Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

Dinâmica de interações tróficas de *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae) com *Telenomus podisi* e *Trissolcus basalis* (Hymenoptera: Platygastridae)

Aline Cristina Pereira da Rocha

Tese apresentada para obtenção do título de Doutora em Ciências. Área de concentração: Entomologia

Piracicaba
2016

Aline Cristina Pereira da Rocha
Engenheira Agrônoma

Dinâmica de interações tróficas de *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae) com *Telenomus podisi* e *Trissolcus basalis* (Hymenoptera: Platygastridae)

Orientador:
Prof. Dr. **WESLEY AUGUSTO CONDE GODOY**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutora em Ciências. Área de concentração: Entomologia

Piracicaba
2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP

Rocha, Aline Cristina Pereira da
Dinâmica de interações tróficas de *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae) com *Telenomus podisi* e *Trissolcus basalis* (Hymenoptera: Platygastridae) / Aline Cristina Pereira da Rocha. - - Piracicaba, 2016.
105 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Parasitoides de ovos 2. Tabela de vida de fertilidade 3. Modelagem matemática 4. Controle biológico I. Título

CDD 633.34
R672d

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

DEDICATÓRIA

À minha mãe Adeilde Rocha e às minhas irmãs
Amanda Rocha e Anna Sousa, pelo carinho, compreensão
(com relação a minha ausência), e amor que sempre me proporcionaram.
Ao meu “namorido” Leandro D. Geremias,
por todo carinho, apoio, amor, incentivo, preocupação e
dedicação (destacando as ajudas nas horas que mais precisei
para executar os experimentos), o que foram essenciais
para conseguir essa vitória.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar presente em todos os momentos da minha vida, dando oportunidade para seguir sempre em frente.

Ao meu orientador, Prof. Wesley Godoy, pela amizade, atenção, confiança, incentivo, paciência, pelas palavras otimistas quando foi necessário (MUITAS vezes), e por me ensinar ainda mais como ser uma pessoa boa. MUITO OBRIGADA por tudo, Professor, inclusive por me mostrar que existem pessoas excelentes nesse mundo. Sou muito grata, de coração.

A FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) pelo apoio financeiro, tornando possível a realização e conclusão deste trabalho.

A ESALQ e ao Programa de Pós-graduação em Entomologia, pela oportunidade concedida.

Aos amigos que tive o privilégio de conviver, pela agradável companhia em vários momentos, inclusive em momentos difíceis quando precisei de uma forcinha extra: Aline Kamiya, Aline Bertin, Cristiane Lima, Carolina Reigada, Marisol Jaramillo, Guilherme Mazarin, Fernanda Polastre, Wanessa Scopel, Luan Camargo, Johanna Bajonero, Gabriel Rugno, Filipe Ferreira, Mayara Araújo, Polyane Santos, Bia Zanardo. Os dias ficavam muito melhores ao lado de vocês.

A todos os colegas do laboratório de Entomologia Florestal. Foi muito bom estar junto de vocês e dar boas risadas, amei todos os nossos “lanchinhos especiais” do laboratório. Maria Angélica, Francisco Sales, Ana Paula, Walter Mesquita, Bruno Malaquias, Jessica Pachú, Rafael Moral, Victor Botteon, Elisângela Novais, Adriano Garcia, Karina Guimarães.

Ao Prof. José Roberto P. Parra, por, atenciosamente, ter permitido eu realizar os experimentos no laboratório de Biologia de insetos; muito obrigada pela atenção de sempre, pelos ensinamentos e pela confiança. Agradeço também a técnica Neide G.

Zério pela amizade, pelas conversas, e pelas excelentes dicas para que eu conduzisse as criações dos insetos. Obrigada a toda a equipe do laboratório.

A Carolina Reigada, Leandro Geremias e Rafael Moral pela ajuda nas análises estatísticas e nos modelos. Obrigada mesmo!

Aos meus avós, Paulo Rocha e Alderina Pereira, os quais, mesmo a distância, me transmitiram coisas boas por conversas ao telefone, e sempre me ajudaram de todas as maneiras.

A todos os parentes que sempre estiveram torcendo para que tudo desse certo, transmitindo energias positivas através de conversas, mensagens etc. Adenilde Rocha, Isac Andrade, Caio Leal, Paulo Alexandre, Iane Raquel, Jessiele Rocha, e Karen Leal.

A todos os meus amigos que estiveram sempre comigo, incluindo aqueles que mesmo estando longe, se fizeram presentes! Agradeço, em especial, a Mari Zério, Anaíde Grillo, Alexandre Menezes, Daniell, Emanuelle Sampaio, Tarcio Azevedo, Hudson Oliveira, Anna Beatriz Nunes. Obrigada por todos vocês me cativarem a cada dia e serem tão especiais para mim.

Enfim, a todas as pessoas que, de alguma maneira, contribuíram para deixar meus dias mais leves e felizes nessa etapa da minha vida, e que sempre me ensinam a ser uma pessoa melhor.

EPÍGRAFE

“O que prevemos raramente ocorre; o que menos esperamos geralmente acontece.”

Benjamin Disraeli

SUMÁRIO

RESUMO 13
ABSTRACT 15
1 INTRODUÇÃO 17
Referências 20
2 TABELA DE VIDA DE FERTILIDADE DE *Telenomus podisi* E *Trissolcus basalis* (HYMENOPTERA: PLATYGASTRIDAE) EM OVOS DE *Euschistus heros* (HEMIPTERA: PENTATOMIDAE) 23
Resumo 23
Abstract 23
2.1 Introdução 24
2.2 Material e métodos 25
2.2.1 Criação de *E. heros* 25
2.2.2 Criação de *T. podisi* e *T. basalis* 26
2.2.3 Tabela de vida de fertilidade de *T. podisi* e *T. basalis* em ovos de *E. heros* armazenados naturalmente ou sob congelamento 26
2.2.4 Análise dos dados 27
2.3 Resultados e Discussão 28
2.4 Conclusão 34
Referências 34
3 EXIGÊNCIAS TÉRMICAS DE *Telenomus podisi* E *Trissolcus basalis* (HYMENOPTERA: PLATYGASTRIDAE) EM OVOS DE *Euschistus heros* (HEMIPTERA: PENTATOMIDAE) 37
Resumo 37
Abstract 37
3.1 Introdução 38
3.2 Material e métodos 39
3.2.1 Criação de *E. heros* 39
3.2.2 Criação de *T. podisi* e *T. basalis* 40
3.2.3 Efeito da temperatura sobre o desenvolvimento de *T. podisi* e *T. basalis* 40
3.2.4 Análise dos dados, estatística e ajustes de curva 41
3.3 Resultados e Discussão 42
3.4 Conclusão 50
Referências 51
4 LIBERAÇÃO DE *Telenomus podisi* E *Trissolcus basalis* (HYMENOPTERA: PLATYGASTRIDAE) POR OVO DE *Euschistus heros* (HEMIPTERA: PENTATOMIDAE) 55
Resumo 55

Abstract 55
4.1 Introdução 56
4.2 Material e métodos 57
4.2.1 Criação de *E. heros* 57
4.2.2 Criação de *T. podisi* e *T. basalis* 57
4.2.3 Liberação de diferentes proporções de *T. podisi* e *T. basalis* 58
4.2.4 Influência da idade dos ovos *E. heros* sobre *T. podisi* e *T. basalis* 59
4.2.5 Análise dos dados 60
4.3 Resultados e Discussão 60
4.4 Conclusão 65
Referências 65
5 INTERAÇÕES INTRA- E INTERESPECÍFICA ENTRE *Telenomus podisi* E *Trissolcus basalis* (HYMENOPTERA: PLATYGASTRIDAE) EM OVOS DE *Euschistus heros* (HEMIPTERA: PENTATOMIDAE) 69
Resumo 69
Abstract 69
5.1 Introdução 70
5.2 Material e métodos 72
5.2.1 Criação de *E. heros* 72
5.2.2 Criação de *T. podisi* e *T. basalis* 72
5.2.3 Interações intra- e interespecífica entre os parasitoides de ovos *T. podisi* e *T. basalis* 72
5.2.4 Análise dos dados 75
5.3 Resultados e Discussão 76
5.3.1 Interações intra- e interespecífica entre os parasitoides de ovos 76
5.4 Conclusão 82
Referências 82
6 MODELO DINÂMICO PARA MULTIPARASITISMO POR *Telenomus podisi* E *Trissolcus basalis* (HYMENOPTERA: PLATYGASTRIDAE) SOBRE *Euschistus heros* (HEMIPTERA: PENTATOMIDAE) 87
Resumo 87
Abstract 87
6.1 Introdução 88
6.2 Material e métodos 90
6.2.1 Descrição geral do Modelo Multiparasitismo e Competição pelo hospedeiro 91
6.2.2 Simulações 92
6.3 Resultados 95
6.4 Discussão 101

6.5 Conclusão..... 102
Referências 102

RESUMO

Dinâmica de interações tróficas de *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae) com *Telenomus podisi* e *Trissolcus basalis* (Hymenoptera: Platygastridae)

Dentre os insetos que causam prejuízo a produção de soja, os percevejos fitófagos destacam-se como o principal grupo de pragas, sendo *Euschistus heros* (Fabricius, 1798), atualmente, a principal espécie de praga da cultura, que está distribuída em todas as regiões brasileiras de cultivo da leguminosa. Para o controle das populações destes insetos, o método mais utilizado é o controle químico. No entanto, as exigências tem sido crescentes no que diz respeito à redução do uso de agroquímicos. Dentre as alternativas, o uso dos parasitoides de ovos *Telenomus podisi* Ashmead, 1881 e *Trissolcus basalis* Wollaston, 1858 emerge com bom potencial para programas de controle biológico. O uso desses agentes de controle deve ser baseado em estudos que assegurem a eficiência dos insetos no manejo da população da praga. O presente estudo combina experimentação laboratorial e de campo com modelagem matemática para investigar o potencial dos parasitoides como controladores do percevejo da soja. Foram realizados estudos relacionados aos parâmetros biológicos e potenciais reprodutivos de *T. podisi* e *T. basalis* através de tabelas de vida de fertilidade. Foram determinadas as exigências térmicas de ambos os parasitoides de ovos e observou-se o efeito da idade dos ovos de *E. heros* no parasitismo por *T. podisi* e *T. basalis*. Foi também avaliada a interação entre as duas espécies de parasitóides e determinado o número ideal de cada espécie de parasitoide a ser liberado de acordo com a densidade de ovos do hospedeiro. Finalmente um modelo matemático foi proposto visando simular interações e liberações em parasitoides, para o controle de *E. heros*. Com a combinação entre os experimentos e a implementação de metodologia analítica através de modelagem ecológica espera-se incrementar estratégias de controle da praga, para fundamentar a recomendação do uso do parasitoide mais eficiente para controlar *E. heros*, ou mesmo a melhor forma de combinar o o uso das espécies de inimigos naturais.

Palavras-chave: Parasitoides de ovos; Tabela de vida de fertilidade; Modelagem matemática; Controle biológico

ABSTRACT

Trophic interactions dynamic of *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae) with *Telenomus podisi* and *Trissolcus basalis* (Hymenoptera: Platygastridae)

Among insects causing damage to soybean production, stink bugs appear as the main group of pests to control *Euschistus heros* (Fabricius, 1798), currently, is the major pest of soybean, distributed for all brazilian regions. To control these insect populations, the most common method is the use of chemicals. However, the demand for reducing the use ofinsecticides has been increasing. Therefore, the interest in using the parasitoids *Telenomus podisi* Ashmead, 1881 and *Trissolcus basalis* Wollaston, 1858 has increased. The use of these control agents must be based on studies that ensure their efficiency in the management of pest population. In this study it were conducted studies to assess biological parameters and the reproductive potential of *T. podisi* and *T. basalis* by focusing on fertility life tables. It was determined the thermal requirements of both egg parasitoids and observed the effect of *E. heros* egg age on the parasitism by *T. podisi* and *T. basalis*. It was also evaluated the interaction between the two parasitoids. In addition, it was determined the optimal number of parasitoids to be released according to the host eggs density. A mathematical model was proposed in order to simulate interactions among parasitoids, and release them to be used to control of *E. heros*. By making experiments and implementing analytical methodology associated to ecological modelling we expected to improve the pest control strategies in order to recommend the use of the most efficient parasitoid species to control *E. heros*, or even to use different species combining them.

Keywords: Egg parasitoids; Fertility life table; Mathematical modelling; Biological control

1 INTRODUÇÃO

A cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merril, 1917), atualmente, é produzida em todas as regiões brasileiras, com maior concentração no Centro-Oeste. O Brasil é o 2º maior produtor e exportador, com área cultivada de 31,5 milhões de hectares e produção de aproximadamente 94 milhões de toneladas de soja (FNP CONSULTORIA E INFORMAÇÕES EM AGRONEGÓCIOS, 2015).

Dentre os insetos que causam prejuízo a produção de soja, os percevejos fitófagos (Hemiptera: Pentatomidae) destacam-se como o principal grupo de pragas. O percevejo-marrom – *E. heros*, o percevejo-verde-pequeno – *Piezodorus guildinii* (Westwood, 1837) e o percevejo-verde – *Nezara viridula* (Linnaeus, 1758) compõem o complexo de percevejos da soja de maior importância econômica. No entanto, a espécie *E. heros* é atualmente a principal e mais abundante praga da cultura, estando distribuída em todas as regiões de cultivo da leguminosa (PANIZZI, 2015). Esta espécie é bem adaptada à regiões com temperaturas mais elevadas, predominando do norte do Paraná até a região Centro-Oeste do Brasil (CIVIDANES; PARRA, 1994; CORRÊA-FERREIRA; PANIZZI, 1999; CORRÊA-FERREIRA et al., 2010) e tem sido relatada no Rio Grande do Sul, onde tinha esporádica ocorrência (PEREIRA; SALVADORI, 2008).

O aparecimento das vagens é o momento em que se inicia a reprodução da praga em campo, resultando no surgimento dos ovos e ninfas. O aumento da população ocorre, normalmente, no início do enchimento dos grãos (CORRÊA-FERREIRA; PANIZZI, 1999), ocasião em que os percevejos se alimentam diretamente deles, influenciando o rendimento e a qualidade das sementes (PANIZZI; SLANSKY JR., 1985; VILLAS-BÔAS et al., 1990; PANIZZI et al., 2000). O método mais utilizado para o controle destes insetos-pragas é o controle químico, incluindo aplicação preventiva (BUENO et al., 2013). No entanto, os novos desafios impostos pelas tendências mais recentes sobre a qualidade dos produtos de origem agrícola e a mudança do perfil da sociedade, tem gerado novas expectativas quanto as formas alternativas de controle. Além disso, a conscientização de que a presença de resíduos de agrotóxicos causa problemas de contaminação ao ambiente e ao homem tem aumentado no cenário nacional e, sobretudo internacional. Sabe-se ainda que o uso de defensivos aumenta os custos de produção e certamente está condicionadoà resistência pelos insetos (CASTELO BRANCO et al., 2003) e ao

desequilíbrio populacional das espécies induzindo-as muitas vezes a tornarem-se pragas (CORRÊA-FERREIRA et al., 2010 *apud* PANIZZI; BUENO; SILVA, 2012). Dentre os métodos inseridos dentre as medidas que compõe a manejo de pragas, o uso de inimigos naturais vem recebendo maior atenção nos últimos anos em razão dos bons resultados já obtidos em algumas culturas e do potencial de espécies existentes, sobretudo em áreas tropicais como o Brasil (PARRA et al., 2002).

Os parasitoides de ovos *T. podisi* e *T. basalis* são os inimigos naturais mais importantes dos percevejos (CORRÊA-FERREIRA; MOSCARDI, 1995; BUENO et al., 2012) e tem sido estudados visando a utilização em programas de controle biológico no Brasil e no mundo (CLARKE; WALTER, 1995; CORRÊA-FERREIRA; MOSCARDI, 1996; CORRÊA-FERREIRA, 2002; EHLER, 2002; COLAZZA et al., 2004). O uso desses agentes de controle deve ser baseado em estudos que assegurem a eficiência deles no manejo da população do inseto-praga.

Algumas características biológicas são consideradas essenciais na avaliação da eficiência de um inimigo natural, sobretudo para o desenvolvimento de estratégias de controle. Dentre as mais importantes destacam-se: taxa de desenvolvimento, longevidade, capacidade de busca, fecundidade, capacidade de dispersão e razão sexual (SILVEIRA NETO; NAKANO; BARBIN, 1976; CALTAGIRONE, 1985). A escolha adequada de uma espécie ou linhagem do agente de controle biológico é fundamental, pois, diferenças entre espécies podem existir devido à preferência em relação à idade dos hospedeiros, culturas, o comportamento de busca e as condições ambientais (HASSAN, 1997). Das etapas que compõem um programa de controle biológico de pragas, é fundamental a escolha correta da espécie de inimigo natural que apresente maior eficiência no controle (PARRA et al., 2002). Alguns estudos têm sido realizados com o propósito de avaliar a eficiência de parasitoides sobre pragas de diferentes culturas, utilizando tabelas de vida de fertilidade e avaliando parâmetros biológicos dos agentes controladores, como por exemplo, parasitoides dos gêneros *Trichogramma* (PRATISSOLI; PARRA, 2000; PRATISSOLI et al., 2004), *Trissolcus* (CORRÊA-FERREIRA; ZAMATARO, 1989; KIVAN; KILIC, 2004; KIVAN; KILIC, 2006; AMIR-MAAFI; PARKER, 2011), e a espécie *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) (GÓMEZ-TORRES; NAVA; PARRA, 2012).

Além do desempenho intrínseco do inimigo natural, fatores climáticos também afetam as características biológicas, fisiológicas, e comportamentais dos insetos. A

temperatura, particularmente, afeta de forma direta o desenvolvimento dos insetos e pode, portanto, ser utilizada na análise de dinâmicas populacionais em campo. Considera-se que dos vários fatores afetando os inimigos naturais, a adaptação térmica é essencial para o sucesso e estabelecimento desses agentes (FRAZER; McGREGOR, 1992).

Para o sucesso de um programa de controle biológico, além de comparar espécies de parasitoides através dos parâmetros biológicos e das exigências térmicas requeridas, é importante conhecer a preferência deles no que se refere à idade do hospedeiro, a proporção ideal a ser liberada de acordo com a densidade de ovos do hospedeiro, as técnicas de liberação (PARRA; ZUCCHI; SILVEIRA NETO, 1987), as interação existente entre espécies que exploram o mesmo hospedeiro e a eficiência dos inimigos naturais.

