta praga também é influenciada pela
441 radiação solar, o que é relatado no estudo dos efeitos da exposição UV-A a longevidade
442 do período reprodutivo desta lagarta analisando taxas de fecundidade e ovoposição
443 mediante a diferentes quantidades de radiação (Zhang et al., 2011).

444 A temperatura pode afetar as populações de pragas de várias formas, sendo as
445 mais quentes resultando em maiores populações e gerações de insetos, pois afeta a
446 sobrevivência, desenvolvimento, escala geográfica e tamanho da população dos
447 mesmos. Além dos impactos na fisiologia e no desenvolvimento das plantas
448 hospedeiras, possibilitando o agravamento de danos às culturas por ano, de acordo com
449 estudo do impacto da mudança climática na dinâmica populacional de pragas de insetos
450 (Karuppaiah & Sujayanad, 2012). Os altos níveis populacionais dos percevejos e
451 lagartas da soja podem ser resultado de condições ambientais favoráveis e manejo da
452 área inadequado, incluindo o uso excessivo de inseticidas em estudo de dinâmica
453 populacional dessas pragas em soja Bt e não-Bt (Justiniano et al., 2014).

454 • **Lagartas**

455 Picos populacionais de lagartas ocorreram mais na fase reprodutiva da soja, mas
456 lagartas apresentaram maiores picos populacionais na fase vegetativa da soja em outro
457 estudo de flutuação populacional de insetos-praga. Essas diferenças do ataque de
458 lagartas ao longo do ciclo da cultura demonstra que não se podem fazer generalizações e
459 que em cada região, com suas diferentes características, pode apresentar variações nas
460 interações que ocorrem na entomofauna associada à cultura (Marsaro júnior et al.,
461 2010).

462 A maior abundância de lagartas Plusiinae principalmente na soja RR2 (Bt)
463 contraria os resultados obtidos em soja transgênica, com lagartas *A. gemmatalis* e

464 Plusiinae controladas significativamente pela tecnologia Bt, permanecendo abaixo dos
465 níveis de controle (Justiniano et al., 2014).

466 A cultivar transgênica RR2 teve Plusiinae como predominante e *A. gemmatalis*
467 quase ausente. A menor densidade de *A. gemmatalis* em relação à Plusiinae pode estar
468 relacionada à expressão da proteína Bt Cry1Ac ter sido mais ativa contra *A. gemmatalis*
469 em comparação com Plusiinae, pois *A. gemmatalis* é altamente suscetível a essa proteína
470 tóxica, como verificado no estudo de avaliação do nível de controle de soja Bt em *A.*
471 *gemmaatalis* e Plusiinae (Bernardi et al., 2012).

472 O efeito das temperaturas elevadas reduzindo a população de *H. armigera*,
473 Plusiinae e ninfas de *E. heros* podem estar relacionadas à má adaptação da fenologia da
474 praga em relação às temperaturas altas. A fenologia incompatível também pode
475 proporcionar oportunidades para novas pragas emergirem (Reddy et al., 2015).

476 A presença significativa de lagartas da subfamília Plusiinae em soja resistente
477 a elas, pode estar relacionada a estes surtos populacionais das pragas não estar
478 diretamente ligados a transgenia das sojas estudadas, as possíveis causas para a falha do
479 controle dos transgênicos sobre os insetos esta relaciona à produção inadequada da
480 proteína tóxica e efeito do ambiente na expressão do gene Bt. Níveis de Cry1Ac em
481 plantas transgênicas diminui com a idade da planta, resultando em suscetibilidade da
482 cultura a insetos-praga durante a fase de crescimento da cultura (Karuppaiah &
483 Sujayanad, 2012).

484 • **Percevejos**

485 Os surtos de percevejos durante todo o ciclo da soja representam uma das
486 principais ameaças à produtividade dessa cultura. Isto mostra a necessidade do manejo
487 integrado dessas pragas com métodos que reduzam o uso de defensivos agrícolas
488 (Bortolotto et al., 2015). A presença de percevejos em ambos os anos e municípios e
489 com maior quantidade de picos na fase reprodutiva, concorda com o relatado para
490 adultos e ninfas de *E. heros* em soja Bt e não-Bt (Fonseca et al., 2014). Esses insetos
491 iniciam a colonização das culturas no final da estação de crescimento e início da
492 floração e, por isto, podem atingir altas populações na fase reprodutiva da soja (Fonseca
493 et al., 2014).

