



Universidade de Brasília
Instituto de Ciências Biológicas
Programa de Pós-Graduação em Ecologia

**Interações de percevejos e parasitoides de adultos no sistema de
cultura da soja**

Michely Ferreira Santos de Aquino

Orientador: Dr. Edison Ryoiti Sujii

Coorientador: Dr. Raúl Alberto Laumann

Brasília – DF

2016



Universidade de Brasília
Instituto de Ciências Biológicas
Programa de Pós-Graduação em Ecologia

**Interações de percevejos e parasitoides de adultos no sistema de
cultura da soja**

Michely Ferreira Santos de Aquino

Tese apresentada como requerimento parcial a obtenção do título de Doutor em Ecologia, junto ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Departamento de Ecologia, Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília.

Orientador: Dr. Edison Ryoiti Sujii

Coorientador: Dr. Raúl Alberto Laumann

Brasília – DF

2016

Aos meus pais
À minha família,
Meu alicerce, meu porto seguro

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é resultado de muita dedicação e empenho e sem o apoio de várias pessoas que colaboraram não teria sido possível. Minha imensa gratidão a todos que me auxiliaram durante essa trajetória.

Aos meus Orientadores: Dr. Edison Ryoiti Sujii pela atenção, por toda sabedoria, pelo profissionalismo, solicitude, ensinamentos, ideias, sugestões e por aceitar me orientar. Dr. Raúl A. Laumann pelo profissionalismo, solicitude, pelos conhecimentos valiosos que me transmitiu desde a graduação como professor, pela ajuda no campo, pelo incentivo contínuo, pelas conversas em momentos difíceis que muito me tranquilizaram, pela amizade. Vocês foram incríveis!

À Universidade de Brasília, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia, pela oportunidade de realização do doutorado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos, o primeiro, durante a etapa inicial do Doutorado. À Fundação de Amparo à Pesquisa (FAP-DF) pelo apoio financeiro para a execução do trabalho.

À Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia pelo suporte técnico e financeiro para o desenvolvimento do trabalho.

Ao Dr. Miguel Borges pela atenção dada durante os anos de trabalho na Embrapa Cenargen, pelo profissionalismo e apoio no trabalho.

À Dra. Maria Carolina Blassioli Moraes pela presteza, incentivo, profissionalismo e apoio no trabalho.

Aos professores da UnB pelos conhecimentos valiosos transmitidos.

Ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) pela disponibilidade dos dados meteorológicos na plataforma BDMEP.

Aos membros da banca: Dr. Antônio Panizzi (Embrapa Trigo), Dr. Alexandre Barrigossi (Embrapa Arroz e Feijão), Dra. Cristina Schetino (UnB) e Dra. Marina Frizzas (UnB) pelas valiosas contribuições, críticas ao trabalho e cuidados na revisão do texto.

A todos os proprietários e gerentes das fazendas pela permissão ao acesso às áreas de soja para a realização do trabalho de campo.

Aos motoristas da Embrapa Cenargen Vicente, Mendonça e Valdemar pelas idas ao campo.

À Warley Dias, Daniela Lima (Dani), Wilian Rodrigues, Milton Robson Spies (Robson), Maycon Laia, Samuel, Ivan K. S. Mattos, Lucas S. Machado, Amanda R. Vieira, Ana Carolina Lagoa, Samantha de Oliveira, Aline Dias, Pedro Shimmelpfeng, Marla Hassemer e Diego Magalhães pela ajuda no campo e por tornar o ambiente de trabalho alegre. Em especial a Warley, Robson e Maycon pela participação de horas e horas no campo e ajuda no laboratório com os insetos.

À Vívian N. Sousa (Vivi!) pela grande ajuda durante a etapa final do projeto.

À Alex Cortês pela ajuda nas idas ao campo nos momentos difíceis.

À Márcio Wandré, Isabella Grisi e Hélio Moreira pela ajuda com os insetos.

À Diego Magalhães, Mirian Michereff e Marla Hassemer pelo apoio, troca de experiências e conversas científicas.

À Joseane Padilha, estatística da Embrapa Cenargen, pelas sugestões de análises.

À Dr. Carmen S. Pires pelas sugestões pertinentes ao trabalho.

À Douglas H. B. Maccagnan e Gerrard Murray pelas sugestões e conversas científicas.

À Érica Sevilha e Karoline Torezani pelo apoio, troca de experiência e momentos de descontração.

À Neusa Aparecida P. da Silva (Neusinhaaa!) pelo apoio, pelas madrugadas compartilhadas de conversas científicas.

Ao Sérgio Eustáquio de Noronha (Serginho!) (Embrapa-Cenargen) pela ajuda com os dados na caracterização da paisagem e confecção dos mapas, pela presteza e paciência.

À Rafael Borges (ISCA) pelo apoio e ajuda no campo.

Ao Dr. Alexandre Spetch junto a Priscila Colombo pela permissão ao acesso à área de soja da Embrapa Cerrados.

À Simone (Emater – Rio Verde), Marcio Peixoto (IF – Rio Verde) e ao seu aluno Wederson pelo apoio no campo.

Ao Dr. Crébio Ávila pela atenção, solicitude e apoio no campo. E também aos seus alunos: Paulo Henrique Ramos, Viviane Santos, Geicielly Gomes e Kéuly Medinna pela ajuda no campo. Ao motorista da Embrapa Agropecuária Oeste, Marinho! pela solicitude. A Suelen Moreira e Daniele Glaeser pela atenção e solicitude.

Ao Claudemir Theodoro e Germison Tomquelski da Fundação Chapadão – MS pela atenção e indicação das áreas de soja.

À professora Mônica J. B. Pereira (UNEMAT) pela acolhida em sua casa, apoio no campo junto a Vanessa Golin, Jaqueline, Cristina Sanini e Ana Regina Hoffmann.

Ao Sr. Antônio Carlos Araújo (ABAPA –BA) junto a Wesley Gomes (ABAPA –BA) pelo apoio no campo.

Ao Dr. Edison Hirose (Embrapa Arroz e Feijão) junto a Éder Henrique Silva pela indicação de áreas de soja no Goiás.

Ao Dr. Samuel Roggia (Embrapa Soja) pelo apoio no campo juntos aos técnicos: Wilson, Nivaldo, Adriano, Elias, Antônio Pavão e Oriverto pela ajuda no campo.

Ao Dr. Antônio Panizzi (Embrapa Trigo) pelo apoio no campo junto as alunas: Alice Agostinetti e Daniele, e a todos os técnicos.

Ao Dr. Daniel A. Aquino (Faculdade de Ciências Naturais – La Plata, Argentina) pela identificação dos parasitoides Hymenoptera.

Ao Dr. Rodrigo V. P. Dios (USP) pela identificação dos parasitoides Diptera.

Ao Dr. Cristiano F. Schwertner (Unifesp) pela identificação dos percevejos.

Aos meus pais e irmãos pelo apoio, pela motivação constante, carinho, zelo, amor e pela compreensão da minha ausência em alguns momentos.

À toda minha família (tios, tias, primos, primas, afilhado) pelo apoio e motivação constante.

SUMÁRIO

ÍNDICE DE TABELAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE APÊNDICES	xvi
RESUMO	xvii
ABSTRACT	xix
INTRODUÇÃO GERAL	01
Referências Bibliográficas.....	09
CAPÍTULO I: Adult stink bugs parasitism pattern along a latitudinal gradient in soybean crop in Brazil	
Introduction	24
Material and Methods.....	26
Results	29
Discussion.....	32
Reference.....	36
CAPÍTULO II: Influência da estrutura da paisagem e dos métodos de manejo de pragas nas populações de percevejos e seus parasitoides de adultos na cultura da soja	
Introdução.....	56
Material e Métodos.....	60
Resultados.....	66
Discussão.....	77
Referências Bibliográficas.....	83
CAPÍTULO III: Interação hospedeiro-parasitoide de <i>Euschistus heros</i> (Hemiptera: Pentatomidae) e <i>Hexacladia smithii</i> (Hymenoptera: Encyrtidae)	
Introdução.....	92
Material e Métodos.....	95
Resultados.....	104
Discussão.....	115
Referências Bibliográficas.....	120

ÍNDICE DE TABELAS

Capítulo I

Table 1. Richness, absolute (number of insects) and relative (percentage of insects related to the total collected in each region or percentage of insects related to total collected in all regions) abundance of stink bugs collected in soybean of different regions of Brazil.. 45

Table 2. Richness, abundance absolute (number of insects) and relative (percentage of insects related to total collected in each region or percentage of insects related to total stink bugs parasitized) of parasitoids collected in soybean of different regions of Brazil. 53

Capítulo II

Tabela 1. Localidades, tipo de manejo e coordenadas geográficas das áreas de soja onde se efetuaram coletas de percevejos em 2016 65

Tabela 2. Riqueza, abundância absoluta e relativa (número de percevejos de cada espécie/total de percevejos encontrados em %) de espécies de percevejos em lavouras de soja nos estádios R5 a R8 no ano de 2013 no Distrito Federal..... 68

Tabela 3. Influência de componentes da paisagem sobre a abundância de percevejos (total de adultos), total de percevejos parasitados e proporção de parasitismo (total de percevejos parasitados/total de percevejos)..... 70

Tabela 4. Influência da distância de áreas naturais, propriedade estádio da soja e suas interações sobre a presença/ausência de percevejos, abundância de percevejos (total de adultos), presença/ausência de percevejos parasitados, total de percevejos parasitados e proporção de parasitismo (total de percevejos parasitados/total de percevejos)..... 71

Tabela 5. Abundância (número total) de percevejos, percevejos parasitados e percevejos parasitados por Diptera e Hymenoptera em lavouras de soja com frequente aplicação de inseticida (AI+) e lavouras de soja com aplicação reduzida de inseticida (AI-) no período de janeiro a março de 2016.....	76
--	----

Capítulo III

Tabela 1. Feromônios sexuais de <i>Euschistus heros</i> e <i>Nezara viridula</i> utilizados em bioensaio em olfatômetro	98
--	----

Tabela 2. Parâmetros da tabela de fertilidade de fêmeas de <i>Euschistus heros</i> não parasitadas e parasitadas por <i>Hexacladia smithii</i>	108
---	-----

ÍNDICE DE FIGURAS

Introdução Geral

Figura 1. Percevejos-pragas da soja (A-F): A – *Euschistus heros*, B – *Piezodorus guildinii*, C – *Nezara viridula*, D – *Edessa meditabunda*, E – *Dichelops melacanthus*, F – *Chinavia ubica*. Parasitoides de percevejos adultos (G e H): G – *Hexacladia smithii*, H – *Trichopoda* sp. 5

Capítulo I

Figure 1. Localities where sampling of stink bugs were conducted in soybean agroecosystems in Brazil. Nine regions: N1, N2, C1, C2, C3, C4, C5, C6, S1. N1, N2: Regions located in north of Brazil (the numbers increase from northern to southern). C1, C2, C3, C4, C5, C6: Regions located in the center of Brazil (the numbers increase from the center to the borders of Cerrado). S1: Region of study located in south of Brazil (limits south of Atlantic forest) 44

Figure 2. Richness estimative of insects collected in nine different regions (N1, N2, C1, C2, C3, C4, C5, C6, S1) of soybean and their relation to the latitude using linear regression N1, N2: Regions located in north of Brazil (the numbers increase from northern to southern). C1, C2, C3, C4, C5, C6: Regions located in the center of Brazil (the numbers increase from the center to the borders of Cerrado). S1: Region of study located in south of Brazil (limits south of Atlantic forest). **A:** Stink bugs ($r^2 = 0.0038$, $p = 0.87$); **B:** Parasitoids ($r^2 = 0.11$, $p = 0.42$) 47

Figure 3. Diversity of insects captured in soybean in nine regions (N1, N2, C1, C2, C3, C4, C5, C6, S1) estimated using the Renyi's diversity profile. N1, N2: Regions located in north of Brazil (the numbers increase from northern to southern). C1, C2, C3, C4, C5, C6: Regions located in the center of Brazil (the numbers increase from the center to the borders of Cerrado). S1: Region of study located in south of Brazil (limits south of Atlantic forest). **A:** Stink bugs; **B:** Parasitoids – represented by number of stink bug from which they have emerged 48

Figure 4. Similarity dendrogram of insects captured in soybean in nine regions (N1, N2, C1, C2, C3, C4, C5, C6, S1) using the Bray-Curtis index obtained by Cluster analysis. N1, N2: Regions located in north of Brazil (the numbers increase from northern to southern). C1, C2, C3, C4, C5, C6: Regions located in the center of Brazil (the numbers increase from the center to the borders of Cerrado). S1: Region of study located in south of Brazil (limits south of Atlantic forest). **A:** Stink bugs. **B:** Parasitoids 49

Figure 5. Parasitism of insects captured in nine regions (N1, N2, C1, C2, C3, C4, C5, C6,S1). N1, N2: Regions located in north of Brazil (the numbers increase from northern to southern). C1, C2, C3, C4, C5, C6: Regions located in the center of Brazil (the numbers increase from the center to the borders of Cerrado). S1: Region of study located in south of Brazil (limits south of Atlantic forest). **A:** Percentage of parasitism of stink bugs in nine regions. Letters means significative differences (GLM and deviance analysis $p = 0.01$); Bars indicate percentage mean \pm SE. **B:** percentage of parasitism of each specie regarding total number of stink bugs parasitized 50

Figure 6. Percentage of parasitism of insects captured in nine regions (N1, N2, C1, C2, C3, C4, C5, C6, S1). N1, N2: Regions located in north of Brazil (the numbers increase from northern to southern). C1, C2, C3, C4, C5, C6: Regions located in the center of Brazil (the numbers increase from the center to the borders of Cerrado). S1: Region of study located in south of Brazil (limits south of Atlantic forest). Bars indicate (percentage mean \pm SE). R indicate mean considering total regions. **A** - Parasitized stink bugs by Diptera and Hymenoptera orders in adults of stink bugs;* Indicate significant differences between pairs (GLM and deviance analysis $p < 0,001$). **B** - Parasitism of females and males of stink bugs found in soybean. **C** - Parasitism of females and males of stink bugs by Diptera parasitoids. **D** - Parasitism of females and males of stink bugs by Hymenoptera parasitoids 51/52

Capítulo II

Figura 1. Localização de cada propriedade com lavoura de soja no Distrito Federal onde se realizou o estudo..... 60

Figura 2. Exemplos de paisagens (A-D) das áreas de soja amostradas no Distrito Federal onde se realizaram as coletas de percevejos de janeiro a abril de 2013. A: Área de soja próxima a vegetação nativa de cerrado e à área nativa em recuperação. B, C e D: Área de soja próxima a vegetação nativa. 61

Figura 3. Exemplo de mapa gerado a partir da definição das categorias de paisagem 63

Figura 4. Porcentagem de cobertura de categorias da paisagem em estudo realizado no Distrito Federal em 2013. AA: área antropizada, FH: frutihorticultuta, M: monocultura (cultivo diferente de soja), VN: vegetação natural e S: soja em cada propriedade – Planaltina: PL1, PL2; Taquara: Taq1, Taq2, Taq3; Rio Preto: RP1, RP2, RP3; Tabatinga: Tab e Plano de Assentamento Dirigido do Distrito Federal: PADDF. A escala de cores à direita indica a porcentagem de cobertura de cada categoria da paisagem em cada área de amostragem..... 69

Figura 5. Abundância absoluta (total de percevejos adultos coletados) de percevejos em cada propriedade na safra de soja de 2012/2013 no Distrito Federal. Planaltina: PL1, PL2; Taquara: Taq1, Taq2, Taq3; Rio Preto: RP1, RP2, RP3; Tabatinga: Tab e Plano de Assentamento Dirigido do Distrito Federal: PADDF 71

Figura 6. A - Total de percevejos (média \pm erro padrão); – B - Total de percevejos parasitados (média \pm erro padrão) e C - Proporção de parasitismo (média \pm erro padrão) em lavouras de soja no Distrito Federal em 2013 localizadas em diferentes distâncias da vegetação nativa (20m, 200m e 500m). Médias seguidas de diferentes letras diferem significativamente; GLM com distribuição de erros poisson, análise de deviança $\chi^2 = 0,019$ e análise de contraste 73

Figura 7. A - Número de percevejos (média \pm erro padrão) por distância ao longo do período reprodutivo nos estádios de R5 (período de enchimento de grãos) a R8 (período de maturação plena) da soja. B - Número de percevejos (média \pm erro padrão) por distância em cada propriedade amostrada. PL1, PL2: Planaltina; Taq1, Taq2, Taq3: Taquara; RP1, RP2, RP3: Rio Preto; Tab: Tabatinga e PADDF: Plano de Assentamento

Dirigido do Distrito Federal. Médias seguidas de diferentes letras diferem significativamente. Em A: GLM com distribuição de erros poisson e análise de deviança para estádio R7 $\chi^2 = 139,00$; $p < 0,001$ e análise de contraste. GLM com distribuição de erros poisson e análise de deviança para estádio R8 $\chi^2 = 125,00$; $p = 0,04$ e análise de contraste. Em B: GLM com distribuição de erros poisson e análise de deviança para a propriedade PL2 $\chi^2 = 23,46$; $p < 0,001$ e análise de contraste. GLM com distribuição de erros poisson e análise de deviança para a propriedade Tab $\chi^2 = 35,50$; $p < 0,001$ e análise de contraste. GLM com distribuição de erros poisson e análise de deviança para a propriedade Taq1 $\chi^2 = 35,50$; $p < 0,001$ e análise de contraste 74

Figura 8. A - Densidade de percevejos e B - porcentagem de parasitismo em percevejos capturados em lavouras de soja sob manejo com frequente aplicação de inseticidas (AI+) e manejo com aplicação reduzida de inseticida (AI-) no Distrito Federal, Goiás e Mato Grosso do Sul no período de janeiro a março de 2016. Barras seguidas de diferentes letras indicam diferenças significativas (GLM distribuição de erros binomial $z = 3,76$ $p < 0,01$)..... 77

Capítulo III

Figura 1. Esquema de bioensaio em olfatômetro do tipo Y. A: aparato geral utilizado para análise comportamental em laboratório. B: Esquema detalhado da figura A: 1 – carvão ativado para filtragem do ar, 2 – fluxômetro para regulagem da entrada do ar no interior do olfatômetro, 3 – borbulhador para umidificação do ar no interior do olfatômetro, 4 – seringa para abrigar o papel filtro contendo o estímulo a ser testado.. 97

Figura 2. Caixa gerbox com dieta natural utilizada para experimento de biologia de *Euschistus heros* em laboratório..... 99

Figura 3. Proporção de escolha inicial de fêmeas de *Hexacladia smithii* em áreas do olfatômetro de duas escolhas (tipo Y) tratadas com feromônio de *Euschistus heros* (Eh) e hexano ou feromônio de *Nezara viridula* (Nz) e hexano. * Indica diferenças

significativas entre tratamento (feromônio de Nz ou Eh) e controle (hexano) pelo teste de χ^2 Wald $p < 0,05$. Os números entre parênteses indicam o número de indivíduos que responderam aos tratamentos..... 104

Figura 4. Tempo de residência (média \pm SE) de fêmeas de *Hexacladia smithii* em áreas do olfatômetro contendo feromônio de *Euschistus heros* (Eh) e hexano ou feromônio de *Nezara viridula* (Nz) e hexano. * Indica diferenças significativas entre tratamento (feromônio de Nz ou Eh) e controle (hexano) pelo teste de Wilcoxon, $p < 0,05$. Os números entre parênteses indicam o número de indivíduos que responderam aos tratamentos. 105

Figura 5. Fecundidade total (número médio do total de ovos) de fêmeas de *Euschistus heros* não parasitadas e parasitadas por *Hexacladia smithii*. Asteriscos indicam diferenças significativas (análise GLM, distribuição de erros Poisson, $p < 0,001$). .
..... 106

Figura 6. Fecundidade diária (número médio de ovos por dia) de fêmeas de *Euschistus heros* não parasitadas e parasitadas por *Hexacladia smithii* em cada dia 107

Figura 7. Fecundidade total (número médio do total de ovos) de fêmeas de *Euschistus heros* não parasitadas e parasitadas por *Hexacladia smithii* considerando os primeiros 15 dias após o parasitismo. Asteriscos indicam diferenças significativas (análise GLM, distribuição de erros Poisson, $p < 0,001$) 107

Figura 8. Simulação do crescimento populacional de fêmeas de *Euschistus heros* não parasitadas e parasitadas por *Hexacladia smithii* em variedades de soja com diferentes fenologias em Goiás e Distrito Federal (Embrapa, 2013). A: ciclo curto – duração de até 125 dias, B: ciclo médio – duração de até 140 dias, C: ciclo longo – duração maior que 150 dias e D: representa o nível de controle alcançado pelos ciclos da soja considerados. A linha tracejada indica o nível de controle de 4 indivíduos por metro quadrado. Os gráficos A, B e C apresentam o eixo y sob escalas diferentes para melhor visualização do tamanho populacional de fêmeas de *E. heros* não parasitadas e parasitadas no final do período reprodutivo 109

Figura 9. Simulação do crescimento populacional de fêmeas de *Euschistus heros* não parasitas e parasitadas por *Hexacladia smithii* considerando diferentes populações iniciais de percevejos sob o ciclo da soja de 135 dias. As populações iniciais são de: 0,08; 0,2; 0,4; 0,8 e 2 percevejos adultos/m². Gráficos **A, C, E, G, I** do lado esquerdo: mostram o tamanho populacional de fêmeas de *E. heros* não parasitadas e parasitadas ao final do período reprodutivo. Gráficos **B, D, F, H, J** do lado direito: mostram o número de dias necessários para atingir o nível de controle de populações de *E. heros* não parasitadas e parasitadas. Linha tracejada representa o nível de controle com 4 percevejos/m². Os gráficos A, C, E, G, I apresentam o eixo y sob escalas diferentes para melhor visualização do tamanho populacional de fêmeas de *E. heros* não parasitadas e parasitadas no final do período reprodutivo 110

Figura 10. Simulação do crescimento populacional de fêmeas de *Euschistus heros* não parasitas e parasitadas por *Hexacladia smithii* e crescimento de *E. heros* com a contribuição de parasitoides de ovos sob diferentes condições de parasitismo em ciclo médio da cultura de soja de 135 dias. **np**: população de fêmeas de *E. heros* não parasitadas; 58% adultos, 39% adultos, 14% adultos e 3% adultos representam diferentes taxas de parasitismo por parasitoide de adultos; 70% ovos, 18% ovos e 4% ovos representam diferentes taxas de parasitismo por parasitoides de ovos. O número de indivíduos no eixo y em todos os gráficos representa percevejos adultos/m². Os gráficos **A e C**: mostram o tamanho populacional de fêmeas de *E. heros* não parasitadas e parasitadas durante o período reprodutivo. Os gráficos **B e D**: mostram o número de dias necessários para atingir o nível de controle de populações de *E. heros* não parasitadas e parasitadas. Linha tracejada representa o nível de controle com 4 percevejos/m² 112

Figura 11. Simulação do crescimento populacional exponencial de fêmeas de *Euschistus heros* não parasitadas e parasitadas por *Hexacladia smithii* combinado com a contribuição de parasitismo de ovos simulado sob diferentes porcentagens de parasitismo em cultura da soja de 135 dias (ciclo médio). **np**: população de fêmeas de *E. heros* não parasitadas. O número de indivíduos no eixo y em todos os gráficos representa percevejos adultos/m². **A-G**: mostra o tamanho populacional de fêmeas de *E. heros* não parasitadas e parasitadas durante o período reprodutivo. **B-H**: mostra o

número de dias necessários para atingir o nível de controle de populações de *E. heros* não parasitadas e parasitadas. Linha tracejada representa o nível de controle com 4 percevejos/m² 114

ÍNDICE DE APÊNDICES

Apêndice 1. Material suplementar referente ao capítulo escrito na forma de artigo.
..... 132

Apêndice 2. Mapas de cobertura gerados a partir da delimitação das categorias de paisagem e inseticidas utilizados nos diferentes métodos de manejo. 135/
139

Apêndice 3. Figuras referentes ao estudo da biologia de *Euschistus heros* sob o parasitismo de *Hexacladia smithii* (capítulo 3) cujos resultados não foram significativos.
..... 141

RESUMO

O conhecimento da fauna de parasitoides associada aos percevejos adultos bem como os mecanismos envolvidos na busca de hospedeiros e impacto em suas populações podem contribuir no desenvolvimento de ferramentas para o manejo de percevejos praga da soja. Os objetivos do trabalho foram conhecer a fauna de parasitoides de percevejos adultos em áreas de produção de soja do Brasil; verificar a influência da composição da paisagem na abundância de percevejos e taxas de parasitismo; estudar o efeito de diferentes métodos de manejo agrônômico da soja sobre o parasitismo de percevejos e estudar o impacto do parasitismo por *Hexacladia smithii* (Ashmead, 1891) (Hymenoptera: Encyrtidae) na biologia de *Euschistus heros* (Fabricius, 1798) (Hemiptera: Pentatomidae). Amostragens sistemáticas (com pano de batida) em áreas de produção de soja ao longo de um gradiente latitudinal de 15° no Brasil revelaram que não houve variação da fauna de percevejos e parasitoides. A espécie de percevejo dominante foi *E. heros*. Os percevejos coletados foram mantidos em laboratório e apresentaram índices de parasitismo variando entre 0,77 a 6,05% por espécies da ordem Diptera e Hymenoptera. O uso de metodologias de sensoriamento remoto com auxílio do programa ArcGis revelou que a composição da paisagem influenciou a abundância de percevejos na cultura da soja. Esta variável foi positivamente relacionada à percentagem de cobertura de vegetação nativa, de soja e da interação vegetação nativa x soja x monocultura. O parasitismo não foi influenciado pela composição da paisagem. Não houve efeito da distância desde a vegetação nativa sobre a ocorrência de parasitoides (medida como presença/ausência de percevejos parasitados), total de percevejos parasitados e proporção de parasitismo. A abundância de percevejos foi influenciada pela distância da vegetação nativa com maiores valores em distâncias intermediárias (200 m) (GLM e análise de deviança = 7,85 p = 0,01), mas também houve efeito significativo do estágio fenológico da cultura (GLM e análise de deviança = 115,67 p < 0,01) e da propriedade (GLM e análise de deviança = 83,52 p < 0,01). Para observação da eficiência de controle biológico por parasitoides foram comparados os índices de parasitismo em áreas com aplicação reduzida de inseticidas (AI-) e manejo com frequentes aplicações de inseticidas (AI+). Os resultados mostraram maiores índices de parasitismo em áreas submetidas ao AI- (11,2%) do que em áreas com AI+ (4,11%). Bioensaios comportamentais em olfatômetro mostraram que fêmeas de *H. smithii* foram significativamente atraídas e permaneceram por mais tempo (132,05

segundos em média) no braço do olfatômetro que continha a mistura feromonal sintética de *E. heros* em comparação ao braço do olfatômetro que continha o controle hexano (80,55 segundos em média). No estudo de biologia, o parasitismo de *H. smithii* reduziu a fecundidade de *E. heros* com consequente redução da taxa de crescimento populacional em 62,22% e 20,27% para R_0 e r_m , respectivamente, em comparação a fêmeas de *E. heros* não parasitadas. O efeito negativo do parasitismo também foi observado em simulações da dinâmica populacional de *E. heros* considerando diferentes condições de parasitismo, migração de percevejos e duração de ciclo da soja. Nessas simulações as populações de *E. heros* parasitadas tendem a crescer de forma mais lenta quando comparadas a populações não parasitadas. Os resultados obtidos contribuem com novas informações científicas da interação hospedeiro-parasitoide a escalas regional e local e entre indivíduos, considerando os sistemas de cultivo atuais e suas consequências. Estas informações podem subsidiar no futuro o desenvolvimento de programas de manejo integrado que considerem o controle biológico como uma das técnicas principais de controle de percevejos.

Palavras chave: *Glycine max*, Pentatomidae, Encyrtidae, Tachinidae, Índice de Parasitismo

Interactions of adult stink bugs and their parasitoids in soybean culture systems

ABSTRACT

Knowledge of parasitoids fauna associated with adult stink bugs as well as the mechanisms involved in the search for hosts and the impact on their populations can assist in developing tools that can contribute to pest management. The objectives were to know the parasitoids fauna of adult stink bugs in soybean production areas of Brazil, along a latitudinal gradient of 15 °; to check the influence of landscape composition in abundance of stink bugs, and also in parasitism indexes; to study the effect of different management methods on parasitism of stink bugs; to study the effect of *Hexacladia smithii* (Ashmead, 1891) (Hymenoptera: Encyrtidae) in *Euschistus heros* biology (Fabricius, 1798) (Hemiptera: Pentatomidae). Systematic samplings (with beat cloth) in soybean production areas along a latitudinal gradient of 15 ° in Brazil revealed that there was no faunal variation of stink bugs and parasitoids. *Euschistus heros* was the dominant stink bug. Stink bugs collected were kept in the laboratory and showed parasitism ranging from 0.77 to 6.05% for Diptera and Hymenoptera species. The use of remote sensing methods with the aid of ArcGis program revealed that landscape composition influenced the abundance of stink bugs in soybeans. This variable was positively related to percentage of cover of native vegetation, soybean and interaction native vegetation x soybean x monoculture. The parasitism was not influenced by the composition of the landscape. No effect of distance from the native vegetation on the occurrence of parasitoids (measured as presence/absence of parasitized adults), total parasitized adults and the proportion of parasitism. The abundance of stink bugs was influenced by the distance from the native vegetation with higher values at intermediate distances (200m) (GLM and deviance analysis = 7,85 p = 0,01), but there were also significant effects of the soybean phenological stage (GLM and deviance analysis = 115,67 p < 0,01) and locality (farm) (GLM e deviance analysis = 83,52 p < 0,01)). For observation of biological control service by parasitoids were compared parasitism rates in soybean areas with management with lower insecticide application (AI-) and management with frequent applications of insecticides (AI+). The results showed higher parasitism in AI- areas (11,2%) than AI+ areas (4,11%). Behavioral olfactometer bioassays showed that *H. smithii* females were significantly attracted and remained longer (132,05 seconds on average) in the olfactometer arm containing the synthetic

pheromonal mixture of *E. heros* in olfactometer against the arm containing the hexane control (80,55 seconds on average). In biology study, the parasitism of *H. smithii* affected the fecundity of *E. heros* with consequent reduction in population growth rate in 62,22% e 20,27% for R_0 e r_m , respectively compared to *E. heros* females not parasitized. The negative effect of parasitism was also observed in simulations of population dynamics of *E. heros* considering different conditions of parasitism, migration of stink bugs and soybean cycle duration. In these simulations the populations of *E. heros* parasitized tend to grow more slowly compared with non-parasitized populations. The results contribute to new scientific information from the host-parasitoid interaction at regional and local scales and individual interactions, considering the current cropping systems and their consequences. This information may be important, in the future, for the development of integrated pest management programs that consider the biological control as one of the main technicals control of stink bugs.

Keywords: *Glycine max*, Pentatomidae, Encyrtidae, Tachinidae, Parasitism Index

INTRODUÇÃO GERAL

A soja, *Glycine max* (L.) Merrill, 1917 (Fabales: Fabaceae) é um importante produto da agricultura brasileira. Seu cultivo se estende desde a Região Sul até o norte do Brasil, sendo a Região Centro-Oeste onde se concentram as maiores áreas de produção da cultura (Conab, 2016). O Brasil é o segundo maior produtor mundial com uma produção de 95,43 milhões de toneladas e área cultivada com 33,2 milhões de hectares o que corresponde a 57% da área plantada de grãos para a safra de 2015/2016 (Conab, 2016).

Uma fauna diversa de insetos ataca tanto a parte aérea quanto radicular da soja durante seu ciclo fenológico. Entre os insetos das raízes destacam-se o complexo de corós (Coleoptera: Melolonthidae) cujas larvas ocasionam dano pelo consumo das raízes e também espécies de percevejos-castanho (Hemiptera: Cydnidae) sugadoras de seiva (Oliveira et al., 2012). Espécies das ordens Coleoptera, Lepidoptera e Hemiptera e outros organismos como lesmas e caracóis (Mollusca: Gastropoda) atacam plântulas, pecíolos e hastes (Hoffman-Campo et al., 2012). Dentre os artrópodes que utilizam a parte aérea e reduzem a área foliar destacam-se as lagartas *Anticarsia gemmatalis* (Hübner, 1818) e *Chrysodeixis* (= *Pseudoplusia*) *includens* (Walker, 1858) (Lepidoptera: Noctuidae). Ocorrem também espécies do gênero *Spodoptera* (Lepidoptera: Noctuidae), crisomelídeos (Coleoptera), moscas brancas (Hemiptera) e ácaros. Lesmas e caracóis também podem causar desfolha (Moscardi et al., 2012).

Percevejos da família Pentatomidae (Hemiptera) (Figura 1) são as pragas mais importantes na fase reprodutiva da soja devido à injúria que causam à qualidade e à produção das sementes (Panizzi et al., 2012). Atingem a semente diretamente, ao alimentar-se, pela introdução do aparelho bucal nas vagens (Panizzi, 2000; Panizzi e Slansky Junior, 1985). Durante a alimentação injetam saliva e sugam o conteúdo liquefeito (Todd e Herzog, 1980). Devido a isso, as sementes se tornam enrugadas comprometendo a comercialização. Estes percevejos podem alimentar-se de outras partes da planta e os danos causados antes da formação de vagens no estágio vegetativo e na floração não causam reduções significativas no rendimento das sementes de soja (Corrêa-Ferreira, 2005).

A colonização destes insetos na cultura acontece durante a fase vegetativa ou durante a floração (R1 a R2) (Corrêa-Ferreira e Panizzi, 1999; Panizzi et al., 2012). A partir do surgimento das vagens (R3) os percevejos iniciam a reprodução e aumentam

em número, caracterizado como período de alerta, do ponto de vista do manejo destas pragas. No final do desenvolvimento das vagens (R4) até o enchimento de grãos (R5) ocorre crescimento populacional rápido, período em que a soja está suscetível ao ataque, considerado como período crítico. O pico populacional ocorre no final da fase de enchimento de grãos (R6) (Corrêa-Ferreira e Panizzi, 1999).

A composição de espécies e abundância dos percevejos fitófagos variam entre as regiões produtoras de soja do Brasil (Panizzi e Slansky Junior, 1985) sendo que as espécies *Euschistus heros* (Fabricius, 1798), *Piezodorus guildinii* (Westwood, 1837) e *Nezara viridula* (Linnaeus, 1758), são consideradas pragas primárias pela abundância na cultura (Corrêa-Ferreira e Panizzi, 1999; Panizzi e Slansky Junior, 1985). O percevejo marrom, *E. heros* se destaca por sua ampla distribuição geográfica, do Rio Grande do Sul até o norte do Brasil (Região Amazônica) e por apresentar populações com alta densidade de indivíduos (Corrêa-Ferreira e Panizzi, 1999; Panizzi et al., 2012).

O controle populacional destes insetos é realizado basicamente pelo uso de inseticidas os quais vêm sendo usados de forma abusiva em relação às recomendações técnicas e em muitos casos de forma preventiva (Bortolotto et al., 2015; Corrêa-Ferreira et al., 2009; Panizzi, 2013), com os consequentes efeitos negativos para o meio ambiente e para a saúde humana (Gazzoni, 2012; Picanço e Guedes 1999). Entre os inseticidas utilizados no Brasil para controle de insetos pragas, a maior parte é utilizada na cultura de soja (Oliveira et al., 2014). Além disso, o uso sem o devido monitoramento dos insetos e sem respeitar os níveis de controle estabelecidos de 2 percevejos/m (Embrapa, 2013) favorece o surgimento de resistência dos insetos, e surtos de pragas secundárias e supressão de populações de inimigos naturais (Corrêa-Ferreira, et al., 2009; Gazzoni, 2012).

O controle biológico de pragas é uma das táticas de controle do manejo integrado de pragas (MIP), o qual é uma filosofia de controle baseada em sistemas de decisão, que tem por base, o monitoramento e o uso de diferentes táticas de controle de pragas de maneira integrada e que sejam tanto quanto possível compatíveis entre si de tal forma a manter as populações das pragas abaixo dos limiares de dano econômico e contribuir para a sustentabilidade ambiental (Pedigo, 2002).

Entre os inimigos naturais de percevejos da soja são conhecidos os parasitoides (Corrêa-Ferreira e Panizzi, 1999) que são insetos cujo desenvolvimento larval ocorre em outros artrópodes resultando na morte de seus hospedeiros (Godfray, 1994). O termo parasitismo referido neste trabalho considera a interação que culmina na morte do

hospedeiro. Para percevejos, são relatados na literatura parasitoides de ovos e de adultos, no entanto, os primeiros são os mais estudados em vários aspectos como biológicos (Corrêa-Ferreira, 1993; Laumann et al., 2008; Pacheco e Corrêa-Ferreira, 1998), ecológicos (Corrêa-Ferreira e Moscardi, 1995; Michereff et al., 2011, 2013; Vieira et al., 2013, 2014) e comportamentais (Aquino et al., 2013; Borges et al., 1999, 2003; Laumann et al., 2009, 2011; Moraes et al., 2008, 2009; Sujii et al., 2002; Tognon et al., 2014). As espécies de parasitoides de ovos mais comuns em percevejos pentatomídeos são os microhimenópteros da família Platygasteridae, *Telenomus podisi* (Ashmead, 1893) e *Trissolcus basalus* (Wollaston, 1858) (Corrêa-Ferreira e Moscardi, 1995; Medeiros et al., 1997; Pacheco e Corrêa-Ferreira, 2000). Essas espécies são generalistas, mas parasitam preferencialmente ovos de *E. heros* e *N. viridula* (Corrêa-Ferreira e Moscardi, 1995; Medeiros et al., 1997). Parasitoides de adultos também ocorrem naturalmente nas lavouras de soja (Corrêa-Ferreira e Panizzi, 1999).

No geral, além da ordem Hemiptera, parasitoides de adultos também ocorrem em insetos que pertencem às ordens Orthoptera, Hymenoptera, Coleoptera (Eggleton e Belshaw, 1992; Mills, 1994). São reconhecidas duas guildas para parasitoides que atacam o estágio adulto: endoparasitoide de larva-adulto e endoparasitoide de adulto. No primeiro caso o ataque ocorre nos últimos estágios larvais. O desenvolvimento do parasitoide é postergado até que a larva do hospedeiro alcance o estágio adulto. No segundo caso, o ataque e o desenvolvimento do parasitoide ocorre completamente no estágio adulto (Mills, 1994). Ao contrário dos parasitoides de insetos imaturos, parasitoides de adultos permitem que seus hospedeiros continuem ativos (reprodução e busca ativa por fontes alimentares) após o parasitismo. E pelo fato de atacarem hospedeiros expostos, com mobilidade, capacidade de defesa e fuga, parasitoides de adultos desenvolveram a habilidade do comportamento de oviposição rápido (Pilkay et al., 2013; Shaw, 2004). Quando ocorre a oviposição rápida, não há paralisia do hospedeiro pela injeção de veneno (Hawkins, 1994; Shaw, 1994). Assim, durante o desenvolvimento, o parasitoide deve lidar com o sistema imune do hospedeiro (Godfray, 1994; Hawkins, 1994) e permite que o mesmo sobreviva até a saída de seu último estágio larval (Godfray, 1994; Mills, 1994; Tremblay, 1991;). A localização do hospedeiro está relacionada com a percepção de estímulos emitidos diretamente pelo mesmo como sons de comunicação acústica de cigarras (Stuck, 2015) e grilos (Cade 1975 citado por Beckers e Wagner Jr, 2011), feromônios de alarme em interações agressivas em formigas (Morrison e King, 2004), feromônio sexual de percevejos

(Aldrich et al., 1995a), pistas visuais resultante da atividade do hospedeiro como locomoção em besouros em estágios finais do processo de localização (Shaw e Huddleston, 1991). Evidências também sugerem a atração a estímulos indiretamente relacionados com o hospedeiro, como a atração de *Phymastichus coffea* (LaSalle, 1990) (Hymenoptera: Eulophidae), parasitoide do adulto da broca do café *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Curculionidae), a compostos do café (Cruz-López et al., 2016) e a voláteis de plantas infestadas com seu hospedeiro (Rojas et al., 2006).

Parasitoides de adultos de percevejos pertencem às ordens Diptera e Hymenoptera (Corrêa-Ferreira e Panizzi, 1999). *Hexacladia smithii* Ashmead, 1891 (Hymenoptera: Encyrtidae) é o himenóptero mais frequente em adultos do percevejo *E. heros* na cultura de soja (Corrêa-Ferreira et al., 1998; Godoy et al., 2010; Turchen et al., 2015) (Figura 1). Existem também relatos de parasitismo por esta espécie em adultos de percevejos-pragas do maracujazeiro da família Coreidae (Baldin et al., 2010) e em *Arvelius albopunctatus* (De Geer, 1773) e *Dichelops furcatus* (Fabricius, 1775) ambos da família Pentatomidae (Panizzi e Silva, 2010). Entre os dípteros, o gênero *Trichopoda* (Tachinidae) é o mais comumente encontrado parasitando percevejos (Figura 1). *Trichopoda giacomellii* (Blanchard, 1966) tem sido utilizado em programas de controle biológico na Austrália e na Argentina e tem reduzido densidades populacionais de *N. viridula* (Coombs e Sands, 2000; Liljestrom e Bernstein, 1990). *Trichopoda pennipes* (Fabricius, 1805) se estabeleceu na Itália, depois de uma introdução acidental, e tornou-se um importante parasitoide de *N. viridula* (Salerno et al., 2002). No Brasil *T. giacomellii* foi registrado em adultos de *N. viridula* (Corrêa-Ferreira et al., 1984).

A intensificação da agricultura leva à fragmentação e conseqüente redução do ambiente natural acarretando em mudanças na composição (Summerville e Crist, 2004) e configuração da paisagem (Chust et al., 2007; Dormann et al., 2007; Schweiger et al., 2005). A redução dos ambientes naturais e da heterogeneidade ambiental devido à expansão da agricultura em paisagens agrícolas é a principal causa da perda de espécies e comprometimento das funções do ecossistema (Tscharntke et al., 2005), entre elas a efetividade de inimigos naturais de pragas (Corbett e Rosenheim, 1996; Meehan et al., 2011; Östman et al., 2001; Symondson et al., 2002; Thies e Tscharntke, 1999).

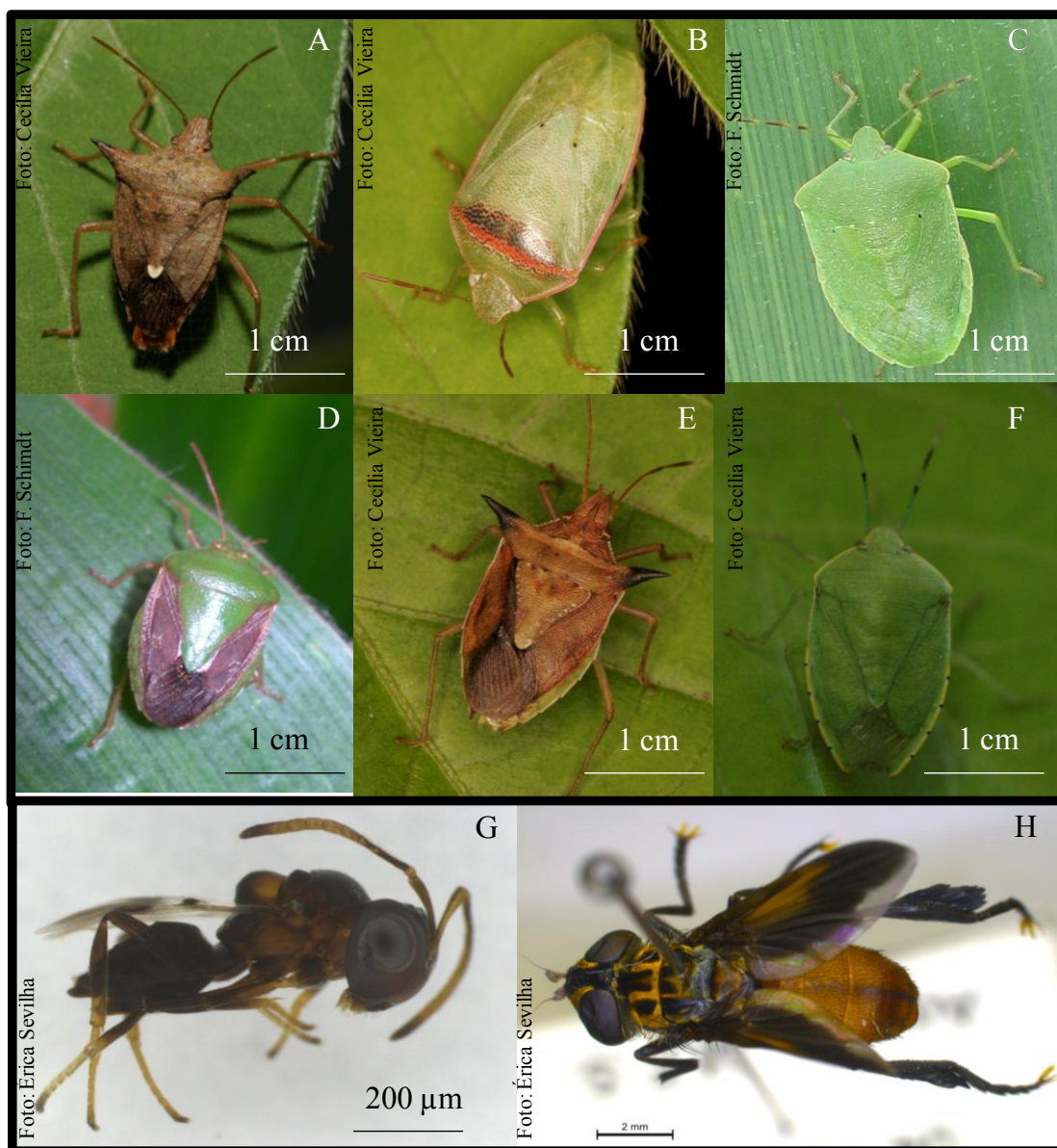


Figura 1. Percevejos-pragas da soja (A-F): A – *Euschistus heros*, B – *Piezodorus guildinii*, C – *Nezara viridula*, D – *Edessa meditabunda*, E – *Dichelops melacanthus*, F – *Chinavia ubica*. Parasitoides de percevejos adultos (G e H): G – *Hexacladia smithii*, H – *Trichopoda* sp.