Dentre as ferramentas capazes de auxiliar na escolha dos atributos biológicos importantes para traçar o perfil ideal de um agente controlador estão os modelos matemáticos, sobretudo os que enfatizam táticas de controle e descrevem comportamentos populacionais decorrentes da interação trófica entre praga e inimigo natural (MILLS; GETZ, 1996). Portanto, é necessário realizar estudos que permitam avaliar o potencial dos inimigos naturais para o controle de pragas nas diferentes culturas, combinando experimentação laboratorial e/ou de campo com modelagem matemática.

Com a presente proposta objetivou-se por meio de experimentos combinados com modelagem ecológica, incrementar estratégias de controle de pragas a fim de recomendar o uso do parasitoide mais eficiente para controlar *E. heros*, ou mesmo investigar a eficiência do uso combinado das duas espécies de inimigos naturais, *T. podisi* e *T. basalis*.

Referências

AMIR-MAAFI, M.; PARKER, B.L. Biological parameters of the egg parasitoid *Trissolcus grandis* (Hym.: Scelionidae). **Journal of Entomological Society of Iran**, Teerã, v. 30, n. 2, p. 67-81, 2011.

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

CALTAGIRONE, L.E. Identifying and discriminating among biotypes of parasites and predators. In: HOY, M.A.; HERZOG, D.C. (Ed.). **Biological Control In Agricultural IPM Systems.** Orlando: Academic Pr., 1985. p. 189-200.

CASTELO BRANCO, M.; FRANÇA, H.F; PONTES, A.L.; PABLO, S.T.A. Avaliação da suscetibilidade a inseticidas de populações da traça-das-crucíferas de algumas áreas do Brasil. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, p. 549-552, 2003.

CIVIDANES, F.J.; PARRA, J.R.P. Zoneamento ecológico de *Nezara viridula* (L.), *Piezodorus guildinii* (West.) e *Euschistus heros* (Fabr.) (Heteroptera: Pentatomidae) em quatro estados produtores de soja do Brasil. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 23, p. 219-226, 1994.

CLARKE, A.R.; WALTER, G.H. “Strains” and the classical biological control of insects pests. **Canadian Journal of Zoology**, Ottawa, v. 73, p. 1777-1790, 1995.

COLAZZA, S.; FUCARINO, A.; PERI, E.; SALERNO, G.; CONTI, E.; BIN, F. Insect oviposition induces volatile emission in herbaceous plants that attracts egg parasitoids. **The Journal of Experimental Biology**, Cambridge, v. 207, p. 47-53, 2004.

CORRÊA-FERREIRA, B.S. *Trissolcus basalis* para o controle de percevejos da soja. In: PARRA, J.R.P.; BOTELHO, P.S.M.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; BENTO, J.M. S (Ed.). **Controle Biológico no Brasil**: parasitóides e predadores. São Paulo: Manole, 2002. p. 449-476.

CORRÊA-FERREIRA, B.S.; ZAMATARO, C.E.O. Capacidade reprodutiva e longevidade dos parasitóides de ovos *Trissolcus basalis* (Wollaston) e *Trissolcus mitsukurii* Ashmead (Hymenoptera: Scelionidae). **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 49, p. 621-626, 1989.

CORRÊA-FERREIRA, B.S.; MOSCARDI, F. Seasonal occurrence and host spectrum of egg parasitoids associated with soybean stink bugs. **Biological Control**, Orlando, v. 5, p. 196-202, 1995.

CORRÊA-FERREIRA, B.S.; MOSCARDI, F. Biological controlo f soybean stink bugs by inoculative releases of *Trissolcus basalis*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 79, p. 1-7, 1996.

CORRÊA-FERREIRA, B.S.; PANIZZI, A. R. **Percevejos da soja e seu manejo**., Londrina: Embrapa-CNPSo, 1999. 45p.(Circular técnica, 24).

CORRÊA-FERREIRA, B.S.; ALEXANDRE, T.M.; PELLIZZARO, E.C.; MOSCARDI, F.; BUENO, A.F. **Práticas de manejo de pragas utilizadas na soja e seu impacto sobre a cultura.** Londrina: Embrapa Soja, 2010. 16 p.(Circular técnica, 78).

EHLER, L.E. An evaluation of some natural enemies of *Nezara viridula* in northern California. **Biocontrol**, Dordrecht, v. 47, p. 309-325, 2002.

FNP CONSULTORIA E INFORMAÇÕES EM AGRONEGÓCIOS. Soja. **Agrianual 2015**: Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo, 2015. p. 409-444.

FRAZER, B.D.; MCGREGOR, R.R. Temperature-dependent survival and hatching rate of eggs of seven species of Coccinellidae. **Canadian Entomologist**, Ottawa, v. 124, p. 305-312, 1992.

GÓMEZ-TORRES, M.L.; NAVA, D.E.; PARRA, J.R.P. Life Table of *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) on *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) at Different Temperatures. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 105, n. 2, p. 338-343, 2012.

HASSAN, S.A. Seleção de espécies de *Trichogramma* para o uso em programas de controle biológico. In: PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A. (Ed.). ***Trichogramma* e o controle biológico aplicado.** Piracicaba: FEALQ, 1997. p. 183-205.

KIVAN, M.; KILIC, N. Influence of host species and age on host preference of *Trissolcus semistriatus*. **Biological Control**, Orlando, v. 49, p. 553-562, 2004.

KIVAN, M.; KILIC, N. Age-specific fecundity and life table of *Trissolcus semistriatus*, an egg parasitoid of the sunn pest *Eurygaster integriceps*. **Entomological Science**, Tokyo, v. 9, p. 39-46, 2006.

MILLS, N.J.; GETZ, W.M. Modelling the biological control of insect pests: A review of host-parasitoid models. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v. 92, p. 121–143, 1996.

PANIZZI, A.R. Growing problems with stink bugs (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae): species invasive to the U.S. and potential neotropical invaders. **American Entomologist**, Lanham, v. 61, p. 223-233, 2015.

PANIZZI, A.R.; F. SLANSKY JR., F. Review of phytophagous pentatomids (Hemiptera: Pentatomidae) associated with soybean in the Americas. **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 68, p. 184-214, 1985.

PANIZZI, A.R.; MCPHERSON, J.E.; JAMES, D.G.; JAVAHERY, M.; MCPHERSON, R.M. Stink Bugs (Pentatomidae). In: SCHAEFER, C.W.; PANIZZI, A.R. (Ed.). **Heteroptera of Economic Importance.** Florida: CRC Press LLC, 2000. p. 421-474.

PANIZZI, A.R.; BUENO, A.F.; SILVA, F.A.C. Insetos que atacam vagens e grãos. In: HOFFMANN-CAMPO, C.B.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; MOSCARDI, F. (Ed.). **Soja**: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga. Brasília:Embrapa, 2012. p. 335-420.

PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; SILVEIRA NETO, S. Biological control of pests through egg parasitoids of the genera *Trichogramma* and/or *Trichogrammatoidea*. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro, v. 82, p. 153-160, 1987.

PARRA, J.R.P.; BOTELHO, P.S.M.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; BENTO, J.M.S. **Controle Biológico no Brasil**: parasitóides e predadores. São Paulo: Manole, 2002. 635p.

PRATISSOLI, D.; PARRA, J.R.P. Fertility and life table of *Trichogramma pretiosum* (Hym.: Trichogrammatidae) in eggs of *Tuta absoluta* and *Phthorimaea operculella* (Lep.: Gelechiidae) at different temperatures. **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v. 124, p. 330-342, 2000.

PRATISSOLI, D.; ZANUNCIO, J.C.; VIANNA, U.R.; ANDRADE, J.S.; GUIMARÃES, E.M.; ESPINDULA, M.C. Fertility life table of *Trichogramma pretiosum* and *Trichogramma acacioi* on eggs of *Anagasta kuehniella* at different temperatures. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 2, p. 193-196, 2004.

SALVADORI, J.R.; PEREIRA, P.R.V. da S.; CORRÊA-FERREIRA, B.S. **Pragas ocasionais em lavouras de soja no Rio Grande do Sul.**, Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2007. 34 p. (Documentos, 91).

SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O.; BARBIN, D. **Manual de ecologia dos insetos.** São Paulo: Ceres, 1976. 419p.

VILLAS-BÔAS, G.L.; GAZZONI, D.L.; OLIVEIRA, M.C.N. de; PEREIRA, N.P.; ROESSING, A.C.; FRANÇA NETO, J.B.; HENNING, A. **Efeito de diferentes populações de percevejos sobre o rendimento e seus componentes, características agronômicas e qualidade de sementes de soja**. Londrina: Embrapa-CNPSo, 1990. 43p.(Boletim de pesquisa, 1)

2 TABELA DE VIDA DE FERTILIDADE DE *Telenomus podisi* E *Trissolcus basalis* (HYMENOPTERA: PLATYGASTRIDAE) EM OVOS DE *Euschistus heros* (HEMIPTERA: PENTATOMIDAE)

Resumo

No presente estudo, objetivou-se avaliar o potencial reprodutivo de *Telenomus podisi* Ashmead, 1881 e *Trissolcus basalis* Wollaston, 1858 através da tabela de vida de fertilidade em duas situações, uma em que os parasitoides foram obtidos de ovos de *Euschistus heros* (Fabricius, 1798) que passaram por congelamento, e outra em que os parasitoides provinham de ovos de *E. heros* com 12h de idade (não foram congelados). Foram avaliados os seguintes parâmetros biológicos, para as duas espécies de parasitoides: longevidade das fêmeas e dos machos; número de ovos parasitados diariamente; número total de ovos parasitados por fêmea; duração dos estágios imaturos do segundo dia de parasitismo; viabilidade do parasitismo; e razão sexual. Não houve diferença entre a duração dos estágios imaturos de *T. basalis* e *T. podisi*, e nem entre a longevidade média de *T. basalis* e *T. podisi* provenientes de ovos congelados. No entanto, quando os indivíduos foram obtidos de ovos que não passaram pelo congelamento, a longevidade de *T. basalis* foi 1,8 vezes maior do que a de *T. podisi*. Houve diferença entre a viabilidade do parasitismo dos inimigos naturais e independente das fêmeas terem provindo de ovos congelados ou não, *T. podisi* apresentou viabilidade maior do que *T. basalis.* A razão sexual diferiu entre as espécies apenas no caso em *que* as fêmeas provinham de ovos que não haviam sido congelados. Os valores de R_0, r_m, λ, T e TD foram muito próximos entre as duas espécies de parasitoides. No entanto, houve uma tendência da espécie *T. podisi* apresentar R_0 superior a de *T. basalis. T. podisi* tem um incremento populacional na ordem de 21,1 vezes a cada geração, enquanto *T. basalis* o faz 16,8 vezes, quando indivíduos foram provenientes de ovos de *E. heros* que haviam sido congelados. Na outra condição estudada, *T. podisi* teve incremento populacional de 18,9, e *T. basalis* de 15,5 vezes. O valor r_m de *T. podisi* foi ligeiramente maior que o de *T. basalis*, nos dois conjuntos de dados.

Palavras-chave: Parasitoides de ovos; Longevidade; Taxa líquida de reprodução; Criação massal

Abstract

The present study aimed to evaluate the reproductive potential of *Telenomus podisi* Ashmead, 1881 and *Trissolcus basalis* Wollaston, 1858 by studying fertility life tables in two conditions, parasitoids obtained from frozen *Euschistus heros* eggs (Fabricius, 1798), and from not frozen *E. heros* eggs with 12 hours of age. The biological parameters evaluated for both parasitoid species were: male and female

longevity; dailey number of parasitized eggs; total number of parasitized eggs per female; second day immature stage duration; viability of parasitism; and sex ratio. There was no difference between duration of *T.* basalis and *T. podisi* immature stages, or between the mean longevity of *T. basalis* and *T. podisi* from frozen eggs. However, when adults were obtained from not frozen eggs, *T. basalis* longevity was 1.8 times higher than that of *T. podisi*. There was difference between the viability of parasitism in the parasitoid species despite of frozen or not frozen egg condition. *T. podisi* showed higher viability than *T. basalis*. The sex ratio between the species differed only in not frozen eggs. The values of R_0, r_m, λ, T e TD were very similar between the two parasitoid species. However, *T. podisi* presented a higher value of R_0 than *T. basalis*. *T. podisi* had a population growth of around 21.1 times every generation, while *T. basalis* increased 16.8 times in individuals coming from *E. heros* frozen eggs. When parasitoids came from not frozen eggs, *T. podisi* population increased 18.9 times, and *T. basalis* was 15.5 times. The r_m value was slightly higher in *T. podisi* than *T. basalis* in the two data sets.

Keywords: Egg parasitoids; Longevity; Net reproductive rate; Mass rearing

2.1 Introdução

Nas últimas décadas, o percevejo-marrom *E. heros*, deixou de ser praga secundária da cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) e passou a assumir lugar de destaque devido aos danos econômicos causados à cultura no Brasil (COSTA; BORGES; VILELA, 1998). Esta espécie tem sido controlada com a aplicação de inseticidas nas áreas produtoras de soja, no entanto, o uso indiscriminado de produtos químicos pode causar danos ecológicos e econômicos ao ambiente (SOUZA et al., 2013). Por essa razão, o interesse pelo controle biológico de pragas através do uso de inimigos naturais tem aumentado nos últimos anos. Os parasitoides de ovos *T. podisi* e *T. basalis* tem exibido bom potencial para controlar o complexo de percevejos encontrados na cultura da soja (CORRÊA-FERREIRA; MOSCARDI, 1995; BUENO et al., 2012).

Para que o controle biológico seja efetivo e racional, algumas características biológicas são consideradas essenciais para um inimigo natural, sobretudo para desenvolver as estratégias de controle. Dentre as mais importantes destacam-se: taxa de desenvolvimento, longevidade, capacidade de busca, fecundidade, capacidade de dispersão e razão sexual (SILVEIRA NETO; NAKANO; BARBIN, 1976; CALTAGIRONE, 1985). Alguns estudos têm sido realizados com o propósito de avaliar a eficiência de parasitoides sobre pragas de diferentes culturas, utilizando

tabelas de vida de fertilidade e parâmetros biológicos. Dentre eles, destacam-se os estudos centrados em *Trichogramma* (PRATISSOLI; PARRA, 2000; PRATISSOLI et al., 2004; SAMARA; MONJE; ZEBITZ, 2008; ÖZDER; KARA, 2010), *Trissolcus* (CORRÊA-FERREIRA; ZAMATARO, 1989; KIVAN; KILIC, 2004; KIVAN; KILIC, 2006; AMIR-MAAFI; PARKER, 2011), e em *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) (GÓMEZ-TORRES; NAVA; PARRA, 2012). A tabela de vida de fertilidade, além de avaliar o desempenho biológico do inseto, é útil na compreensão e determinação do crescimento populacional das espécies (BLEICHER; PARRA, 1990) e para comparar o desempenho biológico entre linhagens ou espécies de inimigos naturais (PRATISSOLI; PARRA, 2000).

Para o sucesso de programas de controle biológico são necessárias liberações de grandes quantidades de parasitoides, o que geralmente demanda a compreensão das estratégias de armazenamento de ovos de pentatomídeos, incluindo *E. heros*, e a influência do fator sobre os inimigos naturais *T. podisi* e *T. basalis* (DOETZER; FOERSTER, 2013; FAVETTI; BUTNARIU; DOETZER, 2014). Igualmente, estas estratégias são importantes para criações de parasitoides em laboratório. No presente estudo, objetivou-se avaliar o potencial reprodutivo de *T. podisi* e *T. basalis* através da análise comparativa entre tabelas de vida de fertilidade, com parasitoides obtidos de ovos de *E. heros* armazenados sob congelamento e parasitoides provenientes de ovos não congelados e com 12h de idade.

2.2 Material e métodos

2.2.1 Criação de *E. heros*

A criação de *E. heros* foi realizada em sala climatizada a 25º ± 2ºC, com 14 horas de fotofase e U.R. de 60 ± 10%. Casais de *E. heros* foram mantidos em gaiolas teladas de 24 x 24 x 10 cm. Na parte superior das gaiolas foram colocadas tiras de tecido de algodão (30 x 25 cm) que serviram como substrato de postura. A parte inferior da gaiola recebeu papel toalha que permaneceu sob placas de Petri. O conteúdo das placas era de sementes de amendoim e rolo dental umedecido, além das vagens de feijão. A dieta era trocada a cada 7 dias. Para continuidade da

criação, semanalmente, parte dos ovos coletados eram colocados em placas de Petri contendo rolo dental umedecido, onde ocorria o desenvolvimento das ninfas. Ao passarem para segundo instar, as ninfas eram levadas para frascos plásticos medindo 19 x 19 x 7 cm e contendo dieta natural (a mesma oferecida para os adultos). A cada 7 dias a dieta era trocada, até a emergência dos adultos e 10 dias após o início da emergência, os adultos eram transferidos para as gaiolas de criação descritas anteriormente (MENDOZA, 2012).

2.2.2 Criação de *T. podisi* e *T. basalis*

Os adultos de *T. podisi* e *T. basalis* eram mantidos separados em sacos de polietileno. No interior dos sacos eram colocadas gotículas de mel puro para alimentação. Posturas recém obtidas de *E. heros*, eram mantidas em laboratório (item 2.2.1), sendo divididas em duas placas de Petri e submetidas ao parasitismo por 24 h. As placas contendo os ovos parasitados eram mantidas em câmara climatizada (25 ± 2ºC, 14 horas de fotofase e U.R. de 70 ± 10%) até a emergência dos parasitoides, momento em que os adultos eram liberados nos sacos de polietileno para iniciar novo ciclo.

2.2.3 Tabela de vida de fertilidade de *T. podisi* e *T. basalis* em ovos de *E. heros* armazenados naturalmente ou sob congelamento

Ovos de *E. heros* foram coletados e congelados durante 30 dias em temperatura de aproximadamente -18ºC. Após esse período, os ovos foram submetidos ao parasitismo, e os insetos emergidos dos ovos foram utilizados nos experimentos. Foram colocados casais de *T. podisi* e *T. basalis* em tubos de vidro (8,0 x 2,5 cm), contendo no seu interior uma gotícula de mel para alimentação dos parasitoides. Os machos tinham 24h de idade e as fêmeas 8h.