494 A maior abundância de *E. heros* em ambos locais e locais nas cultivares RR e
495 RR2 foi semelhante ao relatado em soja transgênica (Fonseca et al., 2014). A alta
496 densidade de *E. heros* pode ser explicada por esta espécie ser a mais abundante entre os
497 percevejos. Além disso, ele desenvolveu resistência à maioria dos inseticidas
498 recomendados para seu controle, sendo necessárias estratégias de controle alternativas,
499 incluindo o desenvolvimento de cultivares resistentes às pragas com características
500 elevadas de resistência aos metabólitos secundários que esses insetos secretam (Graça et
501 al., 2016). *Euschistus heros* apresentou distribuição semelhante nas cultivares RR2
502 (M7110IPRO) e RR (SYN 1059 e P97R01), o que difere do estudo de adultos de *E.*
503 *heros* dispostos de forma diferente para a soja Bt e não Bt, onde a maior densidade
504 populacional de adultos é encontrada na soja Bt. Porém nesse caso deveu-se à redução
505 da competição inter-específica entre as várias populações de lagartas com percevejos
506 com a diminuição da população das lagartas *A. gemmatalis*, *Plusiinae*, dentre outras,
507 com a toxina Cry1Ac eficaz no controle das mesmas permintindo que *E. heros*
508 pudesse se alimentar livremente das plantas sem concorrência com as lagartas
509 (Fonseca et al., 2014).

510 A maior abundância de *E. heros* na cultura da soja corrobora com os resultados
511 de flutuação populacional de insetos-praga na cultura da soja que observam esse
512 percevejo com maior frequência do que *P. guildinii* e *N. viridula* em soja (Marsaro
513 júnior et al., 2010). No entanto, *P. guildinii* pode ser mais prejudicial por causar maiores
514 índices de retenção foliar, perdas na produtividade e qualidade da soja (Husch et al.,
515 2014). A predominância de uma espécie de percevejo sobre outra é comum e depende
516 da região, cultivares e clima, responsáveis em grande parte pela abundância,
517 distribuição e dinâmica desses insetos (Marsaro Júnior et al., 2010).

518 *Piezodorus guildinii* foi o segundo percevejo mais abundante, com picos
519 populacionais mais concentrados na fase reprodutiva e superando o nível de controle.
520 Apesar de *P. guildinii* ser menos abundante que *E. heros*, ele apresenta maior
521 severidade de dano e pode ser mais prejudicial por causar maiores índices de retenção
522 foliar, perdas na produtividade e qualidade da soja como verificado em estudo de
523 insetos-praga na mesma cultura (Husch et al., 2014; Tuelher et al., 2016).

524 *Nezara viridula* teve menores densidades, porém seu pico populacional
525 ultrapassou o nível de controle e ocorreu no estádio reprodutivo R5. Em estudo de
526 percevejos em soja transgênica, este inseto atingiu a maior abundância entre R5 e R7, e
527 a partir desta fase houve declínio de população em decorrência da senescência da planta
528 a qual não se torna tanto atrativa à praga (Olson et al., 2011).

529 • **Inimigos Naturais**

530 Lagoa Formosa, no ano 1, apresentou menor número de inimigos naturais,
531 devido ao maior número de pulverizações de inseticidas, o que provavelmente causou
532 desequilíbrio no agroecossistema. Em um estudo de diversidade, composição e
533 dinâmica populacional de artrópodes também em soja transgênica RR1 (não-Bt), no
534 campo com aplicação de inseticidas foram coletados metade da quantidade de insetos
535 (pragas e inimigos naturais) encontrados na soja sem aplicação de inseticidas
536 (Justiniano et al., 2014). Inseticidas de amplo espectro além de atingirem o alvo, matam
537 os inimigos naturais (Rusch et al., 2013).