As paisagens agrícolas variam desde áreas estruturalmente simples, dominadas por monoculturas, à áreas estruturalmente complexas, com mosaicos de vegetação

nativa, áreas não cultivadas e áreas agrícolas, gerando diversidade/heterogeneidade de habitats ao redor dos campos de cultivo (Tscharntke et al., 2008). Paisagens onde as monoculturas predominam são mais instáveis devido à efemeridade de recursos e a distúrbios desencadeados pelos manejos culturais, como preparo mecânico do solo, uso de inseticidas e colheita (Tscharntke et al., 2008). Por outro lado, paisagens mais complexas abrigam alta abundância e diversidade de inimigos naturais (Bianchi et al., 2006; Drapela et al., 2008; Gardiner et al., 2009a,b; Werling e Gratton, 2008) o que resulta em maiores índices de parasitismo (Bianchi et al., 2005; Menalled et al., 1999; Scheid et al., 2011; Schmidt et al., 2003; Thies et al., 2003; Thies e Tscharntke, 1999). Entretanto, alguns estudos mostram diversidade similar de inimigos naturais em paisagens simples e complexas, e até mesmo efeitos não bem compreendidos da estrutura da paisagem sobre a estrutura de comunidades de inimigos naturais e seu efeito na regulação de populações de insetos herbívoros (Menalled et al., 2003; Vollhardt et al., 2008).

Entre as possíveis razões para explicar estes padrões, sugere-se que paisagens complexas apresentam maior disponibilidade de habitat, os quais fornecem recursos importantes, como alimento (pólen e néctar), refúgio (cobertura vegetal adequada para épocas climáticas desfavoráveis ou locais de diapausa) e hospedeiros alternativos (Bianchi et al., 2006; Landis et al., 2000). Isto implica que os parasitoides podem depender de recursos que estão espacialmente separados e então se deslocam entre área natural e cultivada, um efeito que tem sido documentado para parasitoides e é conhecido como “transbordamento entre habitats” (tradução livre do original: *cross habitat spillover*) (Tscharntke et al., 2012). O grau no qual este efeito pode ocorrer depende da quantidade, qualidade e proximidade da área natural (Bianchi et al., 2006). Adicionalmente, a resposta à estrutura da paisagem é espécie-específica e está relacionada com a capacidade de dispersão dos indivíduos. Espécies com maior capacidade de dispersão são favorecidas na colonização de diferentes habitats e podem explorar de maneira mais eficiente a heterogeneidade ambiental (Tscharntke et al., 2008). Assim, a estrutura da paisagem pode influenciar a biodiversidade local e também, o controle de insetos-pragas (Holt et al., 2002).

Além da perspectiva de paisagem outros fatores que devem ser considerados são os diferentes sistemas de manejo das pragas com o uso de inseticidas. É conhecido que insetos são negativamente afetados por inseticidas (Desneux et al., 2007; Geiger et al., 2010; Longley, 1999; Tillman, 2006). Assim, espera-se que a comunidade de insetos e o

controle biológico sejam mais afetados em propriedades com uso constante de inseticidas do que em sistemas com menor frequência de aplicação de inseticidas. Biddinger et al. (2014) em um estudo de três anos para avaliar o impacto ecológico de práticas agronômicas em pomares de pêssigo observaram que a comunidade de predadores e parasitoides foi positivamente relacionada com o programa de uso reduzido de inseticida e negativamente relacionada a programa de manejo convencional com uso constante de inseticida.

Durante o comportamento de busca de hospedeiros os insetos parasitoides utilizam estímulos físicos e/ou químicos provenientes do habitat e do hospedeiro que maximizam a probabilidade de encontro com os hospedeiros (Godfray, 1994; Vinson, 1985) sendo os estímulos químicos como semioquímicos, substâncias produzidas por um organismo que modificam o comportamento de outro indivíduo, os mais importantes (Godfray, 1994). É conhecido que parasitoides de ovos de percevejos ao procurar por hospedeiros pouco conspícuos e que, em geral, não produzem pistas químicas evidentes utilizam sinais indiretamente relacionados com o hospedeiro, como sinomônios de plantas (substâncias químicas que ao serem emitidas beneficiam o emissor, no caso a planta, e o receptor) (Michereff et al., 2013; Moraes et al., 2005, 2008, 2009; Vieira et al., 2013, 2014), cairomônios (substâncias químicas que ao serem emitidas beneficiam apenas ao receptor e prejudicam o emissor) (Borges et al., 2003; Laumann et al., 2009) ou visuais (Aquino et al., 2013). Já no caso de parasitoides de adultos de percevejos tem sido evidenciado que utilizam durante a busca de hospedeiros sinais diretamente relacionados com os percevejos como, por exemplo, os feromônios sexuais (Aldrich, 1995; Aldrich et al., 1995, 2007). Estas diferenças na ecologia comportamental das duas guildas de parasitoides podem ser decisivas do ponto de vista da dinâmica hospedeiro-parasitoide e do impacto dos mesmos nas populações de percevejos.

O controle biológico de insetos é uma das alternativas para uma agricultura sustentável. Assim, ampliar os conhecimentos acerca dos inimigos naturais que atacam a fase adulta dos percevejos em relação a diversidade, estruturação de suas guildas, interações hospedeiro-parasitoide, influência da estrutura da paisagem em suas populações e índices de parasitismos e influência de diferentes tipos de manejos culturais nas interações dos percevejos e parasitoides são relevantes para propor ferramentas de manejo de pragas sustentáveis.

Este estudo abordou os temas acima descritos estruturando-os em três frentes de pesquisa inter-relacionadas que compõem os capítulos desta tese: o Capítulo 1 “Adult stink bugs parasitism pattern along a latitudinal gradient in soybean crop in Brazil” formato definitivo de artigo científico, já submetido para publicação, e tem como objetivo conhecer a fauna de parasitoides de adultos de percevejos da soja em diferentes áreas de produção do país. O capítulo 2 “Influência da estrutura da paisagem e dos métodos de manejo de pragas nas populações de percevejos e seus parasitoides de adultos na cultura da soja” trata da influência da paisagem na dinâmica de colonização da cultura e nos índices de parasitismo e também a influência de diferentes tipos de manejo de pragas com inseticidas: manejo com frequente aplicação de inseticida (AI+) e aplicação reduzida de inseticida (AI-) sobre a eficácia do controle biológico. E o capítulo 3 “Interação hospedeiro-parasitoide de *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae) e *Hexacladia smithii* (Hymenoptera: Encyrtidae)” aborda aspectos relacionados à ecologia comportamental dos parasitoides e a interação hospedeiro-parasitoide, focada no efeito do parasitismo em aspectos biológicos do percevejo marrom, *E. heros*, quando parasitados por *H. smithii*. Espera-se contribuir para gerar informações que incrementem o conhecimento de aspectos ecológicos de insetos parasitoides de adultos e que possam ser aplicadas no controle biológico de percevejos-praga.

As citações dos autores ao longo do texto e as referências bibliográficas da Introdução Geral, capítulos I, II e III seguiram as normas do periódico: “Agriculture Ecosystems & Environment”.

Referências Bibliográficas

- Aldrich, J.R. 1995. Chemical communication in the true bugs and parasitoid exploitation, in: R. T. Cardé and W. J. Bell (eds.), *Chemical Ecology of Insects*. Chapman & Hall, New York, pp. 318–363.
- Aldrich, J.R., Khrimian, A., Camp, M.J. 2007. Methyl 2,4,6-decatrienoates attract stink bugs and tachinid parasitoids. *J. Chem. Ecol.* 33, 801–815.
- Aldrich, J.R., Rosi, M.C., Bin, F. 1995. Behavioral correlates for minor volatile compounds from stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae). *J. Chem. Ecol.* 21, 1907–1920.
- Aquino, M.F.S., Dias, A.M., Borges, M., Blassioli-Moraes, M.C., Laumann, R.A. 2013. Influence of visual cues on host searching behavior of the egg parasitoids *Telenomus podisi* and *Trissolcus basalus* (Hymenoptera: Scelionidae). *Entomol. Exp. Appl.* 145,162–174.
- Baldin, E.L.L., Fujihara, R.T., Arlindo, J.R.L.B., Almeida, M.C.D.E. 2010. Parasitismo de percevejos-praga do maracujazeiro no Brasil por *Hexacladia smithii* Ashmead (Hymenoptera: Encyrtidae). *Neotrop. Entomol.* 39, 306–307.
- Beckers, O.M., Wagner, Jr, W. E. 2011. Male field crickets infested by parasitoid flies express phenotypes that may benefit the parasitoids. *Anim. Behav.* 82,1151–1157.
- Bianchi, F.J.J.A., Booij, C.J.H., Tscharntke, T. 2006. Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. *Proc. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* 273, 1715–1727.
- Bianchi, F.J.J.A., van Wingerden, W.K.R.E., Griffioen, A.J., Vander Veen, M., van der Straten, M.J.J., Wegman, R.M.A., Meeuwsen, H.A.M. 2005. Landscape factors affecting the control of *Mamestra brassicae* by natural enemies in Brussels sprout. *Agric. Ecosyst. Environ.* 107, 145–150.

Biddinger, D.J., Leslie, T.W., Joshi, N.K. 2014. Reduced-Risk pest management programs for eastern U.S. peach orchards: effects on arthropod predators, parasitoids, and select pests. *J. Econ. Entomol.* 107, 1084–1091.

Borges, M., Colazza, S., Ramirez-Lucas, P., Chauhan, K.R., Moraes, M.C.B., Aldrich, J.R. 2003. Kairomonal effect of walking traces from *Euschistus heros* (Heteroptera: Pentatomidae) on two strains of *Telenomus podisi* (Hymenoptera: Scelionidae). *Physiol. Entomol.* 28, 349–355.

Borges, M., Costa, M.L.M., Cavalcanti, M.G., Redigolo, G.F., Resck, I.S., Vilela, E.F. 1999. Semiochemical and physical stimuli involved in host recognition by *Telenomus podisi* (Hymenoptera: Scelionidae) *Euschistus heros* (Heteroptera: Pentatomidae). *Physiol. Entomol.* 24, 227–233.

Bortolotto, O.C., Pomari-Fernandes, A., Bueno, R.C.O., Bueno, A. de F., Kruz, Y.K.S., Queiroz, A.P., Sanzovo, A. Ferreira, R.B. 2015. The use of soybean integrated pest management in Brazil: a review. *Agron. Sci. Biotechnol.* 1, 25–32.

Cade, W. H. 1975. Acoustically orienting parasitoids: fly phonotaxis to cricket song. *Science* 190, 1312–1313.

Chust, G., Garbin L., Pujade-Villar, J. 2007. Gall wasps and their parasitoids in cork oak fragmented forests. *Ecol. Entomol.* 32, 82–91.

Conab, 2016. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira: Grãos. Décimo segundo levantamento. <http://www.conab.gov.br> (Acessado 5.10.2016).

Coombs, M., Sands, D.P.A. 2000. Establishment in Australia of *Trichopoda giacomellii* Blanchard (Diptera: Tachinidae) a biological control agent for *Nezara viridula* (L.) (Hemiptera: Pentatomidae). *Aust. J. Entomol.* 39, 219–222.

Corbett, A., Rosenheim, J.A. 1996. Impact of a natural enemy overwintering refuge and its interaction with the surrounding landscape. *Ecol. Entomol.* 21, 155–164.

Corrêa-Ferreira, B.S. 1984. Incidência do parasitóide *Eutrichopodopsis nitens* Blanchard, 1966 em populações do percevejo verde *Nezara viridula* (Linnaeus, 1758). EMBRAPA-CNPSO, Londrina.

Corrêa-Ferreira, B.S. 1993. Utilização do parasitóide de ovos *Trissolcus basalis* (Wollaston) no controle de percevejos da soja. EMBRAPA-CNPSO, Londrina. Circular Técnica, 11.

Corrêa-Ferreira, B.S. 2005. Suscetibilidade da soja a percevejos na fase anterior ao desenvolvimento das vagens. *Pesqui. Agropecu. Bras.* 40, 1067–1072.

Corrêa-Ferreira, B.S., Krzyzanowski, F.C., Minami, C. A. 2009. Percevejos e a qualidade da semente de soja – série sementes. EMBRAPA-CNPSO, Londrina. Circular Técnica, 67.

Corrêa-Ferreira, B.S., Moscardi, F. 1995. Seasonal occurrence and host spectrum of egg parasitoids associated with soybean stink bugs. *Biol. Control* 5, 196–202.

Corrêa-Ferreira, B.S., Nunes, M.C., Ugucioni, L.D. 1998. Ocorrência do parasitoide *Hexacladia smithii* Ashmead em adultos de *Euschistus heros* (F.) no Brasil. *An. Soc. Entomol. Bras.* 27, 495–498.

Corrêa-Ferreira, B.S., Panizzi, A.R. 1999. Percevejos da soja e seu manejo. EMBRAPA-CNPSO, Londrina. Circular Técnica, 24.

Cruz-López, L., Díaz-Díaz, B., Rojas, J. C. 2016. Coffee volatiles induced after mechanical injury and beetle herbivory attract the coffee berry borer and two of its parasitoids. *Arthropod-Plant Interact.* 10,151–159.

Desneux, N., Decourtye, A., Delpuech, J-M. 2007. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annu. Rev. Entomol.* 52, 81–106.

Dormann, C.F., Schweiger, O., Augenstein, I., Bailey, D., Billeter, R., De Blust, G., DeFilippi, R., Frenzel, M., Hendrickx, F., Herzog, F., Klotz, S., Liira, J., Maelfait, J-P, Schmidt, T., Speelmans, M., van Wigerden, W.K.R.E., Zobel, M. 2007. Effects of landscape structure and land-use intensity on similarity of plant and animal communities. *Glob. Ecol. Biogeogr.* 16, 774–787.

Drapela, T., Moser, D., Zaller, J., Frank, T. 2008. Spider assemblages in winter oilseed rape affected by landscape and site factors. *Ecography* 31, 254–262.

Eggleton, P., Belshaw, R. 1992. Insect parasitoids: an evolutionary overview. *Philos. Trans. Royal Soc.* 337, 1–20.

Embrapa, 2013. Tecnologias de produção de soja – Região Central do Brasil 2014. – Embrapa Soja, n. 16, Londrina.

Gardiner, M.M., Landis, D.A., Gratton, C., DiFonzo, C.D., O’Neal, M., Chacon, J.M., Wayo, M.T., Schmidt, N.P., Mueller, E.E., Heimpel, G.E., 2009a. Landscape diversity enhances biological control of an introduced crop pest in the north-central USA. *Ecol. Appl.* 19, 143–54.

Gardiner, M.M., Landis, D.A., Gratton, C., Schmidt, N., O’Neal, M., Mueller, E., Chacon, J., Heimpel, G.E., DiFonzo, C.D. 2009b. Landscape composition influences patterns of native and exotic lady beetle abundance. *Divers. Distrib.* 15, 554–564.

Gazzoni, D.L. 2012. Perspectivas do manejo de pragas, in: Hoffmann-Campo, C.B., Corrêa Ferreira, B.S., Moscardi, F. (Eds.), *Soja: Manejo Integrado de Insetos e outros Artrópodes-Praga*. Embrapa, Brasília, DF, pp.789–829.

Geiger, F., Bengtsson, J., Berendse, F., Weisser, W.W., Emmerson, M., Morales, M.B., Ceryngier, P., Liira, J., Tscharrntke, T., Winqvist, C., Eggers, S., Bommarco, R., Part, T., Bretagnolle, V., Plantegenest, M., Clement, L.W., Dennis, C., Palmer, C., Onate, J.J., Guerrero, I., Hawro, V., Aavik, T., Thies, C., Flohre, A., Hanke, S., Fischer, C., Goedhart, P.W., Inchausti, P. 2010. Persistent negative effects of pesticides on

biodiversity and biological control potential on European farmland. *Basic Appl. Ecol.* 11, 97–105.

Godfray, H.C.J. 1994. *Parasitoids, Behavioural and Evolutionary Ecology*. Princeton University Press, New Jersey.

Godoy, K.B., Ávila, C.J., Duarte, M.M., Arce, C.C.M. 2010. Parasitismo e sítios de diapausa de adultos do percevejo marrom, *Euschistus heros* na região da Grande Dourados, MS. *Cienc. Rural.* 40, 1199–1202.

Hawkins, B.A. 1994. *Pattern & Process in Host-Parasitoid Interactions*. Cambridge University Press, New York.

Hoffmann-Campo, C.B., Oliveira, L.J., Moscardi, F., Corrêa-Ferreira, B.S., Corso, I.C. 2012. Pragas que atacam plântulas, hastes e pecíolos da soja, in: Hoffmann-Campo, C.B., Corrêa Ferreira, B.S., Moscardi, F. (Eds.), *Soja: Manejo Integrado de Insetos e outros Artrópodes-Praga*. Embrapa, Brasília, DF, pp.145–212.

Holt, A.R., Gaston, K.J., He, F., 2002. Occupancy–abundance relationships and spatial distribution: a review. *Basic Appl. Ecol.* 3, 1–13.

Landis, D.A., Wratten, S. D., Gurr, G.M. 2000. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annu. Rev. Entomol.* 45, 175–201.

Laumann, R.A., Aquino, M.F.S., Moraes, M.C.B., Pareja, M., e Borges, M. 2009. Response to egg parasitoids *Trissolcus basalidis* and *Telenomus podisi* to compounds from defensive secretions of stink bugs. *J. Chem. Ecol.* 35, 8–19.

Laumann, R. A., Cokl, A., Lopes, A.P.S., Ferreira, J.C., Moraes, M.C.B., Borges, M. 2011. Silent singers are not safe: selective response of a parasitoid to substrate-borne vibratory signals of stink bugs. *Anim. Behav.* 82, 1175–1183.

Laumann, R.A., Moraes, M.C.B, Pareja, M. Alarcão, G.C., Botelho, A.C., Maia, A.N. H., Leonardez Neto, E., Borges, M. 2008. Comparative biology and functional

response of *Trissolcus* spp. (Hymenoptera: Scelionidae) and implications for stink-bugs (Hemiptera: Pentatomidae) Biol. Control 44, 32–41.

Liljesthöm, G, Bernstein, C. 1990. Density dependence and regulation in the system *Nezara viridula* (L.) (Hemiptera: Pentatomidae), host and *Trichopoda giacomellii* (Blanchard) (Diptera: Tachinidae), parasitoid. Oecologia. 84, 45–52.

Longley, M. 1999. A review of pesticide effects upon immature aphid parasitoids within mummified hosts. Int. J. Pest Manag. 45, 139–145.

Medeiros, M.A., Schmidt, F.V.G., Loíacono, M.S., Carvalho, V.E. Borges, M. 1997. Parasitismo e predação em ovos de *Euschistus heros* (Fab.) (Heteroptera: Pentatomidae) no Distrito Federal, Brasil. An. Soc. Entomol. Bras. 26, 397–401.

Meehan, T.D., Werling, B.P., Landis, D.A., Gratton, C. 2011. Agricultural landscape simplification and insecticide use in the Midwestern United States. Proc. Natl. Acad. Sci. 108, 11500 – 11505.

Menalled, F.D., Costamagna, A. C., Marino, P.C., Landis, D.A. 2003. Temporal variation in the response of parasitoids to agricultural landscape structure. Agric. Ecosyst. Environ. 96, 29–35.

Menalled, F.D., Marino, P.C., Gage, S.H., Landis, D.A. 1999. Does agricultural landscape structure affect parasitism and parasitoid diversity? Ecol. Appl. 9, 634–641.

Michereff, M.F.F., Borges, M., Laumann, R.A., Diniz, I.R., Blassioli-Moraes, M.C. 2013. Influence of volatile compounds from herbivore-damaged soybean plants on searching behavior of the egg parasitoid *Telenomus podisi*. Entomol. Exp. Appl. 147, 9–17.

Michereff, M.F.F., Laumann, R.A., Borges, M., Michereff-Filho, M., Diniz, I.R., Farias Neto, A.L., Moraes, M.C.B. 2011. Volatiles mediating a plant-herbivore-natural enemy interaction in resistant and susceptible soybean cultivars. J. Chem. Ecol. 37, 273–285.

Mills, N.J. 1994. Parasitoid guilds: defining the structure of the parasitoid communities of endopterygote insect hosts. *Environ.Entomol.*23, 1066–1083.

Moraes, M.C.B., Laumann, R.A., Pareja, M., Sereno, F.T.P.S., Michereff, M.F.F., Birkett, M.A., Pickett, J.A., Borges, M. 2009. Attraction of the stink bug egg parasitoid *Telenomus podisi* to defence signals from soybean activated by treatment with cis-jasmone. *Entomol. Exp. Appl.* 131, 178–188.

Moraes, M.C.B., Laumann, R.A., Pires, C.S.S., Sujii, E.R., Borges, M. 2005. Induced volatiles in soybean and pigeon pea plants artificially infested with the Neotropical brown stink bug, *Euschistus heros*, and their effect on the egg parasitoid, *Telenomus podisi*. *Entomol. Exp. Appl.*115, 227–237.

Moraes, M.C.B., Pareja, M., Laumann, R.A., Hoffmann-Campo, C.B., e Borges, M. 2008. Response of the parasitoid *Telenomus podisi* to induced volatiles from soybean damaged by stink bug herbivory and oviposition. *J. Plant. Interact.*3, 1742–1756.

Morrison, L. W. King, J.R. 2004. Host location behavior in a parasitoid of imported fire ants. *J. Insect Behav.* 17, 367–383.

Moscardi, F., Bueno, A.F, Sosa-Gómez, D.R., Roggia, S., Hoffmann-Campo, C.B., Pomari, A. F., Corso, I.C., Yano, S.A.C. 2012. Artrópodes que atacam as folhas da soja, in: Hoffmann-Campo, C.B., Corrêa Ferreira, B.S., Moscardi, F. (Eds.), *Soja: Manejo Integrado de Insetos e outros Artrópodes-Praga*. Embrapa, Brasília, DF, pp.213–334.

Oliveira, C.M., Auad, A.M., Mendes, S.M., Frizzas, M.R. 2014. Crop losses and the economic impact of insects pests on Brazilian agriculture. *Crop Prot.* 56, 50–54.

Oliveira, L.J., Roggia, S., Salvadori, J.R., Ávila, C.J., Fernandes, P.M., Oliveira, C.M. 2012. Insetos que atacam raízes e nódulos da soja, in: Hoffmann-Campo, C.B., Corrêa Ferreira, B.S., Moscardi, F. (Eds.), *Soja: Manejo Integrado de Insetos e outros Artrópodes-Praga*. Embrapa, Brasília, DF, pp.75–144.

- Östman, Ö., Ekbom, B., Bengtsson, J. 2001. Landscape heterogeneity and farming practice influence biological control. *Basic Appl. Ecol.* 2, 365–371.
- Pacheco, D.J.P., Corrêa-Ferreira, B.S. 1998. Potencial reprodutivo e longevidade do parasitoide *Telenomus podisi* Ashmead, em ovos de diferentes espécies de percevejos. *An. Soc. Entomol. Bras.* 27, 585–591.
- Pacheco, D.J.P., Corrêa-Ferreira, B.S. 2000. Parasitismo de *Telenomus podisi* Ashmead (Hymenoptera: Scelionidae) em populações de percevejos pragas da soja. *An. Soc. Entomol. Bras.* 29, 295–302.
- Panizzi, A.R. 2000. Suboptimal nutrition and feeding behavior of hemipterans on less preferred plant food sources. *An. Soc. Entomol. Bras.* 29,1–12.
- Panizzi A.R. 2013. History and contemporary perspectives of the integrated pest management of soybean in Brazil. *Neotrop. Entomol.* 42, 119–127.
- Panizi, A.R., Bueno, A.F., Silva, F.A.C. 2012. Insetos que atacam vagens e grãos, in: Hoffmann-Campo, C.B., Corrêa Ferreira, B.S., Moscardi, F. (Eds.), *Soja: Manejo Integrado de Insetos e outros Artrópodes-Praga*. Embrapa, Brasília, DF, pp.335–420.
- Panizzi, A.R., Silva, J.J.D.A. 2010. New records of pentatomids as hosts of *Hexacladia smithii* Ashmead (Hymenoptera: Encyrtidae) in Southern Brazil. *Neotrop. Entomol.* 39, 678–679.
- Panizzi, A.R., Slansky Junior, F. 1985. Review of phytophagous pentatomids (Hemiptera: Pentatomidae) associated with soybean in the Americas. *Fla. Entomol.* 68, 184–214.
- Pedigo, L.P. 2002. *Entomology and pest management*. Prentice Hall, New Jersey.
- Picanço, M.C. Guedes, R.N.C. 1999. Manejo integrado de pragas no Brasil: situação atual, problemas e perspectivas. *Ação Ambient.* 2, 23–26.

Pilkay, G.L., Reay-Jones, F.P.F., Greene, G.K. 2013. Oviposition by *Cylindromyia euchenor* (Walker) (Diptera: Tachinidae) in the brown stink bug, *Euschistus servus* (Say) (Hemiptera: Pentatomidae). Proc. Entomol. Soc. Wash. 115, 289–293.

Rojas, J. C., Castilho, A. Virgen, A. 2006. Chemical cues used in host location by *Phymastichus coffea*, a parasitoid of coffee berry borer adults, *Hypothenemus hampei*. Biol. Control 37, 141–147.

Roschewitz, I., Hucker, M., Tschardtke, T., Thies, C. 2005. The influence of landscape context and farming practices on parasitism of cereal aphids. Agric. Ecosyst. Environ. 108, 218–227.

Salerno, G., Colazza, S., Bin, F. 2002. *Nezara viridula* parasitism by the tachinid fly *Trichopoda pennipes* ten years after its accidental introduction into Italy from the New World. Biol. Control. 47, 617–624.

Scheid, B.E., Thies, C., Tschardtke, T. 2011. Enhancing rape pollen beetle parasitism within sown flower fields along a landscape complexity gradient. Agric. For. Entomol. 13, 173–179.

Schmidt, M.H., Lauer, A., Purtauf, T., Thies, C., Schaefer, M., Tschardtke, T. 2003. Relative importance of predators and parasitoids for cereal aphid control. Proc. R. Soc. Lond., B. 270, 1905–1909.

Schweiger, O., Maelfait, J.P., Van Wingerden, W., Hendrickx, F., Billeter, R., Speelmans, M., Augenstein, I., Aukema, B., Aviron, S., Bailey, D., Bukacek, R., Burel, F., Diekotter, T., Dirksen, J., Frenzel, M., Herzog, F., Liira, J., Roubalova, M., Bugter, R. 2005. Quantifying the impact of environmental factors on arthropod communities in agricultural landscapes across organizational levels and spatial scales. J. Appl. Ecol. 42, 1129–1139.

Shaw, S.R. 2004. Essay on the evolution of adult-parasitism in the subfamily Euphorinae (Hymenoptera: Braconidae). Proc. Russ. Entomol. Soc. St. Petersburg 75, 82–95.

Shaw, S.R., Huddleston, T. 1991. Classification and biology of braconid wasps. Handbooks for the Identification of British Insects, vol. 7 Part 11. Royal Entomological Society of London, London.

Stucky, B. J. 2015. Infection behavior, life history, and host parasitism rates of *Emblemasoma erro* (Diptera: Sarcophagidae), an acoustically hunting parasitoid of the cicada *Tibicen dorsatus* (Hemiptera: Cicadidae). *Stucky Zool. Stud.* 54, 1–17.

Sujii, E.R., Costa, M.L.M., Pires, C.S., Colazza, S., Borges, M. 2002. Inter and intra guild interactions in egg parasitoid species of the soybean stink bug complex. *Pesqui. Agropecu. Bras.* 37, 1541–1549.

Summerville, K.S., Crist, T.O. 2004. Contrasting effects of habitat quantity and quality on moth communities in fragmented landscapes. *Ecography* 27, 3–12.

Symondson, W.O.C., Sunderland, K.D., Greenstone, M.H. 2002. Can generalist predators be effective biocontrol agents? *Annu. Rev. Entomol.* 47, 561–594.

Thies, C., Steffan-Dewenter, I., Tscharntke, T. 2003. Effects of landscape context on herbivory and parasitism at different spatial scales. *Oikos* 101, 18–25.

Thies, C., Tscharntke, T. 1999. Landscape structure and Biol. Control in agroecosystems. *Science* 285, 893–895.

Tillman, P.G. 2006. Susceptibility of pest *Nezara viridula* (Heteroptera: Pentatomidae) and parasitoid *Trichopoda pennipes* (Diptera: Tachinidae) to selected insecticides. *J. Econ. Entomol.* 99, 648–657.

Todd, J.W., Herzog, D.C. 1980. Sampling phytophagous pentatomidae on soybean, in: Kogan, M., Herzog, D. C. (Eds.). *Sampling Methods in Soybean Entomology*. Springer, New York, pp. 438–478.

Tognon, R., Sant'Ana, J., Jahke, S.M. 2014. Influence of original host on chemotactic behavior and parasitism in *Telenomus podisi* Ashmead (Hymenoptera:Platygastridae). Bull. Entomol. Res.104, 781–787.

Tremblay, E. 1991. Embryonic strategies in koinobiotic endoparasitoid Hymenoptera. Insect Parasitoid. REDIA 74, 439–443.

Tscharntke, T., Bommarco, R., Clough, Y.,Crist, T.O., Kleijn, D., Rand, T.A.,Tylianakis, J.M.,van Nouhuys, S., Vidal, S. 2008. Reprint of ‘Conservation biological control and enemy diversity on a landscape scale’ [Biol. Control 43 (2007) 294-309], Biol. Control 45, 238–253.

Tscharntke, T., Klein, A.M., Kruess, A., Steffan-Dewenter, I., Thies, C. 2005. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity ecosystem service management. Ecol. Lett. 8, 857–874.

Tscharntke, T., Tylianakis, J.M., Rand, T.A., Disham, R.K., Fahring, L., Batáry, P., Bengtsson, J., Clough, Y., Crist, T.O., Dormann, C.F., Ewers R.M., Fründ, J., Holt, R.D., Holzschuh, A., Klein, A.M., Kleijn, D., Kremen, C. Landis, D.A., Laurance, W., Lindenmayer, D., Scherber, C., Sodhi, N., Steffan-Dewenter, I., Thies, C., Putten, W.H.van der, Westphal, C. 2012. Landscape moderation of biodiversity patterns and processes-eight hypotheses. Biol. Rev. 87, 661–685.

Turchen, L.M., Golin, V., Favetti, B. M., Butnariu, A. R., Costa, V.A. 2015. Natural parasitism of *Hexacladia smithii* Ashmead (Hymenoptera: Encyrtidae) on *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae): new record from Mato Grosso state, Brazil. Arq. Inst. Biol., 82, 1–3.

Vieira, C.R., Blassioli-Moraes, M.C., Borges, M., Pires, C.S.S., Sujii, E.R., Laumann, R.A. 2014. Field evaluation of (E)-2-hexenal efficacy for behavioral manipulation of egg parasitoids in soybean. BioControl, 1, 1–13.

Vieira, C.R., Moraes, M.C.B, Borges, M., Sujii, E.R., Laumann, R.A. 2013. Cis-jasmone indirect action on egg parasitoids (Hymenoptera: Scelionidae) and its application in biological control of soybean stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae). *Biol. Control* 64, 75–82.

Vinson, S.B. 1985. The behaviour of parasitoids, in: Kertut, G.A. and Gilbert, L.I. (Eds.) *Comprehensive Insect Physiology, Biochemistry and Pharmacology*. Pergamon Press, New York, pp.417–469.

Vollhardt, I.M.G., Tscharntke, T. Felix L. Wackers, F.L., Felix J.J.A. Bianchi, F.J.J.A., Thies, C. 2008. Diversity of cereal aphid parasitoids in simple and complex landscapes, *Agric. Ecosyst. Environ.* 126, 289–292.

Werling, B.P., Gratton, C. 2008. Influence of field margins and landscape context on ground beetle diversity in Wisconsin (USA) potato fields. *Agric. Ecosyst. Environ.* 128, 104–108.

Capítulo I

**Adult stink bugs parasitism pattern along a latitudinal
gradient in soybean crop in Brazil**

Adult stink bugs parasitism pattern along a latitudinal gradient in soybean crop in Brazil

Michely Ferreira Santos de Aquino^a, Edison Ryoti Sujii^b, Miguel Borges^b, Maria Carolina Blassioli Moraes^b, Raul Alberto Laumann^b

^a Universidade de Brasília, Instituto de Ciências Biológicas, Campus Universitário Darcy Ribeiro, CEP 70910-900 Brasília, DF, Brazil. E-mail: michelyf@gmail.com

^b Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Avenida W5 Norte (Final), CEP 70770-917 Brasília, DF, Brazil. Email: edison.sujii@embrapa.br, miguel.borges@embrapa.br, carolina.blassioli@embrapa.br, raul.laumann@embrapa.br

Corresponding author: Raul Alberto Laumann. Semiochemical Laboratory, Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Avenida W5 Norte (Final), CEP 70770-917 Brasília, DF, Brazil. E-mail address: raul.laumann@embrapa.br

Abstract

The fauna of stink bugs and their adult parasitoids and parasitism was studied along a north-south latitudinal gradient in nine important soybean production regions in Brazil. Stink bugs were sampled and collected in 20 points per area using the shake cloth method. The stink bugs were carried out to the laboratory and kept in environmental rooms with temperature set to $26^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ and fed with natural diet to observe the emergence of parasitoids. There was no change in the composition of species of bugs and parasitoids along the gradient. *Euschistus heros* was the most abundant stink bug and occurred in all sampling regions. *Hexacladia smithii* (Hymenoptera: Encyrtidae) and *Cylindromyia brasiliana*, *Ectophasiopsis* sp., *Eutrichopoda* sp., *Gymnoclytia* sp., *Phasia* sp., *Trichopoda* sp. (Diptera Tachinidae) were the adult parasitoids obtained. The parasitism was relatively low, ranging from 0.77 to 6.05% along the regions. The parasitism index did not differ between males and females. Stink bug adults were more parasitized, parasitism on nymphs was rare, with only 4 individuals of 871 nymphs. The parasitism rate was independent of local and of stink bugs density. Physiological and phenological adaptation of some species of stink bugs and parasitoids may have contributed for no variation in latitudinal gradient of adult parasitoids guild.

Keywords: Pentatomidae, *Glycine max*, Adult Parasitoids, Parasitism Index

1. Introduction

Cultivated in 32 million hectares with a total production of 96.24 million of tons, soybean is one of the most important crop in Brazil (Conab, 2015). A diverse herbivory fauna attacks soybean affecting its production during all developmental stages (Hoffmann-Campo et al., 2012). Stink bugs (Pentatomidae) are the most relevant pests during the reproductive phase of soybean development because they suck the grains from their initial development (R3), reducing quality and productivity (Panizzi and Slansky Junior, 1985).

Soybean production started and developed in southern part of Brazil during the 1960s and 1970s. Later, the crop has expanded throughout the north, crossing the Central Region and today it is reaching the Amazon Region (Conab, 2015; Thomazini, 2001). During the expansion of the crop in the country, insect fauna changed both in species composition and in abundance. Most of the changes in stink bug fauna are related to native species adaptation to the new host plant (Panizzi and Corrêa-Ferreira, 1997) that may influence the composition of the stink bug guilds in different regions. *Nezara viridula* (Linnaeus, 1758) was reported as the most abundant species in the past (Panizzi and Corrêa-Ferreira, 1997) but nowadays *Euschistus heros* (Fabricius, 1798) is considered the key pest and *Piezodorus guildinii* (Westwood, 1837) has also exceed *N. viridula* population levels (Panizzi et al., 2012; Panizzi and Corrêa-Ferreira, 1997). Despite of this general knowledge, guild composition is still unknown in several soybean cropping areas in Brazil.

The egg and adult parasitoids are the main natural enemies of stink bugs. In contrast of the well-known fauna of egg parasitoids, principally Platygasteridae, that has also been considered in applied biological control programs (Corrêa-Ferreira, 2002; Corrêa-Ferreira and Moscardi, 1996), the fauna of parasitoids of adult stink bugs are less known and information about biology, host-parasitoid relationships, ecology and behavior is rare and fragmented.

In general, the stink bugs parasitoids of adults allow their hosts to continue their activities (moving and eating), to the complete development of immature stages. Larva (Diptera) or adult (Hymenoptera) emerge with hosts still alive (Corrêa-Ferreira et al., 1998a; Worthley, 1924). These parasitoids may attack their hosts also when they are at the late nymphal stage (Corrêa-Ferreira et al., 1998a; Panizzi and Slansky Junior, 1985) but this is a rare event (Jones, 1988). In contrast with egg parasitoids, adult parasitoids need to deal with a higher array of defenses from the host and also with hormonal and

physiological changes related to nymph/adult metamorphosis and sex maturation of adults (Hawkins, 1994). On the other hand, adult parasitoids search for more conspicuous hosts than egg parasitoids, considering size, mobility and cues gathered from host (Fatouros et al., 2008), which provide a more accurate information of the host presence increasing the chances of reproductive success. For example, it is well known that Tachinidae parasitoids of stink bugs when searching by hosts use chemical information, as sex or aggregation pheromones, (Aldrich et al., 1987, 1991, 2007; Higaki and Adachi, 2011; Jang et al., 2011; Jang and Park, 2010). In addition, Mitchell & Mau (1971) connect the observed higher parasitism indexes in males stink bugs with the specific attraction to male sex pheromone. This specific characteristic of adult parasitoids may influence the guild composition and the host-parasitoid relationships.

The parasitoids of adult stink bugs, known until now, are Diptera and Hymenoptera. The Diptera, especially *Trichopoda* spp., are the most common parasitoids reported (Corrêa-Ferreira, 1984; Jones et al., 1996). *Trichopoda* species are found in North and South America parasitizing Pentatomidae and Coreidae (Arnaud, 1978; Liljestrom, 1980). *Trichopoda giacomellii* (Blanchard, 1966) is the most frequently parasitoid found in Brazil and Argentina attacking, principally *Nezara viridula* (Corrêa-Ferreira, 1984; Liljestrom and Bernstein, 1990). Others species as *Cylindromyia brasiliensis* (Townsend, 1927) and *Gymnoclytia paulista* (Townsend, 1929) were found in lower frequency attacking *E. heros* (Corrêa-Ferreira, 1984). Among Hymenoptera, *Hexacladia smithii* Ashmead, 1891 (Hymenoptera: Encyrtidae) is the most frequent species found parasitizing adults of *E. heros* in Brazil (Corrêa-Ferreira et al., 1998a; Godoy et al., 2010; Turchen et al., 2015). This species was also found in Brazil and in Argentina parasitizing others pentatomids and species of Coreidae and Scutelleridae (Baldin et al. 2010; Costa Lima, 1930, Cuezco and Fidalgo, 1997; De Santis, 1979, Panizzi and Silva, 2010).

The hypothesis of Root (1973) about resource concentration postulates that in environments like monocultures, the abundance of resources, attracts and supports higher number of herbivorous insects. According to Barbosa (1998) any agroecosystems there are a limited number of species that are dominant and will influence the natural enemies communities by reducing their number due to the predominance of a narrow set of herbivores.

This study has the objective of better understand the composition of stink bugs and their adult parasitoid fauna in soybean crop along a latitudinal gradient in Brazil.

Specifically we will test the hypotheses that: 1- Pentatomids assemblage in soybean may change with the latitude of the cultivated area influencing the guild composition, richness and diversity of adult parasitoids. Following general prediction of higher biological diversity in the tropics (Gaston, 2000, Stuart-Smith et al., 2013) we hope to find more diverse structure in both assemblage of stink bugs and parasitoids in the northern distribution areas, and 2- The most abundant and wide geographically distributed stink bugs species support a higher diversity of parasitoids. In addition, we will check if parasitism indexes are influenced by parasitoids identity at Order level (Diptera vs. Hymenoptera), stink bug identity (species), stink bug developmental stage (nymphs vs. adults) and stink bug sex (females vs. male).

2. Material and methods

2.1 Study areas

Stink bug sampling was performed in soybean crops areas following a 15 degree of latitudinal gradient in the principal cropping regions in Brazil (Figure 1). The latitudinal gradient, varied from $-13^{\circ}02'26,71''$ (latitude) and $-45^{\circ}59'10,46$ (longitude) in north to $-28^{\circ}14'22,81''$ (latitude) and $-52^{\circ}20'43,00''$ (longitude) in south, and samplings were carried out in 3 to 4 soybean areas in each region (Supplementary material: Appendix 1 in this thesis p. 132-133). In total nine regions were sampled and these were designated N1, N2, C1, C2, C3, C4, C5, C6 and S1 with each symbol representing the localization in the latitude: north (N), center (C) or south (S). The numbers added to the symbols increased from northern to southern or from the center to the borders (Figure 1). In the region N2 just one soybean area was considered, N2.1, because the other two areas surveyed (N2.2 and N2.3) had negligible number of collected individuals (3 and 7 stink bugs). The same happened in region C4, where the area C4.3 was also not considered because of the low number of stink bugs found (N = 3). The crop regions were defined according to soybean farming clusters located in different latitudes and did not correspond to politic-geographic limits of the country.

Sampling areas were selected trying to keep the same profile of agricultural management, planting date and soybean stage. Hence, sampling areas selected have varied from 30 to 50 ha (in cases where areas were larger than 50 ha, samplings were conducted in subplots of 50 ha). In all the selected areas, agricultural practices were applied, which include, mechanical farming, non-tillage seeding and synthetic pesticides use for weed, disease and insect control. In order to avoid immediate effect of

insecticide application samplings were performed only in areas where last spray occurred at least 10 days before, in this way the stink bug data sampling happened in intervals of 10 to 20 days after the last insecticide application.

Samplings were performed in areas where soybean plants were at the final reproductive grow stages, e.g., R5-R6 (pod fill) or R7-R8 (physiological maturation) (Embrapa, 2004) when stink bug populations are most abundant. Samplings were conducted from January to April 2015 according to the planting dates in each region.

2.2 Insect sampling

Stink bug sampling was performed following procedures established for stink bug monitoring in soybean (Corrêa-Ferreira, 2012). The shake cloth sampling technique (Herbert and Harper, 1983; Kogan and Pitre, 1980) was performed in 20 randomized points within each area. Sampling points were distributed to cover all the area, with distances between points varying from 50 to 200 m. The sample unit consisted of 1m long cloth placed on the ground between two rows. The plants of both rows were shaken and the number of stink bugs adults and nymphs falling on the cloth were collected and counted. Finally the number of insects captured was converted to the number of insects per m². The collections were carried out in the coolest hours of the day, preferentially in the morning, higher probability to find because the stink bugs need raise body temperature to fly (Corrêa-Ferreira, 2012). To increase the number of captured insects and the number of parasitized stink bugs necessary for species identification and more accurate estimation of parasitism levels, in each area an additional sampling of stink bugs was performed. During one hour period, two samplers collected insects using entomological nets or direct collection.

All bugs collected in each sampling point were conditioned in plastic pots of 200 mL and transported to the Semiochemicals Laboratory at Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia (15°47'S, 47°55'W). Within the laboratory insects were separated by stage and species and transferred into a new plastic (200 mL) pot identified by region, area and sampling point. These pots were maintained in environmental condition at 26 ± 2°C; 60% RH and 14h of photoperiod and insects were fed with fresh bean pods, sunflower, soybean and peanuts seeds and water, which were renewed three times a week. Potted stink bugs were checked daily for recording stink bug death, pupation or adult parasitoid emergence. All stink bugs dead (nymphs and adults) were dissected within a period of 24 h under stereoscopic microscopy (Wild Heerbrugg) to check for

the presence of larvae or pupae of parasitoids. When this procedure was not performed within a 24 h period, insects were stored at -20°C until dissection. The pupae of parasitoids recovered from parasitized stink bugs were maintained in plastic pots (50 mL) filled with a thick bed (~2 cm) of wet vermiculite until adult emergence. Parasitoids were identified according to the order that they belong when they were at larval stage or to genera/species level when they were obtained at adult stage. Larvae, pupae and microhymenoptera parasitoids were conserved in glass vials (4 mL) filled with ethanol (70%). Diptera adults were mounted using entomological pins. Each parasitoid recorded was described considering host species, host stage and sex, region and area where the stink bugs were collected, number of individuals and date of dissection or pupae/adult emergence.