Diariamente, ovos de *E. heros* foram coletados e agrupados em conjuntos de 40 unidades (MENDOZA, 2012), para oferecimento aos parasitoides por 24h. Ao final do período, os ovos eram retirados e substituídos por novas posturas. Os ovos retirados foram colocados em tubos de vidro devidamente etiquetados, para que

ocorresse o desenvolvimento dos parasitoides. Os procedimentos eram repetidos até a morte das fêmeas. O experimento foi conduzido em câmara climatizada (25±1ºC, UR=60±10% e fotofase de 14h).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 30 repetições, sendo cada fêmea das espécies de parasitoides avaliadas considerada uma repetição. Dois foram os tratamentos para comparação, seja utilizando *T. podisi* ou *T. basalis*. Foram avaliados os seguintes parâmetros biológicos para as duas espécies de parasitoides: longevidade das fêmeas e dos machos avaliada diariamente, número de ovos parasitados diariamente, número total de ovos parasitados por fêmea, duração dos estágios imaturos do segundo dia de parasitismo, avaliando-se a emergência de machos e fêmeas a cada 24h; viabilidade do parasitismo, a razão do número de ovos com orifício de emergência pelo número de ovos parasitados; e razão sexual, através da fórmula (1):

$$r.s. = \frac{\text{nº de fêmeas}}{\text{nº de machos+nº de fêmeas}} \quad (1)$$

O mesmo tipo de experimento foi realizado com casais de *T. podisi* e *T. basalis,* provenientes de ovos que não passaram pelo processo de congelamento.

Os parâmetros biológicos obtidos nos dois conjuntos de dados foram usados para elaborar as tabelas de vida de fertilidade. Por meio dos valores de intervalos de idade (x), fertilidade específica (m_x), índice de sobrevivência (l_x) e número de descendentes que atingiram a idade x na seguinte geração (lx.mx) das tabelas de vida de fertilidade, foi possível estimar: a taxa líquida de reprodução (Ro), o intervalo de tempo entre cada geração (T), a taxa intrínseca de crescimento (rm), a razão finita de aumento (λ) (definida como o número de vezes que a população multiplica por unidade de tempo) e o tempo necessário para a população duplicar em número de indivíduos (TD).

2.2.4 Análise dos dados

A normalidade dos dados foi verificada com o teste Shapiro-Wilk. Os dados de duração dos estágios imaturos e longevidade foram transformados em $\log_{10}(x + 1)$. Os valores de viabilidade do parasitismo e a razão sexual foram transformados

em arco seno. Os dados foram analisados com o modelo linear generalizado (GLM) e as médias foram comparadas pelo teste t ao nível de 5% de probabilidade.

Para comparar os valores dos parâmetros da tabela de vida de fertilidade das duas espécies de parasitoides foi empregado o teste t, que considera o grau de incerteza associado as suas estimativas, expressas como variâncias. As variâncias foram calculadas com o uso do estimador Bootstrap (EFRON, 1979; MEYER et al., 1986). Todas as análises foram feitas no programa RStudio (R CORE TEAM, 2014).

2.3 Resultados e Discussão

A comparação da duração do estágio imaturo das espécies de parasitoides estudadas indica não existir diferença significativa entre *T. basalis* e *T. podisi*, sendo de 15 e 16 dias, respectivamente. Ambos os inimigos naturais apresentaram a mesma duração média independente dos ovos terem sido parasitados por fêmeas provenientes de ovos congelados ou não (Tabela 1).

Não houve diferença entre a longevidade média de *T. basalis* e *T. podisi* provenientes de ovos congelados. No entanto, quando os indivíduos foram obtidos de ovos que não passaram pelo congelamento, a longevidade de *T. basalis* foi 1,8 vezes maior do que a de *T. podisi*. Houve diferença entre a viabilidade do parasitismo dos inimigos naturais. Independente das fêmeas terem sido originadas de ovos congelados ou não, *T. podisi* apresentou viabilidade maior do que *T. basalis*. Pode-se afirmar que o congelamento de ovos causa efeito negativo na longevidade da espécie *T. basalis*, mas a viabilidade do parasitismo é semelhante independente da situação. Não foi registrado efeito do congelamento de ovos sobre a longevidade e viabilidade do parasitismo em *T. podisi.* (Tabela 1).

A razão sexual diferiu entre as espécies apenas no caso em que as fêmeas “mães” (F0) provinham de ovos que não haviam sido congelados, sendo para *T. basalis* 0,58 e *T. podisi* 0,79. Ao observarmos os dados dentro da mesma espécie, houve diferença para *T. basalis*, que apresentou maior razão sexual (0,80) quando as fêmeas “mães” eram provenientes de ovos que haviam sido congelados. A espécie *T. podisi* teve proporção significativamente maior de fêmeas, independente do congelamento (Tabela 1).

Tabela 1 – Duração dos estágios imaturos, longevidade, viabilidade do parasitismo e razão sexual de *T. basalis* e *T. podisi* provenientes de ovos de *E. heros*, previamente congelados ou não.[1]

Parâmetros biológicos	Parasitoides provenientes de ovos de *E. heros* que haviam sido congelados		Parasitoides provenientes de ovos de *E. heros* que não passaram por congelamento	
	T. basalis	***T. podisi***	***T. basalis***	***T. podisi***
Duração dos estágios imaturos ± EPM (dias)	15 ± 3 aA	16 ± 3 aA	15 ± 4 aA	16 ± 3 aA
Longevidade média ± EPM (dias)	5 ± 0,41 aA	6 ± 0,25 aA	11 ± 0,57 aB	6 ± 0,30 bA
Viabilidade do parasitismo ± EPM (%)	36 ± 4 aA	66 ± 4 bA	34 ± 2 aA	67 ± 4 bA
Razão sexual	0,80 ± 0,02 aA	0,87 ± 0,01 aA	0,58 ± 0,04 aB	0,79 ± 0,01 bA

[1] Letras minúsculas correspondem a comparações entre as duas espécies (*T. basalis* e *T. podisi*) dentro do mesmo conjunto de dados, e letras maiúsculas a mesma espécie nas diferentes situações. Não há comparação nas colunas, apenas nas linhas. Médias seguidas pela mesma letra, não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste t.

Quando os parasitoides eram oriundos de ovos de *E. heros* submetidos ao congelamento, os valores da taxa líquida de reprodução (R_0), da taxa intrínseca de crescimento (r_m), da razão finita de aumento (λ), do tempo médio entre gerações (T) e do tempo necessário para a população duplicar em número de indivíduos (TD) foram muito próximos nas duas espécies de parasitoides, o que impediu a ocorrência de diferença estatisticamente significativa entre os parâmetros avaliados. No entanto, houve ligeira tendência da espécie *T. podisi* apresentar R_0 superior a de *T. basalis* (Tabela 2).

O sucesso de uma espécie em determinado ambiente é geralmente dependente da sua taxa intrínseca de crescimento (r_m), ou seja, quanto maior for r_m, maior será o crescimento populacional (ANDREWARTHA; BIRCH, 1954 *apud* SILVA et al., 2008). Levando em conta essa tendência, as duas espécies de parasitoides tenderam a apresentar crescimento populacional semelhante. Nota-se que *T. podisi* tem um incremento populacional na ordem de 21,1 vezes a cada geração, enquanto *T. basalis* o faz 16,8 vezes. Isto pode ser explicado pelo fato de, apesar de *T. basalis* parasitar maior número total de ovos que *T. podisi*, a espécie apresenta menor viabilidade do parasitismo e menor número de fêmeas produzido por fêmea.

Tabela 2 – Parâmetros de crescimento populacional associados à tabela de vida de fertilidade de *T. basalis* e *T. podisi* oriundos de ovos congelados de *E. heros*

Parâmetros	Parasitoides provenientes de ovos de *E. heros* que haviam sido congelados					
	T. basalis			*T. podisi*		
	Valor calculado	Estimador Bootstrap	IC (95%)*	Valor calculado	Estimador Bootstrap	IC (95%)*
Taxa líquida de reprodução (R_o)	16,8 a	16,8	3,16 - 57,9	21,1 a	21,1	3,2 - 64,3
Taxa intrínseca de crescimento (r_m)	0,172 a	0,172	0,066 - 0,261	0,176 a	0,176	0,071 - 0,252
Razão finita de aumento (λ)	1,187 a	1,187	1,069 - 1,299	1,193 a	1,193	1,075 - 1,287
Tempo médio entre cada geração (T)	16,4 a	16,4	15,5 - 18,4	17,3 a	17,3	16,51 - 19,11
Tempo para duplicar a população (TD)	4,0 a	4,0	2,6 - 12,0	3,9 a	3,9	2,7 - 12,2

Médias seguidas da mesma letra em cada linha, nas colunas em destaque, não diferem significativamente pelo teste t a 5%. *IC = Intervalo de confiança de 95% (associado ao Estimador Bootstrap).

Fêmeas de *T. basalis* e *T. podisi* parasitaram uma maior quantidade de ovos em um pequeno intervalo de tempo (nas idades iniciais das fêmeas) (Figura 1. A e C), e para o número de fêmeas geradas por fêmea (pela mãe) no decorrer do tempo (idade das mães), *T. basalis* distribuiu-se homogeneamente nas cinco idades iniciais enquanto que *T. podisi* concentrou-se nas três idades iniciais (Figura 1. B e D).

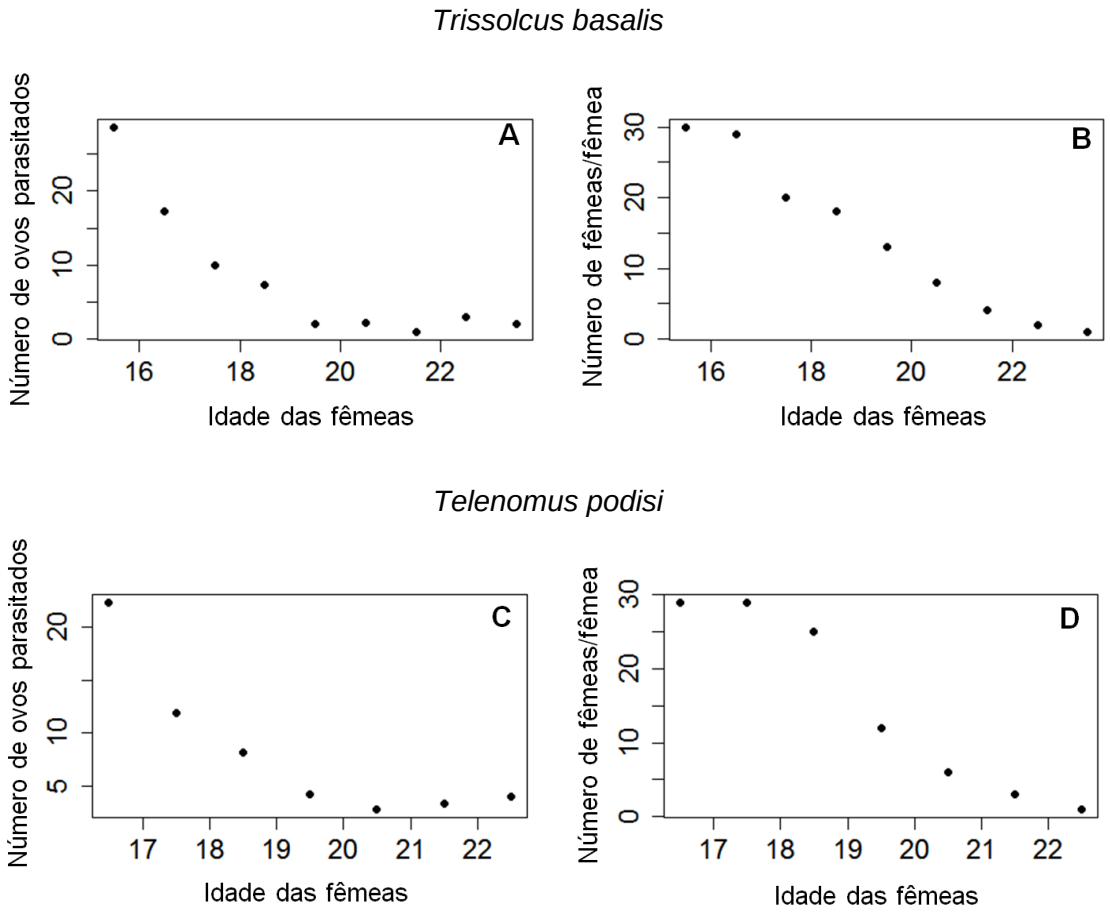

Figura 1 - Número de ovos parasitados por fêmeas provenientes de ovos de *E. heros* congelados (**A**) e número total de fêmeas geradas/fêmea (**B**) no decorrer da idade de *T. basalis*. Número de ovos parasitados por fêmeas provindas de ovos congelados (**C**) e número total de fêmeas geradas/fêmea (**D**) no decorrer da idade de *T. podisi*

Quando se utilizou parasitoides provenientes de ovos de *E. heros* não congelados, os valores de R_0, r_m, λ, T e TD foram muito próximos entre as duas espécies. Estatisticamente, não houve diferença entre os parâmetros avaliados. Neste conjunto de dados *T. podisi* também apresentou uma tendência da taxa líquida de reprodução (R_0) ser superior a de *T. basalis*. O valor r_m de *T. podisi* foi ligeiramente maior que o de *T. basalis* (Tabela 3), situação igual a que ocorreu quando os indivíduos vieram de ovos congelados. Isto reforça que ambas as espécies de parasitoides apresentam tendência de crescimento populacional semelhante, independente da condição estudada.

Tabela 3 – Parâmetros de crescimento populacional associados à tabela de vida de fertilidade de *T. basalis* e *T. podisi* oriundos de ovos de *E. heros* recém-coletados (com aproximadamente 12h de idade)

Parâmetros	Parasitoides provenientes de ovos de *E. heros* que não passaram por congelamento					
	T. basalis			*T. podisi*		
	Valor calculado	Estimador Bootstrap	IC (95%)	Valor calculado	Estimador Bootstrap	IC (95%)
Taxa líquida de reprodução (R_o)	15,5 a	15,5	4,7 - 35,1	18,9 a	18,9	5,1 - 56,4
Taxa intrínseca de crescimento (r_m)	0,155 a	0,155	0,081 - 0,215	0,168 a	0,168	0,087 - 0,244
Razão finita de aumento (λ)	1,168 a	1,168	1,085 - 1,240	1,183 a	1,183	1,092 - 1,276
Tempo médio entre cada geração (T)	17,6 a	17,6	15,9 - 19,9	17,5 a	17,5	16,5 - 19,3
Tempo para duplicar a população (TD)	4,5 a	4,5	3,3 - 9,7	4,1 a	4,1	2,8 - 8,3

Médias seguidas da mesma letra em cada linha, nas colunas em destaque, não diferem significativamente pelo teste t a 5%. *IC = Intervalo de confiança de 95% (associado ao Estimador Bootstrap).

Com a análise desse conjunto de dados é possível afirmar que fêmeas de *T. basalis* e *T. podisi* concentram o parasitismo nas idades iniciais (Figura 2. A e C). A distribuição do número de fêmeas geradas no decorrer do tempo (idade das fêmeas parentais) foi diferente entre os parasitoides, pois as fêmeas de *T. basalis* apresentaram maior intervalo de tempo gerando fêmeas, e *T. podisi* teve um decaimento rápido neste parâmetro (Figura 2. B e D).

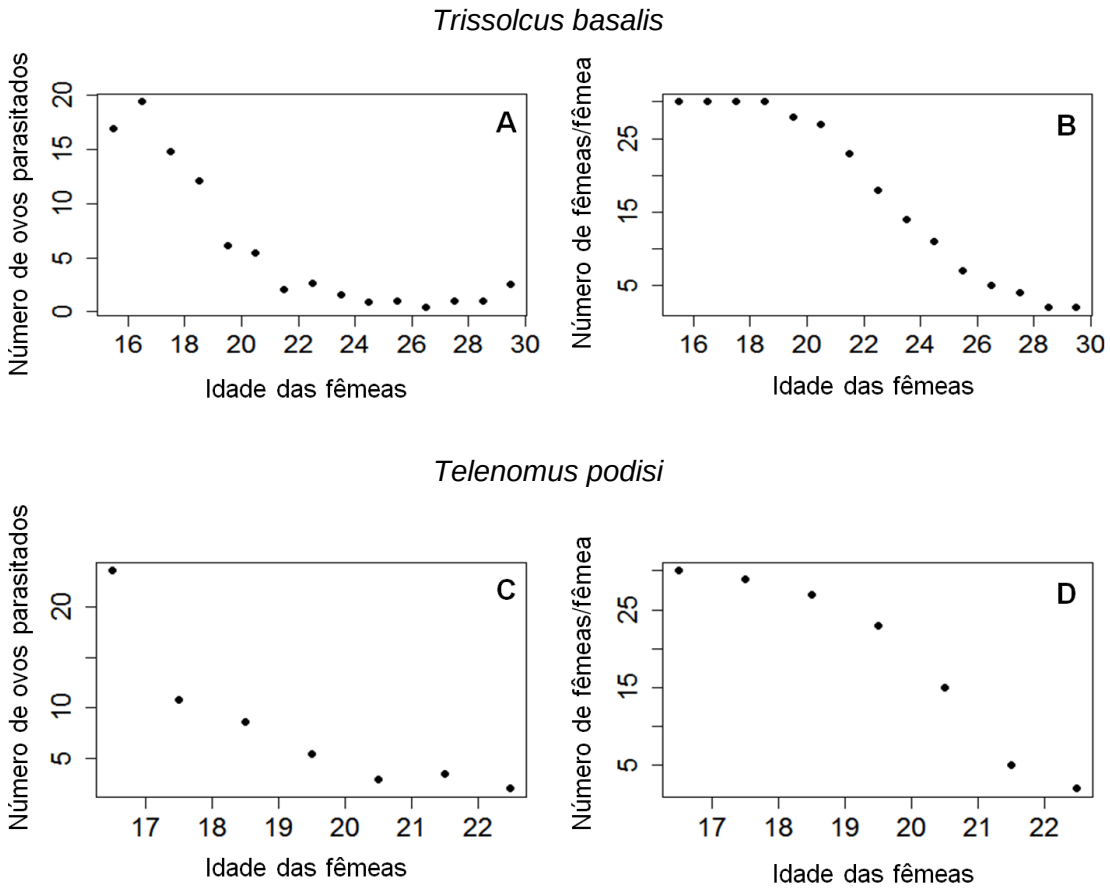

Figura 2 - Número de ovos parasitados por fêmeas provenientes de ovos de *E. heros* recém-coletados (**A**) e número total de fêmeas geradas (**B**), no decorrer da idade de *T. basalis*. Número médio de ovos parasitados por fêmeas que provinham de ovos recém-coletados de *E. heros* (**C**) e número total de fêmeas geradas (**D**), no decorrer da idade de *T. podisi*

Comparando os gráficos para *T. basalis* (Figuras 1. A e B, Figuras 2. A e B), nota-se que o congelamento de ovos pode influenciar os resultados, ou seja, fêmeas de *T. basalis* provenientes de ovos não congelados exibiram maior longevidade, o que resultou em melhor distribuição do parasitismo e do número de fêmeas geradas no decorrer do tempo. Essa observação pode ser indicativa de que a qualidade do ovo influencia o potencial do parasitoide *T. basalis*.