538 A presença de inimigos naturais de maneira equivalente tanto na soja não-Bt
539 quanto na Bt (RR2) difere do encontrado em estudo da diversidade, composição e
540 dinâmica populacional de artrópodes em sojas geneticamente modificada, o qual
541 artrópodes benéficos da soja são mais abundantes na RR2 (Bt) em comparação com a
542 soja RR1 (não-Bt), devido à menor desfolha, maior sombreamento e, portanto,
543 microclima diferente, umidade e temperaturas mais suaves para esses insetos (Justiniano
544 et al., 2014).

545 Diante dos resultados obtidos é notória a necessidade de desenvolvimento de
546 novas pesquisas que envolvam os fatores climáticos e meteorológicos associados à
547 dinâmica populacional das pragas e inimigos naturais (Alalouni et al., 2013). Efeitos
548 diretos e indiretos da temperatura, água, vento, radiação solar e fenologia da planta nas
549 interações entre espécies, intensificado pelo uso de transgênicos ainda exige mais
550 compreensão e pesquisas, especificamente no que diz respeito aos surtos populacionais
551 desses insetos para compreender o papel das variações climáticas no ecossistema
552 (Jamieson et al., 2012).

553

554

555

CONCLUSÕES

556

557

558

559 Os elementos climáticos e pulverização de inseticidas alteraram a dinâmica
560 populacional dos insetos-praga e inimigos naturais.

561 Lagartas da subfamília Plusiinae atingiram maiores populações, seguidas
562 daquelas de *Helicoverpa armigera* e *Anticarsia gemmatalis* com maiores populações
563 em ambos os anos na fase reprodutiva da soja. Fatores como temperatura do ar,
564 precipitação pluviométrica, pulverização de inseticidas e velocidade do vento afetam a
565 população desses insetos.

566 *Euschistus heros* foi o percevejo mais abundante, seguido de *Piezodorus*
567 *guildinii* e *Nezara viridula*. Sendo que a temperatura do ar e radiação solar afetam
568 diretamente as ninfas e indiretamente os adultos.

569 Inimigos naturais foram pouco abundantes em ambos os locais, sendo em Lagoa
570 Formosa menor quantidade. Coccinelídeos foram afetados negativamente e
571 indiretamente pelas pulverizações de inseticidas.

572 O fator Bt não influenciou na dinâmica e nos surtos populacionais de pragas de
573 soja.

REFERÊNCIAS

574

575

576

577 ALALOUNI, U.; SCHADLER, M.; BRANDL, R. Natural enemies and environmental
578 factors affecting the population dynamics of the gypsy moth. **Journal of Applied**
579 **Entomology**, v.137, p.721-738, 2013.

580 BATISTELA, M. J.; BUENO, A. F.; NISHIKAWA, M. A. N.; BUENO, R. C. O. F.;
581 HIDALGO, G.; SILVA, L.; CORBO, E.; SILVA, R.B. Re-evaluation of leaf-lamina
582 consumer thresholds for IPM decisions in short-season soybeans using artificial
583 defoliation. **Crop Protection**, v.32, p.7-11, 2012.

584 BERNARDI, O.; MALVESTITI, G. S.; DOURADO, P. M.; OLIVEIRA, W. S.;
585 MARTINELLI, S.; BERGER, G. U.; HEAD, G. P.; OMOTO, C. Assessment of the
586 high-dose concept and level of control provided by MON 87701 x MON 89788 soybean
587 against *Anticarsia gemmatalis* and *Pseudoplusia includens* (Lepidoptera: Noctuidae) in
588 Brazil. **Pest Management Science**, v.68, p.1083-1091, 2012.

589 BORTOLOTTO, O. C.; FERNANDES, A. P.; BUENO, R. C. O. de F.; BUENO, A. de
590 F.; KRUZ, Y. K. S. da.; QUEIROZ, A. P.; SANZOVO, A.; FERREIRA, R. B. The use
591 of soybean integrated pest management in Brazil: a review. **Agronomy Science and**
592 **Biotechnology**, v.1, p.25-32, 2015.