Stink bug species identity was confirmed by Dr. Christiano F. Schwertner (Universidade Federal de São Paulo - Unifesp) from reference specimens from each area. Hymenoptera parasitoids were identified by Dr. Daniel Alejandro Aquino (Faculdade de Ciências Naturais - La Plata – Argentina) and Diptera parasitoids by Dr. Rodrigo V. P. Dios (Departamento de Zoologia – USP). Larvae and pupae were classified as Diptera or Hymenoptera by their morphological characteristics. Voucher specimens were deposited in the entomological collection of Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia.

2.3 Data analysis

2.3.1 Diversity of stink bugs and adult parasitoids

To analyze the hypotheses of the influence of a latitudinal gradient in stink bug assemblage and parasitoid guild diversity (richness and abundance), data of each group were considered to create Rényi diversity profiles. This is a method for diversity ordering from low to high diversity (Tóthmérész, 1995) that allows diversity comparison without arbitrary selection of a specific index. In Rényi profiles values on ordinates are in an α scale from 0 to infinite ($\alpha = 0$ indicate richness of each area S , $\alpha = 1$ is equivalent to Shannon diversity index H , $\alpha = 2$ is equivalent to Simpson diversity index and $\alpha = \infty$ is equivalent to Berger-Parker diversity index (Kindt et al., 2006 and references there). The shape of the profile is an indication of the evenness, therefore, an horizontal profile indicates that all species have the same evenness, and when the profile assumes a decline shape (from left to right) the evenness is lower as the slope of the curve is higher (Kindt and Coe, 2005). The method compare curves that do not show

intersections, curves above the others indicate areas with higher diversity (Kindt and Coe, 2005). Richness was also compared through regression analysis (R Core Team, 2009) between values of richness estimator (Chao 1) of each region [obtained with Past software, (Hammer et al., 2001)] and latitude. A cluster analysis, using Bray-Curtis similarity index was performed to check for the association between regions in relation composition of stink bugs and parasitoids. These analyses were performed in PAST software (2.17 version) (Hammer et al., 2001).

2.3.2 Parasitism pattern

All the analyses for parasitism index were performed considering adult stages owing to the parasitism in late nymphs instars were rare. The parasitism indexes were compared, among regions and species (considering number of individuals of each species parasitized/total number of stink bugs parasitized) using generalized linear models (GLM) and deviance analyses with binomial distribution of errors and logit as link function. In addition, to test if parasitism indexes are different between Diptera and Hymenoptera and between males and females of stink bugs similar GLM models were applied. When over dispersion of data was observed, a quasi-binomial model was performed. Parasitism index was also evaluated in relation to stink bugs densities calculated from data of samples obtained with shake cloth technique. The proportion of stink bugs adults parasitized was calculated as total adult stink bugs parasitized/total stink bugs in each sampling area. These analyses were also performed using GLM models with binomial error distribution and logit as a link function, quasi-binomial model for data with over dispersion was performed. All GLM analyses were performed in R platform (R Core Team, 2009).

3. Results

3.1 Diversity of stink bugs

From a total of 4484 stink bugs collected, nine species of Pentatominae and one of Edessinae were identified (Table1). We collected 597 nymphs of 2nd and 3rd, 871 late nymphs (4th and 5th) and 3016 adults. The neotropical brown stink bug, *Euschistus heros* was the most abundant species with 3799 individuals (84,72% of the total stink bugs collected). This species was recorded in all nine regions of the study. *Piezodorus guildinii* and *Nezara viridula* usually considered as important pest of soybean were

recorded in lower numbers 221 (4.93%) and 148 (3.30%), respectively (Table 1). In the region N2 just one soybean area was considered, N2.1, because the other two areas surveyed (N2.2 and N2.3) had negligible number of collected individuals (3 and 7 stink bugs). The same happened in region C4, where the area C4.3 was also not considered because of the low number of stink bugs found (N = 3).

The stink bug richness, estimated from observed values, did not show a linear relation with latitude (linear regression $F = 0.02$; $p = 0.87$; $r^2 = 0.0038$) (Figure 2A). The Rényi diversity profiles (Figure 3A) showed that regions C1, C2 and S1 have higher richness than the others. Notwithstanding, stink bug diversity of the different regions was similar (C2 and S1; C6 and C1; and C5 and N2) and this could be related to similar evenness influenced by high dominance of the species, *E. heros* (Figure 3A). The only exception appears to be region N1 where *Dichelops furcatus* was as abundant as *E. heros* (44.68% and 55.32% of the total of insects collected in those regions, respectively) (Table 1).

The similarity among regions showed the same pattern. Areas in different latitude as C6 and S1 and the regions N2 and C4 showed 87% and 70% index of similarity, respectively (Figure 4A).

3.2 Diversity of adult parasitoid

From the insects collected in the field, a total of 96 parasitized stink bugs were obtained. Parasitoids were distributed in two insect Orders, Diptera and Hymenoptera. Diptera was represented by six species of Family Tachinidae and Hymenoptera by one species, *Hexacladia smithii* (Encyrtidae). The most frequent parasitoid was *H. smithii* (17 stink bugs parasitized) followed by *Gymnoclytia* sp. (11 stink bugs parasitized) and *Phasia* sp. (9 stink bugs parasitized), all of them using only *Euschistus heros* as hosts (Table 2). In C6 region stink bugs were parasitized by Diptera, however, no adults were obtained from these insects and identification of parasitoids was done only until order level following larvae or pupae morphological characteristics. The most abundant stink bug species, *E. heros* supported higher number of parasitoid species (5). *Cylindromyia brasiliiana* and *Trichopoda* sp. were found only in one stink bug individual of *Dichelops furcatus* and *Nezara viridula*, respectively (Table 2).

Similarly, to what was found concerning stink bug community no latitudinal gradient was observed in parasitoid community composition. There was no relation between estimated richness of species and latitude (linear regression, $F = 0.74$; $p = 0.42$;

$R^2 = 0.11$) (Figure 2B). Rényi diversity profile indicate that C2 region had higher richness and diversity than the others regions (Figure 3B) and regions N1 and C1 had the lowest diversity. The same result was obtained when considered the similarity between regions. Regions in different latitudes had similar composition of parasitoids. N2 and C2 regions, for example, shared more than 70% of similarity in composition of parasitoids species (Figure 4B).

3.3 Parasitism pattern

Parasitism indexes showed significant variation between regions (GLM and deviance analyses $\chi^2 = 37.19$; $df = 8$; $p = 0.01$) with indexes varying around 0.77 to 6.05%. Contrast analysis revealed significant differences among regions (Figure 5A). Considering parasitism by total stink bugs parasitized, the higher percentage of parasitism was observed in *E. heros* (Figure 5B) which was also the most prevalent species.

The parasitism indexes by Diptera parasitoids varied from 0.31 to 6.05% and for Hymenoptera parasitoids varied from 0 to 2.70% among regions (Figure 6A). Diptera parasitoids showed higher parasitism indexes compared to Hymenoptera parasitoids (GLM and deviance analyses $\chi^2 = 31.65$; $df = 1$; $p < 0.001$), there were significant differences among regions (GLM and deviance analysis $\chi^2 = 36.73$; $df = 8$; $p < 0.001$) and there was interaction between these two factors (GLM and deviance analyses $\chi^2 = 35.15$; $df = 8$ $p < 0.001$) (Parasitism by Hymenoptera and Diptera in each region is showed in figure 6A).

No significant differences were observed in parasitism indexes when considering stink bugs by sex (GLM and deviance analysis $\chi^2 = 0.10$ $df = 1$ $p = 0.74$). There were differences between regions (GLM and deviance analysis $\chi^2 = 37.41$; $df = 8$; $p < 0.001$) and there was no interaction between these two factors (GLM and deviance analysis $\chi^2 = 7.73$; $df = 8$; $p = 0.45$) (Figure 6B). The same results were obtained when male and female parasitism were analyzed related to parasitoids by order (Diptera (GLM and deviance analysis host sex $\chi^2 = 0.11$ $df = 1$ $p = 0.73$; regions $\chi^2 = 50.36$ $df = 8$ $p < 0.01$ and no interaction $\chi^2 = 6.94$ $df = 8$ $p = 0.54$) and Hymenoptera (GLM and deviance analysis host sex $\chi^2 = 0.24$ $df = 1$ $p = 0.61$; regions $\chi^2 = 21.78$ $df = 8$ $p = 0.005$ and no interaction $\chi^2 = 2.82$ $df = 8$ $p = 0.94$) (Parasitism by Hymenoptera and Diptera in female and male of stink bugs in each region is showed in figures 6C e 6D).

Parasitism was observed in both nymphs and adults. Notwithstanding parasitism in nymphs was rare. Parasitoids were recovered only from 4 nymphs collected, representing 4.17% of parasitized insects and 0.46% of the late nymphs collected.

Mean stink bugs densities in different field surveyed, estimated by shake cloth samplings, varied between 0.15 and 4.8 per m². No significant relation was observed between parasitism indexes and stink bug field density (GLM analyses = 0.66 df = 21 p = 0.51).

4. Discussion

The stink bug assemblage diversity did not show consistent differences with latitudinal pattern and this result could be influenced by the high dominance of the brown stink bug, *E. heros*. The higher richness observed in some regions is based in the presence of rare species collected in areas with higher abundance of stink bugs.

Euschistus heros was the most abundant species and it was dominant in all regions (84.72% of relative abundance), showing that this species maintain the status of dominance in pentatomids stink bugs assemblage on soybean cultures as previously related (Corrêa-Ferreira and Panizzi, 1999; Panizzi et al., 2012). This stink bug has increased their presence and dominance in southern part of their geographic distribution (southern of Brazil) (Panizzi and Corrêa-Ferreira, 1997; Panizzi et al., 1977) and recently it was also reported in Argentina (Saluso et al., 2011). In the same way, following the expansion of soybean crop, *E. heros* is found in northern areas of Brazil, as in region N1 (São Desidério, Bahia State) of this study (Figure 1) and even in northern regions of the country such as in Maranhão State placed in the northeastern of Brazil (Panizzi, 2002) and in Acre State in Amazon region (Thomazini, 2001). This suggests that *E. heros* may have high phenotypic and physiological plasticity to be adapted to different climatic conditions (see supplementary material: Appendix 1.2 in this thesis p.134). Others reasons that could explain its dominance in soybean fields is its behavior of overwinter in agriculture areas protected by crop debris and leaf litter (Panizzi and Niva, 1994; Panizzi and Vivan, 1997). The wide adoption of no-tillage practices in Brazil could favor *E. heros* survivorship in cold weather, especially in the southern distribution range of this species (Panizzi, 2013). In addition, this species shows high capacity to develop resistance to insecticide (Souza-Gomez et al., 2001; Souza-Gomez and Silva, 2010). All these factors could help to increase the population

levels of this species and not the others. *Dichelops furcatus* is another species that has increased its frequency and abundance in grain crops in Brazil (Panizzi, 2013). However, this species was not abundant in soybean and was recorded primarily in south of Brazil, but in northern region N1, it was as abundant as *E. heros*. As suggested by Panizzi (2013) no tillage and successive host crops cultivation (ex. soybean and corn) could favor this species, that shows the same overwintering behavior of *E. heros*.

Stink bug adult parasitoid guild appears to follow a similar trend as herbivorous stink bugs. Even with clear differences in species richness, the diversity levels were similar between the regions, with exception of region C2 that was richer and diverse, and no effect of latitudinal gradient was observed in parasitoid guild. The parasitoids found in this work was previously reported in different hosts so they appear to be not specific (Corrêa-Ferreira et al., 1998b; Guimarães, 1977; Jones et al., 1996; Panizzi and Corrêa-Ferreira, 1997), but they show some host preference, as in the case of *Hexacladia smithii* that was obtained exclusively from *E. heros* as previously reported in literature (Corrêa-Ferreira, 1998a; Godoy et al., 2010; Turchen et al., 2015).

The dominance of one species of Pentatomidae, *E. heros*, confirmed the hypothesis suggested by Barbosa (1998) that claimed for the existence of dominance of a limited number of species in agroecosystems which would influence in guild composition of natural enemies. *Euschistus heros*, also harbored a larger number of parasitoids species as *Gymnoclytia* sp., *Ectophasiopsis* sp., *Eutrichopoda* sp., *Phasia* sp. and *Hexacladia smithii*, and this has confirmed the hypotheses that herbivorous with higher abundance support higher diversity of parasitoids (Hawkins, 1994).

When parasitism was considered in relation to the total number of insects parasitized, higher values of parasitism were found for in *E. heros*. The dominance of this species has also contributed to higher parasitism.

In this work the parasitism indexes were low and, varied from 0.77% to 6.05%, and it was variable among regions. In general, stink bug adult parasitism indexes are highly variable with values varying from 0 to 5% (Godoy et al., 2010) and 1.5 to 13.99% (Turchen et al., 2015) in soybean conventional crops in Brazil. On the other hand, in soybean areas in Brazil and U.S.A. where the application of insecticide is reduced or absent or the use is selective, the parasitism indexes are higher, and vary from 15 to 60% (Corrêa-Ferreira, 1984; Corrêa-Ferreira et al., 1998a; Jones, 1996; Mourão and Panizzi, 2000; Panizzi and Oliveira, 1999). High parasitism index around 24.8% to 70% also has been reported for other crops in different regions of the world in

experimental areas and in areas of evaluation of applied biological control (release of parasitoids and stink bugs parasitized or evaluation of establishment of parasitoid after accidental introduction) (Coombs and Sands, 2000; Salerno et al., 2002; Tillman, 2013).

The low parasitism index among regions and the differences in the diversity of parasitoids in some of them observed in this study could be explained by management of stink bugs populations that actually is based in intensive use of insecticides. In Brazil insecticide application in soybean crops in the last years has increase 2 to 3 times, reaching 4 to 6 applications per season (Bortolotto et al. 2015; Panizzi, 2013), with the known negative effect in natural enemies (Theiling and Croft, 1988). On the other hand, the higher values of parasitism on adult stink bugs in Brazil (Corrêa-Ferreira, 1984; Corrêa-Ferreira et al., 1998a; Mourão and Panizzi, 2000; Panizzi and Oliveira, 1999) were reported during the decades of 1980's and 1990's when integrated pest management was employed in areas of soybean crops. In that period, the amount of insecticide to control insect pests were reduced and more selective products were also used (Panizzi, 2013).

The Diptera parasitism (0.31 to 6,05%) was higher than the parasitism found for Hymenoptera (0 to 2,70%). This difference could be influenced by more efficient Diptera parasitoids involved in the search for hosts. Previous studies suggest that tachinids parasitoids efficiently use male specific volatiles from stink bugs when searching for hosts (Aldrich et al., 1991; Tillman et al., 2010). However, further comparative studies are necessary to confirm this hypothesis.

Adult parasitoids did not discriminate between male and females, both sexes of stink bugs showed similar parasitism rates. Same results were obtained when Diptera or Hymenoptera parasitoids were considered individually. As the search for host is influenced by chemical cues (Aldrich et al., 1987, 1991, 2007; Tillman et al., 2010) probably the parasitoids follow the sexual and/or defensive pheromone as indicative of presence of hosts in the area. As suggested by Maclain et al. (1990) the parasitism in females, probably, is due to their association with males during courtship and/or copulation.

The parasitism was almost exclusive in adults; only four nymphs were parasitized (0.46% of the nymphs collected). Nymphs when compared with adults are more vulnerable than adults to predation pressure because of absence of wings that limit their dispersion and escape from natural enemies. In addition, nymphs go through by

process ecdysis and this phenomenon is influenced by hormonal changes (Chapmann, 1998), which parasitoids have to develop strategies to cope with.

Stink bug parasitism indexes appear to not be influenced by stink bug densities. Notwithstanding stink bug populations sampled in this study showed very low density levels (from 0.15 to 4.8) and this conclusion need to be confirmed with data covering a higher density range. In a field study in Argentina, Liljeström and Bernstein (1990) showed that the tachinid *Trichopoda giacomellii* respond to *N. viridula* population dynamics in a density-dependent way. For parasitoids acting efficiently in the regulation of herbivore populations the response to host density is one important aspect to consider use in biological control programs (Bernstein, 2000; Debach and Rosen, 1991).

5. Conclusion

Stink bug assemblage and parasitoid guild in soybean do not differ along a latitudinal gradient in Brazil due to the dominance of one specie, *E. heros*. This could suggest that soybean production system and physiological and phenological adaptation of some species of stink bugs and parasitoids are more relevant than latitudinal and climatic gradient, from north to south to determinate insect guilds in soybean.

Acknowledgements

We are grateful to Antonio Carlos S. Araújo, Dr. Antônio Ricardo Panizzi, Claudemir Theodoro, Dr. Crébio J. Ávila, Dr. Germison Tomquelski, Dr. Marcio Peixoto, Dra Mônica J. B. Pereira, Simone B. Ferreira for the support and indication of soybean areas. We are also thankful to the undergraduate students that help in field work and Sergio Noronha for help with the map. Daniel A. Aquino, Rodrigo V. P. Dios, Cristiano F. Schwertner for identification of insects. This work was supported by Brazilian Council for Scientific and Technological Development (CNPq) though a grant to M.F.S. Aquino, the Brazilian Corporation of Agricultural Research (EMBRAPA) and the Federal District Research Foundation (FAP-DF).

References

- Aldrich, J.R., Hoffmann, M.P. Kochansky, J.P. Lusby, W.R. Eger, J.E. and Payne J.A. 1991. Identification and attractiveness of a major component for Nearctic *Euschistus* spp. stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae). *Environ. Entomol.* 20, 477–483.
- Aldrich, J.R., Khrimian, A., Camp, M.J. 2007. Methyl 2,4,6-decatrienoates attract stink bugs and tachinid parasitoids. *J. Chem. Ecol.* 33, 801–815.
- Aldrich, J.R., Oliver, J.E., Lusby, W.R., Kochansky, J.P., Lockwood, J.A., 1987. Pheromone strains of the cosmopolitan pest, *Nezara viridula* (Heteroptera, Pentatomidae) *J. Exp. Zool.* 244, 171–175.
- Arnaud, P.H. 1978. A host-parasite catalogue of North American Tachinidae (Diptera). U.S. Department of Agriculture, Miscellaneous Publication 1319.
- Baldin, E.L.L., Fujihara, R.T., Arlindo, J.R.L.B., Almeida, M.C.D.E. 2010. Parasitismo de percevejos-praga do maracujazeiro no Brasil por *Hexacladia smithii* Ashmead (Hymenoptera: Encyrtidae). *Neotrop. Entomol.* 39, 306–307.
- Barbosa, P.C. 1998. Conservation Biological Control, Academic Press, San Diego, California.
- Bernstein, C. 2000. Host–parasitoid models: the story of successful failure, in: Hochberg, M., Ives, A. (Eds.), *Population Biology of Host–Parasitoids Interactions*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, pp. 41–57.
- Bortolotto, O.C., Pomari-Fernandes, A., Bueno, R.C.O. de, Bueno, A. de F., Kruz, Y.K.S., Queiroz, A.P., Sanzovo, A. Ferreira, R.B. 2015. The use of soybean integrated pest management in Brazil: a review. *Agron. Sci. Biotechnol.* 1, 25–32.
- Chapmann, R. F. 1998. *The Insects: Structure and Function*, fourth ed. Cambridge University Press, United Kingdom.

Conab. Companhia Nacional de Abastecimento, 2015. Acompanhamento da safra brasileira: Grãos. Safra 2014/2015. Décimo Segundo levantamento http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_09_11_10_42_03_boletim_graos_setembro_2015.pdf (accessed 15. 12. 2015).

Coombs, M., Sands, D.P.A. 2000. Establishment in Australia of *Trichopoda giacomellii* Blanchard (Diptera: Tachinidae) a biological control agent for *Nezara viridula* (L.) (Hemiptera: Pentatomidae). Aust. J. Entomol.39, 219–222.

Corrêa-Ferreira, B.S. 1984. Incidência do parasitóide *Eutrichopodopsis nitens* Blanchard, 1966 em populações do percevejo verde *Nezara viridula* (Linnaeus, 1758). An. Soc. Entomol. Brasil 13, 321–330.

Corrêa Ferreira, B.S. 2002. *Trissolcus basal* para o controle de percevejos da soja, in: Parra, J.R.P. et al., Controle Biológico no Brasil, Parasitoides e Predadores. Manole Ltda, São Paulo, pp. 449–476.

Corrêa Ferreira, B.S. 2012. Amostragem de pragas da soja, in: Hoffmann-Campo, C.B., Corrêa Ferreira, B.S., Moscardi, F. (Eds.), Soja: Manejo Integrado de Insetos e outros Artrópodes-Praga. Embrapa, Brasília, DF, pp. 631–672.

Corrêa-Ferreira, B.S. Nunes, M.C., Ugucioni, L.D. 1998a. Ocorrência do parasitoide *Hexacladia smithii* Ashmead em adultos de *Euschistus heros* (F.) no Brasil. An. Soc. Entomol. Bras., 27, 495–498.

Corrêa-ferreira, B.S., Nunes, M.C., Ugucioni, L.D. 1998b. Levantamento do complexo de parasitoides em adultos de percevejos da soja. Resultados de Pesquisa Embrapa Soja 1997 (Documentos, 118). Londrina, 70-71.

Corrêa-Ferreira, B.S., Moscardi, F. 1996. Biological control of soybean stink bugs by inoculative releases of *Trissolcus basal*. Entomol. Exp. Appl. 79, 1–7.

Corrêa-Ferreira, B.S., Panizzi, A.R. 1999. Percevejos da soja e seu manejo. Embrapa-CNPSO, Londrina. Circular Técnica 24.

Costa Lima, A. 1930. Sobre insetos que vivem em maracujás (*Passiflora* spp.). Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, 23, 159–162.

Cuezzo, F., Fidalgo, P. 1997. *Hexacladia smithii* Ashmead (Hymenoptera:Encyrtidae): a new record for Argentina and two new pentatomid hosts recorded, *Antiteuchus variolosus* Westwood and *Edessa meditabunda* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae). The Entomologist, 116, 11–14.

De Santis, L. 1979. Catálogo de los himénopteros calcidoideos de América AL sur de los Estados Unidos. La Plata: Publicación Especial Comisión de Investigaciones Cientificas, Provincia de Buenos Aires.

Debach, P., Rosen, D. 1991. Biological Control by Natural Enemies, second ed. Cambridge University Press, Cambridge.

Embrapa. 2004. Tecnologias de Produção de Soja Região Central do Brasil 2005. Embrapa Soja, Embrapa Cerrados, Embrapa Agropecuária Oeste (Eds).

Gaston, K.J. 2000. Global patterns in biodiversity. Nature. 405, 220–227.

Godoy, K.B., Ávila, C.J., Duarte, M.M., Arce, C.C.M. 2010. Parasitismo e sítios de diapausa de adultos do percevejo marrom, *Euschistus heros* na região da Grande Dourados, MS. Cienc. Rural 40, 1199–1202.

Guimaraes, J.H. 1977. Host-parasite and parasite-host catalogue of South American Tachinidae (Diptera) Arq. Zool. 28, 1–131.

Hammer, O., Harper, D.A.T., Ryan, P.D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. Palaeontologia Electronica 4 (1):9pp. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm.

Hawkins, B.A. 1994. Pattern & Process in Host-Parasitoid Interactions. Cambridge University Press, New York.

Hoffmann-Campo, C.B., Corrêa-Ferreira, B.S., Moscardi, F..2012. Soja: Manejo Integrado de Insetos e outros Artrópodes-Praga. Embrapa, Brasília, DF.

Fatouros, N.E., Dicke, M., Mumm, R., Meiners, T., Hilker, M. 2008. Foraging behavior of egg parasitoids exploiting chemical information. *Behav. Ecol.* 19, 677–689.

Herbert, A.D., Harper, J.D. 1983. Modification of the shake cloth sampling technique for soybean insect research. *J. Econ. Entomol.* 76, 667–670.

Higaki, M., Adachi, I. 2011. Response of a parasitoid fly, *Gymnosoma rotundatum* (Linnaeus) (Diptera:Tachinidae) to the aggregation pheromone of *Plautia stali* Scott (Hemiptera:Pentatomidae) and its parasitism of hosts under field conditions. *Biol. Control* 58, 215–221.

Jang, S.A., Jin Hoon Cho, J.H., Gyeong Mi Park, G.M., Ho Yul Choo, H.Y., Park, C.G. 2011. Attraction of *Gymnosoma rotundatum* (Diptera: Tachinidae) to different amounts of *Plautia stali* (Hemiptera: Pentatomidae) aggregation pheromone and the effect of different pheromone dispensers. *J. Asia Pac. Entomol.* 14, 119–121.

Jang, S.A., Park, C.G. 2010. *Gymnosoma rotundatum* (Diptera: Tachinidae) attracted to the aggregation pheromone of *Plautia stali* (Hemiptera: Pentatomidae). *J. Asia Pac. Entomol.* 13, 73–75.

Jones, W.A. 1988. World review of the parasitoids of the Southern green stink bug, *Nezara viridula* (L.) (Heteroptera: Pentatomidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 81, 262–273.

Jones, W.A., Shepard, B.M., Sullivan, M.J. 1996. Incidence of parasitism of pentatomid (Heteroptera) pests of soybean in South Carolina with a review of studies in other states. *J. Agric. Entomol.*13, 243–263.

Kindt, R., Coe, R. 2005. Tree Diversity Analysis. A manual and software for common statistical methods for ecological and biodiversity studies. Nairobi, World Agroforestry Centre (ICRAF).

Kindt, R., Van Damme, P., Simons, A.J. 2006. Tree diversity in western Kenya: using profiles to characterise richness and evenness. *Biodivers. Conserv.* 15, 1253–1270.

Kogan, M., Pitre Jr., H.N. 1980. General sampling methods for above-ground populations of soybean arthropods, in: Kogan, M., Herzog, D.C. *Sampling Methods in Soybean Entomology*. Springer-Verlag, New York, pp. 30–60.

Liljesthöm, G., Bernstein, C. 1990. Density dependence and regulation in the system *Nezara viridula* (L.) (Hemiptera: Pentatomidae), host and *Trichopoda giacomellii* (Blanchard) (Diptera: Tachinidae), parasitoid. *Oecologia* 84, 45–52.

McLain, D.K., Marsh, N.B., Lopez, J.R., Drawdy, J.A. 1990. Intravernal changes in the level of parasitization of the Southern green stink bug (Hemiptera: Pentatomidae), by the feather-legged fly (Diptera: Tachinidae): Host sex, mating status, and body size as correlated factors. *J. Entomol. Sci.* 25, 501–509.

Liljestrom, G. 1980. Nota sobre *Trichopoda giacomellii* (Blanchard, 1966) (Diptera: Tachinidae). *Neotropica* 26, 233–236.

Mitchell, W.C., Mau, R.F.L. 1971. Response of the female southern green stink and its parasite, *Trichopoda pennipes*, to male stink bug pheromones. *Ibid* 64, 856–859.

Mourão, A.P. M., Panizzi, A.R. 2000. Diapausa e diferentes formas sazonais em *Euschistus heros* (Fabr.) (Hemiptera: Pentatomidae) no Norte do Paraná. *An. Soc. Entomol. Bras.* 29, 205–218.

Panizzi, A.R. 2002. Stink bugs on soybean in northeastern Brazil and a new record on the southern green stink bug, *Nezara viridula* (L.) (Heteroptera: Pentatomidae). *Neotrop. Entomol.*, 31, 331–332.

Panizzi, A.R. 2013. History and contemporary perspectives of the integrated pest management of soybean in Brazil. *Neotrop. Entomol.* 42, 119–127

Panizzi, A.R., Bueno, A.F., Silva, F.A.C. 2012. Insetos que atacam vagens e grãos, in: Hoffmann-Campo, C.B., Corrêa Ferreira, B.S., Moscardi, F. (Eds.), Soja: Manejo Integrado de Insetos e outros Artrópodes-Praga. Embrapa, Brasília, DF, pp.335–420.

Panizzi A.R., Corrêa-Ferreira, B.S. 1997. Dynamics in the insect fauna adaptation to soybean in the tropics. Trends Entomol. 1, 71–88.

Panizzi A.R., Corrêa-Ferreira, B.S., Gazzoni, D.L., Oliveira, E.B., Newman, G.G., Turnipseed, S.G. 1977. Insetos da soja no Brasil, Embrapa-CNPSO, Londrina.

Panizzi, A.R., Niva, C. 1994. Overwintering strategy of the brown stink bug in Northern Paraná. Pesqui. Agropecu. Bras. 29, 509–511.

Panizzi, A.R., Oliveira, A.M. 1999. Seasonal occurrence of tachinid parasitism on stink bugs with different overwintering strategies. An. Soc. Entomol. Bras. 28, 169–172.

Panizzi, A.R., Silva, J.J.D.A. 2010. New records of pentatomids as hosts of *Hexacladia smithii* Ashmead (Hymenoptera: Encyrtidae) in Southern Brazil. Neotrop. Entomol. 39, 678–679.

Panizzi, A.R., Slansky Junior, F. 1985. Review of phytophagous pentatomids (Hemiptera: Pentatomidae) associated with soybean in the Americas. Fla. Entomol. 68, 184–214.

Panizzi, A.R., Vivan, L.M. 1997. Seasonal abundance of the neotropical brown stink bug, *Euschistus heros* in overwintering sites and the breaking of dormancy. Entomol. Exp. Appl., 82, 213–217.

R Development Core Team. 2009. R: a Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. ISBN 3-900051-07-0, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org>.

Root, R.B. 1973. Organization of a plant-arthropod association in simple and diverse habitats: the fauna of collards (*Brassica oleracea*). Ecol. Monogr. 43, 95–124.

Salerno, G., Colazza, S., Bin, F. 2002. *Nezara viridula* parasitism by the tachinid fly *Trichopoda pennipes* ten years after its accidental introduction into Italy from the New World. *Biol. Control* 47, 617–624.

Saluso, A. Xavier, L., Silva, F.A.C., Panizzi, A.R. 2011. An invasive pentatomid pest in Argentina: Neotropical brown stink bug, *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae). *Neotrop. Entomol.* 40, 704–705.

Souza-Gomes, D.R, Corso, I.C., Morales, L. 2001. Inseticide resistance to endosulfan, monocrotophos and methamidophos in the neotropical brown stink bug, *Euschistus heros* (F.) *Neotrop. Entomol.* 30, 317–320.

Souza-Gomez, D.R, Silva, J.J. 2010. Neotropical Brown stink bug (*Euschistus heros*) resistance to methamidophos in Paraná, Brazil. *Pesqui. Agropecu. Bras.* 45, 767–769.

Stuart-Smith, R.D, Bates, A.E. Lefcheck, J.S., Duffy, J.E., Baker, S.C., Thomson, R.J., Stuart-Smith, J.F., Hill, N.A., Kininmonth, S.J., Airoidi, L., Becerro, M.A., Campbell, S.J., Dawson, T.P., Navarrete, S.A., Soler, G.A., Strain, E.M.A., Willis, T.J., Graham J. Edgar, G.J. 2013. Integrating abundance and functional traits reveals new global hotspots of fish diversity. *Nature.* 501, 539–544.

Theiling, K.M., Croft, B.A. 1988. Pesticide side-effects on arthropod natural enemies: a database summary. *Agric. Ecosys. Env.* 21, 191–218.

Tillman, P. G. 2013. Stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae) and their natural enemies in alfalfa in South Georgia. *J. Entomol. Sci.* 48, 1–8.

Tillman, P.G., Aldrich, J.R., Khrimian, A., Cottrell, T. E. 2010. Pheromone attraction and cross-attraction of *Nezara*, *Acrosternum*, and *Euschistus* spp. stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae) in the field. *Environ. Entomol.* 39, 610–617.

Thomazini, M. J. 2001. Insetos associados a cultura de soja no estado do Acre, Brasil. *Acta Amaz.* 31, 673–681.

Tóthmérész B. 1995. Comparison of different methods for diversity ordering. *J. Veg. Sci.* 6, 283–290.

Turchen, L.M., Golin, V., Favetti, B.M., Butnariu, A.R., Costa, V.A. 2015. Natural parasitism of *Hexacladia smithii* Ashmead (Hymenoptera: Encyrtidae) on *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae): new record from Mato Grosso State, Brazil. *Arq. Inst. Biol.*, 82, 1–3.

Worthley, H.N. 1924. The biology of *Trichopoda pennipes* Fab. (Diptera, Tachinidae), a parasite of the common squash bug. *Psyche* 31, 7–16.

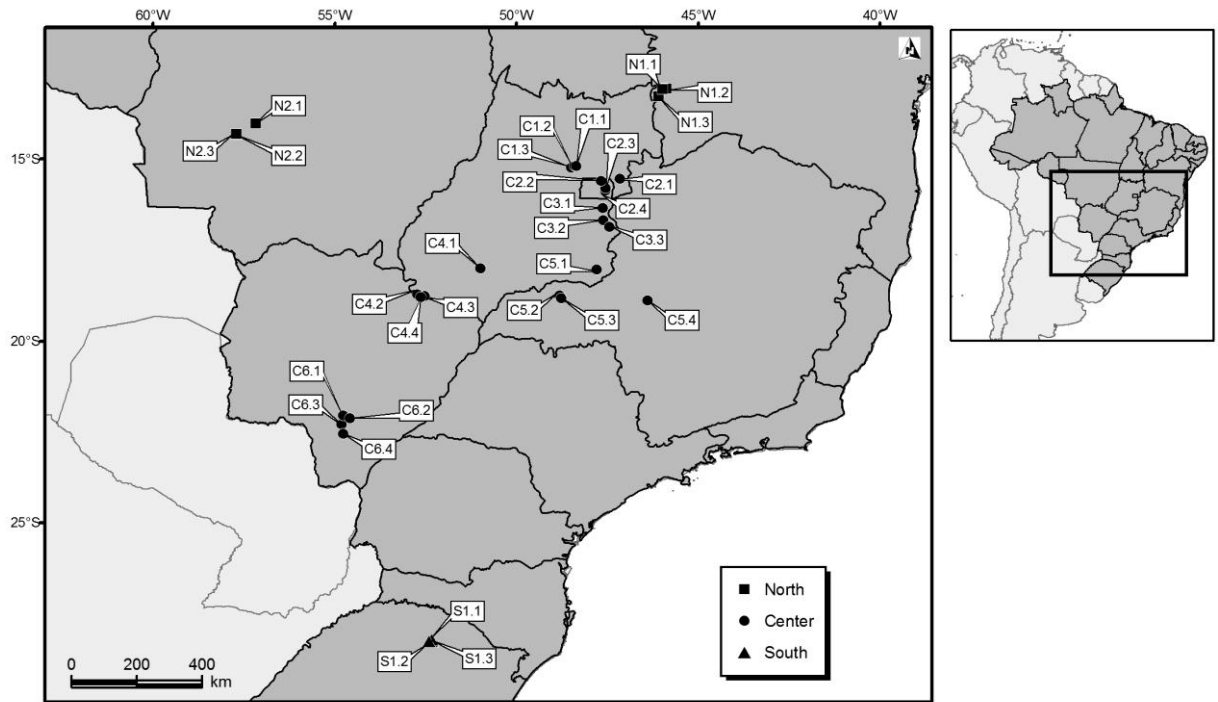


Figure 1. Localities where sampling of stink bugs were conducted in soybean agroecosystems in Brazil. Nine regions: N1, N2, C1, C2, C3, C4, C5, C6, S1. N1, N2: Regions located in north of Brazil (the numbers increase from northern to southern). C1, C2, C3, C4, C5, C6: Regions located in the center of Brazil (the numbers increase from the center to the borders of Cerrado). S1: Region of study located in south of Brazil (limits south of Atlantic forest).

Table 1. Richness, absolute (number of insects) and relative (percentage of insects related to the total collected in each region or percentage of insects related to total collected in all regions) abundance of stink bugs collected in soybean of different regions of Brazil.

Subfamily	Tribe	Species	Regions									Total
			N1	N2	C1	C2	C3	C4	C5	C6	S1	
Pentatominae	Carpocorini	<i>Dichelops furcatus</i>	42 44.68%			75 5.38%	46 10.77%		4 0.61%		37 6.56%	204 4.55%
		<i>Dichelops melacanthus</i>			1 0.16%		1 0.23%			18 3.79%		20 0.45%
		<i>Euschistus heros</i>	52 55.32%	115 99.14%	578 95.38%	1072 76.84%	337 78.92%	91 61.90%	653 98.94%	440 92.63%	461 81.74%	3799 84.72%
		<i>Oebalus poecilus</i>				1 0.07%						1 0.02%
	Nezarini	<i>Chinavia impicticornis</i>					1 0.07%					1 0.02%
		<i>Chinavia longicorialis</i>									1 0.18%	1 0.02%
		<i>Chinavia ubica</i>			1 0.16%	3 0.22%						4 0.09%

Continue

Subfamily	Tribe	Species	Regions									
			N1	N2	C1	C2	C3	C4	C5	C6	S1	Total
Pentatominae	Nezarini	<i>Nezara viridula</i>			1 0.16%	43 3.08%	21 4.92%	44 29.93%			39 6.91%	148 3.30%
	Piezodorini	<i>Piezodorus guildinii</i>			10 1.66%	195 13.98%			2 0.30%		14 2.48%	221 4.93%
Edessinae		<i>Edessa meditabunda</i>		1 0.86%	15 2.48%	5 0.36%	22 5.15%	12 8.16%	1 0.15%	17 3.58%	12 2.13%	85 1.90%
											4484	
											100%	

N1, N2= Regions located in north of Brazil (the numbers increase from northern to southern)

C1, C2, C3, C4, C5 and C6 = Regions located in the center of Brazil (the numbers increase from the center to the borders of Cerrado).

S1=Region of study located in south of Brazil (limits south of Atlantic forest).

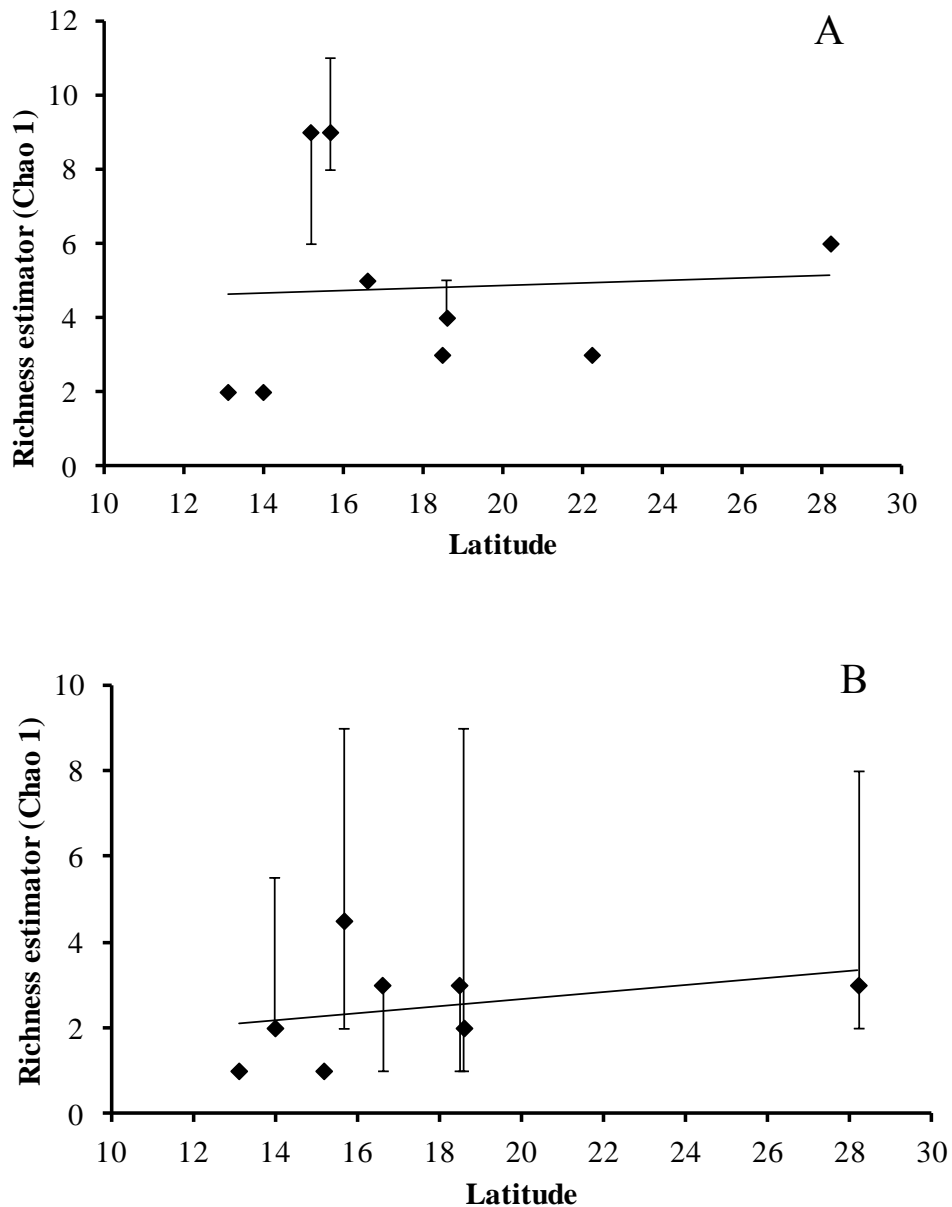


Figure 2. Richness estimative of insects collected in nine different regions (N1, N2, C1, C2, C3, C4, C5, C6, S1) of soybean and their relation to the latitude using linear regression N1, N2: Regions located in north of Brazil (the numbers increase from northern to southern). C1, C2, C3, C4, C5, C6: Regions located in the center of Brazil (the numbers increase from the center to the borders of Cerrado). S1: Region of study located in south of Brazil (limits south of Atlantic forest). **A:** Stink bugs ($r^2 = 0.0038$, $p = 0.87$); **B:** Parasitoids ($r^2 = 0.11$, $p = 0.42$).

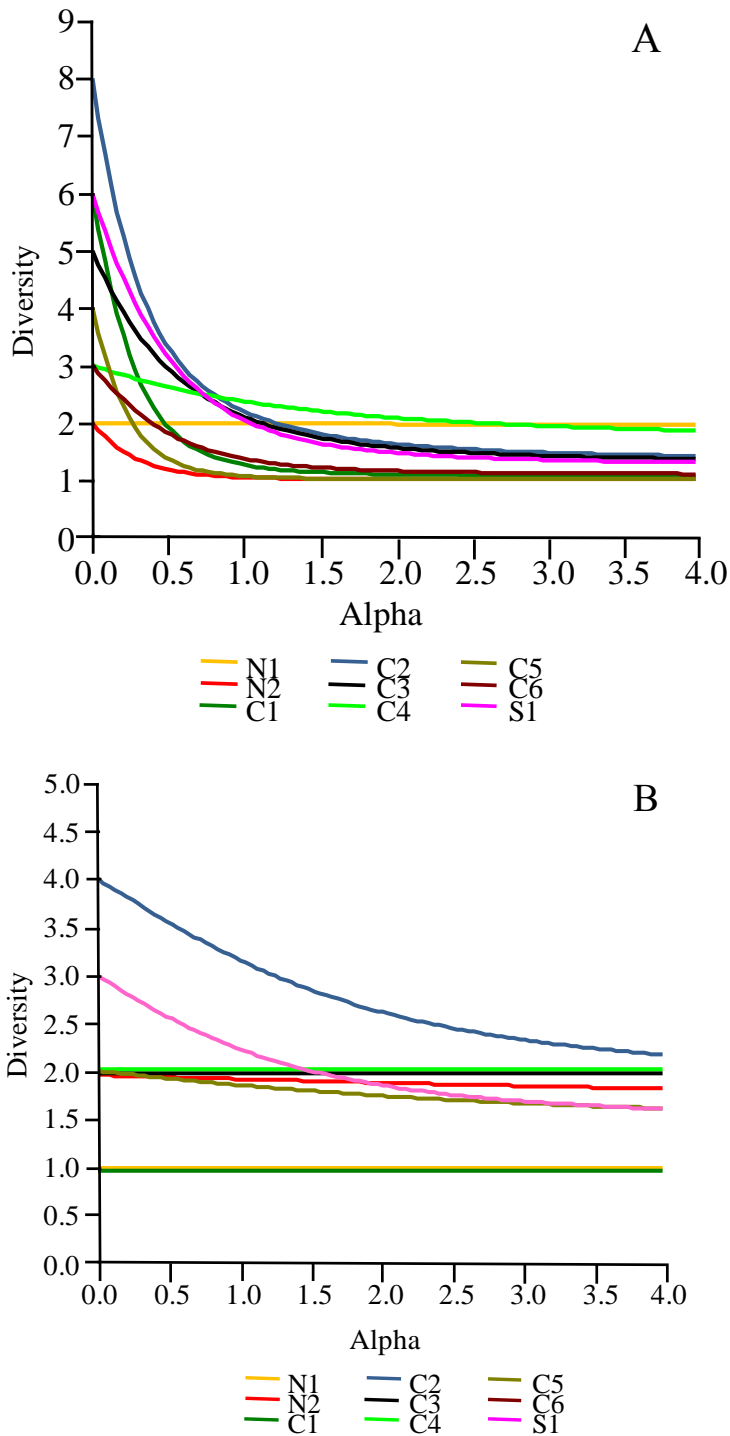


Figure 3. Diversity of insects captured in soybean in nine regions (N1, N2, C1, C2, C3, C4, C5, C6, S1) estimated using the Renyi's diversity profile. N1, N2: Regions located in north of Brazil (the numbers increase from northern to southern). C1, C2, C3, C4, C5, C6: Regions located in the center of Brazil (the numbers increase from the center to the borders of Cerrado). S1: Region of study located in south of Brazil (limits south of Atlantic forest). **A:** Stink bugs; **B:** Parasitoids – represented by number of stink bug from which they have emerged.