Quando se compara as figuras 1 (C e D) e 2 (C e D) nota-se que fêmeas de *T. podisi* apresentam a mesma duração (22,5 dias de idade) e significativa similaridade entre os números totais de ovos parasitados e os números de fêmeas geradas/fêmea, independentemente se vieram de ovos que passaram por congelamento ou não.

2.4 Conclusão

Independente dos indivíduos serem provenientes de ovos que haviam sido congelados ou não, tanto a espécie *T. basalis* quanto *T. podisi* apresentaram alto potencial reprodutivo (de acordo com os valores da taxa líquida de reprodução (R_0), da taxa intrínseca de crescimento (r_m)), o que possibilita a criação massal em laboratório e sua possível utilização em programas de manejo integrado para controle de *E. heros*.

Referências

AMIR-MAAFI, M.; PARKER, B.L. Biological parameters of the egg parasitoid *Trissolcus grandis* (Hym.: Scelionidae). **Journal of Entomological Society of Iran**, Teerã, v. 30, n. 2, p. 67-81, 2011.

BLEICHER, E.; PARRA, J.R.P. Espécies de *Trichogramma* parasitoides de *Alabama argillacea*. II. Tabela de vida de fertilidade e parasitismo de três populações. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, p. 207-214, 1990.

BUENO, A.F.; SOSA-GÓMEZ, D.R.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; MOSCARDI, F.; BUENO, R.C.O.F. Inimigos naturais das pragas de soja. In: HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; MOSCARDI, F. (Ed.). **Soja**: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga. Brasília: Embrapa, 2012. cap. 5, p. 493-629.

CALTAGIRONE, L.E. Identifying and discriminating among biotypes of parasites and predators. In: HOY, M.A.; HERZOG, D.C. (Ed.). **Biological Control In Agricultural IPM Systems.** Orlando: Academic Press, 1985. p. 189-200.

CORRÊA-FERREIRA, B.S.; ZAMATARO, C.E.O. Capacidade reprodutiva e longevidade dos parasitoides de ovos *Trissolcus basalis* (Wollaston) e *Trissolcus mitsukurii* Ashmead (Hymenoptera: Scelionidae). **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 49, p. 621-626, 1989.

CORRÊA-FERREIRA, B.S.; MOSCARDI, F. Seasonal occurrence and host spectrum of egg parasitoids associated with soybean stink bugs. **Biological Control**, Orlando, v. 5, p. 196-202, 1995.

COSTA, M.L.M.; BORGES, M.; VILELA, E.F. Biologia reprodutiva de *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 27, p. 559-568, 1998.

DOETZER, A.K.; FOERSTER, L.A. Storage of Pentatomid Eggs in Liquid Nitrogen and Dormancy of *Trissolcus basalis* (Wollaston) and *Telenomus podisi* Ashmead (Hymenoptera: Platygastridae) Adults as a Method of Mass Production. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 42, p. 534-538, 2013.

EFRON, B. Bootstrap Methods: another look at the Jackknife. **Annals of Statistics**, Hayward, v. 7, n. 1, p. 1-26, 1979.

FAVETTI, B.M.; BUTNARIU, A.R.; DOETZER, A.K. Storage of *Euschistus heros* Eggs (Fabricius) (Hemiptera: Pentatomidae) in Liquid Nitrogen for Parasitization by *Telenomus podisi* Ashmead (Hymenoptera: Platygastridae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 43, p. 291-293, 2014.

GÓMEZ-TORRES, M.L.; NAVA, D.E.; PARRA, J.R.P. Life Table of *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) on *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) at Different Temperatures. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 105, n. 2, p. 338-343, 2012.

KIVAN, M.; KILIC, N. Influence of host species and age on host preference of *Trissolcus semistriatus*. **Biological Control**, Orlando, v. 49, p. 553-562, 2004.

KIVAN, M.; KILIC, N. Age-specific fecundity and life table of *Trissolcus semistriatus*, an egg parasitoid of the sunn pest *Eurygaster integriceps*. **Entomological Science**, Tokyo, v. 9, p. 39-46, 2006.

MENDOZA, A.C. **Desenvolvimento de dietas artificiais liofilizadas para *Euschistus heros* (Fabricius, 1798), com vistas à produção de *Telenomus podisi* (Ashmead, 1893) e *Trissolcus basalis* (Wollaston, 1858).** 2012. 101p. Tese (Doutorado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

MEYER, J.S.; INGERSOLL, C.G.; McDONALD, L.L.; BOYCE, M.S. Estimating uncertainty in population growth rates: Jackknife vs. Bootstrap techniques. **Ecology**, Durham, v. 67, n. 5, p. 1156-1166, 1986.

ÖZDER, N.; KARA, G. Comparative biology and life tables of *Trichogramma cacoeciae*, *T. brassicae* and *T. evanescens* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) with *Ephestia kuehniella* and *Cadra cautella* (Lepidoptera: Pyralidae) as hosts at three constant temperatures. **Biocontrol Science and Technology**, London, v. 20, p. 245-255, 2010.

PRATISSOLI, D.; PARRA, J.R.P. Fertility and life table of *Trichogramma pretiosum* (Hym.: Trichogrammatidae) in eggs of *Tuta absoluta* and *Phthorimaea operculella* (Lep.: Gelechiidae) at different temperatures. **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v. 124, p. 330-342, 2000.

PRATISSOLI, D.; ZANUNCIO, J.C.; VIANNA, U.R.; ANDRADE, J.S.; GUIMARÃES, E.M.; ESPINDULA, M.C. Fertility life table of *Trichogramma pretiosum* and *Trichogramma acacioi* on eggs of *Anagasta kuehniella* at different temperatures. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 2, p. 193-196, 2004.

R CORE TEAM. **R**: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2014. Disponível em: <http://www.R-project.org/. Acesso em: 30 jan. 2015.

SAMARA, R.Y.; MONJE, J.C.; ZEBITZ, C.P.W. Comparison of different European strains of *Trichogramma aurosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) using fertility life tables. **Biocontrol Science and Technology**, London, v. 18, p. 75-86, 2008.

SILVA, R.J. da; BUENO, V.H.P.; SILVA, D.B.; SAMPAIO, M.V. Tabela de vida de fertilidade de *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) (Hymenoptera, Braconidae, Aphidiinae) em *Rhopalosiphum maidis* (Fitch) e *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera, Aphididae). **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v. 52, n. 1, p. 124-130, 2008.

SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O.; BARBIN, D. **Manual de ecologia dos insetos.** São Paulo: Ceres, 1976. 419p.

SOUZA, L.A.; BARBOSA, J.C.; GRICOLLI, J.F. J.; FRAGA, D.F.; MALDONADO JR, W.; BUSOLI, A.C. Spatial distribution of *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae) in soybean. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 42, p. 412-418, 2013.

3 EXIGÊNCIAS TÉRMICAS DE *Telenomus podisi* E *Trissolcus basalis* (HYMENOPTERA: PLATYGASTRIDAE) EM OVOS DE *Euschistus heros* (HEMIPTERA: PENTATOMIDAE)

Resumo

Com a realização deste trabalho, objetivou-se conhecer a influência da temperatura no desenvolvimento ovo-adulto e determinar as exigências térmicas de *Telenomus podisi* Ashmead, 1881 e *Trissolcus basalis* Wollaston, 1858, criados em ovos de *Euschistus heros* (Fabricius, 1798). Ovos parasitados por ambas as espécies de inimigos naturais foram separados em conjuntos de 10 repetições (para cada temperatura) contendo 20 ovos e colocados em câmaras climatizadas mantidas a 15, 18, 20, 22, 25, 28, 30, 32, 35, e 38±1ºC. Foram observadas as seguintes variáveis para as duas espécies de parasitoides: a duração dos estágios imaturos e a viabilidade do parasitismo. Os dados de duração foram ajustados a um modelo regressivo linear através do método da hipérbole obtendo-se estimativas para limiar térmico inferior ou temperatura base (Tb) e constante térmica (K). Os dados também foram ajustados a dois modelos não-lineares de desenvolvimento, que foram utilizados para estimar o limiar térmico superior (Ts) e a temperatura ótima de desenvolvimento (Topt). De acordo com o modelo linear utilizado, a temperatura base (Tb) de *T. podisi* foi 12,1 e 12,3ºC e a constante térmica (K) foi 185,2 e 192,3 graus dias para machos e fêmeas, respectivamente. Para machos e fêmeas de *T. basalis* a Tb foi de 11,5 e 11,2ºC, e os valores de K foram 200,0 e 227,3 graus dias, respectivamente. As temperaturas ótimas de desenvolvimento foram de 31,3ºC e 34,1ºC, para *T. podisi* e *T. basalis*, respectivamente. Para os limiares térmicos superiores (Tmax) também foram verificados valores maiores para *T. basalis* em relação a *T. podisi*.

Palavras-chave: Parasitoides de ovos; Temperatura; Limiares de desenvolvimento; Modelos não lineares

Abstract

This study aims to know the influence of temperature on the egg-adult development of *Telenomus podisi* Ashmead, 1881 e *Trissolcus basalis* Wollaston, 1858, determining their thermal requirements parasitizing eggs of *Euschistus heros* (Fabricius, 1798). Eggs parasitized for both species were submitted to 10 different temperatures: 15, 18, 20, 22, 25, 28, 30, 32, 35, e 38±1ºC. It were evaluated the development and viability of the parasitism. The development duration was analyzed with linear model to estimate the lower threshold temperature (Tb) and thermal constant (K). Data were also adjusted to two non-linear models of development, which were used to estimate the upper threshold temperature (Ts) and the optimal temperature for development (Topt). According to the linear model used, Tb of *T. podisi* was 12.1 and 12,3ºC and thermal constant (K) was 185.2 and 192.3 degree

days for the males and females, respectively. For males and females of *T. basalis*, Tb was 11.5 and 11.2ºC, and K values were 200.0 and 227.3 degree days, respectively. The optimal temperature of development were 31.3ºC and 34.1ºC for *T. podisi* and *T. basalis*, respectively. For the upper thresholds temperature (Tmax) were also recorded higher values for *T. basalis* towards *T. podisi*.

Keywords: Egg parasitoids; Temperature; Development threshold; Non-linear models

3.1 Introdução

Dentre os percevejos fitófagos, que causam prejuízo à produção de soja (*Glycine max* (L.) Merrill), destacam-se o percevejo marrom – *E. heros*, o percevejo-verde-pequeno – *Piezodorus guildinii* (Westwood, 1837) e o percevejo-verde – *Nezara viridula* (Linnaeus, 1758). Estas espécies de percevejos se alimentam diretamente dos grãos da soja, influenciando o rendimento e a qualidade das sementes (PANIZZI; SLANSKY JR., 1985; PANIZZI et al., 2000). Sendo *E. heros* a espécie mais importante na cultura da soja, atualmente (PANIZZI, 2015). O método mais utilizado para o controle destes insetos-pragas é o controle químico. No entanto, as tendências mais recentes priorizam a qualidade dos produtos de origem agrícola, e está ocorrendo uma conscientização de que a presença de resíduos de agrotóxicos causa problemas de contaminação ao ambiente e ao homem. Além disso, o uso de defensivos aumenta os custos de produção e certamente está interligado à resistência pelos insetos (CASTELO BRANCO et al., 2003). Com isso, o uso de inimigos naturais vem recebendo maior atenção nos últimos anos (PARRA et al., 2002).

Os parasitoides de ovos *T. podisi* e *T. basalis* são os inimigos naturais mais importantes dos percevejos, e têm sido estudados visando à utilização em programas de controle biológico no Brasil e no mundo (CLARKE; WALTER, 1995; CORRÊA-FERREIRA; MOSCARDI, 1996; CORRÊA-FERREIRA, 2002; EHLER, 2002; COLAZZA et al., 2004). A distribuição geográfica dos parasitoides de ovos dos gêneros *Trissolcus* e *Telenomus* abrange tanto áreas tropicais, quanto temperadas, sugerindo a existência de espécies ou linhagens de uma mesma espécie adaptadas a diferentes condições climáticas (POWELL; SHEPARD, 1982; CORRÊA-FERREIRA; ZAMATARO, 1989).

Fatores climáticos podem afetar as características biológicas, fisiológicas, e comportamentais dos insetos. A temperatura, particularmente, afeta de forma direta o desenvolvimento dos insetos e pode, portanto, ser utilizada na previsão de dinâmicas populacionais em campo. As previsões são feitas através do uso de modelos lineares e não lineares que relacionam taxa de desenvolvimento à temperatura e permitem a estimativa dos valores da constante térmica, limite térmico inferior e superior, e temperatura ótima de desenvolvimento (HADDAD; PARRA, 1989; MILLER, 1992). Assim, considera-se que dos vários fatores afetando os inimigos naturais, a adaptação térmica é essencial para o sucesso e estabelecimento desses agentes (FRAZER; McGREGOR, 1992). A relação entre temperatura e desenvolvimento tem sido estudada em várias espécies de Platygastridae (ORR; DOETHEL; JONES, 1985;.CANTO-SILVA; ROMANOWSKI; REDAELLI, 2005; BUENO et al., 2008), incluindo algumas espécies de *Trissolcus* (TORRES; PRATISSOLI; ZANUNCIO, 1997; TORRES; MUSOLIN; ZANUNCIO, 2002; CIVIDANES; FIGUEIREDO; CARVALHO, 1998;. KIVAN; KILIC, 2006; IRANIPOUR; NOZADBONAB; MICHAUD, 2010).

No Brasil, tendo em vista que *E. heros* é a espécie hospedeira mais amplamente distribuída em regiões com distintas condições climáticas, é importante verificar se existem diferenças nos parâmetros biológicos de desenvolvimento entre as espécies de parasitoides de ovos *T. podisi* e *T. basalis* para que sirva de subsídio em programas de controle biológico do percevejo-marrom. Neste estudo objetivou-se conhecer a influência da temperatura sobre o desenvolvimento ovo-adulto dos parasitoides *T. podisi* e *T. basalis* e determinar suas exigências térmicas, visando uma futura utilização em programas de Controle Biológico.

3.2 Material e métodos

3.2.1 Criação de *E. heros*

A criação de *E. heros* foi realizada em sala climatizada mantida a 25º ± 2ºC, com 14 horas de fotofase e U.R. de 60±10%. Casais de *E. heros* foram mantidos em gaiolas teladas de 24 x 24 x 10 cm. Na parte superior das gaiolas, foram colocadas tiras de tecido de algodão (30 x 25 cm) que serviram como substrato de postura. A

parte inferior foi recoberta com papel toalha, onde foram colocadas placas de Petri contendo dieta natural (sementes de amendoim e vagens de feijão) e rolo dental umedecido. A dieta era trocada a cada 7 dias. Para continuidade da criação, semanalmente, parte dos ovos coletados eram colocados em placas de Petri contendo rolo dental umedecido, onde ocorria o desenvolvimento das ninfas. Ao passarem para o segundo instar, as ninfas eram levadas para potes plásticos de 19 x 19 x 7 cm, contendo dieta natural que era oferecida aos adultos. A cada 7 dias a dieta era trocada, até a emergência dos adultos e 10 dias após o início da emergência, os adultos eram transferidos para as gaiolas de criação descritas anteriormente (MENDOZA, 2012).

3.2.2 Criação de *T. podisi* e *T. basalis*

Os adultos de *T. podisi* e *T. basalis* foram mantidos separados em sacos de polietileno e receberam gotículas de mel puro para alimentação. Posturas novas de *E. heros* foram obtidas da criação mantida em laboratório (item 3.2.1) e divididas em duas placas de Petri e submetidas ao parasitismo por 24 h. As placas contendo os ovos parasitados eram mantidas em câmara climatizada (25 ± 2ºC, 14 horas de fotofase e U.R. de 70 ± 10%) até a emergência dos parasitoides, momento em que os adultos eram liberados nos sacos de polietileno para iniciar um novo ciclo.

3.2.3 Efeito da temperatura sobre o desenvolvimento de *T. podisi* e *T. basalis*

Posturas de *E. heros* com até 24h de idade eram obtidas a partir da criação estoque do laboratório, agrupadas em conjuntos de 2000 ovos e separadas em 2 placas de Petri. Os ovos foram submetidos ao parasitismo de *T. podisi* e *T. basalis*, colocando-se as placas de Petri nas gaiolas de criação de cada espécie por 24 horas. Os ovos parasitados por ambas as espécies de inimigos naturais foram separados em conjuntos de 10 repetições contendo 20 ovos e colocados em câmaras climatizadas mantidas a 15, 18, 20, 22, 25, 28, 30, 32, 35, e 38±1ºC (UR=60±10% e fotofase de 14h). As variáveis observadas em cada temperatura

para as duas espécies de parasitoides foram: duração dos estágios imaturos (exposição dos ovos ao parasitismo até a emergência dos adultos), avaliando-se a emergência de machos e fêmeas a cada 12h e viabilidade do parasitismo, obtida pela razão do número de adultos emergidos pelo número de ovos parasitados (observado pelo seu escurecimento).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, tendo duas espécies de parasitoides, *T. podisi* e *T. basalis,* e dez temperaturas (15, 18, 20, 22, 25, 28, 30, 32, 35 e 38ºC). Cada ovo parasitado foi considerado uma repetição, para o cálculo de viabilidade; e para o parâmetro "duração dos estágios imaturos", os adultos emergidos foram considerados como repetição.

3.2.4 Análise dos dados, estatística e ajustes de curva

Todas as análises foram feitas no programa RStudio (R CORE TEAM, 2014).

A normalidade para a duração dos estágios imaturos e para a viabilidade do parasitismo foi verificada com o teste Shapiro-Wilk. A duração dos estágios e a viabilidade do parasitismo foram comparadas entre as diferentes temperaturas pelo MLG (modelo linear generalizado), e comparações múltiplas por contrastes foram realizadas com o teste de Tukey ($P < 0,05$). A duração e a viabilidade foram comparadas entre as espécies, em cada temperatura, empregando o teste t e os módulos MLG, respectivamente, para avaliar a diferença entre as médias.

A determinação das exigências térmicas de *T. podisi* e *T. basalis* em ovos de *E. heros* foi realizada com base na duração dos estágios imaturos (período ovo-adulto). Para utilizar os resultados nos modelos linear e não-lineares, a duração média do desenvolvimento dos parasitoides, em cada temperatura, foi convertida em taxa de desenvolvimento, sendo:

$$Taxa\ de\ desenvolvimento = \frac{1}{\text{duração (dias)}}$$

Os resultados da taxa de desenvolvimento, com exceção da temperatura de 38ºC (na qual os valores foram 0), foram ajustados a um modelo regressivo linear (Tabela 1) através do método da hipérbole (HADDAD; PARRA; MORAES, 1999) obtendo-se estimativas para limiar térmico inferior (ou temperatura base – Tb) e

constante térmica (K). Os resultados também foram submetidos à análise com modelos não-lineares de desenvolvimento (SANDHU et al., 2010). Os modelos não lineares utilizados foram Brière-1 e Brière-2 (BRIÈRE et al., 1999) (Tabela 1) e estimaram o limiar térmico superior (Ts), a temperatura ótima de desenvolvimento (Topt) e o limiar térmico inferior (Tb).