- 593 BUENO, A. de F.; BATISTELA, M. J.; BUENO, R. C. O. de F.; FRANÇA-NETO, J.
594 de B.; NISHIKAWA, M. A. N.; FILHO, A. L. Effects of integrated pest management,
595 biological control and prophylactic use of insecticides on the management and
596 sustainability of soybean. **Crop Protection**, v.30, p.937-945, 2011.
- 597 BUENO, R. C. O. F.; BUENO, A. F.; MOSCARDI, F.; PARRA, J. R. P.;
598 HOFFMANN-CAMPO, C. B. Lepidopteran larva consumption of soybean foliage:
599 basis for developing multiple-species economic thresholds for pest management
600 decisions. **Pest Management Science**, v.67, p.170-174, 2011.
- 601 BUENO, R. C. O. de F.; PARRA, J. R. P.; BUENO, A. de F. *Trichogramma pretiosum*
602 parasitism of *Pseudoplusia includens* and *Anticarsia gemmatalis* eggs at different
603 temperatures. **Biological Control**, v.60, p.154-162, 2012.
- 604 COUPE, R. H & CAPEL, P. D. Trends in pesticide use on soybean, corn and cotton
605 since the introduction of major genetically modified crops in the United States. **Pest**
606 **Management Science**, v.72, p.1013-1022, 2016.
- 607 EUBANKS, M.D. Estimates of the direct and indirect effects of red imported fire ants
608 on biological control in field crops. **Biological Control**, v.21, p.35-43, 2001.
- 609 FAVETTI, B. M.; BUTNARIU, A. R.; DOETZER, A. K. Storage of *Euschistus heros*
610 eggs (Fabricius) (Hemiptera: Pentatomidae) in liquid nitrogen for parasitization by
611 *Telenomus podisi* (Ashmead) (Hymenoptera: Platygastriidae). **Neotropical**
612 **Entomology**, v.43, p.291-293, 2014.
- 613 FOERSTER, M. R.; MARCHIORO, C. A.; FOERSTER, L. A. How *Trichogramma*
614 survives during soybean off season in Southern Brazil and the implications for its
615 success as a biocontrol agent. **BioControl**, v.60, p.1-11, 2015.
- 616 FONSECA, P. R. B.; FERNANDES, M. G.; JUSTINIANO, W.; CAVADA, L. H.;
617 SILVA, J. A. N. Spatial distribution of adults and nymphs of *Euschistus heros* (F)
618 (Hemiptera: Pentatomidae) on Bt and non-Bt Soybean. **Journal of Agricultural**
619 **Science**, v.6, p.131-142, 2014.
- 621 GRAÇA, J. P. da.; UEDA, T. E.; JANEGITZ, T.; VIEIRA, S. S.; SALVADOR, M. C.;
622 OLIVEIRA, M. C. N. de.; ZINGARETTI, S. M.; POWERS, S. J.; PICKETT, J. A.;
623 BIRKETT, M. A.; HOFFMANN-CAMPO, C. B. The natural plant stress elicitor *cis*-
624 jasmone causes cultivar-dependent reduction in growth of the stink bug, *Euschistus*
625 *heros* and associated changes in flavonoid concentrations in soybean, *Glycine max*.
626 **Phytochemistry**, v.131, p.84-91, 2016.
- 627 HERBERT, J. J. & TOEWS, M. D. Seasonal abundance and population structure of
628 *Chinavia hilaris* and *Nezara viridula* (Hemiptera: Pentatomidae) in Georgia farmscapes
629 containing corn, cotton, peanut, and soybean. **Ecology and population biology**, v.105,
630 p.582-591, 2012.