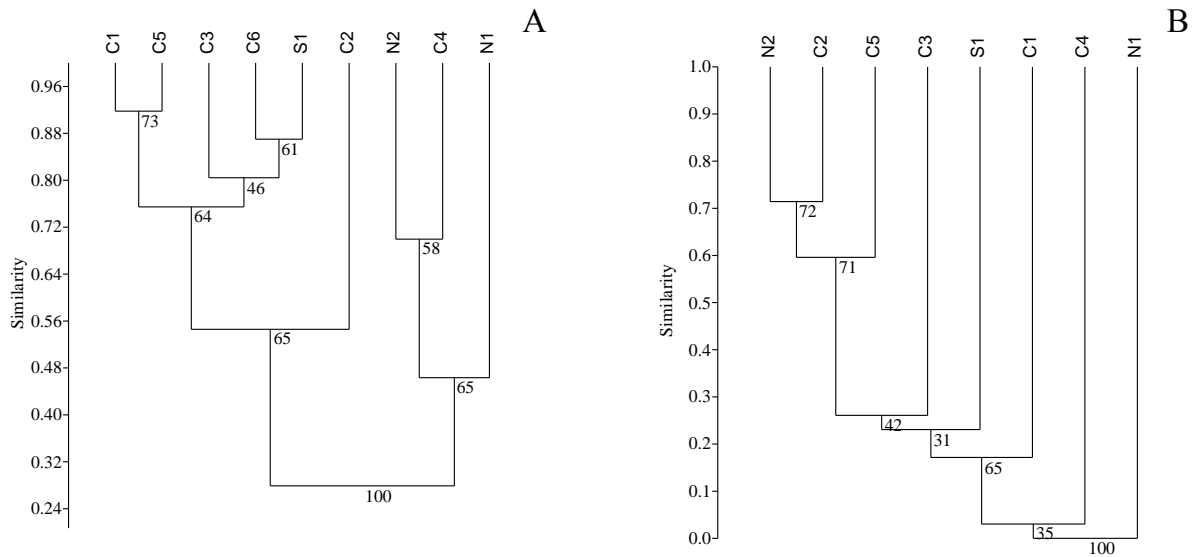


Figure 4. Similarity dendrogram of insects captured in soybean in nine regions (N1, N2, C1, C2, C3, C4, C5, C6, S1) using the Bray-Curtis index obtained by Cluster analysis. N1, N2: Regions located in north of Brazil (the numbers increase from northern to southern). C1, C2, C3, C4, C5, C6: Regions located in the center of Brazil (the numbers increase from the center to the borders of Cerrado). S1: Region of study located in south of Brazil (limits south of Atlantic forest). **A:** Stink bugs. **B:** Parasitoids.

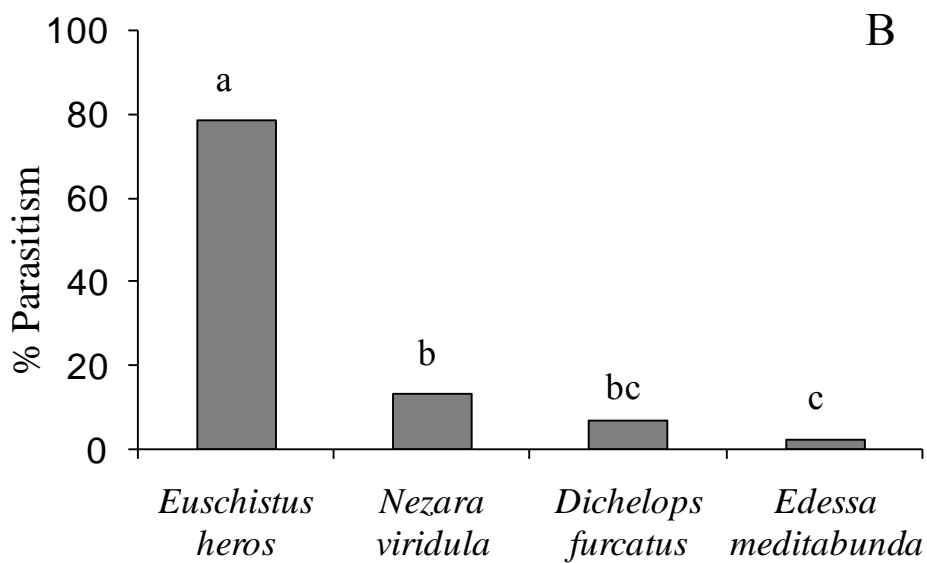
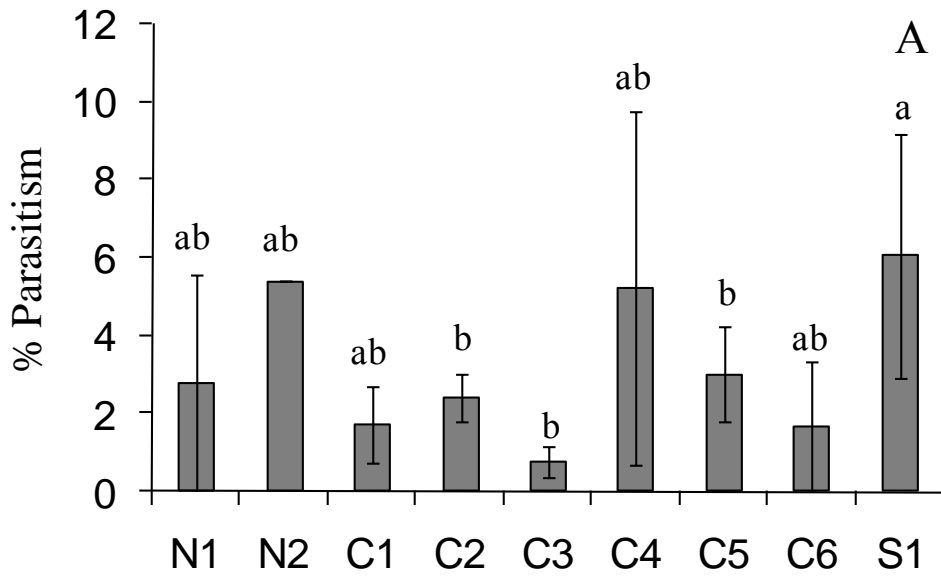
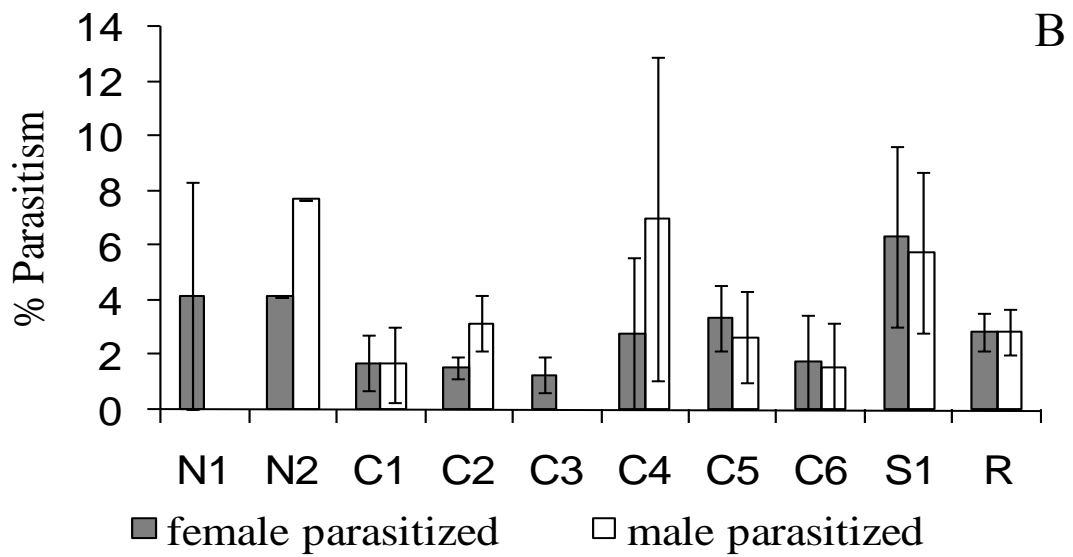
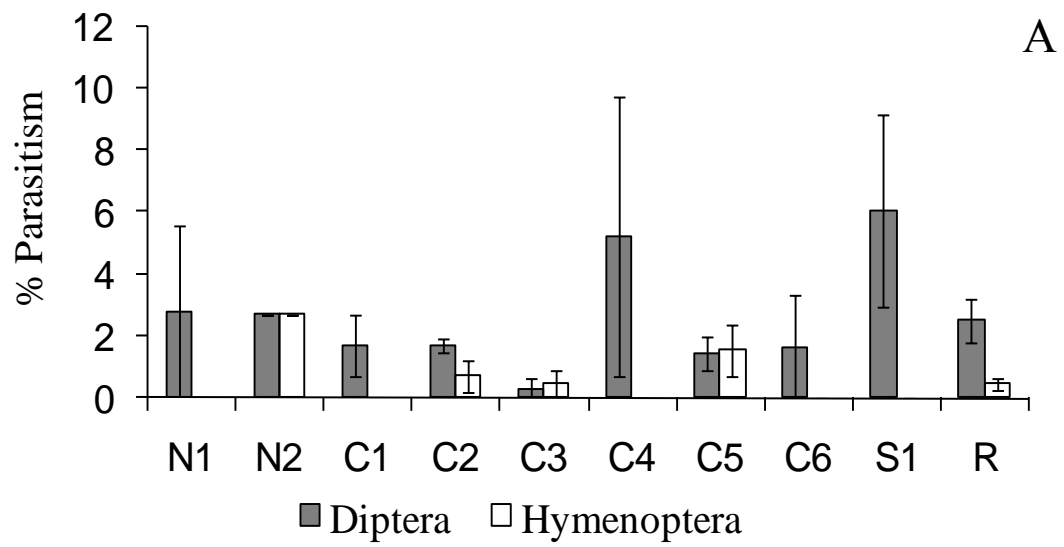


Figure 5. Parasitism of insects captured in nine regions (N1, N2, C1, C2, C3, C4, C5, C6, S1). N1, N2: Regions located in north of Brazil (the numbers increase from northern to southern). C1, C2, C3, C4, C5, C6: Regions located in the center of Brazil (the numbers increase from the center to the borders of Cerrado). S1: Region of study located in south of Brazil (limits south of Atlantic forest). **A:** Percentage of parasitism of stink bugs in nine regions. Letters means significative differences (GLM and deviance analysis $p = 0.01$); Bars indicate percentage mean \pm SE. **B:** percentage of parasitism of each specie regarding total number of stink bugs parasitized.



Subtitle on the next page

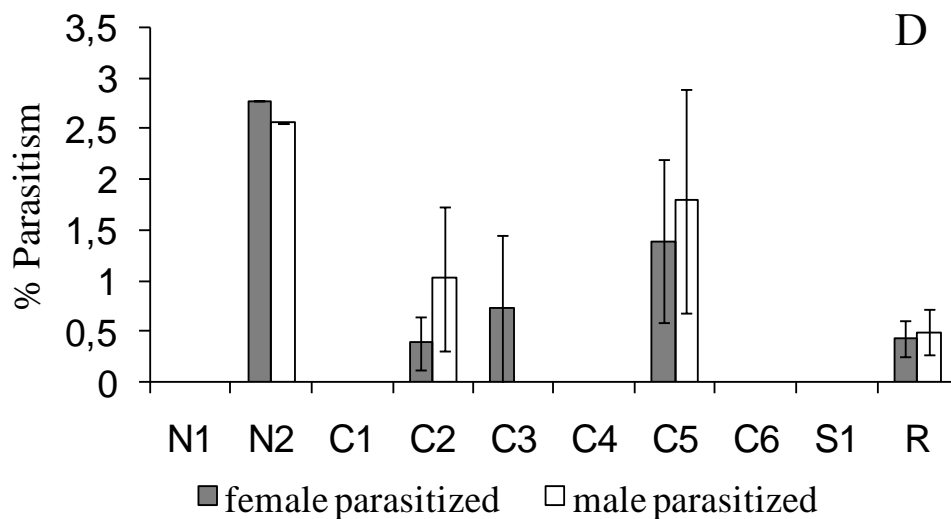
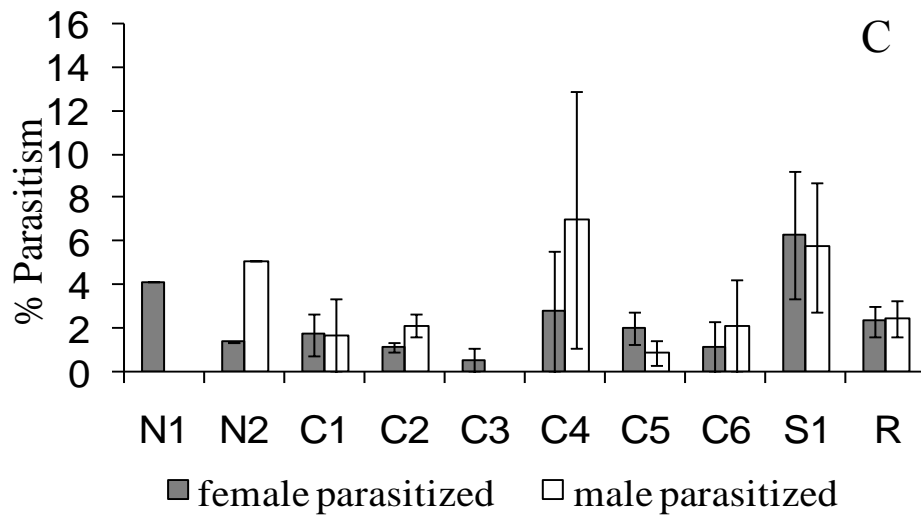


Figure 6. Percentage of parasitism of insects captured in nine regions (N1, N2, C1, C2, C3, C4, C5, C6, S1). N1, N2: Regions located in north of Brazil (the numbers increase from northern to southern). C1, C2, C3, C4, C5, C6: Regions located in the center of Brazil (the numbers increase from the center to the borders of Cerrado). S1: Region of study located in south of Brazil (limits south of Atlantic forest). Bars indicate (percentage mean \pm SE). R indicate mean considering total regions. **A** - Parasitized stink bugs by Diptera and Hymenoptera orders in adults of stink bugs;* Indicate significant differences between pairs (GLM and deviance analysis $p < 0,001$). **B** - Parasitism of females and males of stink bugs found in soybean. **C** - Parasitism of females and males of stink bugs by Diptera parasitoids. **D** - Parasitism of females and males of stink bugs by Hymenoptera parasitoids.

Table 2. Richness, abundance absolute (number of insects) and relative (percentage of insects related to total collected (lates nymphs and adults) in each region or percentage of insects related to total stink bugs parasitized) of parasitoids collected in soybean of different regions of Brazil.

Order	Family	Species	Regions									Total	
			N1	N2	C1	C2	C3	C4	C5	C6	S1		
Diptera	Tachinidae	<i>Cylindromyia brasiliiana</i>	1 1.18% Df									1 1.04%	
		<i>Ectophasiopsis</i> sp.									1 0.23% Eh	1 1.04%	
		<i>Eutrichopoda</i> sp.				1 0.07% Eh		1 0.76% Em				2 2.08%	
		<i>Gymnoclytia</i> sp.		2 1.79% Eh	1 0.22% Eh	2 0.15% Eh				4 0.65% Eh	2 0.45% Eh	11 11.46%	
		<i>Phasia</i> sp.				1 0.07% Eh	1 0.27% Eh					7 1.59% Eh	9 9.38%
		<i>Tricopoda</i> sp.							1 0.76% Nz				1 1.04%

Continue

Order	Family	Specie	Regions									Total
			N1	N2	C1	C2	C3	C4	C5	C6	S1	
Diptera	Tachinidae	Unidentified	1	1	3	12		5	3	5	10	40
			1.18%	0.89%	0.65%	0.88%		3.03%	0.49%	1.68%	2.27%	41.67%
			Df	Eh	Eh	Eh		Nz	Eh	Eh	Eh	
					1	1				1	4	7
				0.22%	0.07%				0.34%	0.91%	7.29%	
				Nz	Nz				Em	Nz		
					1					3	4	
					0.07%					0.68%	4.17%	
					Df					Df		
Hymenoptera	Encyrtidae	<i>Hexacladia smithii</i>		3		5	1		9			17
				2.68%		0.37%	0.27%		1.46%			17.71%
				Eh		Eh	Eh		Eh			
		Unidentified			2						3	
					0.15%						3.12%	
					Eh							
											96	
											100%	

Stink bugs that parasitoids were found: Df = *Dichelops furcatus*; Eh= *Euschistus heros*; Em = *Edessa meditabunda*; Nz = *Nezara viridula*.

Unidentified = Represent individuals that were in larvae, pupe or that not yielded adult parasitoid even with egg in surface body.

N1, N2: Regions located in north of Brazil (the numbers increase from northern to southern).

C1, C2, C3, C4, C5, C6: Regions located in the center of Brazil (the numbers increase from the center to the borders of Cerrado).

S1:Region of study located in south of Brazil (limits south of Atlantic forest).

Capítulo II

Influência da estrutura da paisagem e dos métodos de manejo de pragas nas populações de percevejos e seus parasitoides de adultos na cultura de soja

Introdução

As atividades humanas incrementaram mudanças aceleradas da paisagem natural durante as últimas décadas do século XX na maioria dos biomas do mundo (Lepers et al., 2005).

A intensificação da agricultura em larga escala é um dos principais agentes de destruição de habitats naturais e fragmentação de remanescentes, com consequente redução da biodiversidade (Tschardt et al., 2005a). Dependendo do grau de expansão das áreas cultivadas as paisagens agrícolas podem variar em estrutura, podendo ser dominada por cultivos ou apresentar maior porcentagem de habitats naturais (Tschardt et al., 2008).

A paisagem agrícola influencia a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos nos campos cultivados. Vários estudos têm sugerido que em paisagens agrícolas com maior porcentagem de áreas naturais e seminaturais e com menor cobertura de área cultivada, a diversidade, abundância e impacto dos inimigos naturais nos herbívoros pragas é maior (Bianchi et al., 2005; Chaplin-Kramer et al., 2011; Menalled et al., 1999; Roschewitz et al., 2005; Scheidet et al., 2011; Schmidt et al., 2003; Thies et al., 2003; Thies e Tschardt, 1999; Woltz et al., 2011). Adicionalmente, paisagens complexas, com maior diversidade de habitats favorecem a persistência de populações de inimigos naturais em áreas agrícolas (Bianchi et al., 2006). A diversidade de vegetação nesses habitats fornece maior disponibilidade de recursos florais, como pólen e néctar. Estes recursos, principalmente néctar, influenciam positivamente a longevidade e fecundidade dos parasitoides com consequências diretas na sua aptidão (Lee et al., 2004; Wälckers, 2001; Winkler et al., 2006). Além destes recursos, habitats diversos também fornecem hospedeiros alternativos, locais para hibernação e locais de refúgio favorecendo a permanência das populações de inimigos naturais em escala temporal e espacial. Herbívoros-praga também podem encontrar recursos nesses habitats já que são mais estáveis comparados a áreas agrícolas e podem abrigar plantas hospedeiras alternativas (Bianchi et al., 2006).

Assim, habitats com vegetação nativa inseridos na paisagem agrícola atuam como fonte de herbívoros e inimigos naturais, os quais se movimentam do habitat natural para o cultivado (Bianchi et al., 2006; Macfadyen et al., 2015), fenômeno conhecido como “transbordamento entre habitats” (tradução livre do original: *cross habitat spillover*) (Tschardt et al., 2012). Este efeito também ocorre de campos

cultivados para habitats naturais (Blitzer et al., 2012; Rand et al., 2006; Tscharntke et al., 2005b). Dessa maneira se estabelece uma dinâmica de fonte-dreno (source-sink) na qual manchas de vegetação com populações sustentáveis servem como fonte de organismos que dispersam para manchas de vegetação com populações temporárias ou não sustentáveis (Bianchi et al., 2006; Dunning et al., 1992; Tscharntke et al., 2008). No caso das paisagens agrícolas, as variações na disponibilidade de recursos ao longo do tempo nos diferentes habitats, (ex. áreas naturais e áreas cultivadas) faz com que estes possam atuar alternativamente como sítios fonte ou dreno (Bianchi et al., 2006; Rand et al., 2006; Tscharntke et al., 2012).

A dispersão de inimigos naturais entre habitats também pode resultar da exploração de recursos que estão separados espacialmente, também conhecido como complementação de paisagem (Dunning et al., 1992; Tscharntke et al., 2012). Por exemplo, os parasitoides que necessitam de néctar quando adultos e de hospedeiros para o desenvolvimento de suas larvas podem transitar entre campos agrícolas e vegetação natural (Landis et al., 2000; Tylianakis et al., 2004).

Desta maneira a presença de áreas (manchas) de vegetação natural inseridas na paisagem agrícola e sua proximidade aos campos de cultivo são importantes para os inimigos naturais e pode reforçar o seu impacto como reguladores das populações de insetos herbívoros pragas de culturas (Tscharntke et al., 2008).

Rand et al. (2006) sugerem que o frequente transbordamento entre habitats naturais e agrícolas pode ser responsável pela maior agregação de inimigos naturais e controle de insetos pragas próximo às bordas do campo. Esta hipótese se sustenta em estudos que demonstraram maior abundância de inimigos naturais (Dyer e Landis, 1997; Freeman-Long et al., 1998) e maiores índices de parasitismo (Thies e Tscharntke, 1999; Tscharntke et al., 2002) nas bordas em relação ao interior de campos cultivados. Recursos importantes, descritos anteriormente para a sustentação de populações de inimigos naturais, como fontes de pólen e néctar e hospedeiros alternativos são os fatores que foram atribuídos à abundância e impacto nas populações de herbívoros nestes estudos.

Campos cultivados diferentemente de áreas naturais são ambientes submetidos a distúrbios frequentes como substituição vegetal e aplicações de inseticidas, que podem interromper o serviço de controle biológico. Os impactos negativos de inseticidas sobre inimigos naturais são amplamente conhecidos e documentados (Desneux et al., 2006, 2007; Koss et al., 2005; Langolf et al., 2003; Macfadyen et al., 2014; Suma et al., 2009).

Em uma revisão Desneux et al. (2007) apontam que além do efeito direto na mortalidade de artrópodes benéficos há efeitos subletais na fisiologia e no comportamento. Além disso, os efeitos dos inseticidas podem se estender a nível da comunidade e ecossistema devido aos fenômenos de bioacumulação e biomagnificação (Desneux et al., 2007). Salerno et al. (2002) observaram que inseticidas podem influenciar no comportamento de busca de hospedeiros. Em seu estudo com o parasitoide *Trissolcus basalus* (Wollaston, 1858) (Hymenoptera: Platygasteridae) exposto a um piretroide, observaram a redução no tempo de permanência do parasitoide em arena tratada com estímulos do hospedeiro *Nezara viridula* (Linnaeus, 1758) (Hemiptera: Pentatomidae).

Percevejos pentatomídeos são as principais pragas da cultura de soja, além de outros cultivos como feijão, milho ou girassol (Schaefer e Panizzi, 2000). A disponibilidade de cultivos em rotação ao longo do ano, como soja e milho, pode favorecer o crescimento populacional de percevejos (Panizzi, 2013). A composição e distribuição dos cultivos na paisagem agrícola também podem influenciar a população de percevejos (Reeves et al., 2010; Tillman, 2013; Tillman et al., 2009). Por exemplo, na cultura de algodão a densidade de percevejos foi maior quando adjacente a campos de amendoim. E a injúria ao capulho foi maior quando o campo de algodão era adjacente a campos de soja e amendoim, que quando adjacente a milho e ao algodão (Reeves et al., 2010). A proximidade da vegetação natural é outro fator que influencia as relações percevejos-inimigos naturais. A presença de vegetação ripária, adjacente a campos de tomate, é importante para abrigar predadores cuja atividade, nestes ambientes, reduz o número de percevejos que colonizam a cultura (Ehler, 2000). As bordas dos cultivos também podem sustentar maior densidade de percevejos durante o período de colonização da soja (Panizzi et al., 1980; Roggia, 2009). A densidade de percevejos pode permanecer maior na bordadura até o período de enchimento pleno de grãos devido ao deslocamento constante de percevejos de culturas adjacentes (Roggia, 2009) ou permanecer maior densidade na borda até a maturação fisiológica da cultura de soja (Venugopal et al., 2014). Por exemplo, em estudo realizado em Maryland (EUA), foi observado maior densidade do complexo de percevejos pentatomídeos [*Chinavia hilaris* (Say, 1832), *Euschistus servus* (Say, 1832), *Murgantia histrionica* (Hahn, 1834), *Thyanta custator* (Fabricius, 1803) e *Halyomorpha halys* (Stål, 1855)] nas bordas da cultura de soja adjacente a vegetação nativa (Venugopal et al., 2014).

No entanto, a influência da composição da paisagem na abundância de percevejos e parasitoides não é conhecida no sistema soja-percevejo adulto-parasitoide.

Os estudos das interações tróficas hospedeiro-parasitoide sob a perspectiva da ecologia da paisagem são necessários para compreender como a estrutura da mesma afeta os processos ecológicos e quais os componentes da paisagem que beneficiam os agentes de controle biológico. Estas informações podem ser relevantes para o manejo de pragas e o desenvolvimento de estratégias de manipulação do habitat e sistemas de cultivos que favoreçam os inimigos naturais.

O impacto da intensificação da produção agrícola no Brasil, principalmente os cultivos de grãos, tem sido mais intensivo na região do Cerrado que perdeu mais de 50% da sua área original, transformada em áreas agrícolas (Klink e Machado, 2005). Somente na região conhecida como MATOPIBA (estados de Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia), considerada a fronteira agrícola nacional da atualidade, ocorreu uma expansão da área agrícola explosiva desde os anos 1990. No estado do Tocantins, a área plantada cresceu a um ritmo de 25% ao ano nos últimos quatro anos (Dias et al., 2016; Embrapa, 2016).

Considerando o exposto, o presente trabalho teve como objetivos:

Avaliar se a abundância de percevejos praga e os índices de parasitismo são influenciados por: i) estrutura da paisagem no entorno dos talhões de soja, ii) distância entre a vegetação nativa (Cerrado) e campos de soja e iii) se condições de manejo de pragas na cultura, influenciam no parasitismo, particularmente o uso intensivo ou moderado de inseticidas.

Hipóteses

- 1) Paisagens com maior proporção de área de vegetação nativa localizadas no entorno dos plantios de soja favorecem a ocorrência de menor abundância de percevejos, e maiores índices de parasitismo.
- 2) Os índices de parasitismo em adultos de percevejos em campos de soja são influenciados pela distância das manchas de vegetação natural. Com maiores índices de parasitismo em distâncias próximas às áreas de vegetação nativa.
- 3) Em áreas de soja onde há aplicação reduzida de inseticidas, os índices de parasitismo são maiores do que em áreas com frequente aplicação de inseticidas.

Material e Métodos

Influência da Paisagem

Áreas de estudo

As amostragens foram realizadas semanalmente em lavouras de soja de janeiro a abril de 2013. Este período compreende a fase reprodutiva da soja, desde o início da floração (R1) até a maturidade fisiológica (R8). Foram vistoriadas ao todo 10 propriedades situadas nas regiões de produção agrícola do Distrito Federal: Planaltina, Núcleo Rural Rio Preto, Tabatinga, Taquara e Plano de Assentamento Dirigido do Distrito Federal (PADDF). As propriedades localizadas em cada região foram designadas com as iniciais respectivas ou abreviação. No caso de haver mais de uma propriedade na mesma região, estas foram identificadas por numeração seguida das iniciais ou abreviação, assim sendo: Planaltina – PL, Núcleo Rural Rio Preto – RP, Tabatinga – Tb, Taquara – Taq e Plano de Assentamento Dirigido do Distrito Federal – PADDF (Figura 1). Todas as áreas são de produção convencional e adotam rotação de culturas, plantio direto e uso de herbicidas, fungicidas e inseticidas. Todas as áreas de amostragem tinham uma área com vegetação nativa em uma das margens dos campos de soja (Figura 2).

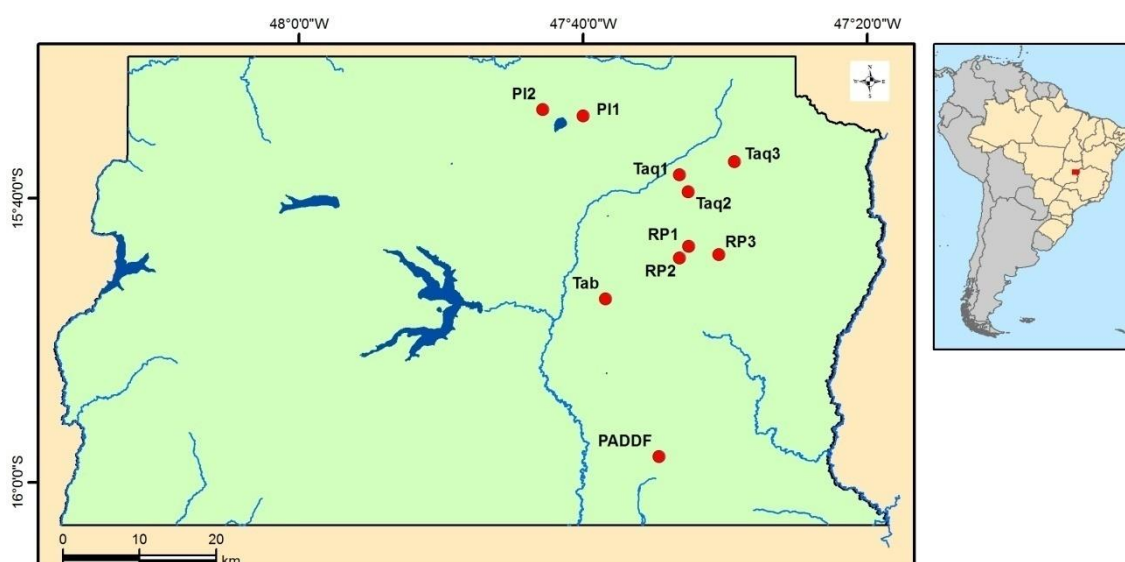


Figura 1. Localização de cada propriedade com lavoura de soja no Distrito Federal onde se realizou o estudo.



Figura 2. Exemplos de paisagens (A-D) das áreas de soja amostradas no Distrito Federal onde se realizaram as coletas de percevejos de janeiro a abril de 2013. A: Área de soja próxima a vegetação nativa de cerrado e à área nativa em recuperação. B, C e D: Área de soja próxima a vegetação nativa.

Plano de amostragem

Em cada propriedade foram estabelecidos transectos paralelos a 20, 200, 500 e 1000 metros de uma área de vegetação nativa. As coletas de percevejos foram realizadas semanalmente durante um período de 15 semanas, com rede entomológica (Corrêa-Ferreira, 2012), incluindo todo o período reprodutivo da soja (R1 a R8). As unidades amostrais foram definidas por 10 passadas de rede sobre as plantas de soja, aplicadas alternadamente em vai e vem. Foram coletadas, em cada data de amostragem e em cada transecto, 20 amostras separadas por distâncias equidistantes de 10 m. Os insetos

capturados com a rede foram levados para o laboratório e colocados em potes plásticos de 200 mL, alimentados com vagem de feijão, sementes de soja, amendoim e girassol. Os potes, devidamente identificados (data, propriedade, distância da área natural, ponto amostral), foram mantidos em sala climatizada ($25 \pm 2^\circ\text{C}$; $60 \pm 10\%$ UR; 14 h fotofase) e observados diariamente para verificar a emergência de parasitoides. Quando não houve emergência, os percevejos foram dissecados imediatamente (< 24 h) após a morte para verificar presença de larvas ou pupas de parasitoides.

Caracterização da paisagem

Pontos de referência foram marcados em cada propriedade com GPS (Garmin 62s, Garmin Ltd., Kansas, U.S.A.) no limite entre a área cultivada e a área natural. Estes pontos foram espacializados utilizando o SIG (Sistema de Informação Geográfica) – ArcGis (versão 10.4) e posteriormente projetados em imagens de satélite com o uso do software Google Earth (versão 7.1.2.2041).

No programa SIG foi gerado um buffer (área de influência) de 1,5 km de raio para cada ponto de referência (propriedade) delimitando as áreas de estudo. A partir desse limite foram identificadas e digitalizadas, usando o Google Earth, as classes (categorias) da paisagem e em seguida quantificadas a porcentagem de cobertura de cada classe no ArcGis, para verificar a influência destas na incidência de percevejos e parasitoides de adultos em cada propriedade. Foram delimitadas 5 categorias de paisagem previamente definidas como: vegetação nativa (áreas com fitofisionomias do cerrado, área degradada em recuperação), área antropizada (áreas com construções e seu entorno), frutihorticultura (cultivo de hortaliça e/ou cultivo de árvores frutíferas), soja (áreas destinadas ao cultivo da soja) e monocultura (áreas com cultivo diferente da soja como milho, feijão, sorgo, reflorestamento e pastagem). Seguido à quantificação dessas classes foram gerados mapas de uso de ocupação de terra (layout) (Figura 3 e Apêndice 2 p.135-139). A distribuição das áreas em cada uma das propriedades foi confirmada por observações in loco e por fotografias aéreas disponibilizadas pela Companhia de planejamento do Distrito Federal (Codeplan, 2014).

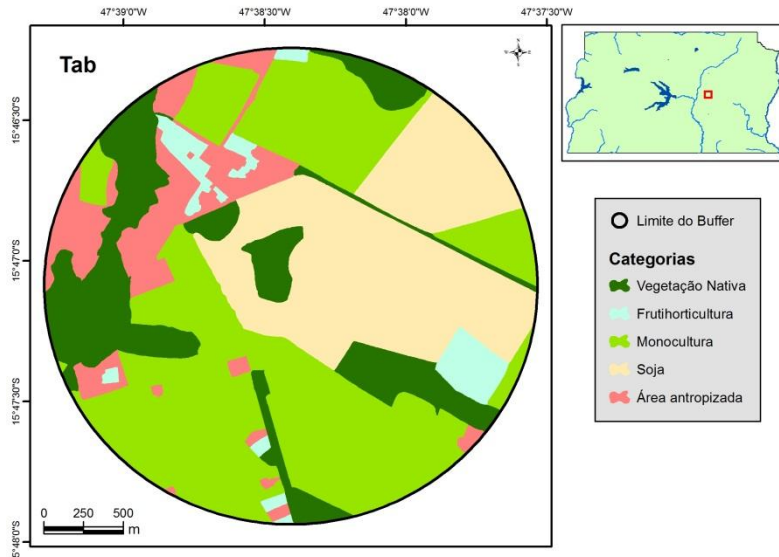


Figura 3. Exemplo de mapa gerado a partir da definição das categorias de paisagem.

Análise de dados

Para a análise dos dados, foram consideradas as amostragens realizadas a partir do estágio R5 da soja devido à baixa densidade de percevejos nos primeiros estádios reprodutivos (R1 – R4). Apesar de os percevejos terem sido coletados em 20 pontos amostrais em cada transecto (distância), os dados foram reunidos em percevejos por transecto/data de amostragem devido à baixa presença de percevejos nas unidades amostrais (frequência média de 0,02 percevejos por 10 passadas de rede).

Para verificar a influência da composição da paisagem sobre a abundância total de percevejos e percevejos parasitados foi realizada uma seleção de modelos, utilizando nestes casos, análises de modelos lineares generalizados (GLM) com distribuição de erros Poisson. Para proporção de parasitismo foi realizado o mesmo procedimento, mas com distribuição de erros binomial. As variáveis explanatórias foram áreas de 3 categorias da paisagem: vegetação natural, soja e monocultura. O procedimento se iniciou com um modelo contendo todas as variáveis explanatórias (categorias). A variável que apresentou menor valor de P foi removida e logo em seguida se realizou uma nova análise. Posteriormente os dois modelos foram comparados com uma análise de deviança. Este procedimento foi realizado até que permanecessem somente variáveis significativas. A escolha do melhor modelo foi realizada pelo critério de Akaike (Wagenmakers e Farrel, 2004) com função AIC (Critério de Informação de Akaike) no programa estatístico R (R Development Core Team, 2009). Foram selecionados os modelos que apresentaram menor valor de AIC e que com menor número de variáveis

explanatórias são equivalentes aos modelos mais complexos (obtido ao comparar os modelos com a Análise de Deviança).

Para avaliar o efeito da distância da área natural sobre a presença/ausência de percevejos, parasitoides (medida por meio da presença/ausência de percevejos parasitados) e proporção de parasitismo foram utilizados GLMs com distribuição binomial de erros e para avaliar este efeito sobre a abundância de percevejos e abundância de percevejos parasitados foram utilizados GLMs com distribuição de erros de Poisson. Para esta análise foram consideradas as distâncias de 20, 200 e 500 m. A distância de 1000 metros foi desconsiderada devido a que, em algumas áreas de soja, esta distância ficar próxima a outra mancha de remanescente de vegetação nativa.

Influência dos métodos de manejo de pragas na densidade de percevejos e incidência de parasitismo.

O estudo foi realizado em áreas de soja no Distrito Federal, Goiás e Mato Grosso do Sul (Tabela 1) no período de janeiro a abril de 2016. Foram selecionadas áreas manejadas com frequente aplicação de inseticida (AI+) e áreas com aplicação reduzida de inseticida (AI-), isto é, aplicações de inseticidas quando a população atingisse o nível de controle. Assim, as áreas com manejo AI+ receberam 2 a 3 (média de 2,5 aplicação/área) aplicações de inseticidas para percevejos e as áreas AI- que receberam 0 a 1 (média de 0,5 aplicação/área) aplicação. Os inseticidas aplicados sob os dois tipos de manejo abrangeram neonicotinoides, piretroides e organofosforados mudando apenas o tipo de ingrediente ativo (Apêndice 2.11 p.140).

No estado de Mato Grosso do Sul foram amostradas 6 áreas: 3 com manejo AI+ e 3 com manejo AI-. A amostragem nessas áreas foi realizada em um único período de desenvolvimento da soja, duas áreas estavam no estágio R4/R5 e as restantes no estágio R7. No Distrito Federal e Goiás foram selecionadas outras 6 áreas: 3 com manejo AI+ e 3 com AI-. Neste caso as amostragens foram realizadas em 3 momentos do período reprodutivo entre os estádios R4 a R8. Para poder estimar com precisão a densidade populacional, a amostragem foi realizada com pano de batida colocado entre duas fileiras de soja. As plantas situadas em ambos os lados do pano foram sacudidas para captura de percevejos, estimando assim o número de percevejos por m². Em cada área e data de amostragem foram feitos 20 panos de batida. As distâncias entre os pontos

variaram entre 20 a 30 metros para talhões de pequenas dimensões e de 80 a 100 metros para talhões de maiores dimensões.

Tabela 1. Localidades, tipo de manejo e coordenadas geográficas das áreas de soja onde se efetuaram coletas de percevejos em 2016.

Categoria	Estado	Localidade	Latitude	Longitude	Número de aplicações para controle percevejos
AI-	MS	Dourados 1	22°16'48.64"S	54°49'13.68"O	0
AI-	MS	Dourados 2	22°10'24.40"S	54°30'18.19"O	1
AI-	MS	Dourados 3	22°15'31.96"S	54°50'1.17"O	1
AI+	MS	Dourados 4	22°16'51.95"S	54°48'39.53"O	2
AI+	MS	Dourados 5	22°20'4.74"S	54°48'37.25"O	3
AI+	MS	Dourados 6	22°11'59.33"S	54°28'51.36"O	3
AI-	DF	Planaltina	15°36'48.59"S	47°42'38.62"O	0
AI-	DF	Tabatinga 1	15°51'31.83"S	47°35'25.49"O	1
AI-	GO	Sto.Ant.Descoberto 1	16° 7'28.30"S	48°13'20.60"O	0
AI+	DF	Três Conquistas	15°50'0.58"S	47°38'6.08"O	2
AI+	DF	Tabatinga 2	15°51'17.06"S	47°35'23.99"O	3
AI+	GO	StoAnt.Descoberto 2	16° 7'52.05"S	48°11'41.73"O	2

AI- = manejo com reduzida aplicação de inseticida para percevejo (0 a 1 aplicação)

AI+ = manejo com frequente aplicação de inseticida para percevejo (2 a 3 aplicações)

Análise de dados

Para verificar se existia diferença na proporção de parasitismo entre os sistemas AI+ e AI- foi realizada uma análise GLM com distribuição binomial de erros. A densidade de percevejos (número de percevejos/m²) entre os sistemas foi comparada por meio do teste t de Student. A influência da densidade de percevejos no índice de parasitismo foi avaliada com uma análise de GLM com distribuição binomial de erros.

Resultados

Influência da paisagem

Durante o período de enchimento de grãos a maturação de soja (R5-R8) foram coletados 522 ninfas e 389 adultos totalizando 911 percevejos. *Euchistus heros* foi a espécie dominante representando 93,41% dos percevejos coletados. Outras espécies ocorreram em menor número (Tabela 2). Foram obtidos 21 percevejos adultos parasitados. O parasitismo foi realizado por parasitoides das ordens Diptera (9 ocorrências) e Hymenoptera (12 ocorrências). Houve emergência de apenas 2 indivíduos da ordem Diptera sendo *Gymnocyttia* sp. e *Phasia* sp. obtidos do percevejo *E. heros*. A ordem Hymenoptera foi representada por *Hexacladia smithii* Ashmead, 1891 (Hymenoptera: Encyrtidae) com parasitismo apenas em *E. heros*.

Entre as categorias de paisagem caracterizadas no presente estudo a soja se destaca, em geral, com maior área de cobertura em comparação a outras categorias chegando a representar 80% de área em uma das propriedades. A vegetação nativa correspondeu a pequena porcentagem de cobertura com apenas uma propriedade com cobertura representando 51% da área total (Figura 4). As categorias área antropizada e frutihorticultura apresentaram as menores áreas de cobertura (Figura 4).

A abundância de percevejos foi positivamente relacionada à cobertura de soja, vegetação nativa e a interação soja x vegetação nativa x monocultura (Tabela 3). As propriedades PL1, Taq3 e PADDF foram as que apresentaram maior quantidade de percevejos (Figura 5). Em concordância com os resultados do modelo estatístico, estas propriedades possuem a maior porcentagem de cobertura de vegetação nativa (PL1) e soja (Taq3 e PADDF) (Figura 4). O número de percevejos parasitados e proporção de parasitismo não foram influenciados pela estrutura da paisagem (Tabela 3).

Distância da vegetação nativa

A ocorrência (presença/ausência) de percevejos em áreas de soja não foi afetada pela distância da vegetação nativa. Entretanto, existiu um efeito significativo do estágio da soja e da propriedade, e suas interações (Tabela 4). Considerando o total de percevejos constatou-se efeito significativo de todos os fatores considerados (distância, estágio e propriedade e suas interações) (Tabela 4). Na análise do total de percevejos por distância foi observado que existe um maior número a 200 m da área natural (Figura 6). Ao considerar o total de percevejos ao longo do período reprodutivo, o estágio R7, contém maior número médio de percevejos a 200 e 500 metros da vegetação nativa e em R8 maiores valores são encontrados na distância de 20 e 200 m (Figura 7A). Para propriedade, não se observa nenhum padrão geral quanto a influência da distância, havendo diferenças na abundância de percevejos apenas em 3 propriedades (Figura 7B). A análise por GLM revelou que a ocorrência e a abundância de percevejos parasitados não foram afetadas pela distância, apenas pelo estágio da soja. A proporção de parasitismo também não foi influenciada por nenhum fator (Tabela 4). Apesar do total de percevejos parasitados e proporção de parasitismo não serem influenciados pela distância, observa-se maiores valores na distância de 200 m da área natural (Figura 6).

Tabela 2. Riqueza, abundância absoluta e relativa (número de percevejos de cada espécie/total de percevejos encontrados em %) de espécies de percevejos em lavouras de soja nos estádios R5 a R8 no ano de 2013 no Distrito Federal.