Tabela 1 – Modelos de desenvolvimento (linear e não-lineares) e funções utilizadas para analisar a relação entre temperatura e desenvolvimento

Modelo → Equação	**Parâmetros estimados**			
	Tb	**Topt**	**Ts**	**K**
Linear → $K = D \times (T - Tb)$	X	-	-	X
Brière-1 → $a \times T \times (T - Tb) \times [\sqrt{(Tmáx - T)}$	X	X	X	-
Brière-2 → $a \times T \times (T - Tb) \times \left[(Tmáx - T)^{(1/d)}\right]$	X	X	X	-

K: constante térmica (graus dias); D: duração do ciclo (dias); Tb: limiar térmico inferior de desenvolvimento ou temperatura base (ºC); T, temperatura (ºC); a, d: constantes empíricas; Tmáx: limiar térmico superior de desenvolvimento (ºC).

3.3 Resultados e Discussão

O período de desenvolvimento de machos e fêmeas de *T. podisi* diminuiu com o aumento da temperatura, exceto a 35ºC, e *T. basalis* apresentou decréscimo no período de desenvolvimento à medida que a temperatura aumentou até os 35ºC. Quando os ovos permaneceram na temperatura constante de 38ºC não foi obtido nenhum adulto das duas espécies de parasitoides (Tabela 2). Normalmente, ao exceder a temperatura ideal (ótima) para o desenvolvimento, a duração do ciclo dos insetos passa por uma estabilização e volta a aumentar até a temperatura em que ocorrerá a mortalidade, ou seja, até que a temperatura máxima seja alcançada (aquela em que nenhum indivíduo se desenvolve) (LOGAN et al., 1976).

O tempo médio de desenvolvimento dos machos de *T. basalis* foi mais curto do que o das fêmeas em todas as temperaturas, o que não ocorreu com *T. podisi*, pois, dependendo da temperatura o macho alongava o período de desenvolvimento se comparado à fêmea. O período de desenvolvimento, comparando as duas espécies de parasitoides, só apresentou diferença significativa nas temperaturas de 18 e 28ºC para machos, e somente em 28ºC para fêmeas (Tabela 2).

Tabela 2 – Duração média (em dias) do período ovo-adulto (± erro padrão da média) de machos e fêmeas de *T. podisi* e *T. basalis*, criados em ovos de *E. heros*, em 10 temperaturas.[1]

Período de desenvolvimento ovo-adulto (dias)					
Telenomus podisi			***Trissolcus basalis***		
Temperatura (ºC)	♂	♀	**Temperatura (ºC)**	♂	♀
15	64**	63 ± 1,96 a	**15**	0*	55**
18	35 ± 0,45 aA	37 ± 0,25 bA	**18**	31 ± 0,43 aB	36 ± 1,07 aA
20	27 ± 0,22 aA	29 ± 0,16 bA	**20**	28 ± 0,69 aA	30 ± 0,84 aA
22	18 ± 0,11 bA	19 ± 0,11 cA	**22**	19 ± 0,37 bA	20 ± 0,44 bA
25	14 ± 0,07 bcA	14 ± 0,04 cdA	**25**	14 ± 0,23 bcA	16 ± 0,34 bcA
28	11 ± 0,09 cA	12 ± 0,10 dA	**28**	11 ± 0,19 cB	13 ± 0,19 cdB
30	10 ± 1,09 cA	11 ± 0,05 dA	**30**	10 ± 0,21 cA	12 ± 0,41 cdA
32	10 ± 0,11 cA	10 ± 0,06 dA	**32**	9 ± 0,11 cA	11 ± 0,22 dA
35	13**	11 ± 0,16 d	**35**	9 ± 0,23 c	10**
38	0*	0*	**38***	0*	0*

[1] Letras minúsculas correspondem a comparações nas colunas (entre as temperaturas estudadas) e letras maiúsculas nas linhas (comparando o mesmo sexo e temperatura entre as duas espécies). Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente à 5% de probabilidade. Os dados das colunas foram analisados pelo MLG, e comparações múltiplas por contrastes foram realizadas com o teste de Tukey (P < 0,05). Para as linhas, quando os dados apresentaram normalidade, foi feito o teste t.
* Nos períodos de desenvolvimento iguais a 0 (zero) não houve desenvolvimento de machos ou fêmeas..
** Dados não avaliados estatisticamente devido ao número insuficiente de repetições.

De acordo com o modelo linear utilizado (método da hipérbole), a temperatura base (Tb) de *T. podisi* foi 12,1 e 12,3ºC, e a constante térmica (K) foi 185,2 e 192,3 graus dias para machos e fêmeas, respectivamente (Figura 1A e 1B). Para machos e fêmeas de *T. basalis* a Tb foi 11,5 e 11,2ºC, e K foi 200,0 e 227,3 graus dias, respectivamente (Figura 1C e 1D). Machos e fêmeas de *T. podisi* apresentaram maior Tb em 0,6 e 1,1ºC do que os de *T. basalis*, respectivamente.

Os valores de constante térmica (K) indicam que *T. basalis* exige maior acúmulo térmico [graus dia (GD)] para o seu desenvolvimento do que *T. podisi*. Contudo, *T. basalis* apresenta um potencial de acúmulo térmico diário superior ao de *T. podisi*, pois esta segunda espécie tem maior temperatura base (Tb), essas caracaterísticas fazem com que não existam diferenças na duração do período ovo-adulto entre duas espécies, conforme observado. O percevejo *E. heros*, hospedeiro natural dos parasitoides estudados, apresenta temperatura base (Tb) de 14,2ºC, e constante térmica (K) do período ovo-adulto de 328 GD (CIVIDANES; PARRA, 1994). Considerando uma temperatura média de 25ºC pode-se dizer que a cada

geração do percevejo serão obtidas 2,06 gerações de *T. podisi* e 1,95 geração de *T. basalis*.

Os resultados da constante térmica para *T. podisi* diferenciam-se dos valores encontrados por Torres; Pratissoli; Zanuncio (1997) para a mesma espécie, sobre ovos de *Podisus nigrispinus* (Dallas, 1851) (Hemiptera: Pentatomidae), que foi de 177,6 e 205,3 graus dias para machos e fêmeas, respectivamente. Os mesmos autores observaram que para *Trissolcus brochymenae* (Ashmead, 1881) (Hymenoptera: Platygastridae) sobre o mesmo hospedeiro a constante térmica (K) foi 189,2 e 214,7 graus dias para machos e fêmeas, respectivamente. Apesar das variações existentes, pôde ser observado que as fêmeas requerem maior acúmulo térmico do que machos.

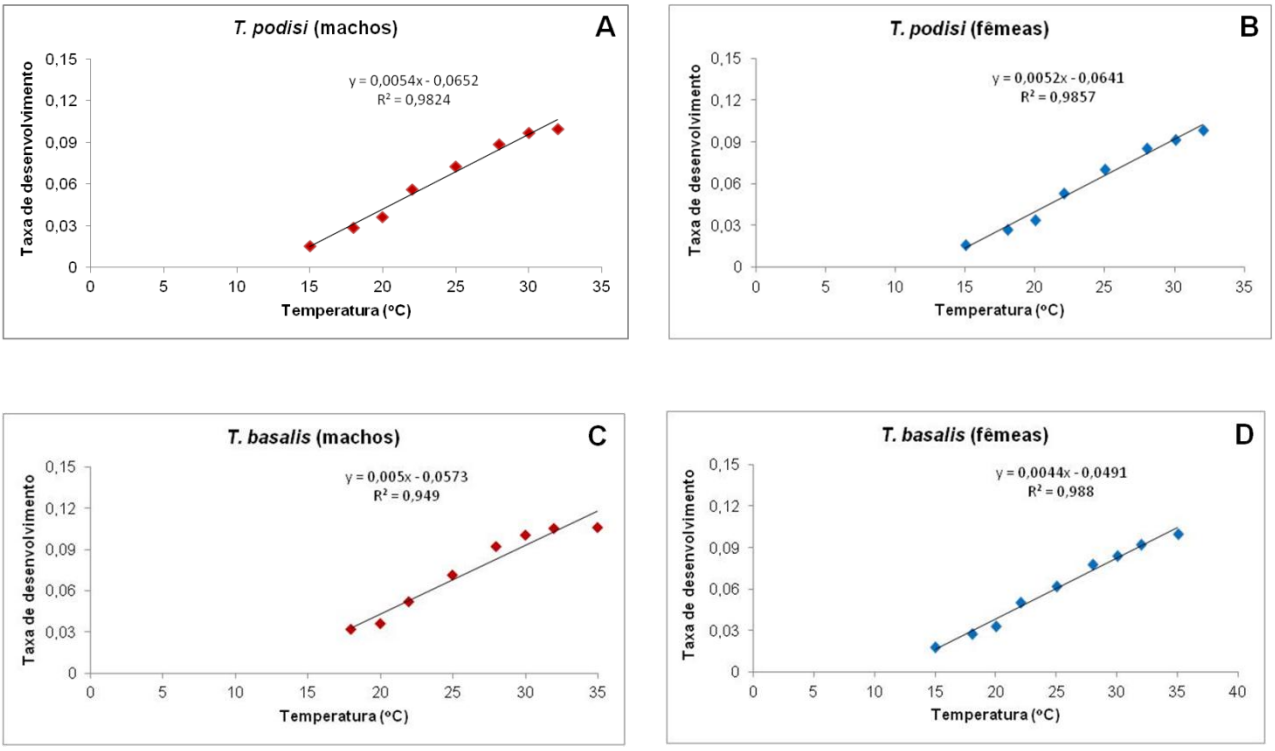

Figura 1 - Regressão linear da taxa de desenvolvimento (dias^{-1}) de machos e fêmeas de *T. podisi* e *T. basalis*, em 10 temperaturas constantes

Os dados do período de desenvolvimento verificados para *T. basalis* foram melhor ajustados pelo modelo linear devido à diminuição do período de desenvolvimento com o aumento da temperatura, dentro do intervalo térmico

estudado (Tabela 2). No entanto, este modelo não permite a obtenção das estimativas de Topt e Tmáx, portanto os modelos não-lineares de Brière-1 e -2 também foram aplicados na análise para machos e fêmeas de *T. basalis* para a obtenção destes parâmetros.

Como referido em Material e Métodos, a Tb foi também estimada por modelos não-lineares. Para machos de *T. podisi* foi obtida uma variação de 11,5 a 12,7ºC, e para as fêmeas foram observadas variações entre 11,3 e 12,2ºC, o que mostra uma confiabilidade para determinação da Tb, pois os valores obtidos pelo modelo linear para esta espécie ocorreram dentro no mesmo intervalo. A espécie *T. basalis* apresentou variações de 11,5 a 12,5ºC para machos, e de 9 a 9,5ºC para fêmeas, mostrando diferença entre os valores estimados para a Tb das fêmeas quando se utilizou modelo linear ou os modelos não-lineares (Tabela 3). Os valores de Tb permaneceram dentro do intervalo térmico esperado, abaixo de 15ºC, pois houve desenvolvimento das duas espécies estudadas nesta condição térmica.

As temperaturas ótimas de desenvolvimento (Topt) foram obtidas por meio dos modelos de Brière-1 e -2, com valores de 31,3ºC e 34,1ºC, para *T. podisi* e *T. basalis*, respectivamente. Para os limiares térmicos superiores (Tmáx) também foram verificados valores maiores para *T. basalis* em relação a *T. podisi* (Tabela 3) (Figuras 2 e 3).

O fato de *T. basalis* apresentar maiores valores de Topt e Tmáx pode ser um indicativo que esta espécie possui maior adaptação a condições de clima quente do que *T. podisi*. Contudo, as estimativas feitas com os modelos não-lineares (Brière-1 e -2) para *T. basalis* podem ter sido superestimadas devido esta espécie não ter se desenvolvido a 38ºC, além de não ter sido observado aumento no período ovo-adulto a 35ºC (Tabela 2). Estas sub- ou superestimativas obtidas pelos modelos não-lineares que relacionam taxa de desenvolvimento com temperatura são comuns na literatura (DAMOS; SAVOPOULOU-SOULTANI, 2008; SANDHU et al., 2010; GOLIZADEH; ZALUCKI, 2012), podendo demonstrar a necessidade de elaboração de modelos mais adaptados aos insetos de clima tropical.

Tabela 3 – Exigências térmicas de *T. podisi* e *T. basalis* estimadas com a utilização de modelos linear e não-lineares de desenvolvimento

Modelos não-lineares	**Parâmetros**	***Telenomus podisi***		***Trissolcus basalis***	
		♂	♀	♂	♀
Brière-1	x	$6{,}94\times10^{-5}$	$5{,}97\times10^{-5}$	$5{,}94\times10^{-5}$	$3{,}65\times10^{-5}$
	Tb (°C)	12,69	12,26	12,47	9,53
	Topt (°C)	31,26	32,31	33,66	36,66
	Tmáx (°C)	37,08	38,49	40,16	44,45
Brière-2	x	$9{,}73\times10^{-5}$	$8{,}88\times10^{-5}$	$9{,}00\times10^{-5}$	$5{,}34\times10^{-5}$
	d	3,022	3,021	2,981	2,631
	Tb (°C)	11,55	11,33	11,52	9,05
	Topt (°C)	31,08	30,76	31,74	34,39
	Tmáx (°C)	37,08	36,71	37,91	41,68
Linear	a	0,005	0,005	0,0749	0,004
	b	0,065	0,064	0,0058	0,049
	Tb (°C)	12,07	12,33	11,46	11,16
	K (GD)	185,18	192,31	200,00	227,27
	R^2	0,982	0,986	0,949	0,988

Telenomus podisi

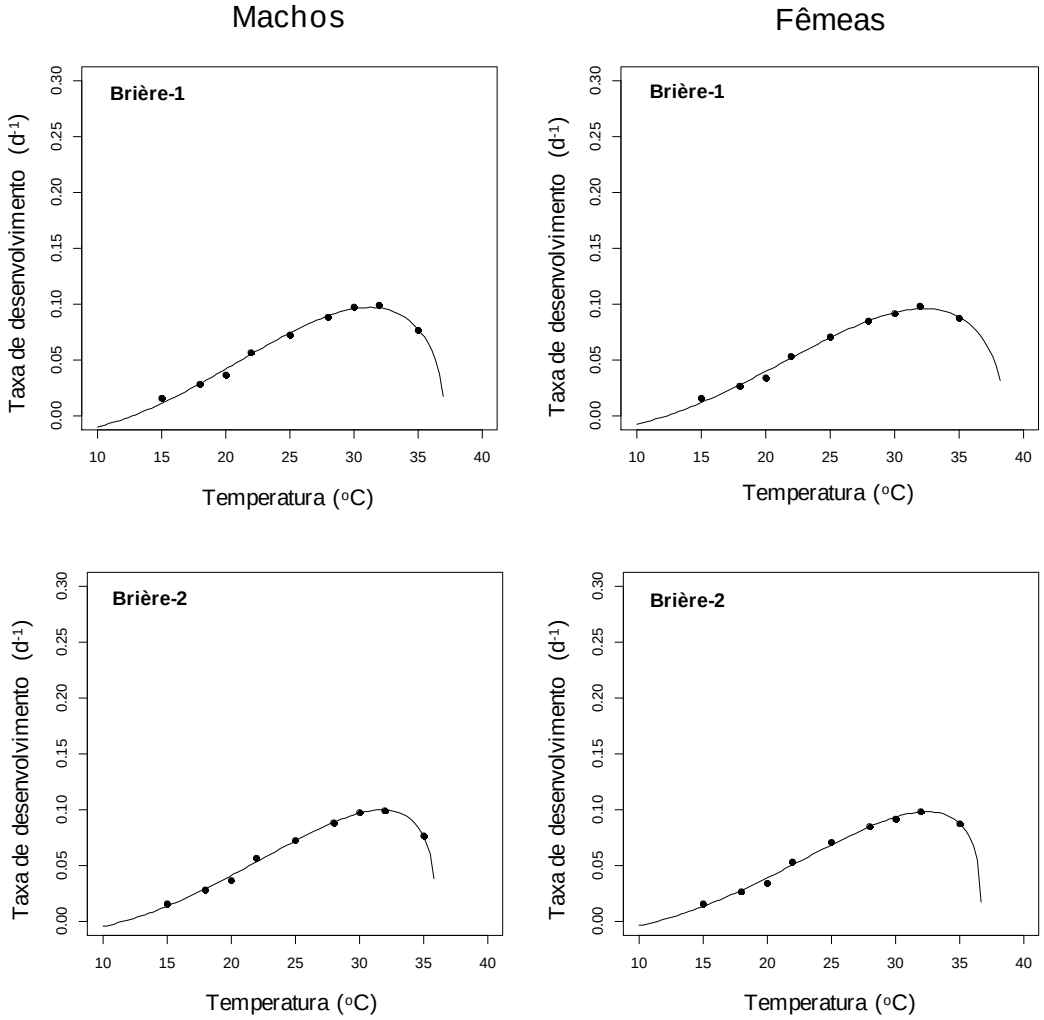

Figura 2 - Relação da taxa de desenvolvimento (dias^{-1}) e temperatura (ºC) descrita pelos modelos não-lineares (Brière-1 e -2), para machos e fêmeas de *T. podisi*