- 631 HUANG, J. & LI, J. Effects of climate change on overwintering pupae of the cotton
632 bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). **International**
633 **Journal of Biometeorology**, v.59, p.863-876, 2015.
- 634 HUSCH, P. E.; OLIVERA, M. C. N.; SOSAGÓMEZ, D. R. Characterization of injury
635 caused by *Edessa meditabunda* (F.), *Chinavia impicticornis* (Stål), and *Piezodorus*
636 *guildinii* (West.) (Hemiptera: Pentatomidae) to Soybean. **Neotropical Entomology**,
637 v.43, p.276-281, 2014.
- 638 JAMIESON, M. A.; TROWBRIDGE, A. M.; RAFFA, K. F.; LINDROTH, R. L.
639 Consequences of climate warming and altered precipitation patterns for plant-insect and
640 multitrophic interactions. **Plant Physiology**, v.160, p.1719-1727, 2012.
- 641 JUSTINIANO, W.; FERNANDES, M. G.; VIANA, C. L. T. P. Diversity, composition
642 and population dynamics of arthropods in the genetically modified soybeans Roundup
643 Ready® RR1 (GT 40-3-2) and Intacta RR2 PRO® (MON87701 x MON89788).
644 **Journal of Agricultural Science**, v.6, p.33-44, 2014.
- 645 KARUPPAIAH V. & SUJAYANAD, G. K. Impact of climate change on population
646 dynamics of insect pests. **World Journal of Agricultural Sciences**, v.8, p.240-246,
647 2012.
- 648 LI, C.C. **Path Analysis: A Primer**. Pacific Grove: Boxwood Press, p.347, 1975.
- 649 LIMA, I. P.; BRUZI, A. T.; BOTELHO, F. B. S.; ZAMBIAZZI, E. V.; SOARES, I. O.;
650 ZUFFO, A. M. Performance of conventional and transgenic soybean cultivars in the
651 south and Alto Paranaíba regions of Minas Gerais, Brazil. **American Journal of Plant**
652 **Sciences**, v.6, p.1385-1390, 2015.
- 653 LENTEREN, J. C.V. The state of commercial augmentative biological control: plenty
654 of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. **BioControl**, v.57, p.1-20, 2012.
- 655 LOSEY, J.; ALLEE, L.; SMYTH, RE. The lost ladybug project: citizen spotting
656 surpasses scientist's surveys. **American Entomologist**, v.58, p.22-24, 2012.
- 657 LUNDGREN, J. G.; HESLER, L. S.; CLAY, S. A.; FAUSTI, S. F. Insect communities
658 in soybeans of eastern South Dakota: the effects of vegetation management and
659 pesticides on soybean aphids, bean leaf beetles, and their natural enemies. **Crop**
660 **Protection**, v.43, p.104-118, 2013.
- 661 MAKARENKO, V. & LEGENDRE, P. Nonlinear redundancy analysis and canonical
662 correspondence analysis based on polynomial regression. **Ecology**, v.83, p.1146-1161,
663 2002.
- 664 MARSARO JÚNIOR, A. L.; PEREIRA, P. R. S.; SILVA, W. R.; GRIFFEL, S. C. P.
665 Flutuação populacional de insetos-praga na cultura da soja no estado de Roraima.
666 **Revista Acadêmica de Ciências Agrárias Ambiental**, v.8, p.71-76, 2010.