Espécies	Abundância total de Ninfas	Abundância total de adultos	Abundância relativa total (%)
<i>Chinavia impicticornis</i>	3	0	0,33
<i>Dichelops furcatus</i>	0	3	0,33
<i>Dichelops melacanthus</i>	0	1	0,11
<i>Edessa meditabunda</i>	3	2	0,55
<i>Euschistus heros</i>	490	361	93,41
<i>Nezara viridula</i>	15	6	2,31
<i>Oebalus poecilus</i>	0	1	0,11
<i>Piezodorus guildinii</i>	9	8	1,87
<i>Proxys albopunctulatus</i>	0	1	0,11
<i>Thyanta perditor</i>	2	5	0,77
<i>Loxa deducta</i>	0	1	0,11
Total	522	389	100

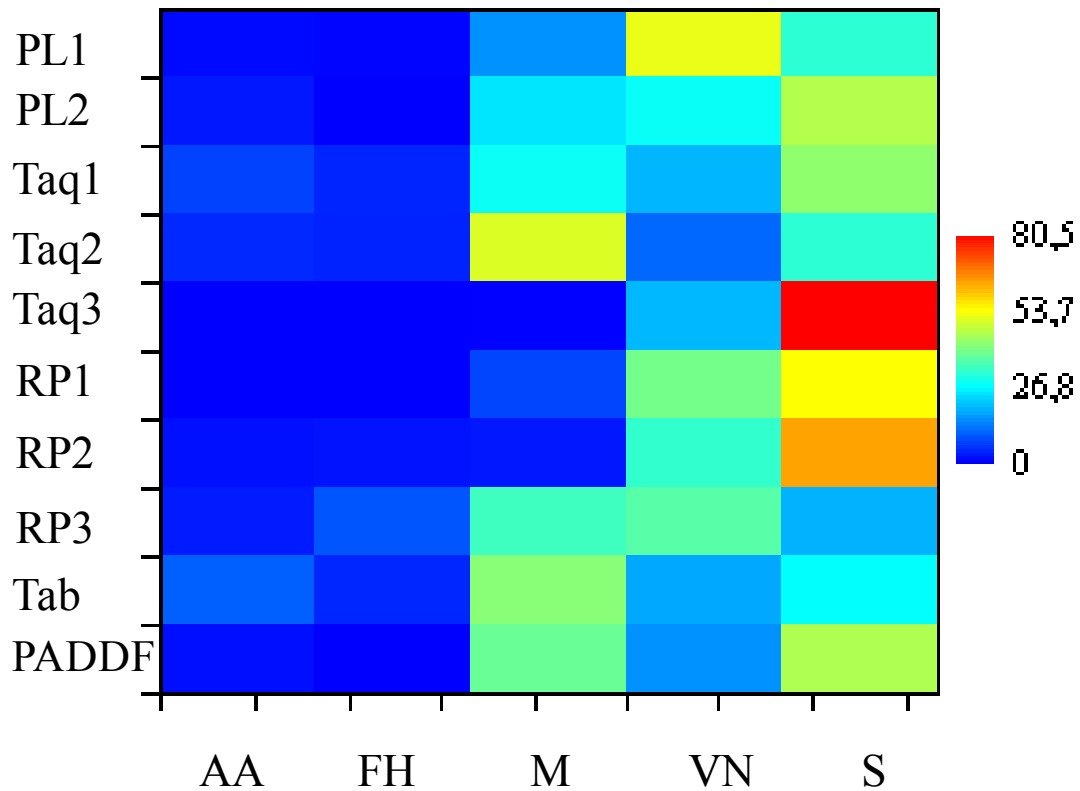


Figura 4. Porcentagem de cobertura de categorias da paisagem em estudo realizado no Distrito Federal em 2013. AA: área antropizada, FH: frutihorticultuta, M: monocultura (cultivo diferente de soja), VN: vegetação natural e S: soja em cada propriedade – Planaltina: PL1, PL2; Taquara: Taq1, Taq2, Taq3; Rio Preto: RP1, RP2, RP3; Tabatinga: Tab e Plano de Assentamento Dirigido do Distrito Federal: PADDF. A escala de cores à direita indica a porcentagem de cobertura de cada categoria da paisagem em cada área de amostragem.

Tabela 3. Influência de componentes da paisagem sobre a abundância de percevejos (total de adultos), total de percevejos parasitados e proporção de parasitismo (total de percevejos parasitados/total de percevejos).

	Modelo	Estimativa	Valor do teste	AIC	Valor de p
Total de percevejos	VN	2,486e-01	11,315	95,236	<0,05
	S	7,339e-02	7,035		<0,05
	VNxM	-6,786e-03	-7,357		<0,05
	VNxS	-5,851e-03	-10,037		<0,05
	VNxS:M	8,565e-05	6,756		<0,05
Total de percevejos parasitados	M	-2,951e-01	-1,249	38,646	0,2118
	VN	2,958e-01	1,824		0,0681
	S	-1,124e-02	-0,125		0,9009
	M x VN	-6,988e-03	-0,737		0,4614
	M x S	5,990e-03	1,005		0,3150
	VN x S	-8,712e-03	-2,405		0,0162
	MxVNxS	-7,086e-05	-0,257		0,7968
Proporção de parasitismo	M	-0,4490460	-1,642	36,103	0,1007
	VN	0,0065373	0,035		0,9719
	S	-0,1630243	-1,582		0,1136
	MxVN	0,0012402	0,111		0,9113
	MxS	0,0087565	1,277		0,2015
	VNxS	-0,0029071	-0,719		0,4723
	MxVNxS	-0,0002616	-0,794		0,4270

VN = Vegetação nativa, S = soja, M = monocultura (cultivo diferente de soja)

AIC = Critério de Informação de Akaike

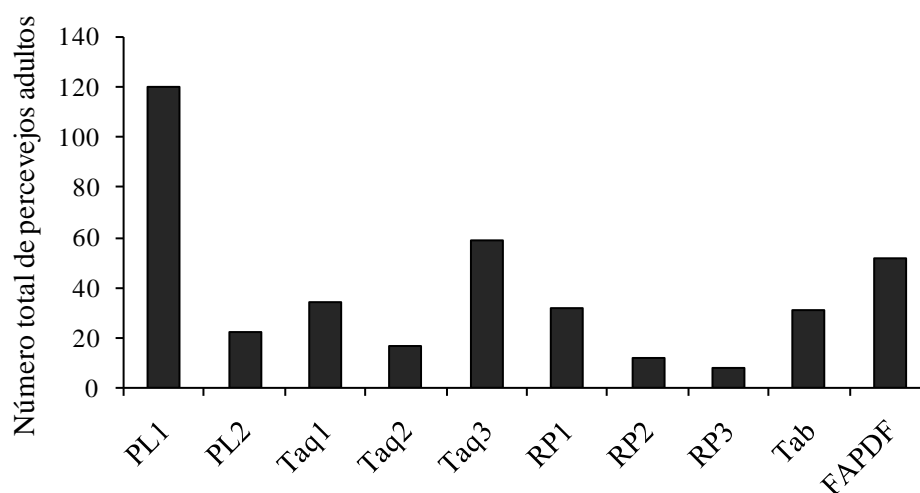


Figura 5. Abundância absoluta (total de percevejos adultos coletados) de percevejos em cada propriedade na safra de soja de 2012/2013 no Distrito Federal. Planaltina: PL1, PL2; Taquara: Taq1, Taq2, Taq3; Rio Preto: RP1, RP2, RP3; Tabatinga: Tab e Plano de Assentamento Dirigido do Distrito Federal: PADDF.

Tabela 4. Influência da distância de áreas naturais, propriedade estádio da soja e suas interações sobre a presença/ausência de percevejos, abundância de percevejos (total de adultos), presença/ausência de percevejos parasitados, total de percevejos parasitados e proporção de parasitismo (total de percevejos parasitados/total de percevejos).

	Variáveis	Valor do teste	Valor de p
	Distância	5,04	0,080
Presença/ausência de percevejos	Propriedade	20,18	0,016
	Estádio	25,34	< 0,01
	Propriedade:distância	47,89	< 0,01
	Estádio:distância	10,44	0,10
	Propriedade:Estádio	56,57	< 0,01
	Propriedade:estádio:distância	0,00	1

Continua

	Variáveis	Valor do teste	Valor de p
Total de percevejos	Distância	7,85	0,019
	Propriedade	83,52	< 0,01
	Estádio	115,67	< 0,01
	Propriedade:distância	104,451	< 0,01
	Estádio:distância	13,86	0,03
	Propriedade:Estádio	110,45	< 0,01
	Propriedade:estádio:distância	73,70	0,03
Presença/ausência de percevejos parasitados	Distância	3,70	0,15
	Propriedade	14,84	0,09
	Estádio	18,24	< 0,01
	Propriedade:distância	25,06	0,12
	Estádio:distância	0,00	1
	Propriedade:Estádio	21,58	0,75
	Propriedade:estádio:distância	0,00	1
Total de percevejos Parasitados	Distância	1,70	0,42
	Propriedade	14,87	0,09
	Estádio	18,39	< 0,01
	Propriedade:distância	16,40	0,56
	Estádio:distância	4,49	0,60
	Propriedade:Estádio	17,09	0,92
	Propriedade:estádio:distância	0,00	1
Proporção de parasitismo	Distância	2,08	0,35
	Propriedade	6,94	0,64
	Estádio	5,82	0,12
	Propriedade:distância	12,32	0,65
	Estádio:distância	7,13	0,30
	Propriedade:Estádio	13,38	0,89
	Propriedade:estádio:distância	0	1

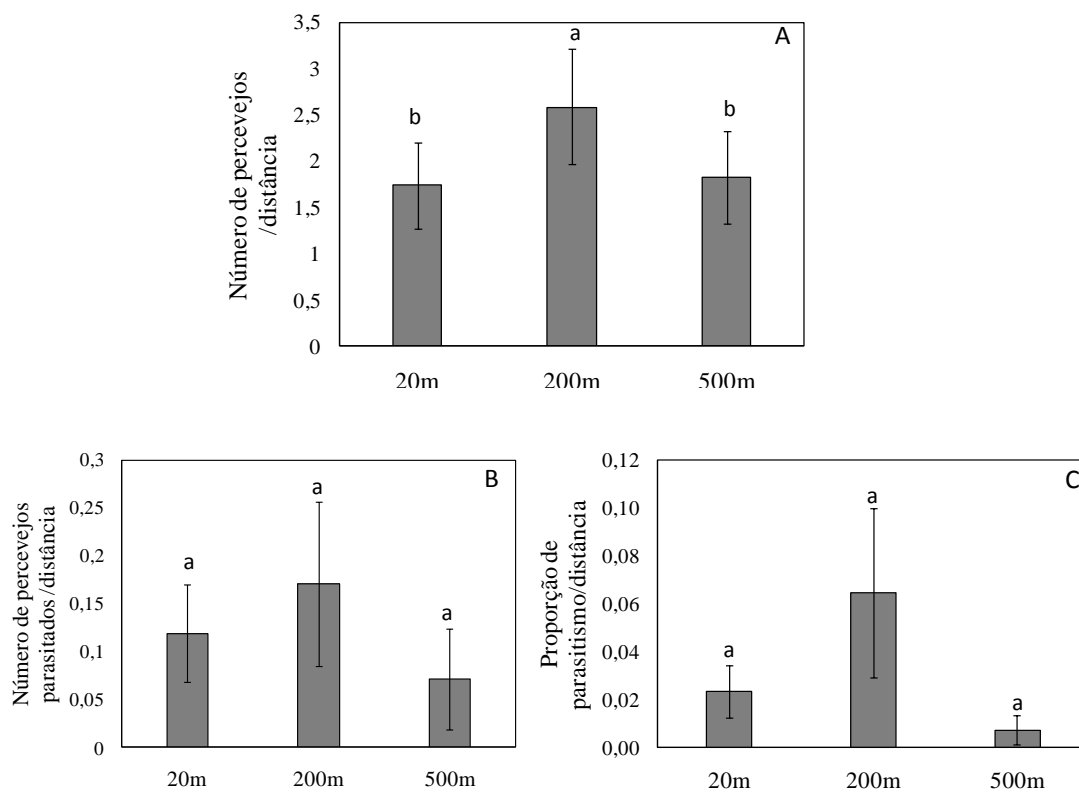


Figura 6. A - Total de percevejos (média \pm erro padrão); B - Total de percevejos parasitados (média \pm erro padrão) e C - Proporção de parasitismo (média \pm erro padrão) em lavouras de soja no Distrito Federal em 2013 localizadas em diferentes distâncias da vegetação nativa (20m, 200m e 500m). Médias seguidas de diferentes letras diferem significativamente; GLM com distribuição de erros poisson, análise de deviança $\chi^2 = 0,019$ e análise de contraste.

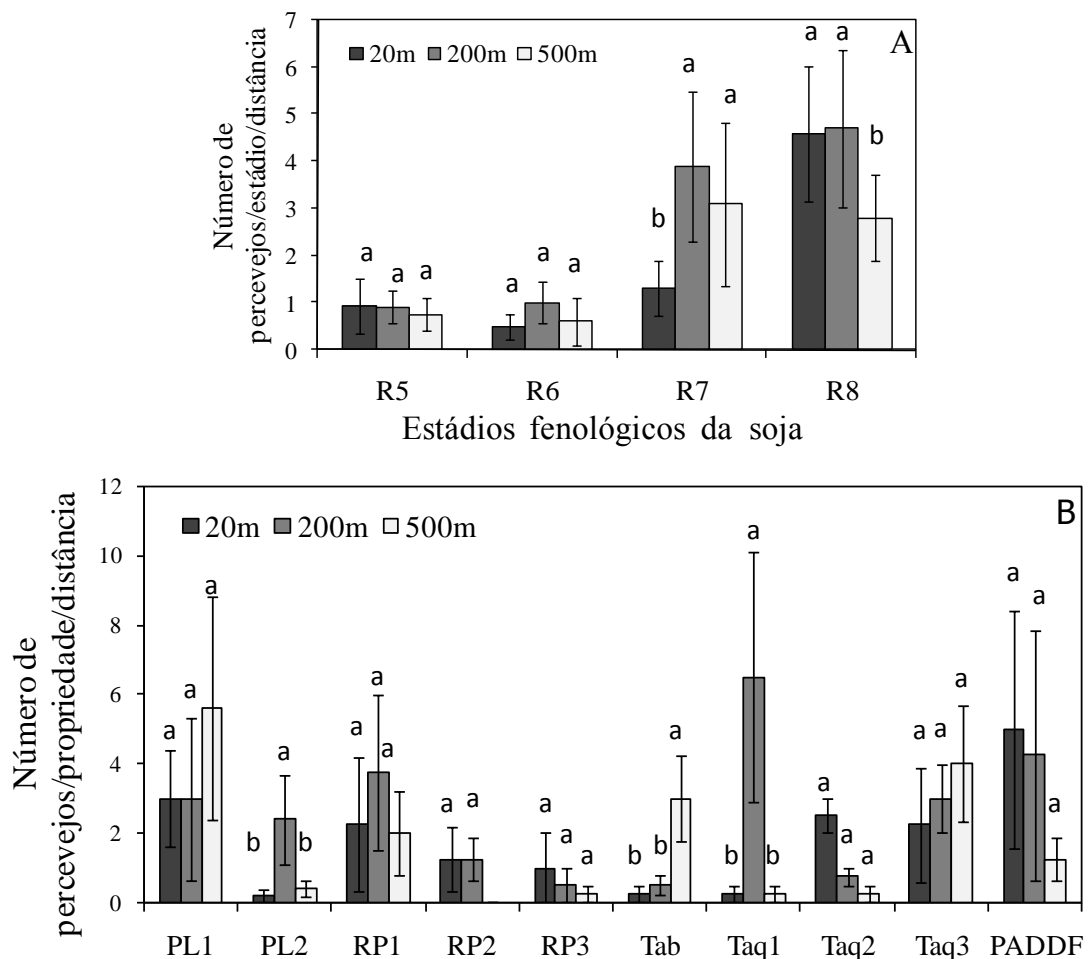


Figura 7. A - Número de percevejos (média \pm erro padrão) por distância ao longo do período reprodutivo R5 (período de enchimento de grãos) a R8 (período de maturação plena) da soja. **B** - Número de percevejos (média \pm erro padrão) por distância em cada propriedade amostrada. PL1, PL2: Planaltina; Taq1, Taq2, Taq3: Taquara; RP1, RP2, RP3: Rio Preto; Tab: Tabatinga e PADDF: Plano de Assentamento Dirigido do Distrito Federal. Médias seguidas de diferentes letras diferem significativamente. Em A: GLM com distribuição de erros poisson e análise de deviança para estágio R7 $\chi^2 = 139,00$; $p < 0,001$ e análise de contraste. GLM com distribuição de erros poisson e análise de deviança para estágio R8 $\chi^2 = 125,00$; $p = 0,04$ e análise de contraste. Em B: GLM com distribuição de erros poisson e análise de deviança para a propriedade PL2 $\chi^2 = 23,46$; $p < 0,001$ e análise de contraste. GLM com distribuição de erros poisson e análise de deviança para a propriedade Tab $\chi^2 = 35,50$; $p < 0,001$ e análise de contraste. GLM com

distribuição de erros poisson e análise de deviança para a propriedade Taq1 $\chi^2 = 35,50$; $p < 0,001$ e análise de contraste.

Influência da aplicação de inseticida

Foram coletados 521 percevejos em lavouras que empregam o AI+ e 206 percevejos em lavouras que empregam o AI-. *Euschistus heros* foi a espécie dominante em ambos os tipos de manejo, com 467 sendo provenientes de lavouras que empregam o AI+ e 199 indivíduos advindos do AI-. Houve ocorrência de parasitoides dípteros e himenópteros, no entanto, em lavouras sob no manejo AI- parasitoides himenópteros foram mais abundantes que em lavouras sob o manejo AI+ (Tabela 5).

A densidade de percevejos, considerando os valores médios, no sistema AI- foi 59,17% maior que no sistema AI+ (Figura 8). No entanto, apesar de maior densidade as médias de cada área não foram estatisticamente significativas (teste t, $t = -2,17$ $p = 0,07$ $gl = 1$). A porcentagem de parasitismo média no sistema AI- foi significativamente diferente à do sistema AI+ (GLM deviança residual = 3,76 $p < 0,01$) sendo o índice de parasitismo médio 63,30% maior (Figura 8). A análise de GLM revelou que o parasitismo foi dependente da densidade de hospedeiros (GLM, $z = 5,81$ $p < 0,01$).

Tabela 5. Abundância (número total) de percevejos, percevejos parasitados e percevejos parasitados por Diptera e Hymenoptera em lavouras de soja com frequente aplicação de inseticida (AI+) e lavouras de soja com aplicação reduzida de inseticida (AI-) no período de janeiro a março de 2016.

Sistema	Espécies	Total de Percevejos	Percevejos parasitados	Percevejos parasitados	Percevejos parasitados
				por Diptera	por Hymenoptera
		N	N	N	N
AI-	<i>Dichelops furcatus</i>	5	0	0	0
	<i>Dichelops melacanthus</i>	2	0	0	0
	<i>Euschistus heros</i>	199	9	5	4
	Total	206	9	5	4
AI+	<i>Chinavia impicticornis</i>	1	0	0	0
	<i>Dichelops furcatus</i>	10	2	2	0
	<i>Dichelops melacanthus</i>	3	0	0	0
	<i>Edessa meditabunda</i>	22	2	0	2
	<i>Euschistus heros</i>	467	74	12	62
	<i>Loxa deducta</i>	1	0	0	0
	<i>Piezodorus guildinii</i>	11	0	0	0
	<i>Proxys albopunctulatus</i>	6	1	1	0
Total	521	79	15	64	

AI- = manejo com reduzida aplicação de inseticida para percevejo (0 a 1 aplicação)

AI+ = manejo com frequente aplicação de inseticida para percevejo (2 a 3 aplicações)

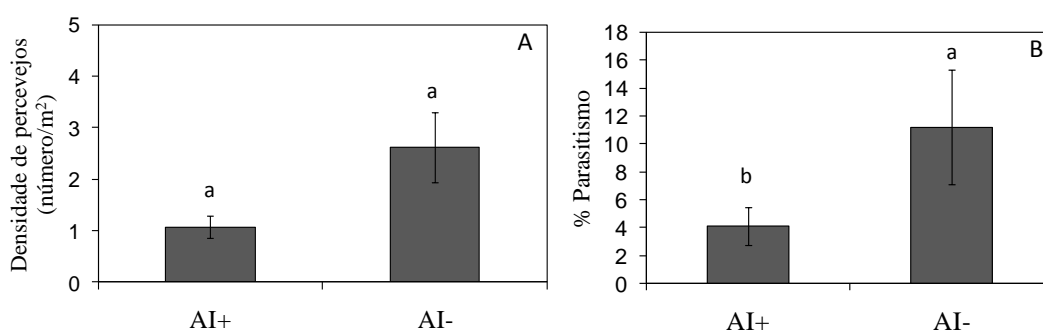


Figura 8. A - Densidade de percevejos e B - porcentagem de parasitismo em percevejos capturados em lavouras de soja sob manejo com frequente aplicação de inseticidas (AI+) e manejo com reduzida aplicação de inseticida (AI-) no Distrito Federal, Goiás e Mato Grosso do Sul no período de janeiro a março de 2016. Barras seguidas de diferentes letras indicam diferenças significativas (GLM distribuição de erros binomial $z = 3,76$ $p < 0,01$).

Discussão

A abundância de percevejos foi influenciada pela estrutura da paisagem. A cobertura de vegetação nativa, soja e a interação vegetação nativa x soja x monocultura influenciaram positivamente esta variável.

A vegetação nativa, em geral, correspondeu a uma menor porcentagem de cobertura comparada à soja. No entanto, ainda que em menores proporções, a vegetação nativa favoreceu a abundância de percevejos na soja. Há registro de várias espécies de plantas não cultivadas que os percevejos utilizam para completar seu desenvolvimento (Smaniotto e Panizzi, 2015). Entre as plantas que utilizam para seu desenvolvimento foram registradas para *Nezara viridula* (Linnaeus, 1758) (Hemiptera: Pentatomidae) 5 espécies da família Brassicaceae, 21 espécies de Fabaceae; 1 espécie da família Lamiaceae e 2 espécies da família Oleaceae; para *Piezodorus guildinii* (Westwood, 1837) (Hemiptera: Pentatomidae) foram registradas 21 espécies da família Fabaceae; 1 espécie da família Oleaceae; 2 espécies da família Pittosporaceae e 1 espécie da família Poaceae; para *Euschistus heros* (Fabricius, 1798) foram registradas 1 espécie da família Euphorbiaceae e 5 espécies de Fabaceae (Smaniotto e Panizzi, 2015). Assim, populações de percevejos pentatomídeos podem se beneficiar de áreas com vegetação nativa já que estas podem fornecer locais de refúgio e diapausa. Além disso, plantas

não-cultivadas em áreas de vegetação nativa podem atuar como hospedeiras alternativas, favorecendo o desenvolvimento de ninfas e a sobrevivência dos adultos (Panizzi, 1997; Smaniotto e Panizzi, 2015). Por exemplo, *E. heros* quando alimentados com *Vassobia breviflora* (Sendtn.) Hunz., 1977 (Solanaceae), uma planta nativa do sul do Brasil e hospedeira de percevejos, apresentou fecundidade e sobrevivência similar àquela observada quando alimentado com soja (Medeiros e Megier, 2009). A fecundidade ou longevidade de *N. viridula* e *P. guildinii* podem ser maiores em algumas espécies de plantas não cultivadas que quando exploram plantas de soja (Panizzi, 1997). Plantas não-cultivadas também influenciam na biologia de estágios imaturos. Ninfas de *E. heros* alimentadas com *V. breviflora* apresentaram sobrevivência de 81,8%, semelhante quando alimentadas com soja, cuja sobrevivência foi de 86,7% (Medeiros e Megier, 2009). Ninfas de *N. viridula* e *P. guildinii* quando utilizam algumas espécies de plantas não cultivadas podem apresentar tempo de desenvolvimento e mortalidade semelhante quando utilizam plantas de soja (Panizzi, 1997). Exemplos nesses aspectos são as espécies: *Sesbania emerus* e *Sesbania vesicaria* (Fabaceae) para *N. viridula* e espécies de *Indigofera* (Fabaceae) para *P. guildinii*. Dessa maneira, áreas de vegetação nativa podem atuar como fontes de percevejos e contribuem para a colonização ou recolonização dos mesmos em campos de soja após distúrbios.

O efeito positivo da soja sobre a abundância de percevejos corrobora a hipótese da concentração de recursos de Root (1973), ou seja, as áreas concentradas de soja seriam de fácil localização na paisagem. Além disso, a arquitetura das plantas de soja e a disposição uniforme podem propiciar um microclima favorável e abrigar percevejos frente a condições abióticas desfavoráveis como altas temperaturas, alta intensidade do vento e da chuva. Nas áreas estudadas neste trabalho a soja alcançou grandes extensões, chegando a cobrir mais de 50% do total da área para um buffer de 3 km de diâmetro. Além disso, culturas adjacentes na paisagem agrícola podem influenciar na dinâmica espaço temporal dos percevejos (Tillman et al., 2009). Assim, as áreas de cultivo adjacentes ou próximas a cultura de soja observadas em algumas propriedades do presente estudo como milho e feijão, podem permitir a sustentabilidade de populações de percevejos. Assim, a interação de vegetação nativa, soja e monoculturas atua sobre os pentatomídeos ao oferecer recursos variados e alternativos favorecendo sua permanência no ambiente. Adicionalmente, a concentração de recursos proporcionada pelas extensas lavouras de soja permite aos percevejos adaptados a esta planta hospedeira atingirem níveis populacionais elevados.

A estrutura da paisagem não apresentou efeito sobre o número de percevejos parasitados e sobre a proporção de parasitismo. O pequeno número de percevejos parasitados encontrados no presente estudo provavelmente pode explicar a falta de influência das categorias de paisagem sobre a eficiência do controle biológico. Vários fatores podem afetar a presença de parasitoides na paisagem agrícola e influenciar o controle biológico. Além da composição da paisagem a qual oferece recursos necessários a sua sobrevivência e reprodução (flores como fonte de pólen e néctar, hospedeiros alternativos para desenvolvimento de suas larvas, locais para abrigo) (Bianchi et al., 2005; Corbett e Rosenheim, 1996; Mailafiya et al., 2010; Thies et al., 2003), a configuração espacial (Boccaccio e Petacchi, 2009), conectividade de habitats não cultivados ao campo cultivado (Perovic et al., 2010); aplicação de pesticidas para controle de pragas (Altieri, 2012) também podem influenciar a ocorrência e abundância dos inimigos naturais. Todas as áreas de soja onde se realizou o trabalho eram vizinhas a áreas de vegetação nativa cuja proporção de cobertura variou entre 10 a 51%, mas não foi observada uma clara influência desta cobertura no número de percevejos parasitados e nos índices de parasitismo.

A ocorrência (presença/ausência) de percevejos não foi afetada pela distância desde a área natural, já que os pentatomídeos estiveram presentes nas três distâncias. No entanto, a abundância de percevejos foi afetada, com maior número médio nas distâncias intermediárias de 200 metros. Diversos motivos podem contribuir para esta distribuição particular nas áreas cultivadas. Um efeito de borda não favorável poderia surgir do fato que a semeadura nas bordas se realizada em maior densidade de plantas em relação ao interior, contribuindo a criar um microlima com maior umidade, menor circulação de ar e redução de insolação que pode afetar negativamente os insetos. E também, devido ao maior adensamento de plantas, provavelmente há aumento do tempo para encontro de parceiros para acasalamento. Outro provável fator responsável para esta observação seria o manejo com maior aplicação de inseticidas nas bordas que no interior dos campos para evitar a constante entrada de percevejos. Este resultado difere do encontrado por Roggia (2009) que observou maior abundância de percevejos na borda da cultura de soja desde o início da colonização da cultura e durante o período de enchimento de grãos devido à constante dispersão dos percevejos desde lavouras vizinhas. No presente trabalho apesar de haver algumas propriedades com outro tipo de cultivo próximo a soja, a distância considerada como borda no presente trabalho foi a vegetação nativa. Devido à baixa densidade de percevejos no início do estágio

reprodutivo da soja observada no presente estudo, a colonização de percevejos desde a área natural não pôde ser avaliada claramente. No estádio R7 a maior abundância de percevejos foi observada na distância de 200 e 500 m. Esse aumento pode ser devido a reprodução dos percevejos na lavoura durante o período de enchimento de grãos. Sabe-se que no período crítico, final de desenvolvimento das vagens (R4) a enchimento de grão (R5) a população de percevejos tende a aumentar (Corrêa-Ferreira e Panizzi, 1999). No estádio R8 as populações se concentraram nas distâncias de 20 e 200 m, o que reflete uma tendência de dispersão para plantas hospedeiras disponíveis já que a soja atinge a senescência (Corrêa-Ferreira e Panizzi, 1999). Cabe ressaltar que esta maior abundância também é dependente da propriedade. Não houve um padrão geral na abundância de percevejos quanto a distância desde a área natural nas diferentes propriedades. Isto pode ter sido influenciado por efeitos locais como tipo de vegetação existente na área natural, manejo, tamanho de fragmento das áreas naturais e das áreas cultivadas e diferentes cultivos próximos à lavoura de soja.

A distância da área natural não afetou a presença de parasitoides, havendo ocorrência de percevejos parasitados nas três distâncias estudadas. A abundância de percevejos parasitados e proporção de parasitismo também não foram afetados pela distância. No entanto, devido ao baixo número de percevejos parasitados registrados nessa distância para estabelecer um padrão claro é necessário realizar novas amostragens em diferentes áreas inclusive em áreas de produção orgânica onde normalmente as populações de percevejos e parasitoides são maiores.

A redução no uso de inseticida no manejo AI- resultou em um incremento no parasitismo (63,30%) proporcional a variação na densidade de percevejos (59,17%) que em nenhuma das duas áreas atingiu o nível de controle (4 percevejos por m²) como mostrado na figura 8 da densidade média de percevejos (2,5 ± 1). Nas áreas estudadas a porcentagem de parasitismo foi dependente da densidade do hospedeiro. Numa análise similar apresentada no Capítulo 1 desta tese esta relação não foi significativa. As áreas do Capítulo 1 foram todas convencionais, o que sugere que a redução no uso de inseticidas resulta na capacidade da população do parasitoide de acompanhar os incrementos na densidade do hospedeiro. A resposta densa dependente dos inimigos naturais é uma das características desejadas para agentes de controle biológico e é um atributo que permite a regulação do crescimento populacional do hospedeiro (Debach e Rosen, 1991).

O emprego do AI- nas lavouras de soja pode resultar num aumento do controle biológico que respondendo de forma denso dependente à variação populacional dos hospedeiros poderia exercer um controle eficiente das populações de percevejos. Adicionalmente, nas áreas sob manejo AI-, embora com menor uso de inseticidas, a população de percevejos não atingiu o nível de controle [4 percevejos por m², o considerado no presente estudo (Figura 8), Corrêa-Ferreira e Panizzi, 1999] o que coincide com o relatado por vários autores que o uso indiscriminado de inseticidas sem o devido monitoramento de percevejos ocasiona resistência de populações e supressão das populações de inimigos naturais (Corrêa-Ferreira et al., 2009) com consequente aumento na densidade populacional de percevejos (Bortolloto et al., 2015; Panizzi, 2013).

A redução das aplicações de inseticidas além de diminuir o efeito tóxico direto nos inimigos naturais também pode refletir em redução de exposições acidentais a resíduos ou efeitos tóxicos subletais. Estudos de laboratório tem apontado o efeito de inseticidas em parasitoides de percevejos da soja. *Trichopoda pennipes* (Fabricius, 1781) (Diptera: Tachinidae) um parasitoide de percevejos adultos, comum nos EUA, apresentou mortalidade em teste de exposição residual e em teste de toxicidade oral (alimentação em água com açúcar tratada com inseticida) (Tillman, 2006). Inseticidas também interferiram no comportamento de busca de *Trissolcus basal* ao diminuir o tempo de procura em experimentos realizados em arena (Salerno et al., 2002). Interessante observar que o número de percevejos parasitados por himenópteros supera o de percevejos parasitados por dípteros no AI-. Pelos resultados obtidos no capítulo 1 e os obtidos pela análise da influência do manejo, parasitoides himenópteros parecem ser mais sensíveis a inseticidas que os dípteros. Um fato que pode contribuir com esta observação é que *Hexacladia* spp. são parasitoides gregários, e em situações de menor pressão com inseticidas podem se beneficiar e prevalecer nas interações competitivas frente aos Tachinidae. Outro ponto seria o tamanho desses parasitoides. Gotas de inseticidas quando atingidas em microhimenópteros seriam suficientes para ocasionar a morte desses parasitoides pois as gotas poderiam cobrir toda a sua superfície corporal. E assim, este fato poderia explicar sua menor incidência em lavouras com manejo AI+ e consequentemente menor número de percevejos parasitados por Hymenoptera que por parasitoides Diptera.

Os resultados relatados aqui permitem concluir que a composição da paisagem interfere na abundância de percevejos fitófagos. Áreas de vegetação nativa e soja

propiciam condições favoráveis aos percevejos nos campos cultivados podendo incrementar populações. O mesmo padrão não pôde ser observado para os parasitoides, principalmente pela baixa ocorrência de percevejos parasitados neste estudo. Recomenda-se para estudos futuros trabalhar em áreas de soja sem aplicação de inseticidas ou sob AI-. A abundância de percevejos foi afetada pela distância desde a área natural, com populações mais abundantes no interior do campo que nas bordas o que indica que a soja oferece o suporte adequado para o estabelecimento de populações de percevejos. Os parasitoides parecem acompanhar o mesmo padrão que os percevejos com concentração maior a 200 m da área natural. A atual situação de manejo convencional de pragas na cultura da soja está influenciando o controle populacional de percevejos praga da soja. A redução do uso de inseticidas para controle de percevejos resulta em maiores índices de parasitismo e em resposta dos parasitoides em forma proporcional ao aumento da densidade dos hospedeiros.

Referências Bibliográficas

Altieri, M. 2012. Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável, third ed. Expressão Popular, São Paulo.

Bianchi, F.J.J.A., Booij, C.J.H., Tschardtke, T., 2006. Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. Proc. Roy. Soc. Lond. B273, 1715–1727.

Bianchi, F.J.J.A., van Wingerden, W.K.R.E., Griffioen, A.J., van der Veen, M., van der Straten, M.J.J., Wegman, R.M.A., Meeuwsen, H.A.M. 2005. Landscape factors affecting the control of *Mamestra brassicae* by natural enemies in Brussels sprout. Agric. Ecosyst. Env. 107, 145–150.

Blitzer, E.J., Dormann, C.F., Holzschuh, A., Klein, A-M, Rand, T.A., Tschardtke, T. 2012. Spillover of functionally important organisms between managed and natural habitats. Agric. Ecosyst. Env. 146, 34–46.

Boccaccio, L., Petacchi, R. 2009. Landscape effects on the complex of *Bactrocera oleae* parasitoids and implications for conservation biological control. BioControl. 54, 607–616.

Bortolotto, O.C., Pomari-Fernandes, A., Bueno, R.C.O. de, Bueno, A. de F., Kruz, Y. K.S., Queiroz, A.P., Sanzovo, A. Ferreira, R.B., 2015. The use of soybean integrated pest management in Brazil: a review. Agron. Sci. Biotechnol. 1, 25–32.

Chaplin-Kramer, R., O'Rourke, E., Blitzer, E.J., Kremer, C. 2011. A meta-analysis of crop pest and natural enemy response to landscape complexity. Ecol. Lett. 14, 922–932.

Cobertt, A., Rosenheim, J.A. 1996. Impact of natural enemy overwintering refuge and its interaction with the surrounding landscape. Ecol. Entomol. 21, 155–164.

Codeplan, 2014. Geo Serviço. <http://ortofoto.mapa.codeplan.df.gov.br/demo/tms> (Acessado 14.10.14).

Corrêa-Ferreira, B. S. 2012. Amostragem de pragas de soja, in: Hoffmann-Campo, C. B., Corrêa-Ferreira, B. S., Moscardi, F., (Eds), Soja: Manejo Integrado de Insetos e outros Artrópodes-Praga. Embrapa, Brasília-DF, pp. 631–672.

Corrêa-Ferreira, B.S., Krzyzanowski, F.C., Minami, C.A., 2009. Percevejos e a qualidade da semente de soja – série sementes. EMBRAPA-CNPSO, Londrina. Circular Técnica, 67.

Corrêa-Ferreira, B.S., Panizzi, A.R. 1999. Percevejos da soja e seu manejo. EMBRAPA-CNPSO., Londrina. Circular Técnica, 24.

Debach, P., Rosen, D. 1991. Biological Control by Natural Enemies, second ed. Cambridge University Press, Cambridge.

Desneux, N., Decourtye, A., Delpuech, J-M. 2007. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. Annu. Rev. Entomol. 52, 81–106.

Desneux, N. Denoyelle, R., Kaiser, L. 2006. A multi-step bioassay to assess the affect of the deltamethrin on the parasitic wasp *Aphidius ervi*. Chemosphere 65, 1697–1706.

Dias, L.C.P., Pimenta, F.M., Santos, A.B., Costa, M.H., Ladle, R.J. 2016. Patterns of land use, extensification, and intensification of Brazilian agriculture. Glob. Change Biol. 22, 2887–290.

Dunning, J. B., Danielson, B.J., Pulliam, H. R. 1992. Ecological processes that affect populations in complex landscapes. Oikos 65, 169–175.

Dyer, L.E., Landis, D.A. 1997. Influence of noncrophabitats on the distribution of *Eriborus terebrans* (Hymenoptera: Ichneumonidae) in cornfields. Environ. Entomol. 26, 924–932.

Ehler, L.E. 2000. Farmscape ecology of stink bugs in northern California. Entomol. Soc. Am. Thomas Say Publications in Entomology, Maryland.

Embrapa, 2016. Sobre o Matopiba. <https://www.embrapa.br/tema-matopiba/sobre-o-tema>. Acessado (20.09.2016).

Freeman-Long, R., Corbett, A., Lamb, C., Reberg-Horton, C., Chandler, J., Stimmann, M. 1998. Beneficial insects move from flowering plants to nearby crops. *Calif. Agric.* 52, 23–26.

Godfray, H.C.J. 1994. *Parasitoids, Behavioural and Evolutionary Ecology*. Princeton University Press, New Jersey. 473 pp.

Klink, C.A., Machado, R.B. 2005. Conservation of the Brazilian Cerrado. *Conserv. Biol.* 19, 707–713.

Koss, A.M., Jensen, A.S. Schreiber, A., Pike, K.S. Snyder, W.E. 2005. Comparison of predator and pest communities in Washington potato fields treated with broad-spectrum, selective, or organic insecticides. *Environ. Entomol.* 34, 87–95.

Landis, D.A., Wratten, S.D., Gurr, G.M. 2000. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annu. Rev. Entomol.* 45, 175–201.

Langhof, M. Gathmann, A. Poehling, H.M. Meyhofer, R. 2003. Impact of insecticide drift on aphids and their parasitoids: residual toxicity, persistence and recolonisation. *Agri. Ecosyst. Environ.* 94, 265–274.

Lee, J.C., Heimpel, G.E., Leibe, G.L. 2004. Comparing floral nectar and aphid honeydew diets on the longevity and nutrient levels of a parasitoid wasp. *Entomol. Exp. Appl.* 111, 189–199.

Lepers E., Lambin E.F., Janetos A.C., DeFries R., Achard, F., Ramankutty N., Scholes R.J. 2005. A synthesis of information on rapid land-cover change for the period 1981–2000. *Bioscience* 55, 115–124.

Macfadyen, S., Banks, J.E., Stark, J.D., Davies, A.P. 2014. Using semifield studies to examine the effects of pesticides on mobile terrestrial invertebrates. *Annu. Rev. Entomol.* 59, 383–404.

Macfadyen, S., Hopkinson, J., Parry, H., Neave, M.J., Bianchi, F.J.J.A., Zalucki, M.P., Schellhorn, N.A. 2015. Early-season movement dynamics of phytophagous pest and natural enemies across a native vegetation-crop ecotone. *Agric. Ecosyst. Environ.* 200, 110–118.

Mailafiya, D.M., Le Ru, B.P., Kairu, E.W., Calatayud, P.A., Dupas, S. 2010. Factors affecting stem borer parasitoid species diversity and parasitism in cultivated and natural habitats. *Environ. Entomol.* 39, 57–67.

Medeiros L, Megier GA. 2009. Ocorrência e desempenho de *Euschistus heros* (F.) (Heteroptera: Pentatomidae) em plantas hospedeiras alternativas no Rio Grande do Sul. *Neotrop. Entomol.* 38, 459–463.

Menalled, F.D., Marino, P.C., Gage, S.H. Landis, D.A. 1999. Does agricultural landscape structure affect parasitism and parasitoid diversity? *Ecol. Appl.* 9, 634–641.

Panizzi A.R. 1997. Wild hosts of pentatomids: ecological significance and role in their pest status on crops. *Annu. Rev. Entomol.* 42, 99–122.

Panizzi A.R., 2013. History and contemporary perspectives of the integrated pest management of soybean in Brazil. *Neotrop. Entomol.* 42, 119–127.

Panizzi A.R., Galileo, M.H.M., Gastal, H.A.O., Toledo, J.F.F., Wild, C.H. 1980. Dispersal of *Nezara viridula* and *Piezodorus guildinii* nymphs in soybeans. *Environ. Entomol.* 9, 293–297.

Perovic, D.J., Gurr, G.M., Raman, A., Nicol, H.I. 2010. Effect of landscape composition and arrangement on biological control agents in a simplified agricultural system: a cost-distance approach. *Biol. Control* 52, 263–270.

R Development Core Team. 2009. R: a Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. ISBN 3-900051-07-0, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org>.

Rand, T., Tylianakis, J.M., Tschardtke, T., 2006. Spillover edge effects: the dispersal of agriculturally-subsidized insect natural enemies into adjacent natural habitats. *Ecol. Lett.* 9, 603–614.

Reeves, R.B., Greene, J.K., Reay-Jones, F.P.F., Toews, M.D., Gerard, P.D. 2010. Effects of adjacent habitat on populations of stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae) in cotton as part of a variable agricultural landscape in South Carolina. *Environ. Entomol.* 39, 1420–1427.

Roggia, R.C.R.K. 2009. Distribuição espacial e temporal de percevejos da soja e comportamento de *Piezodorus guildinii* (Westwood, 1837) (Hemiptera: Pentatomidae) na soja (*Glycine max* (L.) Merrill) ao longo do dia. 128f Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria.

Root, R.B. 1973. Organization of a plant-arthropod association in simple and diverse habitats: the fauna of collards, *Brassica oleracea*. *Ecol. Monogr.* 43, 95–124.

Roschewitz, I., Gabriel, D., Tschardtke, T., Thies, C., 2005. The effects of landscape complexity on arable weed species diversity in organic and conventional farming. *J. Appl. Ecol.* 42, 873–882.

Salerno, G., Colazza, S., Conti, E. 2002. Sub-lethal effect of deltamethrin on walking behaviour and response to host kairomone of the egg parasitoid *Trissolcus basalis*. *Pest Manag. Sci.* 58, 663–668.

Schaefer, C.W., Panizzi, A.R. 2000. Heteroptera of Economic Importance. CRC Press, USA.

Scheid B.E., Thies, C., Tschardtke, T. 2011. Enhancing rape pollen beetle parasitism within sown flower fields along a landscape complexity gradient. *Agric. For. Entomol.* 13,173–179.

Schmidt, M.H., Lauer, A., Purtauf, T., Thies, C., Schaefer, M., Tschardtke, T., 2003. Relative importance of predators and parasitoids for cereal aphid control. *Proc. Roy. Soc. London B* 270, 1905–1909.

Smaniotto, L.F., Panizzi, A.R. 2015. Interactions of selected species of stink bugs (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae) from leguminous crops with plants in the Neotropics. *Fla. Entomol.* 98,7–17.

Suma, P., Zappala, L., Mazzeo G., Siscaro, G. 2009. Lethal and sub-lethal effects of insecticides on natural enemies of citrus scale pests. *BioControl* 54,651–661.

Thies, C., Steffan-Dewenter, I., Tschardtke, T. 2003. Effects of landscape context on herbivory and parasitism at different spatial scales. *Oikos* 101, 18–25.

Thies, C., Tschardtke, T. 1999 Landscape structure and biological control in agroecosystems. *Science* 285,893–895.

Tillman, P.G. 2006. Susceptibility of pest *Nezara viridula* (Heteroptera: Pentatomidae) and parasitoid *Trichopoda pennipes* (Diptera: Tachinidae) to selected insecticides. *J. Econ. Entomol.* 99, 648–657.

Tillman, P.G. 2013. Likelihood of stink bugs colonizing crops: a case study in Southeastern farmscapes. *Environ. Entomol.* 42, 438–444.

Tillman, P.G., Northfield, T.D., Mizzel, R.F., Ridlle, T.C. 2009. Spatiotemporal patterns and dispersal of stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae) in peanut-cotton farmscape. *Environ. Entomol.* 38, 1038–1052.

Tschardtke, T., Bommarco, R. Clough, Y., Crist, T.O., Kleijn, D., Rand, T.A., Tylianakis, J.M., van Nouhuys, S., Vidal, S. 2008. Reprint of “Conservation biological

control and enemy diversity on a landscape scale” [Biol. Control 43 (2007) 294–309].
Biol. Control 45, 238–253.

Tscharntke, T., Klein, A.M., Kruess, A., Steffan-Dewenter, I., Thies, C., 2005a. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity–ecosystem service management. *Ecol. Lett.* 8, 857–874.

Tscharntke, T., Rand, T.A., Bianchi, F.J.J.A., 2005b. The landscape context of trophic interactions: insect spillover across the crop–noncrop interface. *Ann. Zool. Fenn.* 42, 421–432.