Trissolcus basalis

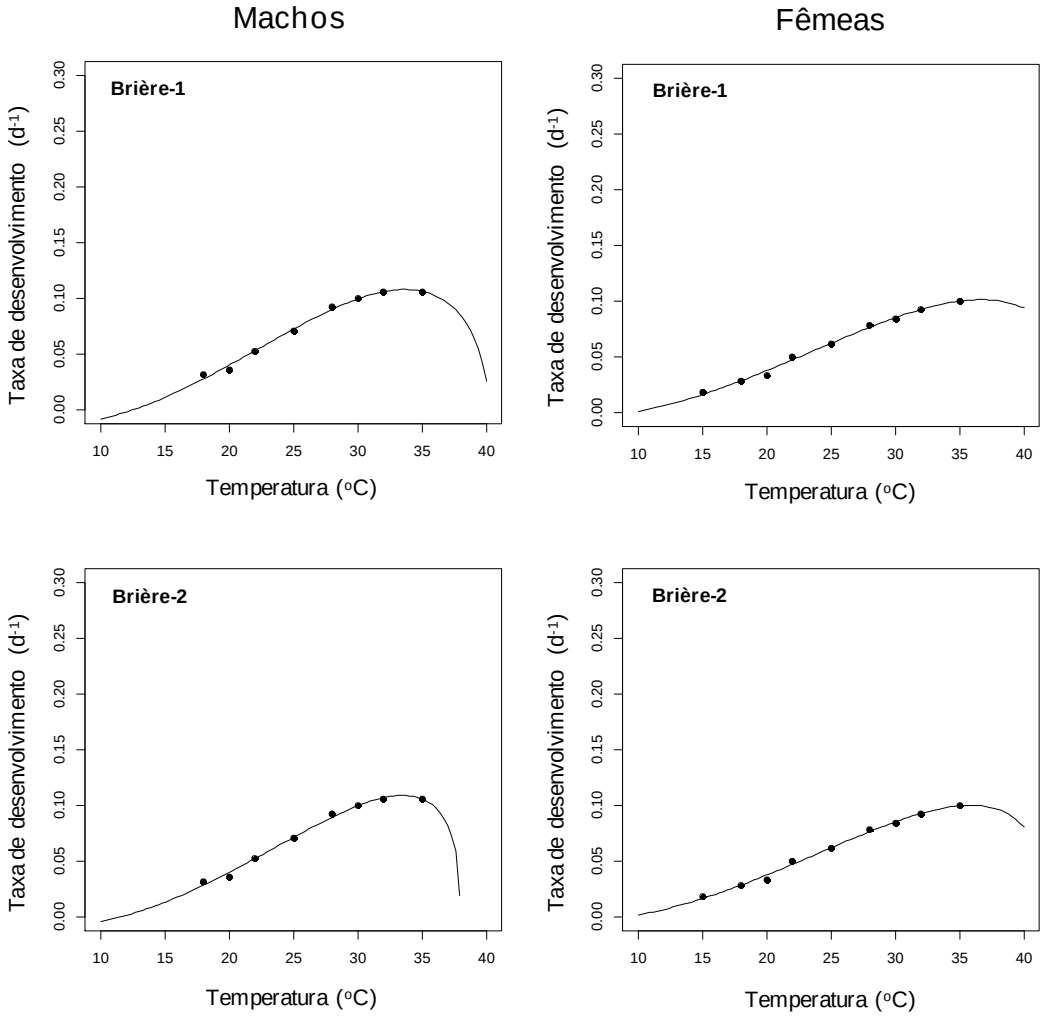

Figura 3 - Relação da taxa de desenvolvimento (dias^{-1}) e temperatura (ºC) descrita pelos modelos não-lineares (Brière-1 e -2), para machos e fêmeas de *T. basalis*

A outra variável avaliada para as duas espécies de parasitoides foi a viabilidade do parasitismo nas 10 temperaturas estudadas. Tanto para *T. podisi* quanto para *T. basalis* ocorreu um decréscimo da viabilidade no extremo térmico inferior estudado (15ºC) e na temperatura de 35ºC. Na faixa de temperatura de 22 a 32ºC, foram observadas as viabilidades mais altas para ambas as espécies de parasitoides. Pode-se observar também que, para a maioria das temperaturas (exceto 15ºC), *T. podisi* apresentou maior viabilidade do parasitismo quando comparado a *T. basalis* (Tabela 4). O resultado dado pela baixa viabilidade das duas espécies de parasitoides nas temperaturas extremas (15 e 35ºC), bem como

absoluta inviabilidade a 38ºC, pode ser explicado pela exposição aos valores extremos de temperaturas induzir danos letais ou sub-letais para parasitoides. Geralmente, em parasitoides, mesmo que ocorra emergência à 15ºC, alguns parâmetros como longevidade, fecundidade, mobilidade, capacidade de percepção dos voláteis atrativos, e aprendizagem são reduzidos e, também pode resultar na produção de maior número de machos na geração seguinte (HANCE et al., 2007).

Torres; Pratissoli; Zanuncio (1997) observaram a viabilidade de *T. podisi* criado em ovos de *P. nigrispinus*, em cinco temperaturas (17, 20, 25, 28, 32ºC), e relataram que *T. podisi* apresentou redução significativa nas temperaturas extremas de 17°C (44,3%) e de 32ºC (59,8%). A similaridade com o presente experimento é apenas a redução da viabilidade na temperatura mais baixa avaliada. Mesmo na temperatura de 18ºC, a viabilidade de *T. podisi* em ovos de *E. heros* a 18ºC foi de 80%. A viabilidade mais elevada de *T. podisi* na presente pesquisa deve-se, possivelmente, a diferença entre os hospedeiros utilizados (*P. nigrispinus* e *E. heros*).

Tabela 4 – Viabilidade do parasitismo (± erro padrão da média) de *T. podisi* e *T. basalis*, criados em ovos de *E. heros*, em 10 temperaturas. [1]

Viabilidade do parasitismo (%)		
Temperatura (ºC)	***Telenomus podisi* ± EPM**	***Trissolcus basalis* ± EPM**
15	5 ± 2 aA	3 ± 2 aA
18	80 ± 4 bA	28 ± 6 bB
20	80 ± 4 bA	37 ± 6 bB
22	84 ± 3 bcA	56 ± 9 cB
25	88 ± 5 bcA	65 ± 4 cB
28	89 ± 3 bcA	53 ± 6 cB
30	90 ± 4 bcA	55 ± 6 cB
32	93 ± 2 cA	59 ± 6 cB
35	17 ± 3 dA	9 ± 2 dB
38	0*	0*

[1] Letras minúsculas correspondem a comparações nas colunas (mesma espécie) e letras maiúsculas nas linhas (comparando as duas espécies). Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente a 5% de probabilidade. Os dados das colunas foram analisados pelo MLG, e comparações múltiplas por contrastes foram realizadas com o teste de Tukey (P<0,05). Para as linhas, as médias foram analisadas com o MLG.
* Tratamento excluído da análise de viabilidade, pois em todas as repetições o valor foi 0 (zero).

Com base nos resultados obtidos é possível utilizar a temperatura para programar a emergência dos dois parasitoides estudados (Tabela 4), desde que, para *T. podisi* e *T. basalis*, entre 22 e 32ºC há alteração do período de desenvolvimento sem alterar as respectivas viabilidades. Uma situação semelhante foi relatada para *Telenomus remus* criado em ovos de *Spodoptera frugiperda* em diferentes temperaturas, pois foi concluído que a temperatura poderia ser manipulada entre 20 e 31ºC em criações de laboratório sem perdas na viabilidade (BUENO et al., 2008).

Estes resultados são de grande importância visando a criação massal dos parasitoides estudados para programas de Controle Biológico de *E. heros*. Além disso, com os valores das exigências térmicas dos parasitoides *T. podisi* e *T. basalis* estimados neste estudo, é possível determinar os meses em que as espécies conseguiriam colonizar e aumentar a sua população, em determinada região onde houvesse interesse de controlar biologicamente *E. heros*, ou mesmo para utilização em sistemas de manejo integrado de pragas. Seria possível estimar quantas gerações seriam possíveis na região de interesse e também a viabilidade das espécies de acordo com a temperatura média da área.

3.4 Conclusão

O período de desenvolvimento ovo-adulto diminuiu com o aumento da temperatura até 32ºC, exceto para fêmeas de *T. basalis* que não estabilizou a sua taxa de desenvolvimento. A viabilidade do parasitismo dos dois inimigos naturais estudados foi menor em temperaturas extremas. A Tb de *T. podisi* foi 12ºC, Topt variou de 31-32ºC, e Tmáx situou-se no intervalo entre 37-38ºC. *T. basalis* apresentou Tb de 11ºC, Topt variando entre 32-37ºC, e Tmáx próxima a 38ºC.

Referências

BRIERE, J.F.; PRACROS, P.; LE ROUX, A.Y.; PIERRE, J.S. A novel rate model of temperature-dependent development for arthropods. **Environmental Entomology**, Lanham, v. 28, n. 1, p. 22-29, 1999.

BUENO, R.C.O.F.; CARNEIRO, T.R.; PRATISSOLLI, D.; BUENO, A.R.; FERNANDES, O.A. Biology and thermal requirements of *Telenomus remus* reared on fall armyworm *Spodoptera frugiperda* eggs. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, p. 1-6, 2008.

CANTO-SILVA, C.R.; ROMANOWSKI, H.P.; REDAELLI, L.R. Effect of temperature on the development and viability of *Gryon gallardoi* (Brethes) (Hymenoptera: Scelionidae) parasitizing *Spartocera dentiventris* (Berg) (Hemiptera: Coreidae) eggs. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 65, p. 78–83, 2005.

CASTELO BRANCO, M.; FRANÇA, H.F; PONTES, A.L.; PABLO, S.T.A. Avaliação da suscetibilidade a inseticidas de populações da traça-das-crucíferas de algumas áreas do Brasil. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, p. 549-552, 2003.

CIVIDANES F.J.; PARRA, J.R.P. Biologia em diferentes temperaturas e exigências térmicas de percevejos pragas da soja. II *Euschistus heros* (Fabr.) (Heteroptera: Pentatomidae). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, p. 1841-1846, 1994.

CIVIDANES F.J.; FIGUEIREDO J.G.; CARVALHO, D.R. Prediction of the emergence of *Trissolcus brochymenae* (Ashmead) and *Telenomus podisi* Ashmead (Hym: Scelionidae) in the field. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 55, p. 43-47, 1998.

CLARKE, A.R.; WALTER, G.H. “Strains” and the classical biological control of insects pests. **Canadian Journal of Zoology**, Ottawa, v. 73, p. 1777-1790, 1995.

COLAZZA, S.; FUCARINO, A.; PERI, E.; SALERNO, G.; CONTI, E.; BIN, F. Insect oviposition induces volatile emission in herbaceous plants that attracts egg parasitoids. **The Journal of Experimental Biology**, Cambridge, v. 207, p. 47-53, 2004.

CORRÊA-FERREIRA, B.S. *Trissolcus basalis* para o controle de percevejos da soja. In: PARRA, J.R.P.; BOTELHO, P.S.M.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; BENTO, J.M.S (Ed.). **Controle Biológico no Brasil**: parasitoides e predadores. São Paulo: Manole, 2002. p. 449-476.

CORRÊA-FERREIRA, B.S.; ZAMATARO, C.E.O. Capacidade reprodutiva e longevidade dos parasitoides de ovos *Trissolcus basalis* (Wollaston) e *Trissolcus mitsukurii* Ashmead (Hymenoptera: Scelionidae). **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 49, p. 621-626, 1989.

CORRÊA-FERREIRA, B.S.; MOSCARDI, F. Biological controlo f soybean stink bugs by inoculative releases of *Trissolcus basalis*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 79, p. 1-7, 1996.

DAMOS, P.T.; SAVOPOULOU-SOULTANI, M. Temperature-dependent bionomics and modeling of *Anarsia lineatella* (Lepidoptera: Gelechiidae) in the laboratory. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 101, p. 1557-1567, 2008.

EHLER, L.E. An evaluation of some natural enemies of *Nezara viridula* in northern California. **Biocontrol**, Dordrecht, v. 47, p. 309-325, 2002.

FRAZER, B.D.; MCGREGOR, R.R. Temperature-dependent survival and hatching rate of eggs of seven species of Coccinellidae. **Canadian Entomologist**, Ottawa, v. 124, p. 305-312, 1992.

GOLIZADEH, A.; ZALUCKI, M.P. Estimating temperature-dependent developmental rates of potato tuberworm, *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae). **Insect Science**, Xangai, v. 19, p. 609-620, 2012.

HADDAD, M.L.; PARRA, J.R.P. **Métodos para estimar os limites térmicos e a faixa ótima de desenvolvimento das diferentes fases do ciclo dos insetos.** Piracicaba: FEALQ, 1989. 12p

HADDAD, M.L.; PARRA, J.R.P.; MORAES, R.C.B. **Métodos para estimar os limites térmicos inferior e superior de desenvolvimento dos insetos.** Piracicaba: FEALQ, 1999. 29p.

HANCE, T.; JOAN VAN BAAREN, J.; VERNON, P.; BOIVIN, G. Impact of extreme eemperatures on parasitoids in a climate change Perspective. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 52, p. 107-126, 2007.

IRANIPOUR, S.; NOZADBONAB, Z.; MICHAUD, J.P. Thermal requirements of *Trissolcus grandis* (Hymenoptera: Scelionidae), an egg parasitoid of sunn pest. **European Journal of Entomology**, Branisovska, v. 107, p. 47-53, 2010.

KIVAN M.; KILIC N. A comparison of the development time of *Trissolcus rufiventris* (Mayr) and *Trissolcus simony* Mayr (Hym.: Scelionidae) at three constant temperatures. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, Ankara, v. 30, p. 383-386, 2006.

LOGAN, J.A.; WOLLKIND, D.J.; HOYT, S.C.; TANIGOSHI, L.K. An analytic model for description of temperature dependent rate phenomena in Arthropods. **Environmental Entomology**, Lanham, v. 5, p. 1133-1140, 1976.

MENDOZA, A. C. **Desenvolvimento de dietas artificiais liofilizadas para *Euschistus heros* (Fabricius, 1798), com vistas à produção de *Telenomus podisi* (Ashmead, 1893) e *Trissolcus basalis* (Wollaston, 1858).** 2012. 101p. Tese (Doutorado em Entomologia) – Escola Superior de Agronomia “Luiz de Queiróz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

MILLER, J.C. Temperature dependent development of the convergent lady beetle (Coleoptera: Coccinellidae). **Environmental Entomology**, Lanham, v. 21, n. 1, p. 61-63, 1992.

ORR, O.B.; DOETHEL, D.J.; JONES, W.A. Development and emergence of *Telenomus chloropus* and *Trissolcus basalis* (Hymenoptera: Scelionidae) at various temperatures and relative humidities. **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v. 78, p. 615-619, 1985.

PANIZZI, A.R. Growing problems with stink bugs (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae): species invasive to the U.S. and potential neotropical invaders. **American Entomologist**, Lanham, v. 61, p. 223-233, 2015.

PANIZZI, A.R.; F. SLANSKY JR., F. Review of phytophagous pentatomids (Hemiptera: Pentatomidae) associated with soybean in the Americas. **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 68, p. 184-214, 1985.

PANIZZI, A.R.; MCPHERSON, J.E.; JAMES, D.G.; JAVAHERY, M.; MCPHERSON, R.M. Stink Bugs (Pentatomidae). In: SCHAEFER, C.W.; PANIZZI, A.R. (Ed.). **Heteroptera of Economic Importance.** Florida: CRC Press LLC, 2000. p. 421-474.

PARRA, J.R.P.; BOTELHO, P.S.M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; BENTO, J.M.S. **Controle Biológico no Brasil**: parasitoides e predadores. São Paulo: Manole, 2002. 635p.

POWELL, J.E.; SHEPARD, M. Biology of Australian and United States strains of *Trissolcus basalis*, a parasitoid of the green vegetable bug, *Nezara viridula*. **Australian Journal of Ecology**, Carlton, v. 7, p. 181-186, 1982.

R CORE TEAM. **R**: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2014. Disponível em: <http://www.R-project.org/. Acesso em: 30 jan. 2015.

SANDHU, H.S.; NUESSLY, G.S.; WEBB, S.E.; CHERRY, R.H.; GILBERT, R.A. Temperature-dependent development of *Elasmopalpus lignosellus* (Lepidoptera: Pyralidae) on sugarcane under laboratory conditions. **Environmental Entomology**, Lanham, v. 39, p. 1012-1020, 2010.

TORRES, J.B.; PRATISSOLI, D.; ZANUNCIO, J.C. Exigências térmicas e potencial de desenvolvimento dos parasitoides *Telenomus podisi* Ashmead e *Trissolcus brochymenae* (Ashmead) em ovos de percevejo predador *Podisus nigrispinus* (Dallas). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 26, p. 445-454, 1997.

TORRES J.B.; MUSOLIN D.L.; ZANUNCIO J.C. Thermal requirements and parasitism capacity of *Trissolcus brochymenae* (Ashmead) (Hym: Scelionidae) under constant and fluctuating temperatures, and assessment of development in field conditions. **Biocontrol Science and Technology**, London, v. 12, n. 5 p. 583-593, 2002.

4 LIBERAÇÃO DE *Telenomus podisi* E *Trissolcus basalis* (HYMENOPTERA: PLATYGASTRIDAE) POR OVO DE *Euschistus heros* (HEMIPTERA: PENTATOMIDAE).

Resumo

Neste estudo foi determinado o número ideal de espécimes de *Telenomus podisi* Ashmead, 1881 e *Trissolcus basalis* Wollaston, 1858 a ser liberado por ovo de *Euschistus heros* (Fabricius, 1798), e avaliado, em condições de laboratório, se a idade do ovo do hospedeiro influencia no parasitismo pelos inimigos naturais. Plantas de soja foram infestadas com fêmeas de *E. heros* para permitir a postura pelos insetos hospedeiros e posterior liberação dos parasitoides, obedecendo diferentes proporções de parasitoides por hospedeiro. O parasitismo também foi investigado em ovos de *E.* heros com diferentes idades. A eficiência do parasitismo pelas duas espécies se deu nas densidades mais altas de fêmeas por ovo de *E. heros*. Os resultados obtidos com diferentes idades dos ovos de *E. heros* mostraram que viabilidade e razão sexual de *T. basalis* não foram influenciadas pela idade do ovo, mas *T. podisi* apresentou diferenças entre os tratamentos no parasitismo, sendo maior em ovos com 15, 87 e 111h de idade. Independente da idade do ovo do hospedeiro, houve aceitação pelos parasitoides.

Palavras-chave: Controle biológico; Seleção do hospedeiro; Parasitoides de ovos; Razão sexual

Abstract

It was determined the suitable number of *Telenomus podisi* Ashmead, 1881 and *Trissolcus basalis* Wollaston, 1858 to be released per *Euschistus heros* (Fabricius, 1798) egg. The study also evaluated in laboratory the effect of host egg age on the parasitism. Soybean plants were infested with *E. heros* females to allow oviposition and subsequent release of parasitoids, following different densities of parasitoids *per* host egg. The parasitism was also evaluated in *E. heros* eggs with different ages. The parasitism efficiency of the two species occurred in higher densities of females *per E. heros* eggs. The results obtained with different ages of *E. heros* eggs showed that viability and sex ratio of *T. basalis* were not influenced by the host egg age, but *T. podisi* exhibited higher parasitism in eggs with 15, 87 and 111h.