- 667 MITCHELL, R.J. Path analysis: pollination. In: SCHEINER, S.M.; GUREVITCH, J.
668 (Eds). **Design and analysis of ecological experiments**. New York: Chapman & Hall,
669 p.217-234, 1993.
- 670 MURÚA, M. G.; SCALORA, F. S.; NAVARRO, F. R.; CAZADO, L. E.; CASMUZ,
671 A.; VILLAGRÁN, M. E.; LOBOS, E.; GASTAMINZA, G. First record of *Helicoverpa*
672 *armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in Argentina. **Florida Entomologist**, v.97, p.854-
673 856, 2014.
- 674 MUSOLIN, D. & NUMATA, H. Photoperiodic and temperature control of diapause
675 induction and colour change in the southern green stink bug *Nezara viridula*.
676 **Physiological Entomology**, V.28, P.65-74, 2003.
- 677 OLSON, D. M.; RUBERSO, N. J. R.; ZEILINGER, A. R.; ANDOW, D. A.
678 Colonization preference of *Euschistus servus* and *Nezara viridula* in transgenic cotton
679 varieties, peanut, and soybean. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.139,
680 p.161-169, 2011.
- 681 OBREGÓN, R.; SHAW, M. R.; FERNÁNDEZ-HAEGER, J.; JORDANO, D.
682 Parasitoid and ant interactions of some Iberian butterflies (Insecta: Lepidoptera)
683 **SHILAP Revista de Lepidopterología**, v.43, p.439-454, 2015.
- 684 OLIVEIRA, C. M.; AUAD, A. M.; MENDES, S. M.; FRIZZAS, M. R. Crop losses and
685 the economic impact of insect pests on Brazilian agriculture. **Crop Protection**, v.56,
686 p.50-54, 2014.
- 687 ORTEGA, M. A.; ALL, J. N.; BOERMA, H. R.; PARROTT, W. A. Pyramids of QTLs
688 enhance host-plant resistance and Bt-mediated resistance to leaf-chewing insects in
689 soybean. **Theoretical Applied Genetics**, v.129, p.703-715, 2016.
- 690 PALMA, J.; MAEBE, K.; GUEDES, J. V. C., SMAGGHE, G. Molecular variability
691 and genetic structure of *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae, an important
692 soybean defoliator in Brazil. **PLoS ONE**, v.10, e0121260, 2015.
- 693 PAN, H.; LU, Y.; WYCKHUYSEN, K. A. G.; WU, K. Preference of a polyphagous mirid
694 bug, *Apolygus lucorum* (Meyer-Dür) for flowering host plants. **PLoS ONE**, v.8, e68980,
695 2013.
- 696 PERLWITZ, J.; GRAF, HANS-F. The statistical connection between tropospheric and
697 stratospheric circulation of the northern hemisphere in winter. **Journal of Climate**, v.8,
698 p.2281-2295, 1995.
- 699 REDDY, G. V. P.; SHI, P.; HUI, C.; CHENG, X.; OUYANG, F.; GE, F. The seesaw
700 effect of winter temperature change on the recruitment of cotton bollworms *Helicoverpa*
701 *armigera* through mismatched phenology. **Ecology and Evolution**, v.17, p.52-61, 2015.

- 702 RUSCH, A.; VALANTIN-MORISON, M.; SARTHOU, J. P.; ESTRADE, J. R. Effect
703 of crop management and landscape context on insect pest populations and crop damage.
704 **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.166, p.118-125, 2013.
- 705 SCHOLL, E. M.; OHM, J.; HOFFMANN, K. F.; HILLE, S. M. Caterpillar biomass
706 depends on temperature and precipitation, but does not affect bird reproduction. **Acta**
707 **Oecologica**, v.74, p.28-36, 2016.
- 708 SCHNEIDER, G.; KRAUSS, J.; RIEDINGER, V.; HOLZSCHUH, A.; STEFFAN-
709 DEWENTER, I. Biological pest control and yields depend on spatial and temporal crop
710 cover dynamics. **Journal of Applied Ecology**, v.52, p.1283-1292, 2015.
- 711 SOKAL, R.R.; ROHLF, F.J. **Biometry: the principles and practice of statistics in**
712 **biological research**. New York: W.F. Freeman, p.887, 1995.
- 713 TER BRAAK, C. J. F. & ŠMILAUER, P. **CANOCO reference manual and**
714 **canoDraw for windows user's guide: Software for Canonical Community**
715 **Ordination (version 4.5)**. Ithaca NY: Microcomputer Power, 2002.
- 716 TUELHER, E. S.; SILVA, E. H.; HIROSE, E.; GUEDES, R. N. C.; OLIVEIRA, E.
717 Competition between the phytophagous stink bugs *Euschistus heros* and *Piezodorus*
718 *guildinii* in soybeans. **Pest Management Science**, v.72, p.1837-1843, 2016.
- 719 VENUGOPAL, P. D.; COFFEY, P. L.; DIVELY, G. P.; LAMP, W. O. Adjacent habitat
720 influence on stink Bug (Hemiptera: Pentatomidae) densities and the associated damage
721 at field corn and soybean edges. **PLoS ONE**, v.9, e109917, 2014.
- 722 ZHANG, C. Y.; MENG, J. Y.; WANG, X. P.; ZHU, F.; LEI, C. L. Effects of UV-A
723 exposures on longevity and reproduction in *Helicoverpa armigera*, and on the
724 development of its F1 generation. **Insect Science**, v.18, p.697-702, 2011.