Tscharntke, T., Steffan-Dewenter, I., Kruess, A., Thies, C. 2002. Contribution of small habitat fragments to conservation of insect communities of grassland–cropland landscapes. *Ecol. Appl.* 12, 354–363.

Tscharntke, T., Tylianakis, J.M., Rand, T.A., Disham, R.K., Fahring, L., Batáry, P., Bengtsson, J., Clough, Y., Crist, T.O., Dormann, C.F., Ewers R.M., Fründ, J., Holt, R.D., Holzschuh, A., Klein, A.M., Kleijn, D., Kremen, C. Landis, D.A., Laurance, W., Lindenmayer, D., Scherber, C., Sodhi, N., Steffan-Dewenter, I., Thies, C., Putten, W.H.van der, Westphal, C. 2012. Landscape moderation of biodiversity patterns and processes-eight hypotheses. *Biol. Rev.* 87, 661–685.

Tylianakis, J.M., Didham, R.K., Wratten, S.D. 2004. Improved fitness of aphid parasitoids receiving resource subsidies. *Ecology* 85, 658–666.

Venugopal, P.D., Coffey, P.L., Dively, G.P., Lamp, W.O. 2014. Adjacent habitat influence on stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) densities and the associated damage at field corn and soybean edges. *Plos One.* 9, e109917.

Wäckers, F.L. 2001. A comparison of nectar and honeydew sugars with respect to their utilization by the hymenopteran parasitoid *Cotesia glomerata*. *J. InsectPhysiol.* 47, 1077–1084.

Wagenmakers e Farrel 2004. AIC model selection using akaike weights. *Psychon. Bull. Rev.*11, 192–196.

Winkler, K. Walckers, F. Bukovinszkine-Kiss, G. Lenteren, J.V. 2006. Sugar resource are vital for *Diadegma semiclausum* fecundity under field conditions. *Basic Appl. Ecol.* 7, 133–140.

Wotz, J.M., Isaacs, R., Landis, D.A. 2011. Landscape structure and habitat management differentially influence insect natural enemies in an agricultural landscape. *Agric. Ecosyst. Environ.* 152, 40–49.

Capítulo III

**Interação hospedeiro-parasitoide de *Euschistus heros*
(Hemiptera: Pentatomidae) e *Hexacladia smithii*
(Hymenoptera: Encyrtidae)**

Introdução

A regulação de populações de herbívoros por parasitoides depende, entre outras características, da capacidade das fêmeas de localizar e discriminar os hospedeiros. Este processo, definido como seleção de hospedeiros (Vinson, 1984, 1985), está associado ao sucesso reprodutivo dos parasitoides, já que permite encontrar hospedeiros adequados para o desenvolvimento de sua progênie (van Alphen e Vet, 1986). Em ambientes complexos, as fêmeas de parasitoides devem otimizar seu comportamento reduzindo o tempo dedicado à busca de hospedeiros e maximizando as taxas de parasitismo (Godfray, 1994; Vinson, 1984;).

O comportamento de seleção de hospedeiro é geralmente dividido em uma série de etapas sequenciais como localização do habitat do hospedeiro, localização do hospedeiro, aceitação e adequação (Doutt, 1959; van Alphen e Vet, 1986; Vinson, 1984; Vinson e Iwantsch, 1980). Uma série de estímulos químicos e físicos guia o parasitoide no processo de seleção, sendo os químicos os mais importantes (Vinson, 1985). Uma vez localizado o hospedeiro, o parasitoide deve decidir em realizar ou não a oviposição, etapa influenciada por estímulos multimodais (químicos, mecânicos, visuais, dentre outros). Durante a oviposição e no início do desenvolvimento dos estágios imaturos a interação parasitoide/hospedeiro resulta na regulação fisiológica do hospedeiro, processo conhecido como adequação, que tem como consequências principais reduzir os mecanismos de defesa do hospedeiro e aumentar a captura de nutrientes pelo parasitoide em desenvolvimento (Godfray, 1994; Vinson et al., 1984, 1985).

Diferentemente dos parasitoides que atacam os estágios imaturos de insetos (ovos ou larvas), os parasitoides de adultos lidam com insetos em um estágio do ciclo vital mais ativo. Insetos adultos geralmente são mais ativos que imaturos já que precisam forragear, copular, procurar locais de refúgio para a oviposição e se dispersar para evitar competição. Em geral, imaturos vivem em condições crípticas e produzem menor número de sinais para se comunicar, além de serem menores em tamanho em relação aos adultos. Estas duas características tornam os insetos adultos mais fáceis de localizar no ambiente. Em contrapartida, ao contar com uma bateria de defesas fisiológicas complexas como cutícula mais rígida, maior mobilidade e tamanho corporal e respostas imunológicas mais eficientes, o ataque por parasitoides se torna mais difícil em insetos adultos (Gross, 1993).

Parasitoides que atacam o estágio adulto de insetos utilizam diversas pistas para encontrar o hospedeiro. Estudos têm demonstrado que esta guilda de parasitoides faz uso de estímulos químicos durante o processo de busca, como por exemplo, feromônios liberados pelo inseto hospedeiro (Aldrich, 1995; Aldrich et al., 1987, 1991, 2006, 2007; Higaki e Adachi, 2011; Jang et al., 2011; Jang e Park, 2010).

Após a oviposição, a adequação ocasiona alterações na fisiologia do hospedeiro e tem efeitos em suas características bionômicas. Higaki (2003) observou que o parasitismo do percevejo *Plautia crossota stali* (Scott, 1874) (Hemiptera: Pentatomidae) por *Gymnosoma rotundatum* (Linnaeus, 1758) (Diptera: Tachinidae) ocasionou redução no peso dos ovários e número de ovos do percevejo. O afídeo *Toxoptera citricida* (Kirkaldy, 1907) (Hemiptera: Aphididae) apresentou longevidade e fecundidade reduzida quando parasitado por *Lysiphlebia mirzai* Shuja-Uddin, 1975 (Hymenoptera: Braconidae) (Tsai e Wang, 2002).

Parasitoides também podem influenciar parâmetros demográficos de seus hospedeiros. O afídeo *T. citricida*, por exemplo, quando parasitado no estágio adulto por *L. mirzai* apresentou uma taxa reprodutiva líquida (R_0) que representa somente 43% daquela observada nos afídeos não parasitados (Tsai e Wang, 2002). Em se tratando de insetos herbívoros que atacam culturas de importância econômica e que podem atingir densidades populacionais elevadas, estudar a influência dos parasitoides nos seus parâmetros demográficos é importante para compreender os impactos que estes inimigos naturais podem causar na dinâmica das populações de herbívoros (Bellows-Junior et al., 1992; Van Lenteren e Woets, 1988).

O percevejo marrom, *Euschistus heros* (Fabricius, 1798) (Hemiptera: Pentatomidae), é um pentatomídeo de importância econômica para o Brasil (Panizzi e Slansky Junior, 1985; Schaefer e Panizzi, 2000). Foi identificado pela primeira vez no Brasil em cultura de soja no estado de São Paulo (Williams et al., 1973). Juntamente com outros percevejos causa prejuízos na produção de soja pela alimentação nas sementes afetando sua qualidade (Panizzi et al., 2012; Panizzi e Slansky Junior, 1985; Schaefer e Panizzi, 2000).

Devido à sua ampla distribuição geográfica, com ocorrência desde o sul do Brasil até o norte da Região Amazônica e potencial de dano de suas populações, *E. heros* precisa de controle frequente em culturas de grãos, especialmente soja. O controle deste percevejo é feito basicamente com inseticidas sintéticos, que atualmente são utilizados de forma intensiva em relação à dosagem e frequência de aplicação

(Bortolotto et al., 2015; Panizzi, 2013). Assim, torna-se necessário buscar alternativas mais sustentáveis como a adoção do controle biológico (Bortolotto et al., 2015; Corrêa-Ferreira et al., 2009; Panizzi, 2013) pois o uso intensivo de inseticidas é prejudicial pela toxicidade pouco seletiva destes produtos, suprimindo populações de inimigos naturais, causando a resistência de populações de insetos-praga, surgimento de novas pragas e aumento dos custos de produção (Corrêa-Ferreira et al., 2009; Debach e Rosen, 1991).

Adultos de *E. heros* são comumente parasitados por dípteros e himenópteros. Entre os himenópteros *Hexacladia smithii* Ashmead, 1891 (Hymenoptera: Encyrtidae) é a espécie mais comumente encontrada parasitando este percevejo (Corrêa-Ferreira et al., 1998; Godoy et al., 2010; Turchen et al., 2015, ver também Capítulos 1 e 2). Na região do Distrito Federal, na safra de 2012/2013, *H. smithii* representou 66,67% (capítulo 2) dos percevejos parasitados. Embora existam registros deste parasitoide atacando outras espécies de percevejo das famílias Pentatomidae e espécies de Coreidae e Scutelleridae (Baldin et al., 2010; Burks, 1972; Costa Lima, 1930; Panizzi e Silva, 2010) as observações de parasitismo em campo indicam maiores frequência de parasitismo em *E. heros* (Corrêa-Ferreira et al., 1998; Godoy et al., 2010; Turchen et al., 2015), o que pode ser consequência das altas densidades desta espécie em cultura de soja (Capítulo 1) ou de uma preferência por esta espécie de pentatomídeo.

Os índices de parasitismo de *H. smithii* em *E. heros* podem variar entre 14% (Turchen et al., 2015) a 39,5% (Corrêa-Ferreira, 1998) e pode chegar a 58,7% em campos experimentais (Nunes, 2000), o que sugere que esta espécie possui potencial como agente de controle biológico.

A identificação dos estímulos químicos envolvidos no processo de busca de hospedeiros por parasitoides é uma ferramenta útil para aplicação no controle biológico, já que pode ser utilizada para manipular o comportamento dos parasitoides atraindo-os e retendo-os em áreas de interesse. Estudar o impacto de inimigos naturais nos aspectos biológicos e demográficos dos insetos herbívoros ajuda a compreender a capacidade potencial de um inimigo natural no controle de seu hospedeiro. Neste sentido a simulação do crescimento populacional por modelagem matemática pode ser utilizada para estimar a abundância de populações de pragas (Sujii et al., 1999).

Assim, os objetivos deste trabalho foram: 1) Avaliar o comportamento de busca de *H. smithii* frente a estímulos de *E. heros* (hospedeiro preferencial) e *Nezara viridula* (Linnaeus, 1758) (Hemiptera: Pentatomidae), 2) Estudar o efeito do parasitismo de *H.*

smithii sobre aspectos reprodutivos de *E. heros* e 3) Simular o impacto do parasitismo de *H. smithii* na dinâmica populacional de *E. heros*.

Hipóteses

- 1) O parasitoide *H. smithii* reconhece e utiliza como pista para localização o feromônio sexual do seu hospedeiro preferencial *E. heros*.
- 2) O parasitismo por *H. smithii* afeta negativamente a fecundidade e a longevidade de fêmeas de *E. heros*.
- 3) O efeito do parasitismo por *H. smithii* na bionomia de *E. heros* afeta negativamente os parâmetros demográficos do percevejo influenciando a dinâmica populacional do herbívoro.

Material e Métodos

Influência dos feromônios dos percevejos *E. heros* e *N. viridula* no comportamento de busca de hospedeiros do parasitoide *H. smithii*

Insetos

As fêmeas de *H. smithii* utilizadas neste trabalho foram obtidas a partir de percevejos parasitados coletados em campo. Os percevejos adultos coletados foram mantidos em sala climatizada ($26^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$; 60% de umidade relativa e 14 h de fotofase em gaiolas plásticas de 5 L e alimentados com vagens de feijão *Phaseolus vulgaris* (Fabales: Fabaceae), sementes de soja *Glycine Max* (Fabales: Fabaceae), amendoim *Arachis hypogaea* (Fabales: Fabaceae) e girassol *Helianthus annuus* (Asterales: Asteraceae). Água foi oferecida com um algodão umedecido inserido em potes plásticos de 200 mL (Borges et al., 2006). Gotículas de mel foram distribuídas na parede da gaiola para alimentação dos parasitoides emergidos. As gaiolas foram observadas diariamente para verificar a presença de parasitoides. Machos e fêmeas de *H. smithii* foram separados das gaiolas dos percevejos e colocados em potes plásticos de 350 mL com gotículas de mel e chumaço de algodão umedecido com água onde foram mantidos por 24 h para acasalamento. Em seguida, as fêmeas do parasitoide foram colocadas em potes plásticos contendo percevejos (8 fêmeas/20 percevejos) por 24 h para ocorrer o parasitismo. Após este período os percevejos parasitados foram mantidos em sala

climatizada com as mesmas condições e dieta descritas anteriormente. Para a realização dos bioensaios foram utilizadas fêmeas do parasitoide com 24 h de idade e acasaladas.

Bioensaios

Para avaliar a influência dos feromônios de percevejos sobre o comportamento de busca de hospedeiros de *H. smithii* foram conduzidos bioensaios em olfatômetro de duas escolhas, manufaturado em placa de acrílico de 20 cm e 10 mm de espessura, com uma abertura central em forma de Y (corpo central de 8 cm, braços de 7 cm cada um e ângulo entre os braços de 80°). O olfatômetro opera horizontalmente e permite avaliar a resposta do inseto frente a dois estímulos (odores). A placa de acrílico foi colocada entre dois vidros de 20 x 20 cm e 4 mm de espessura, prensados com cliques para papel, formando assim um sistema fechado. No interior do olfatômetro, uma corrente de ar (0,8 L/min.) se estabeleceu utilizando uma bomba de aquário. O ar foi conduzido ao interior do olfatômetro utilizando mangueiras de silicone e filtrado em carvão ativado, regulado por fluxômetro e umidificado. Antes da entrada no olfatômetro o ar foi dividido em dois fluxos e conduzido para seringas de vidro onde se colocaram os estímulos, que posteriormente alcançaram os braços do olfatômetro através de tubos de silicone. Desta maneira, os braços do olfatômetro constituíram as áreas que receberam os diferentes tratamentos. Para escoamento do ar, uma bomba de sucção foi ligada no extremo oposto à entrada de ar do olfatômetro com fluxo de 0,3 L/min. (Figura 1). Desta maneira criou-se um sistema com leve pressão positiva dentro do olfatômetro que impedia a contaminação do sistema pela entrada de ar do ambiente.

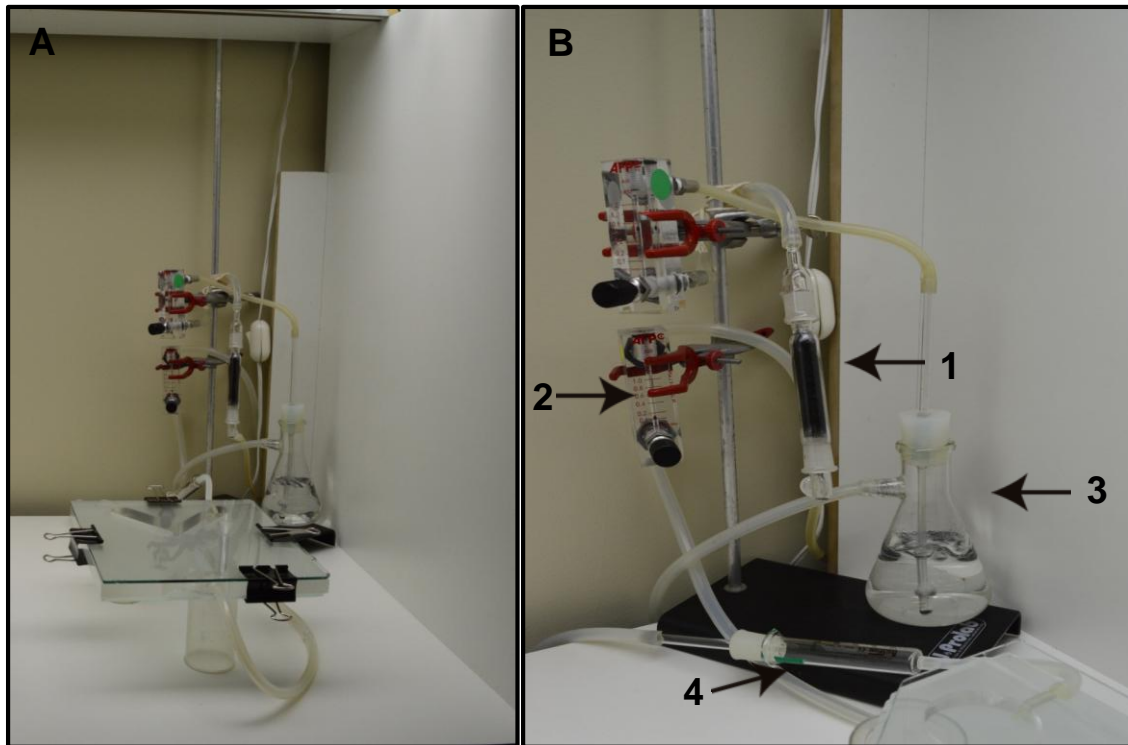


Figura 1. Esquema de bioensaio em olfatômetro do tipo Y. A: aparato geral utilizado para análise comportamental em laboratório. B: Esquema detalhado da figura A: 1 – carvão ativado para filtragem do ar, 2 – fluxômetro para regulação da entrada do ar no interior do olfatômetro, 3 – borbulhador para umidificação do ar no interior do olfatômetro, 4 – seringa para abrigar o papel filtro contendo o estímulo a ser testado.

Os estímulos químicos utilizados para testar a atração de *H. smithii* foram os ferômonios sexuais de *E. heros* e *N. viridula* (Tabela 1) obtidos do laboratório de semioquímicos da Empresa Recursos Genéticos e Biotecnologia na concentração de 0,01 mg/ml. Os compostos do feromônio de *E. heros* foram sintetizados pela empresa Fuji Flavor, Co., Ltd, (Tokyo, Japão) e os compostos de *N. viridula* obtidos a partir de aeração de machos segundo os procedimentos descritos em Schimmelpfeng et al. (2014). Para os bioensaios foram aplicados 5 µl em papel filtro (1 x 1 cm) e inseridos nas seringas. A resposta dos insetos aos feromônios foi avaliada em relação ao controle que consistiu em papéis de filtro impregnados com 5 µl de hexano (solvente).

Para executar os bioensaios, fêmeas de *H. smithii* foram introduzidas individualmente no olfatômetro. O comportamento de cada fêmea foi observado por 10 minutos com auxílio de cronômetro para quantificar os tempos. Foram registrados: escolha inicial (braço do olfatômetro no qual o inseto entra inicialmente e permanece

por pelo menos 20s) e tempo de residência (tempo que o parasitoide permaneceu em cada braço do olfatômetro).

As posições dos tratamentos foram alternadas a cada cinco bioensaios para evitar qualquer tendência na resposta do inseto. Os papéis impregnados com as soluções de feromônios foram trocados a cada três bioensaios. Foram realizadas 20 repetições de cada combinação de tratamento: feromônio de *E. heros* x hexano e feromônio de *N. viridula* x hexano.

Tabela 1. Feromônios sexuais de *Euschistus heros* e *Nezara viridula* utilizados em bioensaio em olfatômetro.

Espécie	Composto
<i>Euschistus heros</i>	2,6,10-trimetiltridecanoato de metila (44%)
	2E,4Z-decadienoato de metila (53 %)
	2,6,10-trimetildodecanoato de metila (3%)
<i>Nezara viridula</i>	<i>cis</i> -Z-Epoxibisaboleno (25 %)
	<i>trans</i> -Z-Epoxibisaboleno (75 %)

Nota: as percentagens entre parênteses correspondem à proporção de cada composto na mistura feromonal segundo descrições de Zhang et al. (2003) e Borges e Aldrich (1994) para *Euschistus heros* e Aldrich et al. (1992) para *Nezara viridula*.

Análise de dados

A probabilidade de escolha das fêmeas de *H. smithii* pelas áreas do olfatômetro com diferentes tratamentos foi calculada por regressão logística e para testar a hipótese de não preferência pelos tratamentos (50% de escolha para cada tratamento) foi utilizado o teste de χ^2 de Wald. Os valores médios do tempo de residência em áreas do olfatômetro com diferentes tratamentos foram comparados pelo teste de Wilcoxon. Todas as análises foram realizadas a 5% de nível de significância.

Efeito do parasitismo de *H. smithii* em aspectos biológicos e demográficos de *E. heros*

Os parasitoides utilizados neste experimento foram criados de acordo ao descrito anteriormente na seção: *Insetos*. Os adultos de *E. heros* utilizados como hospedeiros para o experimento foram obtidos de uma colônia estabelecida na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia e mantidos seguindo a metodologia estabelecida por Borges et al. (2006) descrita previamente.

Para estudar os aspectos biológicos de *E. heros* quando parasitados por *H. smithii* foram estabelecidos dois grupos de fêmeas de *E. heros*, cada um com 30 insetos, constituindo assim dois tratamentos: 1- fêmeas parasitadas e 2- fêmeas não parasitadas.

As fêmeas de *E. heros* com 12 dias de idade, maduras sexualmente (Costa et al., 1998) foram individualizadas em caixas gerbox com alimento (uma vagem de feijão e sementes de soja, amendoim e girassol na medida de 3:1:1, respectivamente) e um recipiente plástico contendo um pedaço de algodão umedecido em água (Figura 2) e mantidas em laboratório sob condições controladas ($25 \pm 2^\circ\text{C}$, $60 \pm 10\%$ U.R., 14h fotofase).



Figura 2. Caixa gerbox com dieta natural utilizada para experimento de biologia de *Euschistus heros* em laboratório.

No grupo de fêmeas parasitadas, para cada fêmea de *E. heros* foi adicionada uma fêmea de *H. smithii* previamente acasalada. As fêmeas do parasitoide foram mantidas por 24 h na caixa gerbox e após esse período, o parasitoide foi retirado e um macho de

E. heros com a mesma idade da fêmea não parasitado foi introduzido para acasalamento e mantido na caixa gerbox até a finalização do experimento, que ocorreu no momento da morte da fêmea. Caso o macho morresse antes da fêmea ele era substituído por outro da mesma idade. O grupo de fêmeas não parasitadas, se manteve sem contato com parasitoides e também recebeu machos no mesmo período que o grupo de fêmeas parasitadas.

As caixas gerbox com as fêmeas de cada tratamento foram observadas diariamente registrando: número de ovos depositados por cada fêmea e sobrevivência dos insetos. As posturas obtidas foram individualizadas em placa de Petri (9 cm de diâmetro) com a identificação correspondente [data, tratamento (parasitada ou não parasitada) e repetição: número da fêmea] e foram observadas diariamente para verificar a emergência de ninfas. Para fêmeas parasitadas e não parasitadas foram avaliados: fecundidade total (média do total de ovos por fêmea de cada tratamento); fecundidade diária (média de ovos por dia de cada tratamento considerando o grupo: 30 fêmeas não parasitadas ou 30 fêmeas parasitadas); longevidade das fêmeas de cada tratamento não parasitadas e parasitadas (número de dias em que as fêmeas permaneceram vivas após o parasitismo); fertilidade (número de ninfas obtidas a partir de cada massa de ovos/número de ovos em cada massa de ovos).

Análise de dados

Para comparar a fecundidade e longevidade de fêmeas de cada tratamento foram utilizados modelos lineares generalizados (GLM) com distribuição Poisson dos resíduos. Quando os dados mostraram sobre dispersão, foi usado distribuição de erros quase-Poisson. Foi feita também uma análise de fecundidade nos primeiros 15 dias após o parasitismo, período que abrangeu a longevidade média das fêmeas parasitadas. Os dados de sobrevivência das fêmeas foram usados para construir curvas de sobrevivência comparadas pelo teste log-rank de Kaplan-Meier.

A fecundidade diária (número médio de ovos colocados pelo grupo de fêmeas por dia) foi apresentada graficamente. Os dados de fertilidade (proporção de ninfas eclodidas) foram comparados entre os tratamentos por GLM com distribuição binomial de erros.

Os dados de idade, sobrevivência, fecundidade e fertilidade foram utilizados para estimar a média e erro padrão dos parâmetros da tabela de vida de fecundidade usando o programa computacional LIFE TABLE.SAS (Maia et al., 2000) na plataforma

SAS (SAS Institute, 2001). Foram considerados: classe de idade (x : expressa em dias e estimada como a soma do tempo de desenvolvimento de imaturos e a idade da fêmea em cada dia de observação do experimento), fertilidade diária (m_x : número médio de ovos por fêmeas em cada classe de idade) e sobrevivência da fêmea (l_x : proporção de sobrevivência em cada classe de idade). Outras variáveis necessárias para as estimativas foram obtidas de dados da literatura para *E. heros* em condições similares de criação. O tempo de desenvolvimento de ovo a adulto considerado foi de $28,45 \pm 0,19$ dias (com condição de 26°C , $70\% \pm 10\%$ e 14h de fotofase) (Cividanes et al., 1994), a proporção de sobrevivência de imaturos de 60% (com condição de $24 \pm 0,5^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ e 14h de fotofase) (Costa et al., 1998) e a razão sexual da descendência de 0,5 (com condição de $26 \pm 1^\circ\text{C}$, $60 \pm 10\%$ e 14h de fotofase) (Silva et al., 2008).

O programa LIFE TABLE utiliza a técnica Jackknife para estimar parâmetros da tabela de vida, os quais neste trabalho foram: taxa líquida de reprodução (R_0 : número de fêmeas/fêmea), taxa intrínseca de crescimento populacional (r_m : produção instantânea de fêmeas/fêmeas), tempo de geração (T : idade média de fêmeas no momento da produção da primeira descendência), e taxa finita de aumento (λ : número de fêmea/fêmea/dia). Os parâmetros foram comparados pelo teste t.

Para estimar o crescimento populacional de *E. heros* sob diferentes condições (ciclo da soja, população de percevejos migrantes, porcentagem de parasitismo e contribuição de parasitoides de adultos e de ovos) foi utilizada a taxa intrínseca de crescimento de fêmeas não parasitadas e parasitadas estimada a partir dos dados do experimento.

Para modelar o crescimento populacional foi utilizada a equação algébrica simples do modelo de crescimento exponencial:

$$N(t) = N_0 e^{rt}$$

$N(t)$: é o número de indivíduos na população no tempo t

N_0 : é o número de indivíduos na população inicial

r: taxa intrínseca de crescimento populacional (obtida a partir dos parâmetros biológicos).

t: tempo t

As condições para as quais foram realizadas as simulações de crescimento populacional foram: **1-** duração do ciclo de desenvolvimento da soja (plantio até maturidade fisiológica), para variedades cultivadas na região de Goiás e Distrito Federal

(Embrapa, 2013) de diferentes ciclos: ciclo curto, até 125 dias, ciclo médio, até 140 dias e ciclo longo, 150 dias número escolhido estando acima de 140 dias como definido para ciclo longo; **2-** número de indivíduos da população migrante de 0,4 percevejos adultos/m², obtido como média de percevejos adultos migrantes em cultura de soja em cidades do Centro-Oeste e de Minas Gerais (Borges et al., 2011; Silva et al., 2014; Borges et al., dados não publicados) e números acima e abaixo da média como: 0,8; 2; 0,2 e 0,08 percevejos adultos por m², para gerar um gradiente de simulação de população colonizante, obtidos pela multiplicação e divisão da densidade inicial (0,4 percevejos adultos/m²) por 2 e 5; e **3-** diferentes porcentagens de parasitismo de adultos: 58%, 39%, 14% e 3% e de ovos: 4%; 18% e 70%. A taxa de parasitismo de 3% foi encontrada no presente trabalho no Distrito Federal (capítulo 2), as demais foram obtidas da literatura (Corrêa-Ferreira et al., 1998; Medeiros et al., 1997; Michereff, 2011; Nunes, 2000; Turchen et al., 2015; Vieira et al., 2013, 2014).

O crescimento populacional de *E. heros* foi simulado considerando o período reprodutivo da soja: início de floração até a maturação fisiológica. A duração deste período foi conseguida diminuindo 50 dias (duração do período vegetativo de 45 a 50 dias obtido de Fietz e Rangel (2008)) dos períodos de duração de cultivares de ciclo curto, médio e longo obtendo: 75, 85 e 100 dias para o período de floração a maturação de soja. Para a simulação das diferentes taxas de parasitismo sob o parasitismo de adultos, a equação algébrica simples do modelo de crescimento exponencial empregada anteriormente foi acrescida das diferentes porcentagens de parasitismo e somando-se o crescimento da população não parasitada:

$$N(t) = N_0((e^{(n1*(rpop_parasitada*t)+n2*(rpop_nparasitada*t)}))$$

$N(t)$: é o número de indivíduos na população no tempo t

N_0 : é o número de indivíduos na população inicial

$n1$: número de indivíduos parasitados/ número total de indivíduos

$r_{pop_parasitada}$: taxa intrínseca de crescimento da população parasitada

t : tempo t

$n2$: proporção de indivíduos não parasitados (1- proporção de parasitismo)

$r_{pop_nparasitada}$: taxa intrínseca de crescimento da população não parasitada

Foram também consideradas, as contribuições de mortalidade por parasitoides de adultos e de ovos. Para esta análise, foram consideradas as porcentagens de parasitismo de adultos de 58% registrado por Nunes (2000), 39% registrado por Corrêa-Ferreira et al. (1998), 14% obtido de Turchen et al. (2015) e 3% (capítulo 2). O valor de 70% de parasitismo de ovos, foi o valor médio obtido entre os valores registrados por Medeiros et al. (1997). O valor de 18% de parasitismo de ovos, foi o valor encontrado por Vieira et al. (2014) e também valor médio obtido entre os encontrados por Michereff (2011). O valor de 4% de parasitismo de ovos foi o valor encontrado por Vieira et al. (2013) e também valor médio dos encontrados por Vieira et al. (2014). Para determinar a contribuição de parasitoides de ovos foi empregada a seguinte equação:

$$N(t) = N_0 * (e^{(r_{pop_nparasitada} * t) - (n3 * (r_{pop_nparasitada}))})$$

$N(t)$: é o número de indivíduos na população no tempo t

N_0 : é o número de indivíduos na população inicial

$r_{pop_nparasitada}$: taxa intrínseca de crescimento da população não parasitada

$n3$: proporção de parasitismo de parasitoides de ovos em *E. heros*

E para a contribuição do parasitismo de ovos e de adultos foi empregada a equação:

$$N(t) = N_0 * (e^{(n4 * (r_{pop_parasitada} * t) + (n4.1) * (r_{pop_nparasitada} * t) - (n3 * (n4 * (r_{pop_parasitada} * t) + (n4.1) * (r_{pop_nparasitada} * t)))})$$

$N(t)$: é o número de indivíduos na população no tempo t

N_0 : é o número de indivíduos na população inicial

$n4$: proporção de parasitismo de parasitoides de adultos em *E. heros*

$r_{pop_parasitada}$: taxa intrínseca de crescimento da população parasitada

t : tempo t

$n4.1$: proporção de indivíduos não parasitados por parasitoides de adultos (1- proporção de parasitismo de parasitoides de adultos em *E. heros*)

$r_{pop_nparasitada}$: taxa intrínseca de crescimento da população não parasitada

$n3$: proporção de parasitismo de parasitoides de ovos em *E. heros*

Resultados

Influência dos feromônios dos percevejos *E. heros* e *N. viridula* no comportamento de busca de hospedeiros do parasitoide *H. smithii*

O parasitoide foi atraído preferencialmente para o feromônio de *E. heros* quando contrastado com o controle (hexano) (χ^2 Wald = 4,52; $p = 0,033$) (Figura 3). O tratamento com o feromônio deste percevejo também resultou em maior tempo de residência no braço do olfatômetro que continha feromônio de *E. heros* quando comparado ao braço do olfatômetro com hexano (teste de wilcoxon $W = 109$; $p = 0,014$) (Figura 4).

O feromônio de *N. viridula* não resultou atrativo para o parasitoide, uma vez que não houve diferença significativa ao avaliar a resposta do parasitoide à solução deste feromônio quando contrastado com hexano (χ^2 Wald = 1,74 $gl = 19$ $p = 0,18$) (Figura 3). Da mesma maneira, não houve diferença significativa para o tempo de residência do parasitoide na área do olfatômetro com feromônio de *N. viridula* quando comparado à área do olfatômetro com hexano (teste de wilcoxon $W = 237$; $gl = 1$; $p = 0,32$) (Figura 4).

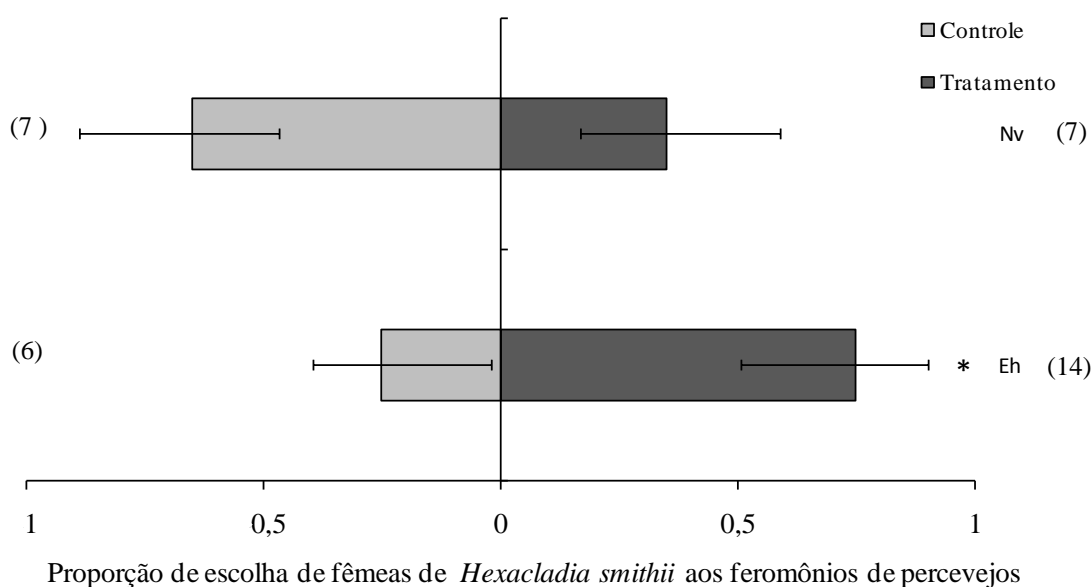


Figura 3. Proporção de escolha inicial de fêmeas de *Hexacladia smithii* em áreas do olfatômetro de duas escolhas (tipo Y) tratadas com feromônio de *Euschistus heros* (Eh) e hexano ou feromônio de *Nezara viridula* (Nz) e hexano. * Indica diferenças

significativas entre tratamento (feromônio de Nz ou Eh) e controle (hexano) pelo teste de χ^2 Wald $p < 0,05$. Os números entre parênteses indicam o número de indivíduos que responderam aos tratamentos.

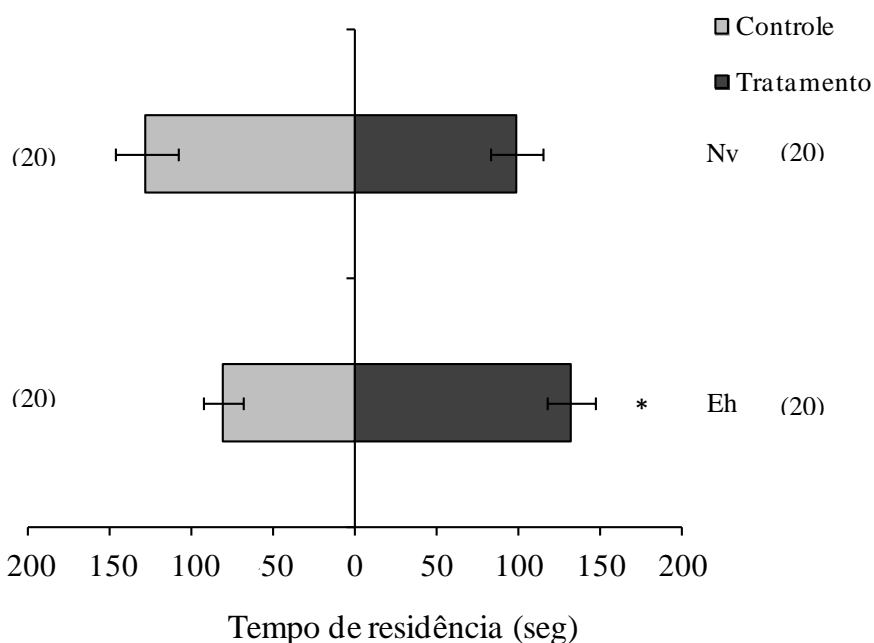


Figura 4. Tempo de residência (média \pm SE) de fêmeas de *Hexacladia smithii* em áreas do olfatômetro contendo feromônio de *Euschistus heros* (Eh) e hexano ou feromônio de *Nezara viridula* (Nz) e hexano. * Indica diferenças significativas entre tratamento (feromônio de Nz ou Eh) e controle (hexano) pelo teste de Wilcoxon, $p < 0,05$. Os números entre parênteses indicam o número de indivíduos que responderam aos tratamentos.

Influência do parasitismo de *H. smithii* em aspectos biológicos e demográficos de *E. heros*

A longevidade das fêmeas de *E. heros* parasitadas não diferiu estatisticamente das fêmeas não parasitadas (análise de GLM, $t = -1,099$ $p = 0,277$) (Apêndice 3.1 p.141). Embora tenha havido uma queda na sobrevivência de fêmeas de *E. heros* parasitadas aos 15 dias após o parasitismo, a curva de sobrevivência não mostrou

diferenças significativas entre os tratamentos ($T = 2,840$ $p = 0,092$) (Apêndice 3.2 p.142).

A fecundidade total de fêmeas de *E. heros* parasitadas por *H. smithii* foi menor quando comparada ao de fêmeas não parasitadas (análise de GLM, $z = 5,38$ $p < 0,001$) (Figura 5). As fêmeas não parasitadas apresentaram uma oscilação da fecundidade diária com período de oviposição maior que 30 dias (Figura 6). Para fêmeas parasitadas a taxa de oviposição reduziu acentuadamente a partir do décimo dia (Figura 6). Ao comparar a fecundidade nos primeiros 15 dias após o parasitismo, o número de ovos de fêmeas parasitadas permaneceu menor que o de fêmeas não parasitadas (análise GLM, $z = -3,21$ $p < 0,001$) (Figura 7).

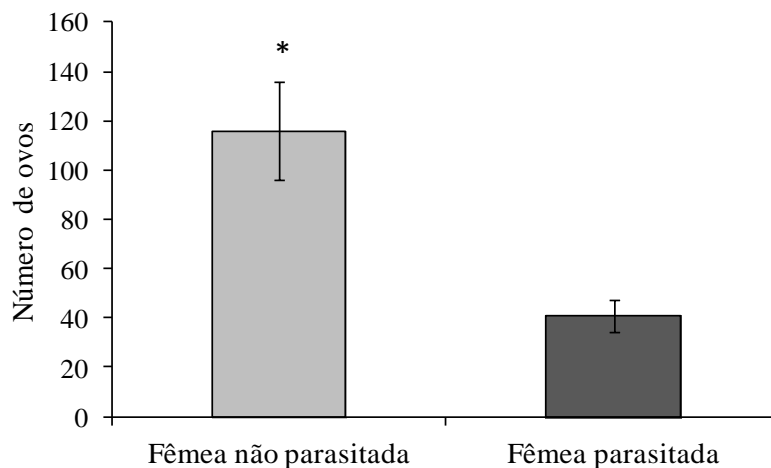


Figura 5. Fecundidade total (número médio do total de ovos) de fêmeas de *Euschistus heros* não parasitadas e parasitadas por *Hexacladia smithii*. Asteriscos indicam diferenças significativas (análise GLM, distribuição de erros Poisson, $p < 0,001$).

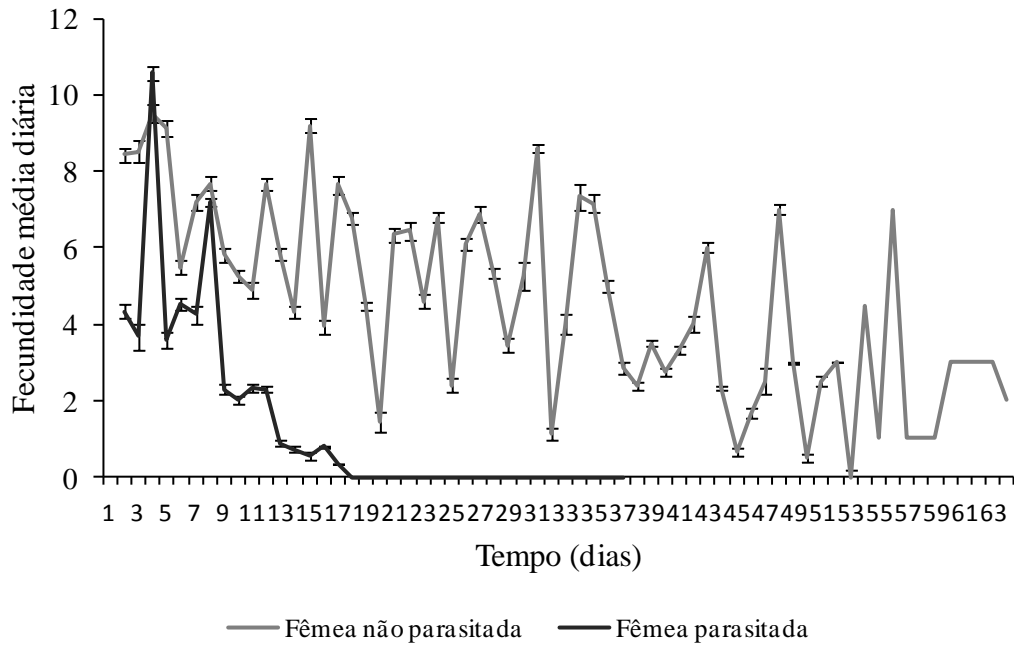


Figura 6. Fecundidade diária (número médio de ovos por dia) de fêmeas de *Euschistus heros* não parasitadas e parasitadas por *Hexacladia smithii* em cada dia.

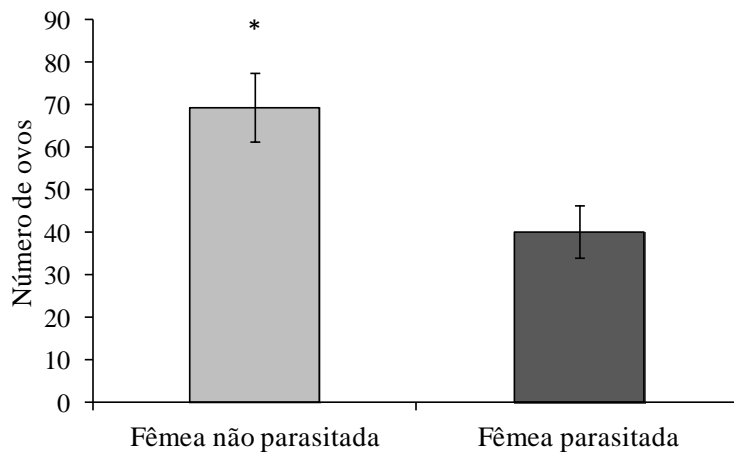


Figura 7. Fecundidade total (número médio do total de ovos) de fêmeas de *Euschistus heros* não parasitadas e parasitadas por *Hexacladia smithii* considerando os primeiros 15 dias após o parasitismo. Asteriscos indicam diferenças significativas (análise GLM, distribuição de erros Poisson, $p < 0,001$).

A fertilidade de fêmeas parasitadas e não parasitadas não mostrou diferença significativa (análise GLM com distribuição binomial de erros $z = 1,397$, $p = 0,16$). O mesmo foi observado considerando a fertilidade nos primeiros 15 dias após o parasitismo (análise GLM, $z = 1,90$, $p = 0,06$) (Apêndice 3.3 p.142).

A taxa líquida de crescimento (R_0), a taxa intrínseca de crescimento (r_m) e a taxa finita de aumento (λ) foram estatisticamente diferentes, com valores maiores para fêmeas não parasitadas quando comparado a fêmeas parasitadas (Tabela 2). A duração média de geração (T) e o tempo médio para duplicação da população (DT) também foram diferentes entre os dois tratamentos (Tabela 2).

Ao simular um crescimento geométrico das populações de *E. heros* não parasitadas e parasitadas considerando diferentes durações do ciclo da soja foi observado em todos os casos um crescimento mais rápido das populações não parasitadas quando comparado às populações parasitadas (Figura 8).

Tabela 2. Parâmetros da tabela de fertilidade de fêmeas de *Euschistus heros* não parasitadas e parasitadas por *Hexacladia smithii*.

Parâmetro	Tratamento	Estimativa	Erro padrão	Valor p*
Taxa líquida de crescimento (R_0)	Fêmea não parasitada	36,00	6,14	0,0015
	Fêmea parasitada	13,60	2,04	
Taxa intrínseca de crescimento (r_m)	Fêmea não parasitada	0,0747	0,0026	0,0003
	Fêmea parasitada	0,0589	0,0032	
taxa finita de aumento (λ)	Fêmea não parasitada	1,0776	0,0028	0,0003
	Fêmea parasitada	1,0607	0,0034	
Duração da geração (T) (dias)	Fêmea não parasitada	48,13	1,14	0,0043
	Fêmea parasitada	44,49	0,36	
Tempo de duplicação da população DT (dias)	Fêmea não parasitada	9,27	0,34	0,0016
	Fêmea parasitada	11,72	0,64	

*Nível de significância nominal do teste t para comparação dos parâmetros de fêmeas não parasitadas versus fêmeas parasitadas.