Keywords: Biological control; Host selection; Egg parasitoids; Sexual ratio

4.1 Introdução

No Brasil, os principais danos econômicos na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) tem sido causados por insetos desfolhadores e pelo complexo de percevejos. O percevejo-marrom *E. heros* está entre os insetos que causam maiores prejuízos a esta cultura, principalmente nas regiões de clima quente (GODOY et al., 2010). Tem sido feitas aplicações de inseticidas nas áreas produtoras para o controle deste pentatomídeo, incluindo aplicação preventiva (BUENO et al., 2013). No entanto, sabe-se que devido às práticas inadequadas de manejo, incluindo uso abusivo de agrotóxicos, tem ocorrido populações elevadas e desequilibradas de *E. heros* na cultura da soja (CORRÊA-FERREIRA et al., 2010 *apud* PANIZZI; BUENO; SILVA, 2012). A utilização de parasitoides como inimigos naturais do percevejo aparece como alternativa para minimizar o uso de agrotóxicos. As espécies *T. podisi* e *T. basalis* tem mostrado potencial como agentes controladores de percevejos da soja (CORRÊA-FERREIRA; MOSCARDI, 1995; BUENO et al., 2012).

Um dos fatores importantes para o controle efetivo de qualquer praga é a investigação da dinâmica populacional de ovos de hospedeiros, associada à atuação de parasitoides. Antes de qualquer liberação em campo, a estimativa do número adequado de espécimes a ser liberado sobre o hospedeiro deve ser levada em consideração (TRISSI et al., 2006), tendo em vista que um dos principais fatores que podem causar a ineficiência do parasitismo é o superparasitismo, o que pode ocorrer caso seja liberado número excessivo de inimigos naturais por ovo de hospedeiro (MARTEL; BOIVIN, 2004; REAY-JONES et al., 2006; BUENO; PARRA; BUENO, 2012).

Além disso, o comportamento de seleção e aceitação do hospedeiro pode influenciar a especificidade do parasitoide. Geralmente, o comportamento está relacionado com o valor nutricional do hospedeiro, seus mecanismos de defesa e seu modo de vida (VINSON, 1976; VINSON; IWANTSCH, 1980). O tamanho e a idade do ovo e/ou massa de ovos têm influência no valor nutricional, e podem ser considerados como os principais critérios na aceitação do hospedeiro. O aumento da idade do hospedeiro pode causar efeitos negativos sobre o parasitismo e alguns estudos afirmam que pode alterar a razão sexual de algumas espécies de inimigos naturais (VINSON, 1998; KING, 2002; BRODEUR; BOIVIN, 2004). Com isso, é fundamental determinar a idade adequada para exploração do hospedeiro pelos

parasitoides, principalmente quando são consideradas espécies distintas de agentes de controle atuando sobre o hospedeiro em idades diferentes e, consequentemente, provocando alterações nas táticas de liberações dos mesmos.

No presente estudo, objetivou-se determinar o número ideal de *T. podisi* e *T. basalis* a ser liberado por ovo de *E. heros* e avaliar, em condições de laboratório, se a idade do ovo do hospedeiro influencia o parasitismo.

4.2 Material e métodos

4.2.1 Criação de *E. heros*

A criação de *E. heros* foi realizada em sala climatizada a 25º ± 2ºC, com 14 horas de fotofase e U.R. de 60 ± 10%. Casais de *E. heros* foram mantidos em gaiolas teladas de 24 x 24 x 10 cm. Na parte superior das gaiolas, foram colocadas tiras de tecido de algodão (30 x 25 cm) que serviram como substrato de postura. A parte inferior foi recoberta com papel toalha, onde foram colocadas placas de Petri contendo dieta natural (sementes de amendoim) e rolo dental umedecido, além de vagens de feijão. A dieta era trocada a cada 7 dias. Para continuidade da criação, semanalmente, parte dos ovos coletados eram colocados em placas de Petri contendo rolo dental umedecido, onde ocorria o desenvolvimento das ninfas. Ao passarem para segundo instar, as ninfas eram levadas para potes plásticos 19 x 19 x 7 cm, contendo dieta natural que era oferecida aos adultos. A cada 7 dias a dieta era trocada, até a emergência dos adultos e 10 dias após o início da emergência, os adultos eram transferidos para as gaiolas de criação descritas anteriormente (MENDOZA, 2012).

4.2.2 Criação de *T. podisi* e *T. basalis*

Os adultos de *T. podisi* e *T. basalis* foram mantidos separados em sacos de polietileno e receberam gotículas de mel puro para alimentação. Posturas recentes de *E. heros* foram obtidas da criação mantida em laboratório (item 3.2.1) e divididas

em duas placas de Petri e submetidas ao parasitismo por 24 h. As placas contendo os ovos parasitados eram mantidas em câmara climatizada (25 ± 2ºC, 14 horas de fotofase e U.R. de 70 ± 10%) até a emergência dos parasitoides, momento em que os adultos eram liberados nos sacos de polietileno para iniciar um novo ciclo.

4.2.3 Liberação de diferentes proporções de *T. podisi* e *T. basalis*

Sementes de soja (Anta 82 RR) foram semeadas em uma área de 20x20m durante seis semanas. À medida que as plantas atingiam a fase inicial de desenvolvimento das vagens (estádio fenológico R3 cultura da soja), eram infestadas com fêmeas de *E. heros*. Gaiolas circulares de voal foram amarradas em folhas da planta de soja contendo as fêmeas do percevejo (Figura 1.A). As gaiolas foram deixadas em campo por 48h, permitindo a adaptação das fêmeas ao ambiente bem como a deposição dos ovos nas folhas.

Após 48h, foi verificada a presença de posturas nas folhas e foi feita a padronização do número de ovos. Foram utilizados cinco ovos do hospedeiro por planta, considerando que o percevejo-marrom normalmente faz posturas com 5-8 ovos (VILLAS-BÔAS; PANIZZI, 1980; PANIZZI; BUENO; SILVA, 2012). Em seguida, as plantas com postura foram recobertas por uma armação de arame (60 x 30 x 30 cm) e revestida com voal (Figura 1.B), sendo realizadas liberações separadas de *T. podisi* e *T. basalis* em números variáveis, obedecendo à proporção de 0,2; 0,4; 0,8; 1,6; e 3,2 fêmeas dos parasitoides por ovos de *E. heros*, o que corresponde a 1, 2, 4 ,8 e 16 fêmeas para cada cinco ovos de *E. heros*, respectivamente.

As liberações foram feitas pela manhã utilizando-se fêmeas dos parasitoides estudados com dois dias de vida, previamente acasaladas e alimentadas com mel. Após as liberações, o parasitismo foi permitido por 24 horas. Posteriormente, os ovos foram coletados e levados ao laboratório para avaliação da porcentagem de parasitismo, a qual é determinada pela contagem do número de ovos parasitados, observado pelo seu escurecimento.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em blocos com esquema fatorial (2x5) entre as espécies de parasitoides (*T. podisi* e *T. basalis*) e as proporções de parasitoides (5). Foram realizadas cinco repetições para cada tratamento (proporção).

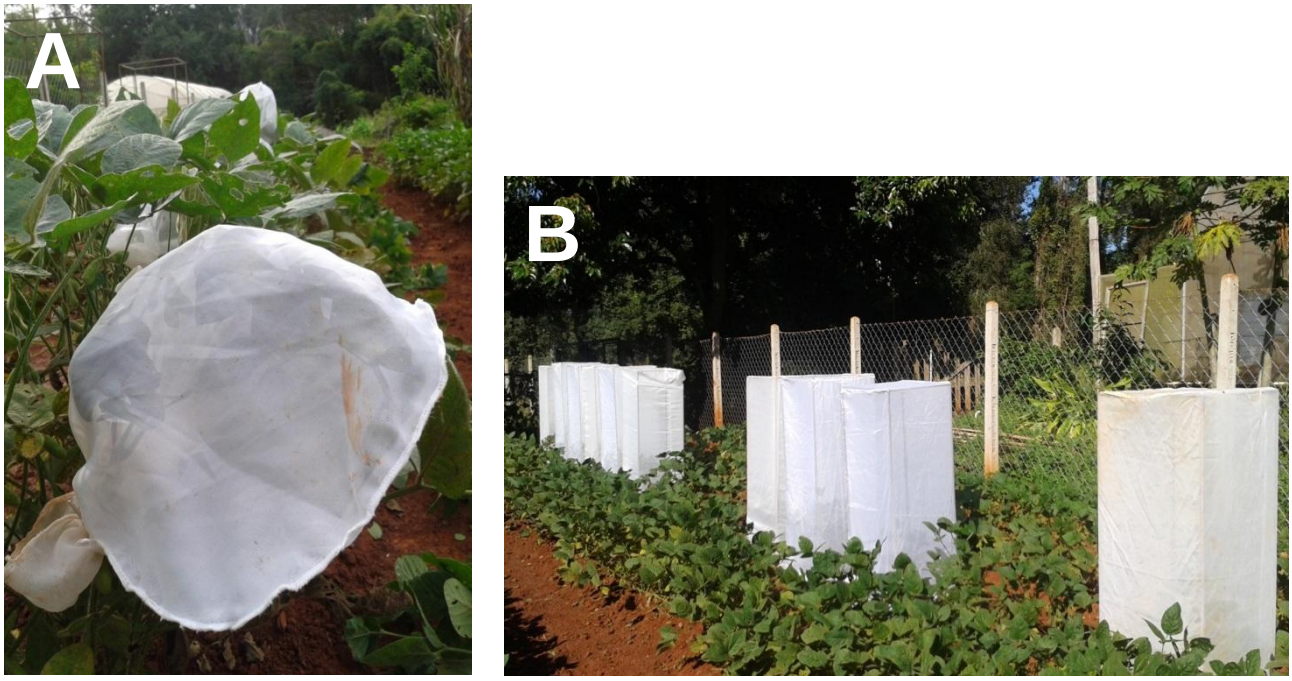

Figura 1 - Pequenas gaiolas circulares de voal, amarradas as folhas de soja, e contendo as fêmeas de *E. heros* (**A**); gaiolas (60x30x30cm) revestindo as plantas onde foram encontradas posturas de *E. heros* e onde as proporções dos parasitoides foram liberadas (**B**)

4.2.4 Influência da idade dos ovos *E. heros* sobre *T. podisi* e *T. basalis*

Ovos de *E. heros* com 12h foram coletados diariamente no mesmo horário, etiquetados, dispostos em placas de Petri e em seguida armazenados em câmara climatizada (25±1ºC, UR=60±10% e fotofase de 14h). Estas posturas foram agrupadas em conjuntos de 20 ovos.

Quando os ovos armazenados atingiram 15, 39, 63, 87 e 111 h após a coleta foram oferecidos para as fêmeas de *T. podisi* e *T. basalis*, previamente acasaladas e individualizadas em tubos de vidro (8,0 x 2,5 cm) contendo no seu interior uma gotícula de mel para alimentação. As idades dos ovos de percevejo foram escolhidas com base no desenvolvimento do pentatomídeo a 25ºC e de acordo com o horário predominante de oviposição (COSTA; BORGES; VILELA, 1998; PANIZZI; BUENO; SILVA, 2012), além de ter sido levando em conta o estudo da viabilidade do parasitismo até o máximo de desenvolvimento do embrião do inseto-praga que fosse possível.

Foram oferecidos 20 ovos do percevejo por fêmea do parasitoide por 12h em câmara climatizada (25±1ºC, UR=60±10% e fotofase). Em seguida, as fêmeas foram mortas e os tubos contendo os ovos permaneceram nas câmaras climatizadas até a emergência dos parasitoides.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 30 e 25 repetições para as espécies *T. podisi* e *T. basalis*, respectivamente. Cada fêmea dos parasitoides foi considerada uma repetição. Foram avaliados os seguintes parâmetros: número de ovos parasitados, número de parasitoides emergidos e razão sexual.

4.2.5 Análise dos dados

Para estudar a relação proporção de parasitoides liberados e parasitismo foram realizadas análises de regressão para verificar qual modelo apresentava melhor ajuste.

Todos os parâmetros avaliados no experimento de influência da idade dos ovos de *E. heros* sobre os parasitoides foram analisados com o teste Shapiro Wilk para verificar a normalidade (CRAWLEY, 2007. Para os casos em que se constatou desvio da normalidade o modelo linear generalizado (MLG), foi empregado para acessar as distribuições de Poisson e Quasibinomial, regularmente utilizadas para investigar parasitismo, e viabilidade e razão sexual, respectivamente. Testes comparativos com os diferentes tratamentos foram realizados com um nível de significância de 5%. Todas as análises foram feitas no programa RStudio (R CORE TEAM, 2014).

4.3 Resultados e Discussão

Ao liberar as proporções 0,2 e 0,4 fêmeas/ovo, e 0,2; 0,4 e 0,8 fêmeas/ovo, de *T. podisi* e *T. basalis*, respectivamente, notou-se não ocorrer o parasitismo de ovos de *E. heros* na cultura da soja. Nas densidades mais altas, ambas as espécies foram eficientes, ou seja, a partir de 0,8 fêmeas de *T. podisi*/ovo e 1,6 fêmeas de *T.*

basalis/ovo, foi observado parasitismo total (Figuras 2 e 3). A relação entre proporção de parasitoides liberados e número de ovos parasitados foi melhor ajustada com a regressão polinomial quadrática, tanta para *T. podisi* ($y=-1,4706+7,1711x-1,6208x^2$) quanto para *T. basalis* ($y=-1,7647+4,9494x-0,8697x^2$) (Figuras 2 e 3).

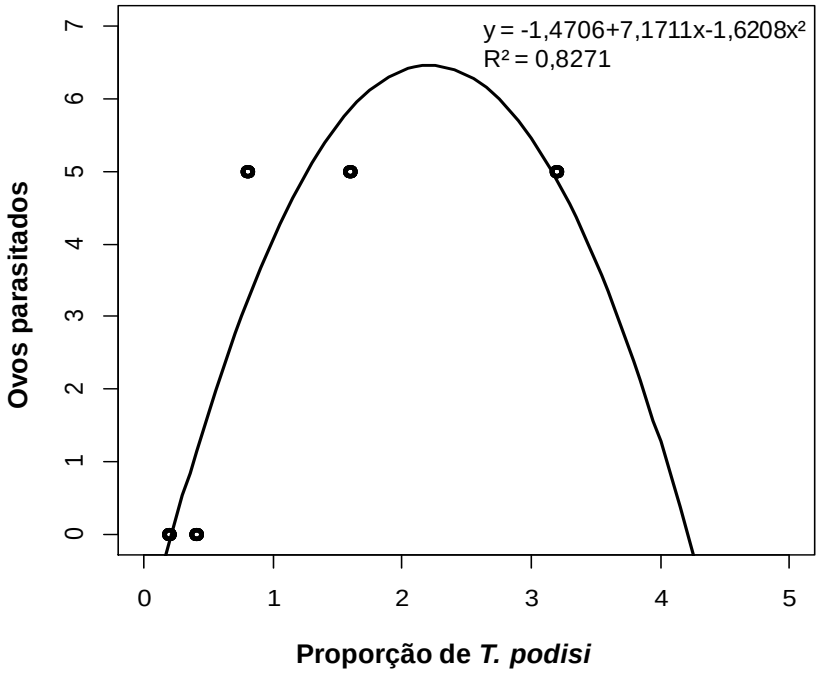

Figura 2 - Ovos de *E. heros* parasitados após a liberação de diferentes proporções de *T. podisi*

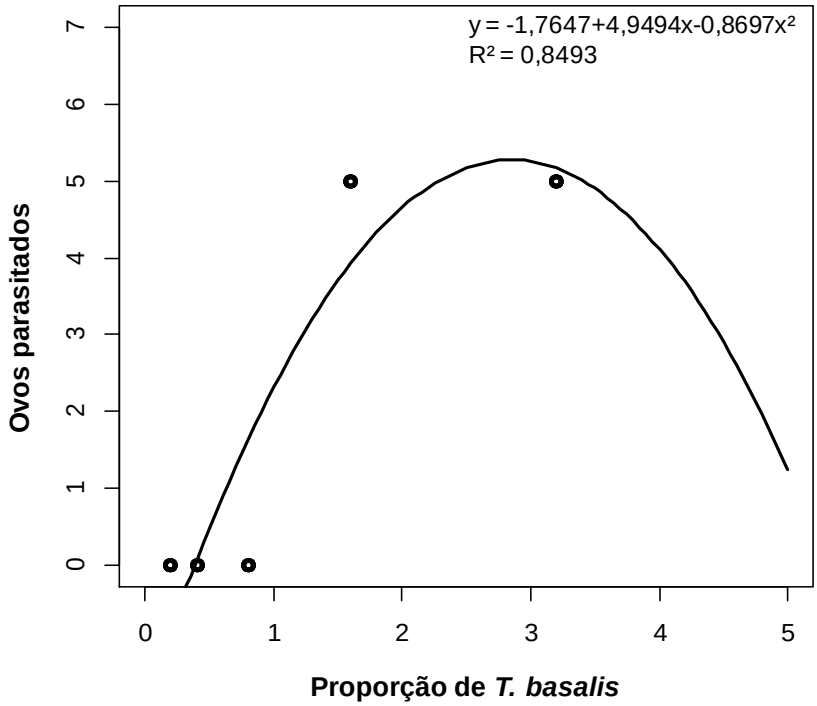

Figura 3. - Ovos de *E. heros* parasitados após a liberação de diferentes proporções de *T. basalis*.

Há estudos com parasitoides de ovos relatando as proporções que devem ser liberadas. Em cana-de-açúcar foi estimada a proporção de 1,6 fêmeas de *Trichogramma galloi* Zucchi, 1988 para o controle de *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (LOPES, 1988). Para a cultura da soja foi encontrada uma razão de 5,3 fêmeas de *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 por ovo de *Anticarsia gemmatalis* Hübner, 1818 (ZACHRISSON, 1997). No entanto, são poucos os estudos direcionados para determinar o número de parasitoides a serem liberados. Os estudos disponíveis normalmente foram feitos utilizando-se métodos de infestação que não levam em consideração a interação planta-praga e seus efeitos na capacidade de busca do parasitoide pelo hospedeiro (GEREMIAS; PARRA, 2014). No presente trabalho está sendo levada em consideração a infestação disponibilizando fêmeas de *E. heros* para posturas na própria planta, o que possibilita que os parasitoides utilizem sinais químicos emitidos pela interação praga-planta hospedeira (COLAZZA et al., 2004).

T. podisi apresentou parasitismo total com proporção de fêmeas inferior a de *T. basalis*, indicando que a espécie pode ser mais eficiente no controle de *E. heros*. No entanto, são necessários estudos no que diz respeito à dispersão destes

parasitoides em campo para comprovar esta eficiência, considerando também a dinâmica populacional da praga-alvo e a fenologia da planta.

O outro experimento realizado neste estudo mostrou que o parasitismo, a viabilidade e a razão sexual de *T. basalis* não foram influenciados pela idade do ovo, mas *T. podisi* apresentou diferenças entre os tratamentos no parasitismo. É possível que o parasitismo médio dos tratamentos 39 e 63h tenha sido inferior devido às fêmeas de *T. podisi* selecionadas para parasitar os ovos com tais idades terem tido qualidade inferior as utilizadas nas demais idades (Tabela 1).