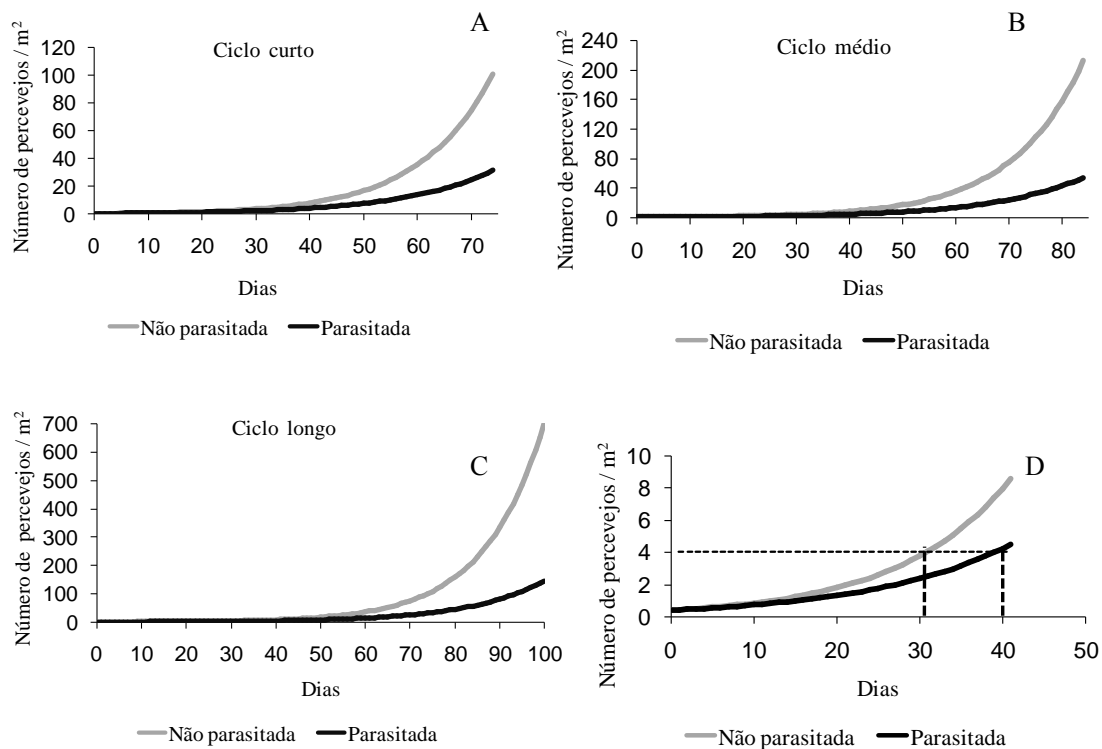
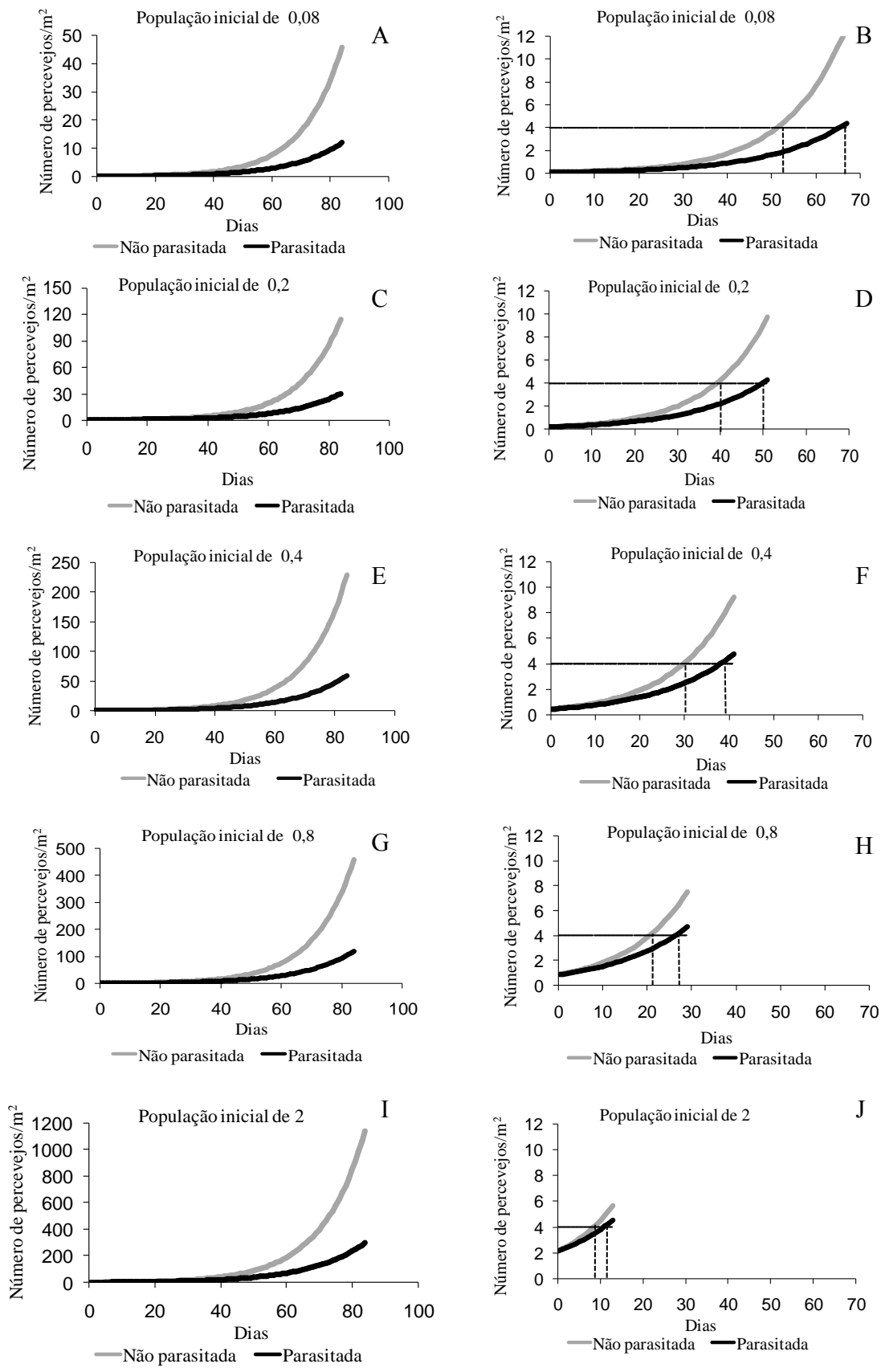


Figura 8. Simulação do crescimento populacional de fêmeas de *Euschistus heros* não parasitas e parasitadas por *Hexacladia smithii* em variedades de soja com diferentes fenologias em Goiás e Distrito Federal (Embrapa, 2013). A: ciclo curto – duração de até 125 dias, B: ciclo médio – duração de até 140 dias, C: ciclo longo – duração maior que 150 dias e D: representa o nível de controle alcançado pelos ciclos da soja considerados. A linha tracejada indica o nível de controle de 4 indivíduos por metro quadrado. Os gráficos A, B e C apresentam o eixo y sob escalas diferentes para melhor visualização do tamanho populacional de fêmeas de *E. heros* não parasitadas e parasitadas no final do período reprodutivo.

O crescimento populacional considerando o número de percevejos colonizantes para variedades de ciclo médio, também mostra um padrão diferenciado entre fêmeas não parasitadas e parasitadas. O nível de controle para uma população inicial de 0,08; 0,2 e 0,4 adultos/m² para fêmeas parasitadas é atingido aos 14, 10 e 9 dias após o limiar de controle atingido pelas fêmeas não parasitadas. Já para uma população inicial de 0,8 e 2 o nível de controle é atingido aos 6 e 2 dias após ao atingido pela população não parasitada. Ao final do período reprodutivo, a população parasitada é menor que a não parasitada (Figura 9).



Legenda em página seguinte

Figura 9. Simulação do crescimento populacional de fêmeas de *Euschistus heros* não parasitas e parasitadas por *Hexacladia smithii* considerando diferentes populações iniciais de percevejos sob o ciclo da soja de 135 dias. As populações iniciais são de: 0,08; 0,2; 0,4; 0,8 e 2 percevejos adultos/m². Gráficos **A, C, E, G, I** do lado esquerdo: mostram o tamanho populacional de fêmeas de *E. heros* não parasitadas e parasitadas ao durante o período reprodutivo. Gráficos **B, D, F, H, J** do lado direito: mostram o número de dias necessários para atingir o nível de controle de populações de *E. heros* não parasitadas e parasitadas. Linha tracejada representa o nível de controle com 4 percevejos/m². Os gráficos A, C, E, G, I apresentam o eixo y sob escalas diferentes para melhor visualização do tamanho populacional de populações de *E. heros* não parasitadas e parasitadas no final do período reprodutivo.

Ao comparar diferentes taxas de parasitismo o modelo mostra retardo no crescimento populacional de *E. heros* a medida que valores de parasitismo por parasitoides de adultos ou por parasitoides de ovos aumentam (Figura 10A e 10C). Ao final do período reprodutivo, com parasitismo de 58 e 39%, a população de *E. heros* chega a apresentar 98,36 e 126,58 percevejos/m², números claramente menores que os da população não parasitada que chega a um valor de 213,77 percevejos/m² (Figura 10A). Fêmeas de *E. heros* com parasitismo de 3% apresentam crescimento populacional similar ao de fêmeas não parasitadas (Figura 10A). A população com parasitismo de 39% e 58% atingiram o nível de controle aos 34 e 36 dias respectivamente, sendo 3 e 5 dias mais tarde que fêmeas não parasitadas (Figura 10B). Já fêmeas com parasitismo de 14% e 3% atingiram o nível de controle um dia após o nível de controle atingido pelas fêmeas não parasitadas (Figura 10B). O nível de controle para população com 4 e 18% de parasitismo em ovos é atingido com 2 e 7 dias após ao atingido pela população não parasitada (Figura 10D). A população de *E. heros* com taxa de 70% de parasitismo de ovos não chega a alcançar o nível de controle durante o período reprodutivo da soja (Figura 10D).

As contribuições dos parasitoides de ovos e de adultos para o controle populacional de *E. heros*, observado na simulação, mantêm as populações de *E. heros* em abundância menor quando comparado com populações não parasitadas (np) (Figuras 11A-G). O nível de controle de 4 percevejos adultos/m² é alcançado em 31 dias

em populações não parasitadas (Figuras 11B-H). Para fêmeas parasitadas, a simulação mostrou que o número de dias para atingir nível de controle varia dependendo da taxa de parasitismo. Quando as taxas de parasitismo em *E. heros* são de 3% por parasitoides de adultos e de 4% por parasitoides de ovos o nível de controle é alcançado em 33 dias (Figura 11B), dois dias após ao atingido pelas fêmeas não parasitadas. No entanto, quando a combinação das taxas parasitismo das duas guildas de parasitoides são maiores, com valores de 58 e 18% por parasitoides de adultos e de ovos respectivamente, o nível de controle é alcançado em 44 dias (Figura 11H). A combinação do parasitismo de adultos e de ovos, quando os últimos apresentam taxa de parasitismo de 70%, mantém a densidade da praga abaixo do nível de controle durante todo o estágio reprodutivo da soja (Figuras 11B -H).

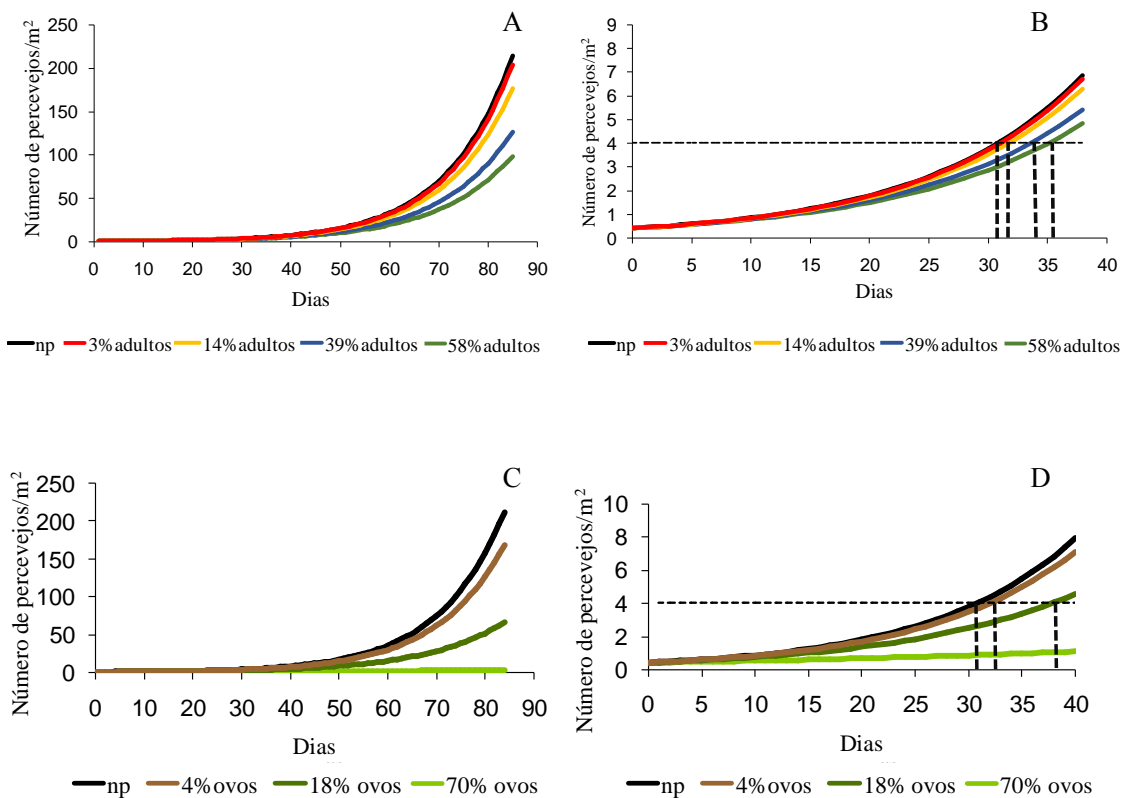


Figura 10. Simulação do crescimento populacional de fêmeas de *Euschistus heros* não parasitadas e parasitadas por *Hexacladia smithii* e crescimento de *E. heros* com a contribuição de parasitoides de ovos sob diferentes condições de parasitismo em ciclo

médio da cultura de soja de 135 dias. **np**: população de fêmeas de *E. heros* não parasitadas; 58%adultos, 39%adultos, 14%adultos e 3%adultos representam diferentes taxas de parasitismo por parasitoide de adultos; 70%ovos, 18%ovos e 4%ovos representam diferentes taxas de parasitismo por parasitoides de ovos. O número de indivíduos no eixo y em todos os gráficos representa percevejos adultos/m². Os gráficos **A e C**: mostram o tamanho populacional de fêmeas de *E. heros* não parasitadas e parasitadas durante o período reprodutivo. Os gráficos **B e D**: mostram o número de dias necessários para atingir o nível de controle de populações de *E. heros* não parasitadas e parasitadas. Linha tracejada representa o nível de controle com 4 percevejos/m².

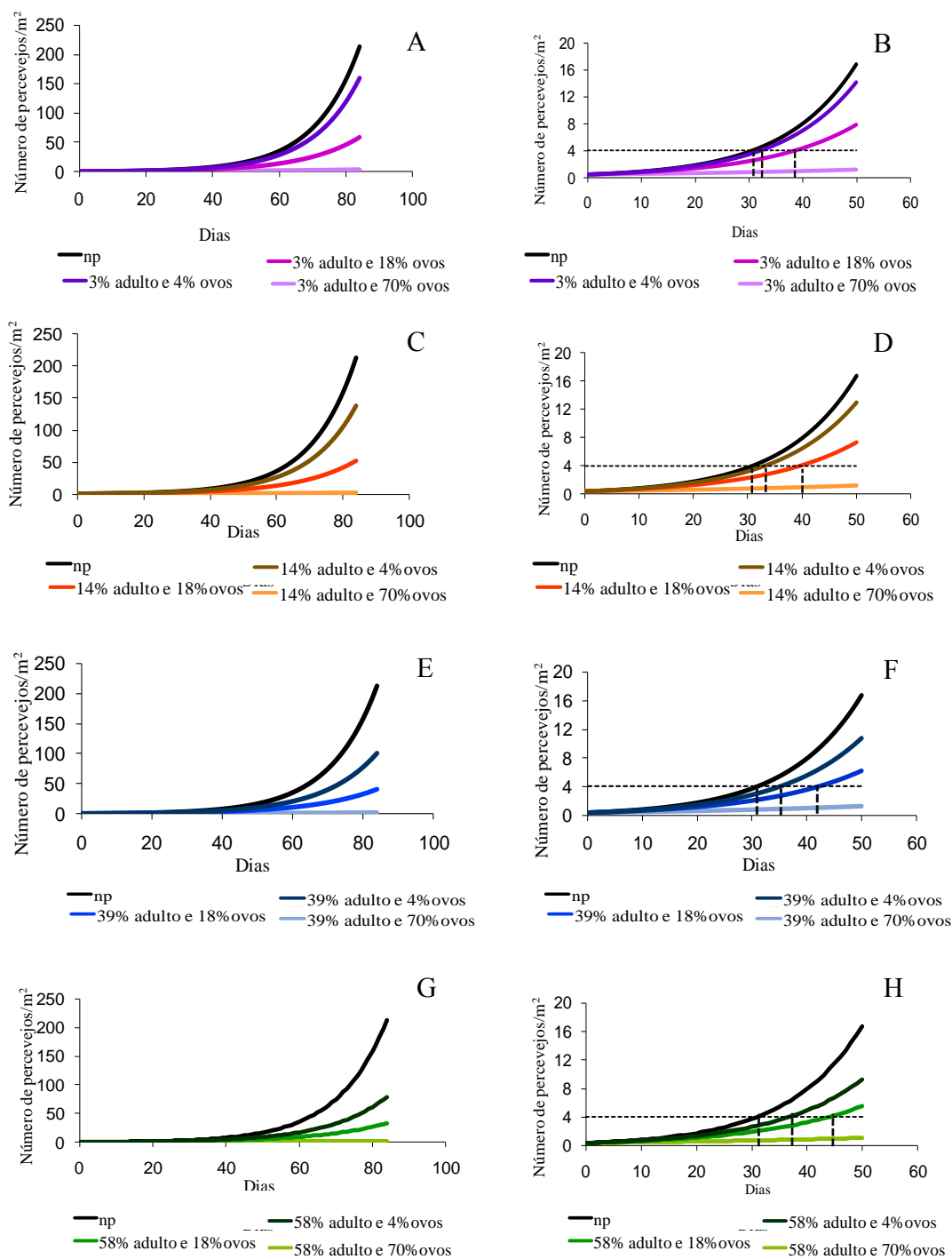


Figura 11. Simulação do crescimento populacional exponencial de fêmeas de *Euschistus heros* não parasitadas e parasitadas por *Hexacladia smithii* combinado com a contribuição de parasitismo de ovos simulado sob diferentes porcentagens de parasitismo em cultura da soja de 135 dias (ciclo médio). **np**: população de fêmeas de *E. heros* não parasitadas. O número de indivíduos no eixo y em todos os gráficos representa percevejos adultos/m². **A-G**: mostra o tamanho populacional de fêmeas de *E.*

heros não parasitadas e parasitadas durante o período reprodutivo. **B-H**: mostra o número de dias necessários para atingir o nível de controle de populações de *E. heros* não parasitadas e parasitadas. Linha tracejada representa o nível de controle com 4 percevejos/m².

Discussão

Os compostos sintéticos do feromônio de *E. heros* foram atrativos às fêmeas de *H. smithii* indicando que estes parasitoides podem utilizá-los como caimônio durante a busca por hospedeiro. Os compostos do feromônio de *N. viridula* não foram atrativos ao parasitoide. Estes resultados confirmam a hipótese de resposta diferenciada deste parasitoide para estímulos químicos de *E. heros* e *N. viridula*, o que estaria relacionada à preferência de hospedeiro deste parasitoide por *E. heros* já que estudos confirmam a ocorrência preferencial de *H. smithii* nesta espécie de percevejo em lavouras de soja (Corrêa-Ferreira et al., 1998; Godoy et al., 2010; Turchen et al., 2015) o que foi constatado também nas amostragens de campo apresentadas no Capítulo 1 e em observações pessoais nas safras 2012/2013 e 2013/2014, onde *H. smithii* não foi encontrado parasitando *N. viridula*.

A atratividade por feromônios sexuais de pentatomídeos também foi observada para outras espécies de parasitoides de adultos. Aldrich et al. (1984) verificaram que feromônios sintéticos de *Podisus maculiventris* (Say, 1832) (Hemiptera: Pentatomidae) iscados em armadilha capturaram os parasitoides de adultos *Euclytia flava* (Townsend, 1891) e *Hemyda aurata* Robineau-Desvoidy, 1830 (Diptera: Tachinidae). Tillman et al. (2010) também capturaram, em condições de campo, o parasitoide *Trichopoda pennipes* (Fabricius, 1781) (Diptera: Tachinidae) em armadilhas iscadas com o feromônio sintético de *N. viridula*.

Pistas oriundas do hospedeiro são consideradas estímulos com forte potencial de resposta em inimigos naturais, pois informam com precisão a localização e identidade dos hospedeiros e são considerados de alta confiabilidade (Vet et al., 1995). Apesar do feromônio sexual ser uma pista confiável em relação à identidade e localização espacial do hospedeiro, sua produção é altamente variável dependendo das condições fisiológicas do inseto, idade e etapa do ciclo vital (Moraes et al., 2008a; Zang et al., 2003). Adicionalmente, e como uma maneira de evitar o ataque de predadores e

parasitoides, pistas oriundas do hospedeiro são liberadas em quantidades mínimas (Vet e Dick, 1992). Sendo assim, *H. smithii* pode apresentar plasticidade em relação aos estímulos e pistas utilizadas para a busca de hospedeiros, sendo os feromônios um dos componentes deste complexo de estímulos que podem ser utilizados em condições específicas.

As fêmeas de *H. smithii* utilizadas neste trabalho eram fêmeas acasaladas e não apresentaram contato prévio com os feromônios das espécies avaliadas. Assim, a resposta ao feromônio de *E. heros* sugere resposta inata a este estímulo. No entanto, a resposta do parasitoide adulto pode ser influenciada pela experiência obtida durante o desenvolvimento ou logo após a emergência do hospedeiro (Vet et al., 1990). Embora os resultados e a condição das fêmeas utilizadas nos bioensaios (sem experiência de parasitismo e sem contato prévio com percevejos) sugiram uma resposta inata de *H. smithii* para o feromônio de *E. heros* o condicionamento pré-imaginal não pode ser descartado já que os parasitoides foram criados nesta espécie de percevejos. O condicionamento pré-imaginal ou a hipótese de herança química (Corbet, 1985) para resposta a semioquímicos em parasitoides é um dos mecanismos que permitem a estes insetos se adaptarem à mudanças no espectro de hospedeiros nos ambientes complexos em que vivem (Gandolfi et al., 2003; Vet e Groenewold, 1990; Vet et al., 1995).

Além da resposta a feromônios, seja inata ou pré-condicionada, o uso de outras pistas químicas por *H. smithii* durante a busca de hospedeiros pode contribuir para a plasticidade de resposta e maior efetividade para localização dos hospedeiros.

Voláteis de plantas que são liberados após o dano do herbívoro (voláteis induzidos por herbivoria VIH) constituem estímulos comumente utilizados por parasitoides (Godfray, 1994; Vet et al., 1995) durante a busca de hospedeiros, incluindo parasitoide de ovos de pentatomídeos (Michereff et al., 2011, 2013, 2015; Moraes et al., 2005, 2008b; Vieira et al., 2014). Os VIHs geralmente são específicos em relação à combinação planta-herbívoro tendo em vista que fornecem informação relevante aos parasitoides além de serem produzidos em maior quantidade que os voláteis originados dos insetos hospedeiros, e em consequência, a probabilidade de identificação pelos parasitoides é maior. Embora não documentado, parasitoides de adultos de pentatomídeos também podem fazer uso dessa estratégia já que parasitam percevejos que se alimentam de diferentes plantas e de diferentes espécies que atacam a mesma planta, no caso a soja (Baldin et al, 2010; Costa Lima, 1930; Panizzi e Silva, 2010). Dessa maneira, responder a voláteis de plantas que possam indicar a presença e a

abundância de hospedeiros seria uma estratégia para maximizar o sucesso reprodutivo, pois sob a mesma planta hospedeira o parasitoide pode encontrar vários e diferentes hospedeiros para o desenvolvimento de sua progênie (Vet e Dick, 1992; Vet et al., 1995). Outras pistas que podem auxiliar no comportamento de busca são compostos produzidos nas glândulas metatorácicas de percevejos pentatomídeos que são explorados como alomônios por parasitoide de ovos de percevejos (Aldrich, 1995; Laumann et al., 2009; Maticci et al., 2003; Vieira et al., 2013) e provavelmente podem também ser utilizados por parasitoides de adultos. A resposta a estes estímulos e seu grau de especificidade deve ser explorada em trabalhos futuros.

O parasitoide *H. smithii* não afetou a sobrevivência e longevidade de fêmeas de *E. heros* quando parasitadas aos 12 dias de idade. Este resultado confirma ao relatado para esta espécie com 14 dias de parasitismo (Nunes, 2000). Resultado similar foi encontrado por Corrêa-Ferreira et al. (1991) para o parasitismo do percevejo *Nezara viridula* pelo díptero *Trichopoda giacomellii* (= *Eutrichopodopsis nitens*) (Blanchard, 1966) quando parasitado aos 14 dias de idade. O fato do parasitismo não influenciar diretamente na sobrevivência dos adultos de *E. heros* é uma estratégia de manipulação fisiológica do hospedeiro pelo parasitoide que assegura o desenvolvimento da sua progênie num ambiente com condições ótimas (Askew e Shaw 1986; Gauld e Bolton, 1988; Pennacchio e Strand, 2006). O parasitismo afetou a fecundidade das fêmeas de *E. heros*, o que confirma o relatado por Nunes (2000) para esta espécie utilizando metodologia similar, com percevejos de 14 dias de idade. Esta autora também verificou que quando o parasitismo ocorreu em adultos recém-emergidos ou com 7 dias de idade houve redução acentuada da fecundidade, principalmente nos adultos recém parasitados. Resultado semelhante também foi encontrado por Higaki (2003) para o percevejo *Plautia crossota stali* (Scott, 1874) com 14 dias de idade e parasitado pelo díptero *Gymnosoma rotundatum* (Linnaeus, 1758). Corrêa-Ferreira et al. (1991) observaram que o percevejo *N. viridula* reduziu a fecundidade quando parasitado por *T. giacomellii* aos 14 dias embora não significativamente quando comparado às fêmeas não parasitadas. O mesmo efeito foi obtido em cochonilhas quando fêmeas maduras de 14 dias de idade foram parasitadas pelo parasitoide *Anagyrus* sp. nov. nr. *sinope* Noyes e Menezes (Hymenoptera: Encyrtidae) (Higaki, 2003). A cochonilha *Planococcus citri* Risso, 1813 (Hemiptera: Pseudococcidae) madura sexualmente apresentou redução significativa na fecundidade quando parasitada por *Anagyrus pseudococci* (Girault, 1915) (Hymenoptera: Encyrtidae) (Islam et al., 1997).

A redução na fecundidade pode ser atribuída à atrofia dos ovários a medida que os parasitoides se desenvolvem ocupando todo o espaço abdominal e ao consumo de energia metabólica do hospedeiro destinado à produção de ovos. Higaki (2003) observou encolhimento dos ovários de fêmeas de *P. c. stali* após uma semana de parasitismo. Rasplus et al. (1990) constataram atrofia das gônadas do percevejo *Lincus malevolus* Rolston, 1989 (Hemiptera: Pentatomidae) quando parasitado por *Hexacladia linci* Rasplus, 1990 (Hymenoptera: Encyrtidae). A competição por nutrientes entre as larvas do parasitoide em desenvolvimento e o hospedeiro podem afetar a produção e maturação dos ovos, processos que são altamente onerosos em energia metabólica. O parasitoide através da manipulação fisiológica do hospedeiro pode alterar processos hormonais inibindo a produção de ovos (Godfray, 1994). A fertilidade de *E. heros* não foi afetada pelo parasitismo de *H. smithii*. Fêmeas parasitadas apresentaram fertilidade semelhante ao de fêmeas não parasitadas. Resultado similar foi encontrado por Coombs e Khan (1998) os quais observaram que a viabilidade dos ovos de *N. viridula* parasitadas por *T. giacomellii* não foi afetada.

Os resultados da análise de tabela de fecundidade mostraram um efeito negativo nos parâmetros demográficos de *E. heros* ocasionado pelo parasitismo por *H. smithii*.

Esta redução dos parâmetros demográficos em *E. heros* sugere um claro efeito do parasitismo por *H. smithii*, estimado a partir da simulação da dinâmica populacional da praga. O modelo de crescimento geométrico estimou que sob diferentes durações de ciclo, número de percevejos iniciais, de porcentagens de parasitismo e de contribuições combinadas de mortalidade por parasitoides de ovos e de adultos as populações de *E. heros* podem crescer de forma mais lenta. Embora seja um modelo simples, considerando apenas o parasitismo como fator de mortalidade, este modelo mostrou como a população de *E. heros* pode ser impactada sob diferentes condições. Trabalhos futuros com pesquisa em campo de fatores de mortalidade e impactos de condições climáticas na bioecologia de *E. heros* são necessários para dispor de informação que permita a construção de modelos mais complexos e possivelmente com estimativas mais precisas do impacto dos inimigos naturais nas populações de percevejos.

Visto que o parasitismo culmina na morte do hospedeiro, estudar como o parasitismo impacta populações de herbívoros-praga é interessante sob o ponto de vista do controle biológico. A simulação do crescimento de *E. heros* considerando as diferentes durações de ciclo da cultura e população inicial de percevejos mostraram que a dinâmica populacional deste percevejo pode ser influenciada sob o parasitismo de *H.*

smithii. No entanto, estas observações foram conseguidas com 100% de parasitismo. Esse alto parasitismo simulado é pouco provável de ser atingido naturalmente. As simulações com diferentes porcentagens de parasitismo por *H. smithii* mostram que a maior porcentagem registrada na literatura, 58%, apresenta contribuição satisfatória com redução da população ao final do ciclo em 54%. Outro ponto importante de notar foi que o modelo revelou que quando o parasitismo de ovos é de 70% o crescimento de *E. heros* se mantém bem abaixo ao da população não parasitada e não chega a atingir o nível de controle no período reprodutivo. Isso mostra que apenas a contribuição dessa guilda seria suficiente para controle populacional de *E. heros*. No entanto, essa taxa de parasitismo atualmente não ocorre naturalmente devido a aplicação desregrada de inseticidas no controle de pragas (Corrêa-Ferreira et al., 2009). Interessante foi verificar que a contribuição do parasitismo combinado de ovos e de adultos ajuda na regulação populacional estimada pelo modelo. A junção dessas guildas na cultura de soja é interessante, pois o parasitismo do adulto age na diminuição dos ovos no campo e o de ovos age na não emergência de ninfas. Embora este potencial tenha sido demonstrado através de simulação, no futuro as interações entre parasitoides de ovos e de adultos devem ser estudadas para avaliar sinergismo, competição ou interferência entre parasitoides destas duas guildas. Há de considerar que estes resultados observados quanto a influência de *H. smithii*, na redução da fecundidade, aspectos demográficos e no crescimento populacional de *E. heros* por meio de simulação, foram em fêmeas sexualmente maduras de 12 dias de idade. Maior efeito no potencial reprodutivo de *E. heros* foi observado em fêmea recém emergidas, nas quais não houve fecundidade (Nunes, 2000). Dessa maneira a ação de *H. smithii* sobre população de recém adultos *E. heros* tem maiores efeitos na população.

Os resultados deste trabalho fornecem informação (comportamento de *Hexacladia smithii*, biologia de *E. heros* parasitados) básica relevante para o manejo de inimigos naturais visando o controle biológico de percevejos. A resposta ao feromônio de *E. heros* abre a perspectiva de uso destes semioquímicos para manipulação comportamental de *H. smithii* visando o seu recrutamento em áreas de produção de soja. Este recrutamento pode contribuir para incrementar os índices de parasitismo com consequência na demografia de *E. heros* que podem contribuir para o controle populacional desta praga no Brasil.

Referências Bibliográficas

Aldrich, J.R., 1995. Chemical communication in the true bugs and parasitoid exploitation, in: Cardé, R.T., Bell, W.J. (eds.), *Chemical Ecology of Insects*. Chapman & Hall, New York, pp. 318–363.

Aldrich, J.R., Hoffmann, M.P. Kochansky, J.P. Lusby, W.R. Eger, J.E., Payne J.A., 1991. Identification and attractiveness of a major component for Nearctic *Euschistus* spp. stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae). *Environ. Entomol.* 20, 477–483.

Aldrich, J.R., Khrimian, A., Camp, M.J., 2007. Methyl 2,4,6-decatrienoates attract stink bugs and tachinid parasitoids. *J. Chem. Ecol.* 33, 801–815.

Aldrich, J.R., Khrimian, A., Zhang, A., Shearer, P.W., 2006. Bug pheromones (Hemiptera, Heteroptera) and tachinid by host-finding. *Denisia* 19, 1015–1031.

Aldrich, J.R., Kochansky, J.P., Abrams, C.B., 1984. Attractant for a beneficial insect and its parasitoids: pheromone of the predatory spined soldier bug, *Podisus maculiventris* (Hemiptera: Pentatomidae). *Environ. Entomol.* 13, 1031–1036.

Aldrich J.R., Numata H., Borges M., Bin F., Waite G.K., Lusby W.R., 1992. Artifacts and pheromone blends from *Nezara* spp. and other stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae). *Z.NaturforschC48*, 73–79.

Aldrich, J.R., Oliver, J.E., Lusby, W.R., Kochansky, J.P., Lockwood, J.A., 1987. Pheromone strains of the cosmopolitan pest, *Nezara viridula* (Heteroptera, Pentatomidae) *J. Exp. Zool.* 244, 171–175.

Askew, R.R., Shaw, M.R., 1986. Parasitoid Communities: their size, structure and development, in: Waage, J.K., Greathead, D. (Eds.). *Insect Parasitoids*. Academic Press, London, pp. 225–259.

Baldin, E.L.L., Fujihara, R.T., Boiça Jr, A.L., De Almeida, M.C., 2010. Parasitismo de percevejos-praga do maracujazeiro no Brasil por *Hexacladia smithii* Ashmead (Hymenoptera: Encyrtidae). Neotrop. Entomol. 39, 306–307.

Bellows Junior, T.S., Van Driesche, R.G., Elkinton, J.S., 1992. Life-table construction and analysis in the evaluation of natural enemies. Annu. Rev. Entomol 37, 587–614.

Borges, M., Aldrich, J.R., 1994. Attractant pheromone for Nearctic stink bug, *Euschistus obscurus* (Heteroptera: Pentatomidae): insight into a Neotropical relative. J. Chem. Ecol. 20, 1095–1102.

Borges, M., Laumann, R.A., Cavalcante, C., Moraes, M.C.B., Santos, H.M., Ribeiro, D.T., 2006. Metodologias de criação e manejo de percevejos da soja (Hemiptera: Pentatomidae) para estudos de comportamento e ecologia química. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, (Documento Série Embrapa), Brasília.

Borges, M., Moraes, M.C.B., Peixoto, M.F., Pires, C.S.S., Sujii, E.R., Laumann, R.A., 2011. Monitoring the Neotropical brown stink bug *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae) with pheromone-baited traps in soybean fields. J. Appl. Entomol. 135, 68–80.

Bortolotto, O.C., Pomari-Fernandes, A., Bueno, R.C.O. de, Bueno, A. de F., Kruz, Y. K.S., Queiroz, A.P., Sanzovo, A. Ferreira, R.B., 2015. The use of soybean integrated pest management in Brazil: a review. Agron. Sci. Biotechnol. 1, 25–32.

Burks, B.D. 1972. Genus *Hexacladia* Ashmead (Hymenoptera: Encyrtidae). Proc. Entomol. Soc. Wash. 74, 363–371.

Cividanes, F.J., Parra, J.R.P., 1994. Biologia em diferentes temperaturas e exigências térmicas de percevejos pragas da soja. Pesqui. Agropecu. Bras. 29, 1841–1846.

Coombs, M., Khan, S., 1998. Fecundity and longevity of green vegetable bug, *Nezara viridula*, following parasitism by *Trichopoda giacomellii*. Biol. Control 12, 215–222.

Corbet, S.A., 1985. Insect chemosensory responses: a chemical legacy hypothesis. *Ecol. Entomol.* 10, 143–153.

Corrêa-Ferreira, B.S., Krzyzanowski, F.C., Minami, C.A. 2009. Percevejos e a qualidade da semente de soja – série sementes. EMBRAPA-CNPSO Circular Técnica, 67, Londrina.

Corrêa-Ferreira, B.S., Nunes, M.C. Ugoccioni, L.D., 1998. Ocorrência do parasitoide *Hexacladia smithii* Ashmead em adultos de *Euschistus heros* (F.) no Brasil. *An. Soc. Entomol. Bras.* 27, 495–498.

Corrêa-Ferreira, B.S., Thomazini, M.J., Zamataro, C.E., 1991. Efeito do parasitismo por *Eutrichopodopsis nitens* Blanchard na longevidade e reprodução de *Nezara viridula* (L.). *Pesqui. Agropecu. Bras.* 26, 837–842.

Costa Lima, A.1930. Sobre insetos que vivem em maracujás (*Passiflora* spp.). *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 23, 159–162.

Costa, M.L.M., Borges, M., Vilela, E.F. 1998. Biologia reprodutiva de *Euschistus heros* (F.) (Heteroptera: Pentatomidae). *An. Soc. Entomol. Bras.* 27, 559–568.

Debach, P., Rosen, D. 1991. *Biological control by natural enemies*, second ed. Cambridge University Press, Cambridge.

Doutt, R.L., 1959. The biology of parasitic Hymenoptera. *Annu. Rev. Entomol.* 4, 161–182.

Embrapa, 2013. *Tecnologias de produção de soja – Região Central do Brasil 2014.* – Embrapa Soja, n. 16, Londrina.

Fietz, C.R., Rangel, M.A.S. 2008. Época de semeadura da soja para a região de Dourados – MS, com base na deficiência hídrica e no fotoperíodo. *Eng. Agric.* 28, 666–672.

Gandolfi, M., Mattiacci L., Dorn S. 2003. Preimaginal learning determines adult response to chemical stimuli in a parasitic wasp. *Proc. Royal Soc. Biol. Sci.* 270, 2623–2629.

Gauld, I., Bolton, B. 1988. *The Hymenoptera*. Oxford University Express, New York.

Godfray, H.C.J. 1994. *Parasitoids: Behavior and Evolutionary Ecology*. Princeton University Press, NY, USA.

Godoy, K.B., Ávila, C.J., Duarte, M.M., Arce, C.C.M., 2010. Parasitismo e sítios de diapausa de adultos do percevejo marrom, *Euschistus heros* na região da Grande Dourados, MS. *Cienc.Rural.* 40,1199–1202.

Gross, P. 1993. Insect behavioral and morphological defenses against parasitoids. *Annu. Rev. Entomol.* 38, 251–273.

Higaki, M. 2003. Development of a tachinid, parasitoid *Gymnosoma rotundatum* (Diptera: Tachinidae) on *Plautia crossota stali* (Heteroptera: Pentatomidae), and its effects on host reproduction. *Appl. Entomol. Zool.* 38, 215–223.

Higaki, M., Adachi, I., 2011. Response of a parasitoid fly, *Gymnosoma rotundatum* (Linnaeus) (Diptera: Tachinidae) to the aggregation pheromone of *Plautia stali* Scott (Hemiptera: Pentatomidae) and its parasitism of hosts under field conditions. *Biol. Control* 58, 215–221.

Islam, K.S., Pereira, H.A.S., Copland, M.J.W., 1997. The effects of parasitism by an encyrtid parasitoid, *Anagryus pseudococci* on the survival, reproduction and physiological changes of the mealybug, *Planococcus citri*, *Entomol. Exp. Appl.* 34,77–83.

Jang, S.A., Cho, J.H., Park, G.M., Choo, H.Y., Park, C.G., 2011. Attraction of *Gymnosoma rotundatum* (Diptera: Tachinidae) to different amounts of *Plautia stali* (Hemiptera: Pentatomidae) aggregation pheromone and the effect of different pheromone dispensers. *J. Asia-Pac. Entomol.* 14, 119–121.

- Jang, S.A., Park, C.G., 2010. *Gymnosoma rotundatum* (Diptera: Tachinidae) attracted to the aggregation pheromone of *Plautia stali* (Hemiptera: Pentatomidae). J. Asia-Pac. Entomol. 13, 73–75.
- Laumann, R.A., Aquino, M.F.S., Moraes, M.C.B., Pareja, M., Borges, M., 2009. Response of the egg parasitoids *Trissolcus basalis* and *Telenomus podisi* to compounds from defensive secretions of stink bugs. J. Chem. Ecol. 35, 8–19.
- Maia, A.H.N., Luiz, A.J.B., Campanhola, C., 2000. Statistical inference on associated life table parameters using jackknife technique: computational aspects. J. Econ. Entomol. 93, 511–518.
- Mattiacci, L., Vinson, S.B., Williams, H.J., Aldrich, J.R., Bin, F., 1993. A long range attractant kairomone for egg parasitoid *Trissolcus basalis*, isolated from defensive secretion of its host, *Nezara viridula*. J. Chem. Ecol. 19, 1167–1181.
- Medeiros, M.A., Schmidt, F.V.G., Loiacono, M.S., Carvalho, V., Borges, M., 1997. Parasitismo e predação em ovos de *Euschistus heros* (Fab.) (Heteroptera: Pentatomidae) no Distrito Federal, Brasil. An. Soc. Entomol. Bras. 26, 397–401.
- Michereff, M.F.F. 2011. Interações químicas no sistema soja - percevejo *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae) – parasitoide de ovos *Telenomus podisi* (Hymenoptera: Scelionidae). Tese (Doutorado em Biologia Animal) – Universidade de Brasília.
- Michereff, M.F.F., Laumann, R.A., Borges, M., Michereff-Filho, M., Diniz, I.R., Farias Neto, A.L., Moraes, M.C.B., 2011. Volatiles mediating a plant-herbivore-natural enemy interaction in resistant and susceptible soybean cultivars. J. Chem. Ecol. 37, 273–285.
- Michereff, M.F.F., Borges, M., Laumann, R.A., Diniz, I.R., Blassioli-Moraes, M.C., 2013. Influence of volatile compounds from herbivore-damaged soybean plants on searching behavior of the egg parasitoid. Entomol. Exp. Appl. 147, 9–17.

Michereff, M.F.F., Michereff Filho, M., Blassioli-Moraes, M.C., Laumann, R.A., Diniz, I.R., Borges, M., 2015. Effect of resistant and susceptible soybean cultivars on the attraction of egg parasitoids in field conditions. *J. Appl. Entomol.* 139, 207–216.

Moraes, M.C.B., Borges, M., Pareja, M., Vieira, H.G., Sereno, F.T.P., Laumann, R.A., 2008a. Food and humidity affect sex pheromone ratios in the stink bug, *Euschistus heros*. *Physiol. Entomol.* 33, 43–50.

Moraes, M.C.B., Laumann, R.A., Sujii, E.R., Pires, C. Borges, M., 2005. Induced volatiles in soybean and pigeon pea plants artificially infested with the Neotropical brown stink bug, *Euschistus heros*, and their effect on the egg parasitoid, *Telenomus podisi*. *Entomol. Exp. Appl.* 115, 227–237.

Moraes, M.C.B., Pareja, M., Laumann, R.A., Hoffmann-Campo, C.B., e Borges, M. 2008b. Response of the parasitoid *Telenomus podisi* to induced volatiles from soybean damaged by stink bug herbivory and oviposition. *J. Plant. Int.* 3, 1742–1756.

Nunes, M.C. 2000. Efeito do parasitismo de *Hexacladia smithii* Ashmead (Hymenoptera: Encyrtidae) na capacidade reprodutiva e no dano de *Euschistus heros* (Fabricius) (Hemiptera: Pentatomidae) causado a soja. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Universidade Federal do Paraná.

Panizzi A.R., 2013. History and contemporary perspectives of the integrated pest management of soybean in Brazil. *Neotrop. Entomol.* 42, 119–127.

Panizi, A.R., Bueno, A.F., Silva, F.A.C., 2012. Insetos que atacam vagens e grãos, in: Clara Beatriz Hoffmann-Campo, Beatriz Spalding Corrêa Ferreira, Flávio Moscardi (Eds.), Soja: Manejo Integrado de Insetos e outros Artrópodes-Praga. Embrapa, Brasília, pp. 335–420.

Panizzi, A.R., Silva, J.J.D.A., 2010. New records of pentatomids as hosts of *Hexacladia smithii* Ashmead (Hymenoptera: Encyrtidae) in Southern Brazil. *Neotrop. Entomol.* 39, 678–679.

Panizzi, A.R., Slansky Jr, F.1985. Review of phytophagous pentatomids (Hemiptera: Pentatomidae) associated with soybean in the Americas. Fla. Entomol.68, 184–214.

Pennacchio, F., Strand, M.R. 2006. Evolution of developmental strategies in parasitic Hymenoptera. Annu. Rev. Entomol.51, 233–58.

Rasplus, J.Y., Pluot-Sigwalt, D., Llosa, J.F., Couturier, G., 1990. *Hexacladia linci*, n. sp. (Hymenoptera: Encyrtidae) endoparasitoid of *Lincus Malevolus* (Rolston) (Heteroptera: Pentatomidae) in Peru. Ann. Soc. Entomol. Fr. 26, 255–263.

SAS Institute. 2001. SAS User's Guide: Statistics, version 8.2, 6nd edn. SAS Institute, Cary, NC.

Schaefer, C.W. Panizzi, A.R. 2000. Heteroptera of Economic Importance. CRC Press, USA.

Schimmelpfeng, P.H.C., 2014. Resposta comportamental e molecular dos parasitoides *Telenomus podisi* e *Trissolcus basal* (Hymenoptera: Platygasteridae) aos feromônios sexuais de pentatomídeos. Dissertação (Mestrado em Zoologia) - Universidade de Brasília.

Shaw, M.R., Huddleston, T. 1991. Classification and biology of braconid wasps (Hymenoptera: Braconidae). Handbooks for the identification of British insects, vol. 7, part 11. Royal Entomological Society of London, London.

Silva, C.C., Laumann, R.A., Blassioli, M.C., Pareja, M., Borges, M. 2008. *Euschistus heros* mass rearing technique for the multiplication of *Telenomus podisi*. Pesqui. Agropecu. Bras. 43, 575–580.

Silva, V.P., Pereira, M.J.B., Vivan, L.M., Blassioli-Moraes, M.C., Laumann, R.A., Borges, M., 2014. Monitoramento do percevejo marrom *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae) por feromônio sexual em lavoura de soja. Pesqui. Agropecu.Bras., 49, 844–852.

Sujii, E.R., Garcia, M.A., Pires, C.S.S., Fontes, E.M.G., Oliveira, C., O'Neil, R.J., 1989. Modelo para simulação da dinâmica populacional da cigarrinha das pastagens, *Deois flavopicta*. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Boletim de Pesquisa, 7). Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF

Tillman, P.G., Aldrich, J.R., Khrimian, A., Cottrell, T.E., 2010. Pheromone attraction and cross-attraction of *Nezara*, *Acrosternum*, and *Euschistus* spp. stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae) in the field. *Environ. Entomol.* 39, 610–617.

Tsai, J.H., Wang, J.J., 2002. Host age choice for parasitism by *Lysiphlebia mirzai* and its effect on the development and reproduction of brown citrus aphid. *BioControl* 47, 645–655.

Turchen, L.M., Golin, V., Favetti, B.M., Butnariu, A.R., Costa, V.A. 2015. Natural parasitism of *Hexacladia smithii* Ashmead (Hymenoptera: Encyrtidae) on *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae): new record from Mato Grosso State, Brazil. *Arq. Inst. Biol.*, 82, 1–3.

van Halphen, J.J.M., Vet, L.E.M., 1986. An evolutionary approach to host finding and selection, in: Waage, J. and Greathead, D. (Eds.), *Insect Parasitoids*. Academic Press, London, pp. 23–62.

Van Lenteren J.C., Woets, J., 1988. Biological and integrated pest control in greenhouses. *Annu. Rev. Entomol.* 33, 239–269.

Vet, L.E.M., Dicke, M. 1992. Ecology of infochemical use by natural enemies in a tri-trophic context. *Annu. Rev. Entomol.* 47, 141–172.

Vet, L.E.M, Groenewold, A. W. 1990. Semiochemicals and learning in parasitoids. *J. Chem. Ecol.* 16, 3119–3135.

Vet, L.E.M., Lewis, W.J., Cardé, R.T., 1995. Parasitoid foraging and learning, in: Cardé, R.T., Bell, W. (Eds.) *Chemical Ecology of Insects 2*. Chapman and Hall, London, UK, pp. 65–101.

Vet, L.E.M., Lewis, W.J., Papaj, D.R., van Lenteren, J.C., 1990. A variable-response model for parasitoid foraging behavior. *J. Insect Behav.* 3, 471–489.

Vieira, C.R., Moraes, M.C.B., Borges, M., Pires, C.S.S., Sujii, E.R., Laumann, R.A., 2014. Field evaluation of (E)-2-hexenal efficacy for behavioral manipulation of egg parasitoids in soybean. *BioControl* 1, 1–13.

Vieira, C.R., Moraes, M.C.B., Borges, M., Sujii, E.R., Laumann, R.A., 2013. Cis-Jasmone indirect action on egg parasitoids (Hymenoptera: Scelionidae) and its application in biological control of soybean stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae). *Biol. Control* 64, 75–82.

Vinson, S.B. 1984. How parasitoids locate their hosts: A case of insect espionage, in: Lewis, T. *Insect Communication*. Academic Press, London, pp. 325–348.

Vinson, S.B. 1985. The behaviour of parasitoids, in: Kertut, G.A., Gilbert, L.I. (Eds.), *Comprehensive Insect Physiology, Biochemistry and Pharmacology*. Pergamon Press, New York, pp. 417–469.

Vinson, S.B. Iwantsch, G.F., 1980. Host suitability for insect parasitoids. *Annu. Rev. Entomol.* 25, 397–419.

Williams, R.N., Panaia, J.R., Moscardi, F. Sichmann, w., Allen, G.E., Greene, G., Lasca, D.H.C., 1973. Principais pragas da soja no estado de São Paulo: reconhecimento, método de levantamento e melhor época de controle. *Sec. Agric. Cati*, 18.

Zhang, A., Borges, M., Aldrich, J.R., Camp, M., 2003. Stimulatory male volatiles for the Neotropical brown stink bug, *Euschistus heros* (F.)(Heteroptera: Pentatomidae). *Neotrop.Entomol.* 32, 713–717.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo ampliou o conhecimento da fauna de parasitoides de percevejos adultos ocorrida na soja, cujo conhecimento se concentrava na Região Sul. No atual sistema de produção de soja foi mostrado que não há uma variação da fauna de percevejos e parasitoides ao longo do gradiente latitudinal norte sul. *Euschistus heros* permanece como a espécie de percevejo dominante no cultivo (capítulo 1). O cultivo de soja está favorecendo esta espécie de percevejo que, além da capacidade de adaptação fisiológica a diferentes ambientes onde se concentra a soja (biomas de Cerrado, Mata Atlântica e Amazônia), esta espécie apresenta grande capacidade de desenvolvimento de resistência à inseticidas. A fauna de parasitoides de percevejos adultos foi encontrada quase exclusivamente em *E. heros*. Os índices de parasitismo foram inferiores aos registrados em períodos prévios, correspondente às décadas de 1980-1990 (capítulo 1).

A influência da composição da paisagem no sistema de soja foi um aspecto novo para a interação percevejo-parasitoide (capítulo 2). No entanto, essa influência foi detectada apenas para as populações de percevejos. Os componentes de paisagem como vegetação nativa, soja e essas categorias em interação com monocultura afetam a abundância de percevejos. Essas categorias evidenciam importância na sustentação das populações de percevejos por propiciar condições favoráveis ao desenvolvimento e reprodução de ninfas e adultos como plantas para alimentação, sítios de oviposição, abrigo e diapausa. A distância desde a área natural não afetou os parasitoides (medida indiretamente pela presença/ausência de percevejos parasitados) e parasitismo (total de percevejos parasitados e proporção de parasitismo). Pela configuração das áreas de soja na região do Distrito Federal foi possível observar a presença de percevejos e parasitoides em distâncias de até 500m da vegetação nativa. Porém, a abundância de percevejos foi influenciada pela distância desde a área natural. A maior abundância de percevejos nas distâncias intermediárias reflete a dinâmica do estabelecimento das populações de percevejos na soja. O manejo convencional afeta o controle biológico de percevejos (capítulo 2). Os índices de parasitismo foram consideravelmente maiores em áreas sob AI-. O estudo abrangendo áreas com AI- indicou que o parasitismo foi dependente da densidade do hospedeiro e provavelmente o manejo com inseticida está afetando os parasitoides e reduzindo os índices de parasitismo em áreas convencionais com frequentes aplicações de inseticidas.

Uma das dificuldades enfrentada no trabalho foi o levantamento de percevejos nas áreas de produção de soja, devido à baixa densidade durante o período reprodutivo, principalmente na fase inicial (florescimento, R3, R4 e, em algumas áreas, até mesmo em R5). O baixo número de percevejos parasitados encontrados reflete a influência do manejo. Apesar da ausência de influencia da paisagem sobre os parasitoides e parasitismo este aspecto necessita de mais estudos principalmente em áreas com menor pressão de inseticidas. A importância de áreas naturais na preservação de inimigos naturais está descrita na literatura. Assim, a avaliação do número, tamanho de fragmentos de vegetação nativa e, também, do conhecimento das espécies constituintes desses fragmentos são importantes para o desenvolvimento de medidas de preservação de áreas naturais e conscientização de agricultores de quão importantes essas áreas são como fontes de inimigos naturais. Mais estudos também são necessários para avaliar se existe um padrão de influência da vegetação nativa e um padrão de migração/movimentação entre esta área, campo de soja e outras monoculturas visto que a abundância de percevejos foi dependente do estágio da soja e da propriedade amostrada.

Hexacladia smithii utiliza feromônio de *Euschistus heros* para localização do hospedeiro (capítulo 3). A atividade biológica desencadeada pelo feromônio de *E. heros* sobre *H. smithii* pode ser uma ferramenta aliada ao controle biológico e uma alternativa ao uso de inseticidas. O feromônio sexual pode ser usado para atrair e reter este parasitoide em campos de soja incrementando o seu impacto como regulador populacional de *E. heros*. Em laboratório foi mostrado que *H. smithii* afeta a fecundidade e parâmetros demográficos de *E. heros*. Simulações de crescimento populacional de *E. heros* sob diferentes situações indicam que *H. smithii* afeta negativamente o percevejo fitófago retardando o seu crescimento populacional (capítulo 3).

Para viabilizar o uso de *H. smithii* em programas de controle biológico outro passo determinante seria desenvolver uma técnica de criação massal deste parasitoide. As tentativas de manutenção em laboratório durante o período de estudo enfrentaram algumas dificuldades como demora na emergência de parasitoides quando criados em *E. heros* provenientes de criação estabelecida em laboratório e alta mortalidade dos insetos parasitados impedindo ao parasitoide completar o ciclo. Estes empecilhos não permitiram contar com suficiente material biológico para estudos mais aprofundados de ecologia química e interação hospedeiro-parasitoide.

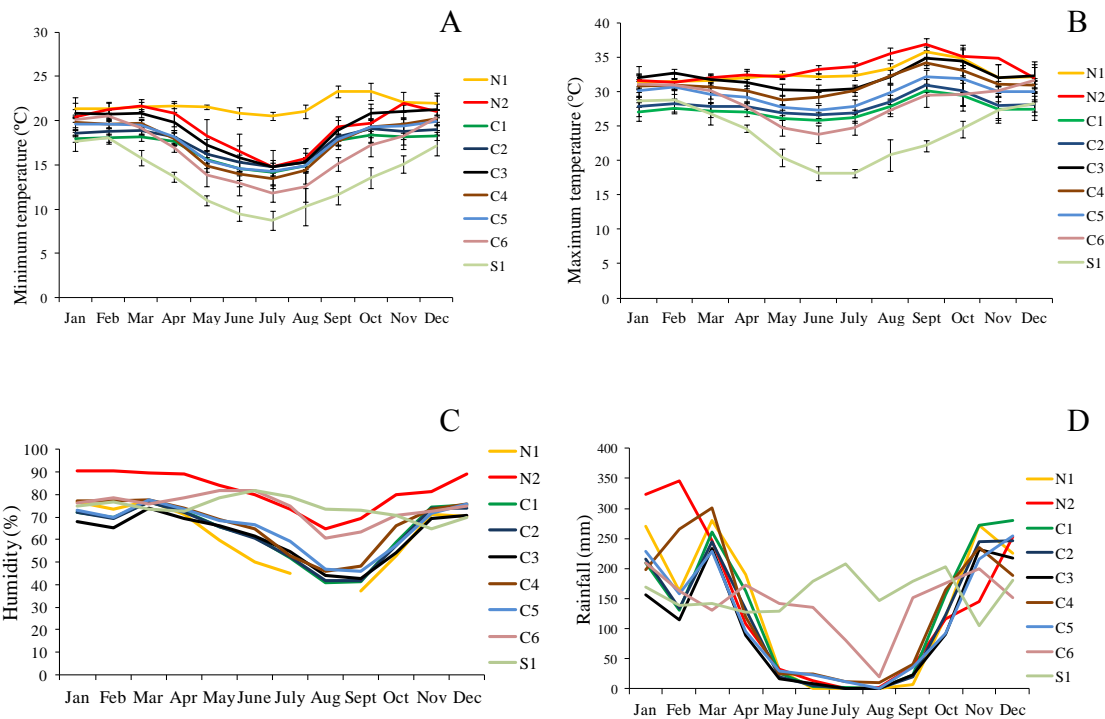
As informações científicas geradas contribuem para o desenvolvimento de programas de manejo integrado que considerem o controle biológico como uma das principais técnicas de controle de percevejos.

APÊNDICE 1 - Material suplementar referente ao capítulo 1 escrito na forma de artigo.

Apêndice 1.1 Region, locality and geographic coordinates of soybean areas in Brazil where stink bugs surveys were carried out in 2015.

Region	Area	Latitude	Longitude
Município (Estado)			
São Desidério	N1.1	-13 02' 26,71440"	-45 59' 10,46040"
	N1.2	-13 02' 00,66120"	-45 52' 56,74800"
(BA)			
N1	N1.3	-13 14' 24,41400"	-46 05' 35,53440"
Tangará da Serra	N2.1	-13 59' 19,62600"	-57 10' 23,98800"
(MT)	N2.2	-14 16' 28,49880"	-57 42' 26,18280"
N2	N2.3	-14 18' 05,52960"	-57 43' 39,68760"
Padre Bernardo	C1.1	-15 09' 58,77720"	-48 21' 50,17320"
(GO)	C1.2	-15 09' 56,68560"	-48 23' 55,23360"
C1	C1.3	-15 12' 09,11160"	-48 29' 31,10640"
Distrito Federal	C2.1	-15 30' 55,01880"	-47 08' 57,90120"
(DF)	C2.2	-15 34' 10,40160"	-47 40' 05,21400"
C2	C2.3	-15 46' 20,55360"	-47 32' 49,69680"
C2	C2.4	-15 49' 58,57320"	-47 33' 20,10240"
Cristalina	C3.1	-16 19' 21,41760"	-47 37' 54,11280"
(GO)	C3.2	-16 38' 56,42520"	-47 37' 07,57200"
C3	C3.3	-16 50' 30,49440"	-47 26' 24,81720"
Chapadão do Sul	C4.1	-17 58' 24,24720"	-50 59' 33,36360"
(divisa MS – GO)	C4.2	-18 42' 04,97160"	-52 44' 07,11600"
C4	C4.3	-18 44' 52,66320"	-52 32' 03,16680"

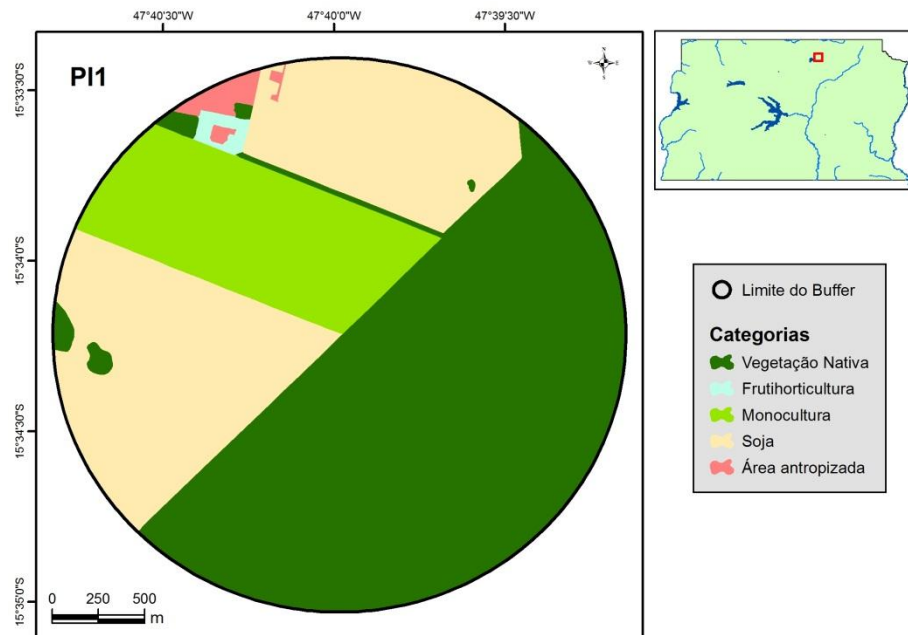
	C4.4	-18 46' 20,24400"	-52 38' 32,38080"
Triângulo Mineiro	C5.1	-18 00' 35,41320"	-47 47' 57,77160"
(MG)	C5.2	-18 43' 21,49680"	-48 49' 13,26000"
C5	C5.3	-18 48' 25,35120"	-48 45' 53,54640"
C5	C5.4	-18 51' 55,38600"	-46 23' 37,38480"
Dourados e entorno	C6.1	-22 01' 33,54240"	-54 46' 12,40320"
(MS)	C6.2	-22 06' 48,68640"	-54 35' 26,71800"
C6	C6.3	-22 16' 50,10600"	-54 48' 49,65480"
C6	C6.4	-22 31' 33,04920"	-54 46' 03,62280"
Passo Fundo e entorno	S1.1	-28 11' 34,74960"	-52 19' 42,82680"
(RS)	S1.2	-28 14' 13,40520"	-52 24' 24,60240"
S1	S1.3	-28 14' 22,81200"	-52 20' 43,00440"



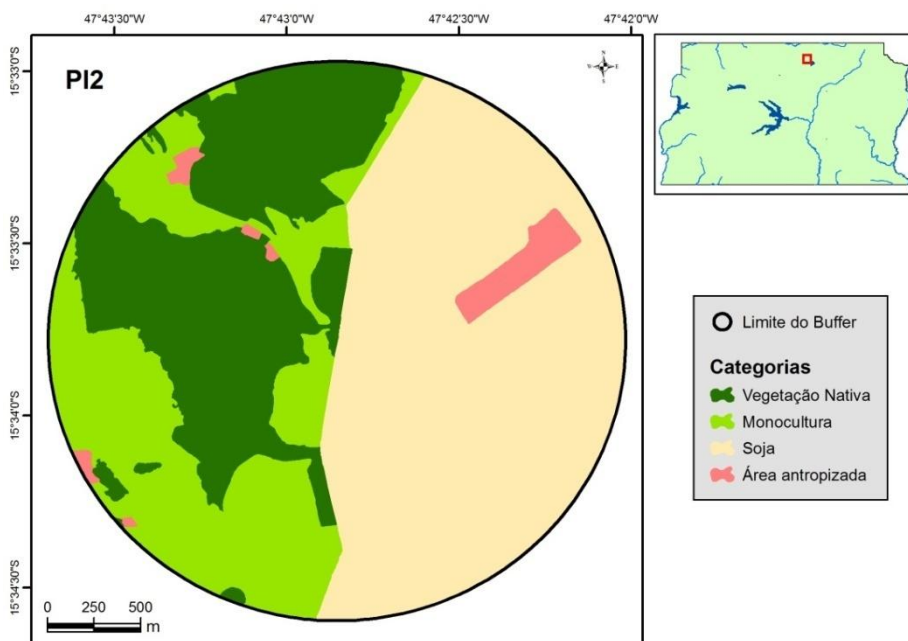
Apêndice 1.2 Climatic conditions of the nine regions where developed surveys of stink bugs in soybean areas. A: Mean mensal minimum temperature, B: Mean mensal maximum temperature, C: Humidity and D: Rainfall. Data were obtained from national weather institute of Brazil. Each mensal point represent the mean of a 5 years period (2010 to 2015). The areas where do not have station. The data were collected from the nearest station of the soybean area. The data of August for the region N1 were not available.

Source: Institute of Meteorology of Brazil

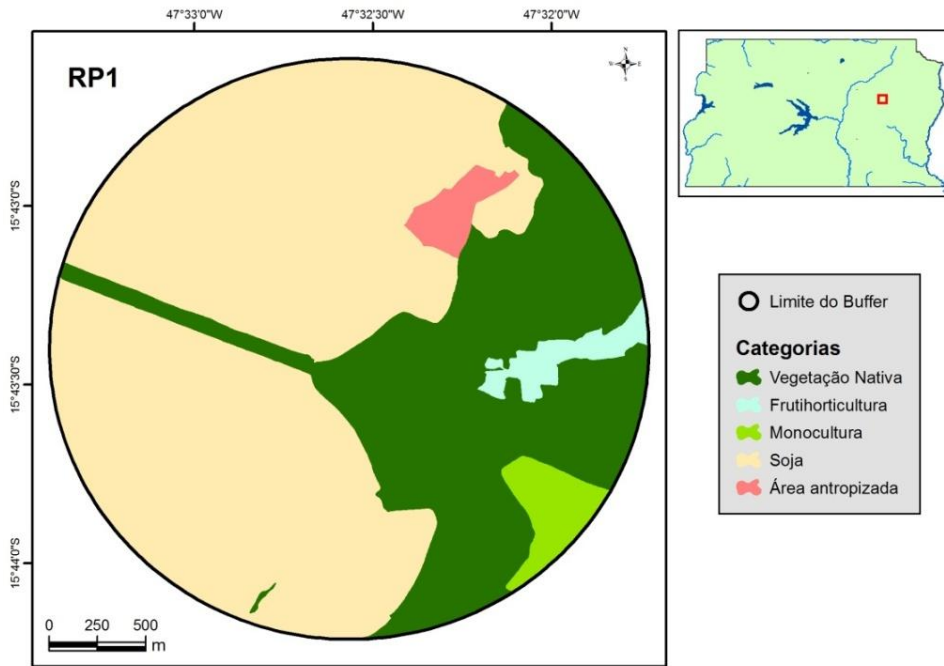
APÊNDICE 2 - Mapas de cobertura gerados a partir da delimitação das categorias de paisagem e inseticidas utilizados nos diferentes métodos de manejo.



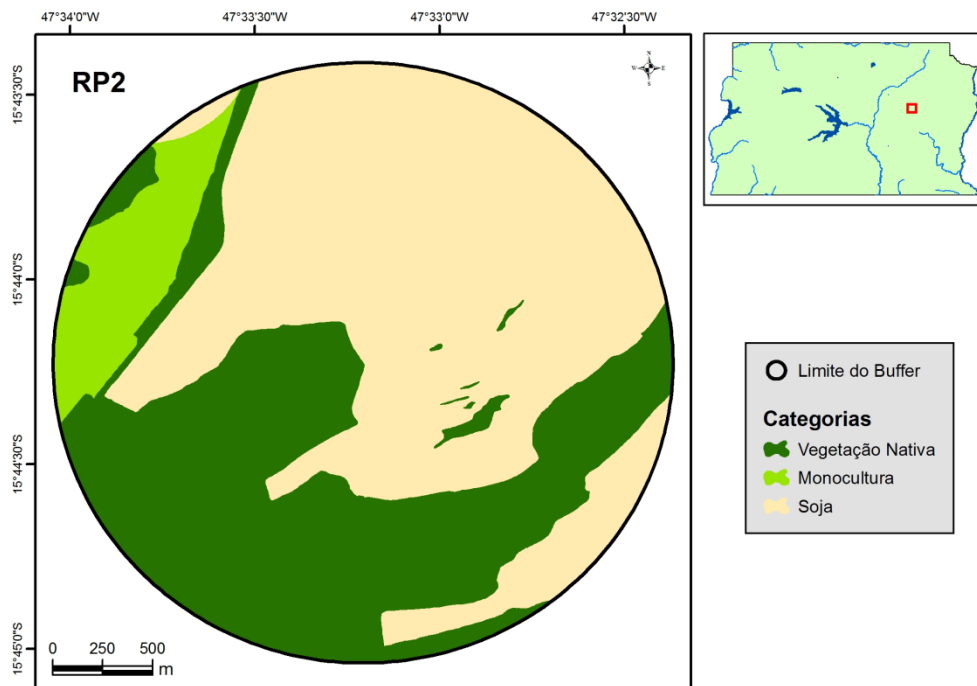
Apêndice 2.1 Mapa de cobertura de uso da terra da propriedade de Planaltina – PL1



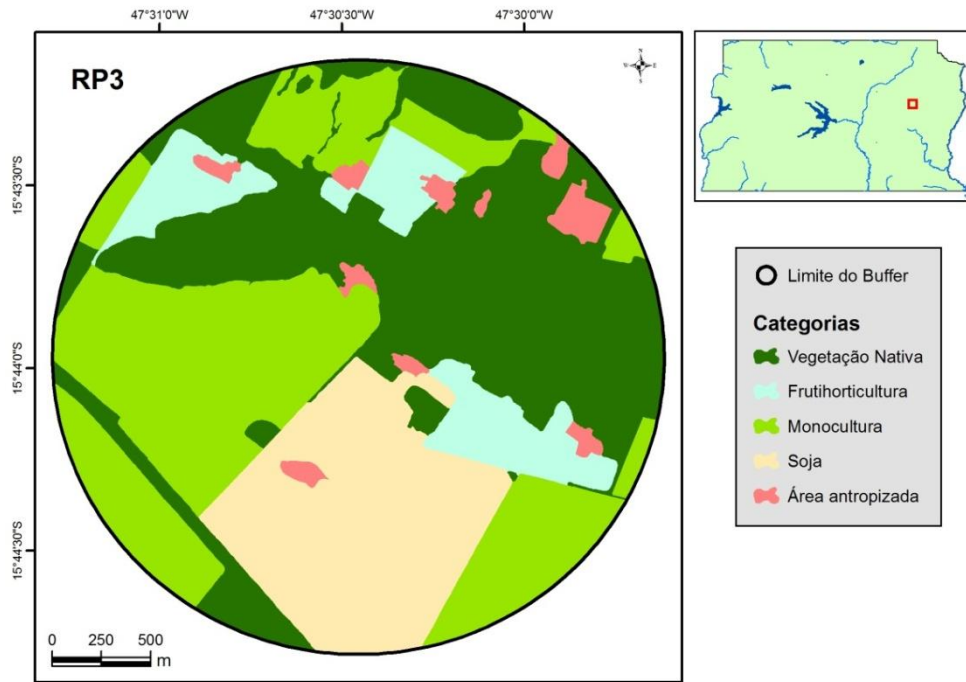
Apêndice 2.2 Mapa de cobertura de uso da terra da propriedade de Planaltina – PL2



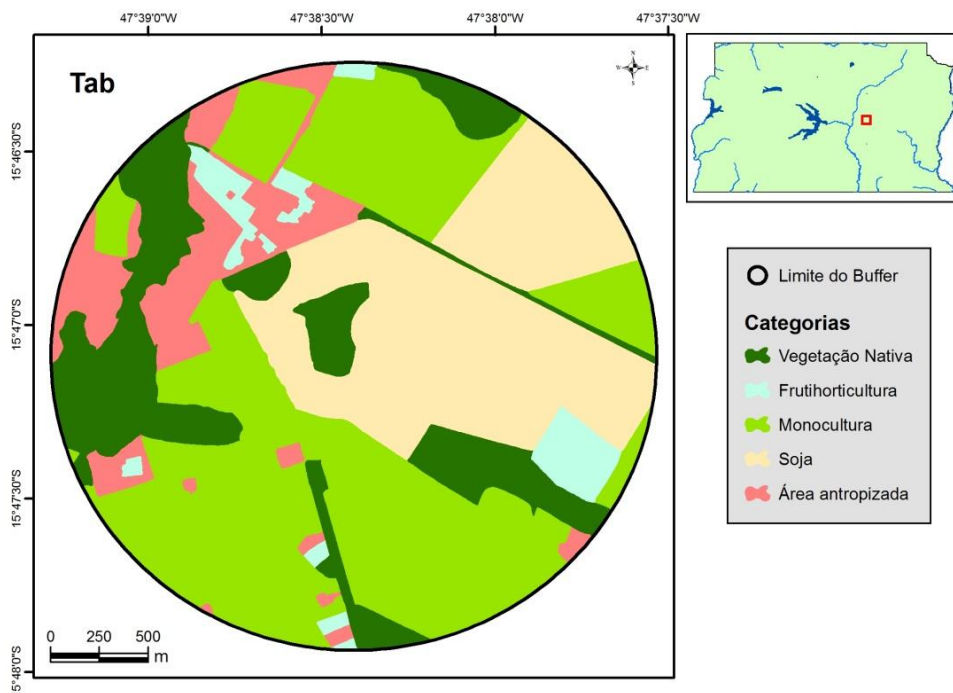
Apêndice 2.3 Mapa de cobertura de uso da terra da propriedade de Rio Preto – RP1.



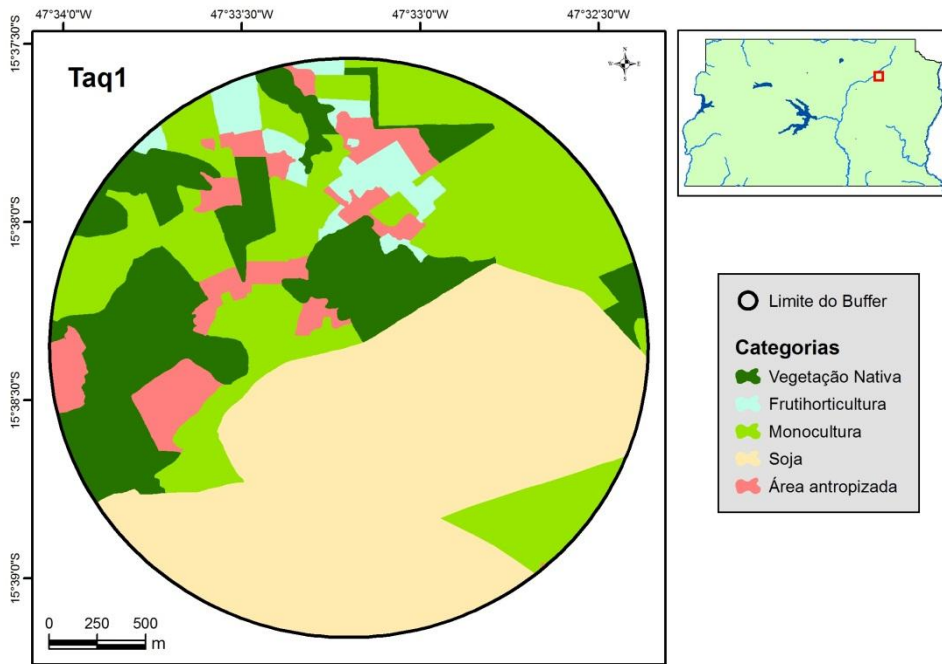
Apêndice 2.4 Mapa de cobertura de uso da terra da propriedade de Rio Preto – RP2



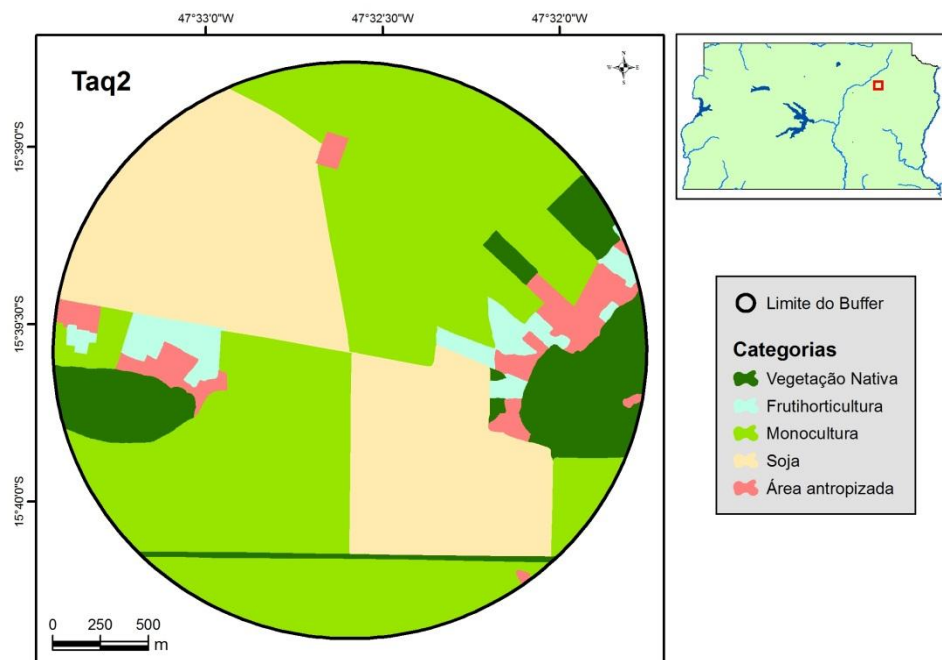
Apêndice 2.5 Mapa de cobertura de uso da terra da propriedade de Rio Preto – RP3



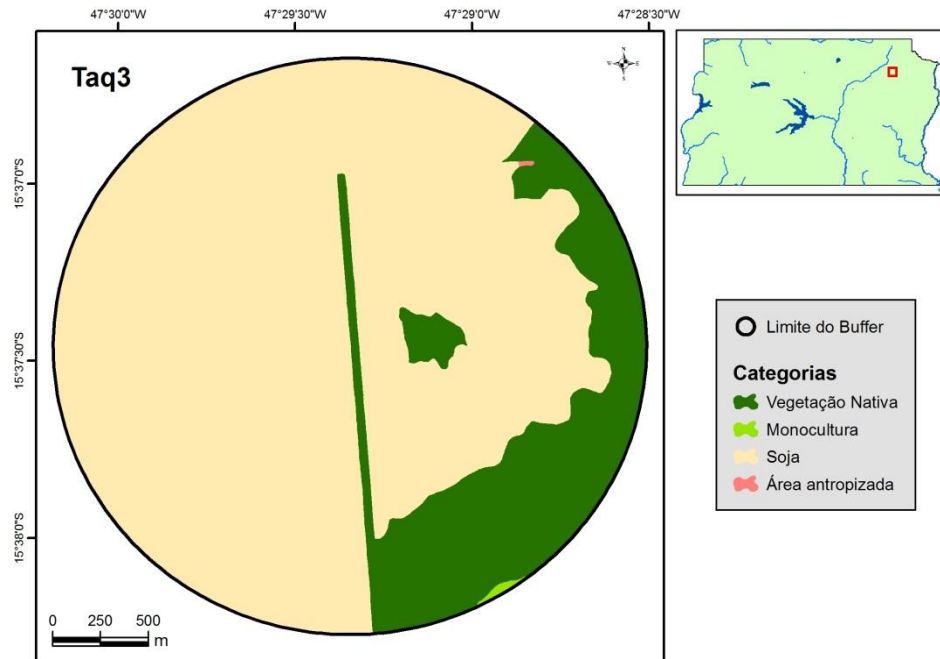
Apêndice 2.6 Mapa de cobertura de uso da terra da propriedade de Tabatinga –Tab



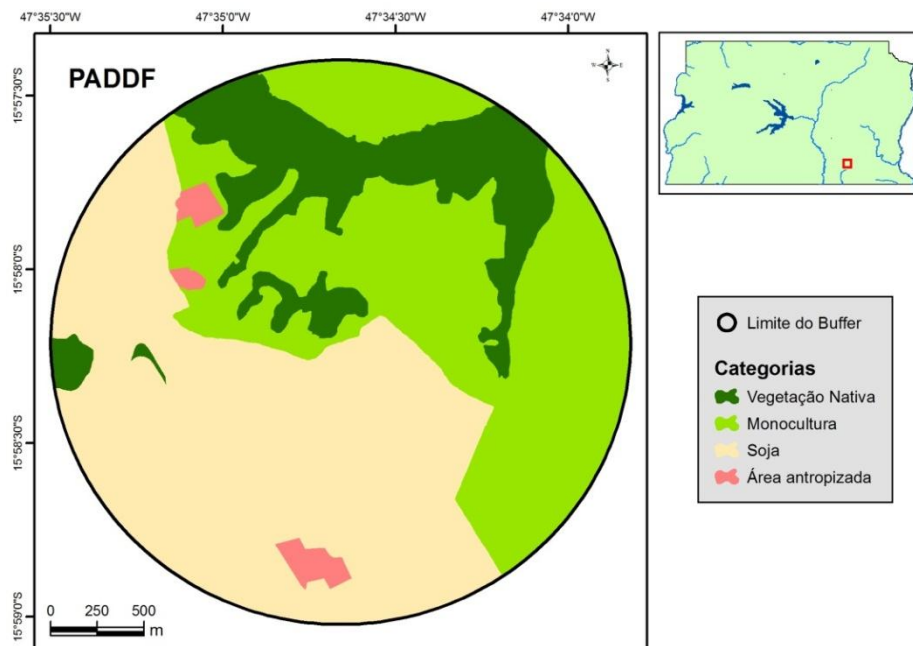
Apêndice 2.7 Mapa de cobertura de uso da terra da propriedade de Taquara – Taq1



Apêndice 2.8 Mapa de cobertura de uso da terra da propriedade de Taquara – Taq2.



Apêndice 2.9 Mapa de cobertura de uso da terra da propriedade de Taquara – Taq3



Apêndice 2.10 Mapa de cobertura de uso da terra da propriedade de Plano de Assentamento Dirigido do Distrito Federal – PADDF.

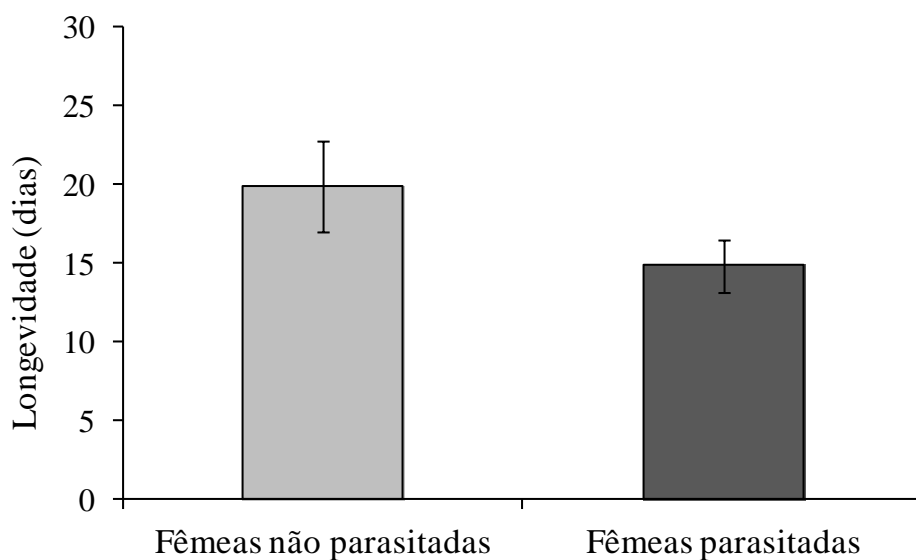
Apêndice 2.11 Produtos, ingrediente ativo e grupo químico utilizados em lavouras de soja sob diferentes tipos de manejo.

Tipo de manejo	Produto	Ingrediente ativo (grupo químico)
	Acefato	Acefato (organofosforado)
	Connect	beta – ciflutrina (piretroide) + imidacloprido (neonicotinoide)
AI+	Engeo pleno	lambda-cialotrina (piretroide) + Tiametoxan (neonicotinoide)
	Galil SC	Bifentrina (piretroide) + Imidacloprido (neonicotinoide)
	Pirephos EC	esfenvalerato (piretroide) + Fenitrotiona (organofosforado)
	Acefato	Acefato (organofosforado)
AI–	Incrível	Acetamiprido (neonicotinoide) + Alfa-cipermetrina (piretroide)
	Pirephos EC	esfenvalerato (piretroide) + Fenitrotiona (organofosforado)

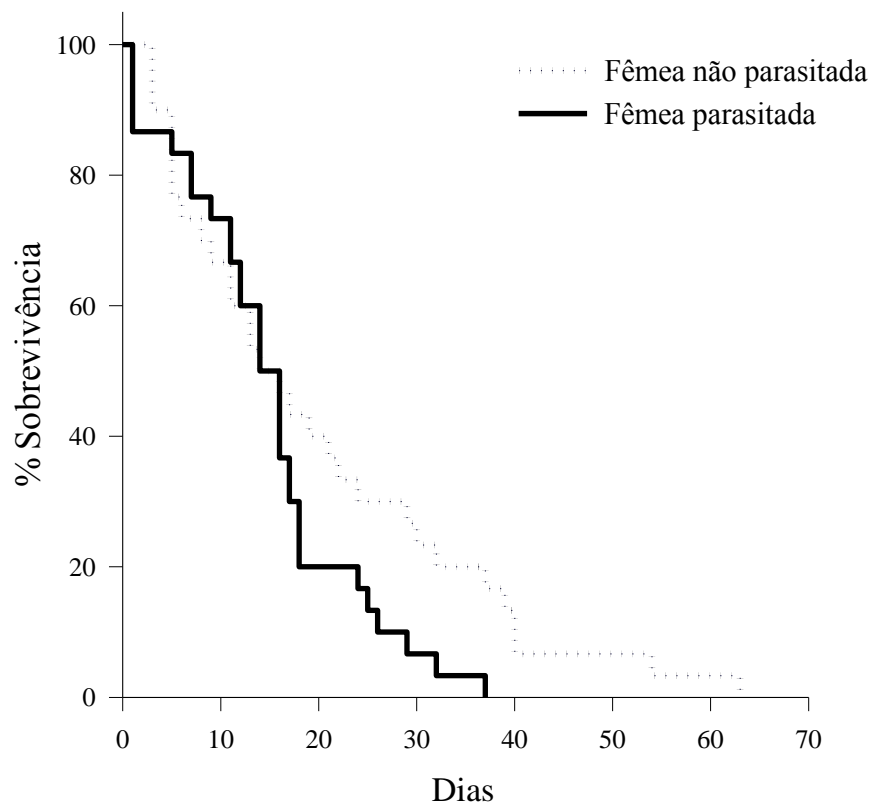
AI– = manejo com menor aplicação de inseticida (0 a 1 aplicação)

AI+ = manejo com frequente aplicação de inseticida (2 a 3 aplicações)

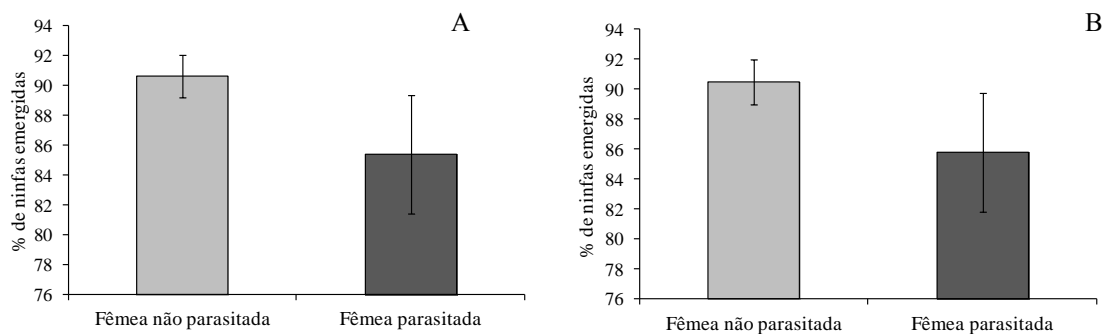
APÊNDICE 3 – Figuras referentes ao estudo da biologia de *Euschistus heros* sob o parasitismo de *Hexacladia smithii* (capítulo 3) cujos resultados não foram significativos



Apêndice 3.1 Longevidade (média \pm EP) de fêmeas de *Euschistus heros* não parasitadas e parasitadas por *Hexacladia smithii* medida em dias desde o início do experimento (fêmeas com 12 dias de idade). Análise de GLM, distribuição Poisson de resíduos, $t = -1,99$ $p = 0,277$.



Apêndice 3.2 Curva de sobrevivência de fêmeas de *Euschistus heros* não parasitadas e parasitadas por *Hexacladia smithii*. Análise de sobrevivência pelo teste de Kaplan Meier.



Apêndice 3.3 Fertilidade (número de ninfas obtidas a partir de cada massa de ovos/número de ovos em cada massa de ovos) de fêmeas de *Euschistus heros* parasitadas e não parasitadas por *Hexacladia smithii*. A: Fertilidade total (emergência de ninfas considerando todo o período de deposição de ovos até a morte da fêmea). B: Fertilidade considerando os primeiros 15 dias após o parasitismo (análise de GLM, distribuição de erros binomial, $p > 0,05$).