Quando foi feita comparação entre espécies, o número de ovos parasitados por *T. basalis* foi estatisticamente diferente dos parasitados por *T. podisi* nos tratamentos 15, 39 e 63h, tendo esta segunda espécie parasitado menor número de ovos. A viabilidade dos parasitoides também diferiu estatisticamente, podendo ser observado que a viabilidade de *T. podisi* foi sempre maior, independente da idade do ovo do hospedeiro. Com os valores observados para razão sexual, não houve diferença entre os inimigos naturais estudados. Nota-se que fêmeas de *T. basalis* originaram uma quantidade ligeiramente maior de fêmeas, comparando com *T. podisi*. À medida que a idade do ovo de *E. heros* aumenta, o valor da razão sexual de *T. basalis* tendeu a diminuir, o que não ocorreu com *T. podisi* (Tabela 1).

Tabela 1 - Parasitismo, viabilidade e razão sexual de *T. basalis* e *T. podisi* sobre ovos com cinco idades, de *E. heros*

Idade dos ovos (h)	**Número de ovos parasitados**		**Viabilidade (%)**		**Razão sexual**	
	T. basalis	***T. podisi***	***T. basalis***	***T. podisi***	***T. basalis***	***T. podisi***
15	13 ± 1,70 aA	10 ± 0,86 abB	49 ± 7 aA	73 ± 6 aB	0,64 ± 0,09 aA	0,52 ± 0,07 aA
39	13 ± 1,65 aA	8 ± 1,10 bB	50 ± 7 aA	63 ± 7 aB	0,62 ± 0,09 aA	0,44 ± 0,07 aA
63	12 ± 1,62 aA	9 ± 0,95 bcB	53 ± 8 aA	63 ± 6 aB	0,60 ± 0,08 aA	0,45 ± 0,07 aA
87	12 ± 1,52 aA	11 ± 1,07 aA	54 ± 8 aA	64 ± 6 aB	0,57 ± 0,09 aA	0,47 ± 0,07 aA
111	12 ± 1,78 aA	11 ± 1,04 acA	52 ± 8 aA	68 ± 6 aB	0,52 ± 0,09 aA	0,49 ± 0,07 aA

[1] Médias seguidas da mesma letra minúscula, nas colunas, e maiúscula, nas linhas (considerando a comparação entre as espécies para cada parâmetro) não diferem significativamente pelo teste de Tukey (contrastes) e pelo GLM, respectivamente, a 5%.

Bin et al. (1993) demonstraram que ovos de *Nezara viridula* (Linnaeus, 1758) com 24h de idade foram menos eficazes em provocar comportamento de oviposição de *T. basalis* em comparação com os ovos recém ovipositados, e a resposta do

parasitoide diminuiu com a idade dos ovos. No presente estudo, o parasitismo dos dois inimigos naturais não foi influenciado pela idade do hospedeiro.

Em estudo feito com fêmeas de *Trissolcus megallocephalus* (Ashmead), o parasitismo sobre ovos de *N. viridula* ocorreu em todo o estágio de desenvolvimento antes da eclosão. Neste caso, a taxa de parasitismo e o número de parasitoides emergidos foram relativamente altas, exceto para ovos do hospedeiro com mais de 3 dias de idade (AWADALLA, 1996). Hernandez; Díaz (1996) avaliaram o efeito da idade (9, 33, 40 e 57 horas) dos ovos de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) sobre o parasitismo de *Telenomus remus* Nixon, 1937 em condições de laboratório. O percentual de parasitismo e o número médio de parasitoides obtidos por tratamento foi diminuindo à medida que a idade dos ovos oferecidos aumentava.

A preferência de *Trissolcus semistriatus* (Nees, 1834) em relação à idade dos ovos de vários hospedeiros heterópteros (*Eurygaster integriceps* Puton, 1881; *Dolycoris baccarum* (Linnaeus, 1758); *Graphosoma lineatum* Linnaeus, 1758; *Eurydema ornatum* (Linnaeus, 1758); *Holcostethus vernalis* (Wolff, 1804)) foi investigada e os resultados indicaram que as fêmeas do parasitoide preferem ovos do hospedeiro com idade inferior a 3 ou 4 dias. A principal conclusão do estudo foi que a idade das espécies hospedeiras tem grande influência sobre a taxa de parasitismo e emergência (KIVAN; KILIC, 2004).

Foi realizado um estudo para avaliar o efeito da idade dos ovos de *Spartocera dentiventris* no parasitismo do “platigastrídeo” *Gryon gallardoi*, pela exposição de ovos de 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, e 12 dias de idade às fêmeas de *G. gallardoi.* Os resultados sugerem parasitismo de 88,5 ± 2,64% dos ovos nas diferentes idades, com diminuição no percentual de emergência e aumento do tempo de desenvolvimento à medida que a idade dos ovos aumenta. Quando os grupos de ovos foram expostos simultaneamente, a fêmea preferiu os ovos de um e três dias de idade. A razão sexual de *G. gallardoi*, em todas as idades testadas, foi maior que 0,50 e a proporção de machos não variou com a idade do hospedeiro (ROCHA et al., 2006). No caso dos parasitoides *T. basalis* e *T. podisi*, não houve relação entre idade do ovo e viabilidade, pois teve variação mínima e foi independente do fator idade. A razão sexual de *T. basalis* foi semelhante a do trabalho citado, o que não ocorreu para *T. podisi*. Variações nos parâmetros avaliados podem ser por comportamentos diferenciados entre espécies, por condições em que ficaram

expostos durante o parasitismo, e até uma possível influência do hospedeiro utilizado.

Himenópteros parasitoides são capazes de parasitar e se desenvolver em todos os estágios de desenvolvimento de seus hospedeiros, podendo se adaptar a uma gama de condições deles. No entanto, alguns estágios, especialmente os mais jovens, parecem ser mais apropriados para o sucesso do desenvolvimento da prole (STRAND, 1986; VINSON,1998). Os resultados de *T. basalis* e *T. podisi* condizem com parte desta afirmação, tendo em vista que os parasitoides desenvolveram em todas as idades de ovos estudadas.

4.4 Conclusão

Os inimigos naturais *T. podisi* e *T. basalis* apresentam uma faixa específica de proporção de fêmeas por ovo de *E. heros*. E o parasitismo ocorreu independente da idade do ovo do hospedeiro.

Referências

AWADALLA, S.S. Influence of temperature and age of *Nezara viridula* L. eggs on the scelionid egg parasitoid, *Trissolcus megallocephalus* (Ashm.) (Hym., Scelionidae). **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v. 120, p. 445-448, 1996.

BIN, F.; VINSON, S.B.; STRAND, M.R.; COLAZZA, S.; JONES, W.A. Source of an egg kairomone for *Trissolcus basalis*, a parasitoid of *Nezara viridula.* **Physiology Entomological**, Chichester, v. 18, p. 7-15, 1993.

BRODEUR, J.; BOIVIN, G. Functional ecology of immature parasitoids. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 49, p. 27-49, 2004.

BUENO, R.C.O F.; PARRA, J.R.P.; BUENO, A. F. *Trichogramma pretiosum* parasitism and dispersal capacity: a basis for developing biological control programs for soybean caterpillars. **Bulletin of Entomological Research**, London, v. 102, p. 1-8, 2012.

BUENO, A.F.; SOSA-GÓMEZ, D.R.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; MOSCARDI, F.; BUENO, R.C.O.F. Inimigos naturais das pragas de soja. In: HOFFMANN-CAMPO, C.B.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; MOSCARDI, F. (Ed.). **Soja**: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga. Brasília: Embrapa, 2012. cap. 5, p. 493-629.

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

COLAZZA, S.; FUCARINO, A.; PERI, E.; SALERNO, G.; CONTI, E.; BIN, F. Insect oviposition induces volatile emission in herbaceous plants that attracts eggs parasitoids. **The Journal of Experimental Biology**, Cambridge, v. 207, p. 47-53, 2004.

CORRÊA-FERREIRA, B.S.; MOSCARDI, F. Seasonal occurrence and host spectrum of egg parasitoids associated with soybean stink bugs. **Biological Control**, Orlando, v. 5, p. 196-202, 1995

COSTA, M.L.M.; BORGES, M.; VILELA, E.F. Biologia reprodutiva de *Euschistus heros* (F.) (Heteroptera: Pentatomidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil,** Jaboticabal, v. 27, p. 559-568, 1998.

CRAWLEY, M.J.**The R Book**. Local:Wiley, 2007. 942p.

GEREMIAS, L.D.; PARRA, J.R.P. Dispersal of *Trichogramma galloi* in corn for the control of *Diatraea saccharalis*. **Biocontrol Science and Technology**, London, v. 24, p. 751-762, 2014.

GODOY, K.B.; ÁVILA, C.J.; DUARTE, M.M.; ARCE, C.C.M. Parasitismo e sítios de diapausa de adultos do percevejo marrom, *Euschistus heros* na região da Grande Dourados, MS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, p.1199-1202, 2010.

HERNANDEZ, D.; DÍAZ, F. Efecto de la temperatura sobre el desarrollo de *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Scelionidae) parasitoide de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Boletin de Entomologia Venezolana**, Caracas, v. 11, p. 149-153, 1996.

KING, B.H. Offspring sex ratio and number in response to proportion of host sizes and ages in the parasitoid wasp *Spolangia cameroni* (Hymenoptera: Pteromalidae). **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v. 31, p. 505-508, 2002.

KIVAN, M.; KILIC, N. Influence of host species and age on host preference of *Trissolcus semistriatus*. **Biological Control**, Orlando, v. 49, p. 553-562, 2004.

MARTEL, V.; BOIVIN, G. Impact of competition on sex allocation by *Trichogramma*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 111 p. 29–35, 2004.

MENDOZA, A.C. **Desenvolvimento de dietas artificiais liofilizadas para *Euschistus heros* (Fabricius, 1798), com vistas à produção de *Telenomus podisi* (Ashmead, 1893) e *Trissolcus basalis* (Wollaston, 1858).** 2012. 101p. Tese (Doutorado em Entomologia) – Escola Superior de Aagricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

PANIZZI, A.R.; BUENO, A.F.; SILVA, F.A.C. Insetos que atacam vagens e grãos. In: HOFFMANN-CAMPO, C.B.; CORRÊA-FERREIRA, B. .; MOSCARDI, F. (Ed.). **Soja**: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga. Brasília, Embrapa, 2012. p. 335-420.

R CORE TEAM. **R**: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2014. Disponível em: <http://www.R-project.org/. Acesso em: 30 jan. 2015.

REAY-JOES, F.P.F.; ROCHAT, J.; GOEBEL, R.; TABONE, E. Functional response of *Trichogramma chilonis* to *Galleria mellonella* and *Chilo sacchariphagus* eggs. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 118, p. 229–236, 2006.

ROCHA, L.; KOLBERG, R.; MENDONÇA JR., M.S.; REDAELLI, L.R. Effects of egg age of *Spartocera dentiventris* (Berg) (Hemiptera: Coreidae) on parasitism by *Gryon gallardoi* (Brethes) (Hymenoptera: Scelionidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 35, n. 5, p. 654-659, 2006.

STRAND, M.R. The physiological interactions of parasitoids with their hosts and their influence on reproductive strategies. In: WAGE, J.; GREATHEAD, D. (Ed.). **Insects parasitoids.** London:Academic Press, 1986. p. 97-136.

TRISSI, A.; EL BOUHSSINI, M.; IBRAHEM, J.; ABDULHAI, M.; PARKER, B.L.; REID, W.; EL HARAMEIN, F.J. Effect of egg parasitoid density on the population suppression of Sunn Pest, *Eurygaster inegriceps* (Hemiptera: Scutelleridae), and its resulting impact on bread wheat grain quality. **Journal of Pest Science**, Heidelberg, v. 79, p. 83-87, 2006.

VILLAS-BÔAS, G.L.; PANIZZI, A.R. Biologia de *Euschistus heros* (Fabricius, 1789) em soja (Glycine max L. Merrill). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 9, p. 105-113, 1980.

VINSON, S.B. Host selection by insect parasitoid. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 21, p. 109-133, 1976.

VINSON, S.B. The general host selection behavior of parasitoid hymenoptera and a comparasion of initial strategies utilized by larvaphagous and oophagous species. **Biological Control**, Orlando, v. 11, p. 9-96, 1998.

VINSON, S.B.; IWANTSCH, G.F. Host suitability for insect parasitoids. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 25, p. 397-419, 1980.

ZACHRISSON, B.S.A. **Bioecologia de *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879, para o controle de *Anticarsia gemmatalis* Hübner, 1818, na cultura da soja.** 1997. 106p. Tese (Doutorado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1997.

5 INTERAÇÕES INTRA- E INTERESPECÍFICA ENTRE *Telenomus podisi* E *Trissolcus basalis* (HYMENOPTERA: PLATYGASTRIDAE) EM OVOS DE *Euschistus heros* (HEMIPTERA: PENTATOMIDAE)

Resumo

Com a realização deste estudo objetivou-se conhecer as interações intra- e interespecíficas que ocorrem entre *Telenomus podisi* Ashmead, 1881 e *Trissolcus basalis* Wollaston, 1858, em ovos de *Euschistus heros* (Fabricius, 1798). Foram realizados dois tipos de experimentos. No primeiro, foi verificada a capacidade de reconhecimento dos parasitoides quando o hospedeiro foi previamente parasitado pela mesma ou outra espécie. Foram feitas as seguintes combinações nas sequências de liberação: (a) *T. podisi* → *T. podisi*; (b) *T. podisi* → *T. basalis*; (c) *T. basalis* → *T. basalis;* (d) *T. basalis* → *T. podisi*. No segundo experimento, foi avaliada possível competição larval interespecífica no interior do hospedeiro. Ovos previamente parasitados por uma das espécies permaneceram em câmaras climatizadas durante cinco intervalos de tempo (4, 24, 48, 96 e 192h). Após cada intervalo, os ovos foram oferecidos para a outra espécie de parasitoide. Foram feitas duas combinações na sequência de parasitismo (a) *T. podisi* → *T. basalis*; (b) *T. basalis* → *T. podisi.* As observações feitas para *T. basalis* e *T. podisi* mostraram que não existe discriminação interespecífica. Não foi observada diferença significativa ao comparar o número de adultos que emergia dos ovos parasitados pelas fêmeas das duas espécies. No entanto, notou-se tendência do multiparasitismo ser desfavorável à espécie que sucedeu o parasitismo da outra. Já a discriminação intraespecífica foi evidenciada, pois fêmeas de ambas as espécies de inimigos naturais abandonavam posturas previamente parasitadas por fêmeas co-específicas. Na interação competitiva em que ovos parasitados por *T. basalis*, após cinco tempos de desenvolvimento foram expostos ao parasitismo por *T. podisi*, as fêmeas de *T. podisi* parasitaram os ovos com 4, 24, 48 e 96h de desenvolvimento, e rejeitaram as posturas em que *T. basalis* já estava com 192h de desenvolvimento. O mesmo comportamento foi observado quando em situação reversa.

Palavras-chave: Parasitoides de ovos; Competição; Coexistência; Controle de pragas

Abstract

In this study we aimed to understand intra- and interspecific interactions occuring between *Telenomus podisi* Ashmead, 1881 and *Trissolcus basalis* Wollaston, 1858 on *Euschistus heros* (Fabricius, 1798) eggs. Two experiments were performed. At first, it was evaluated the ability of parasitoids in recognizing previously paratisized hosts. The following combinations were made: (a) *T. podisi* → *T. podisi*; (b) *T. podisi* → *T. basalis*; (c) *T. basalis* → *T. basalis*; (d) *T. basalis* → *T. podisi*. In

the second experiment it was analysed a possible interspecific larval competition, within the host. Eggs previously parasitized remained in climatic chambers for 4, 24, 48, 96 and 192h. After time eggs were offered to other species of parasitoid. There were two combinations: (a) *T. podisi* → *T. basalis*; (b) *T. basalis* → *T. podisi*. The results showed no interspecific discrimination between *T. podisi* and *T. basalis*. There was no significant difference in the number of adults emerging from parasitized eggs by females of both species. However, multiparasitism tended to be unfavorable to the species that succeeded the parasitism. Intraspecific discrimination was also evident when females of both parasitoid species abandoned previously parasitized postures. The competitive interaction in which eggs parasitized by *T. basalis,* after five development times were exposed to parasitism by *T. podisi*, showed females of *T. podisi* parasitizing eggs with 4, 24, 48 and 96 hours of development and rejecting postures of *T. basalis* with 192h. The same behavior was observed in reverse situation.

Keywords: Egg parasitoids; Competition; Coexistence; Pest control

5.1 Introdução

Perdas significativas tem sido observadas na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill), no Brasil, devido a várias espécies de insetos-pragas. Dentre elas, uma das que assume posição de destaque é o percevejo-marrom *E. heros* (PANIZZI, 2015). Uma das estratégias que vem sendo constantemente estudada para reduzir a população do pentatomídeo nas áreas de soja é o uso de inimigos naturais, com potencial para programas de controle biológico, sendo *T. podisi* e *T. basalis* os parasitoides de ovos mais visados para esta finalidade (BUENO et al., 2012)

No contexto de controle biológico, uma etapa a ser avaliada é a interação existente entre espécies de parasitoides. Interações competitivas podem ocorrer entre parasitoides adultos, ou seja, interações indiretas entre fêmeas adultas que procuram ou exploram o mesmo hospedeiro, bem como entre parasitoides na fase imatura, ou seja, a competição que ocorre entre as larvas em desenvolvimento no mesmo hospedeiro (ZWOLFER, 1971 *apud* CINGOLANI et al., 2013). No caso de competição larval, deve-se considerar a ordem em que ocorre a oviposição por diferentes espécies, e o intervalo de tempo entre elas (TILLMAN; POWELL, 1992).

Fêmeas de parasitoides de ovos, em geral, podem fazer marcação do hospedeiro logo após a oviposição como forma de evitar superparasitismo ou multiparasitismo, ou seja, pela própria fêmea que já fez a postura, por fêmeas

diferentes da mesma espécie ou de outras espécies (COLAZZA et al., 1996; QUICKE, 1997). As marcações são geralmente reconhecidas por fêmeas coespecíficas, no entanto, não ocorre o reconhecimento quando a marcação é interespecífica (VINSON, 1976; van ALPHEN; VISSER, 1990; GODFRAY, 1994).

Parasitoides de ovos, explorando um mesmo nicho, podem apresentar mais comumente interações capazes de permitir exclusão competitiva ou coexistência. Coexistência, em geral ocorre quando duas populações ou espécies de parasitoides utilizam diferentes fases do ciclo de vida da população hospedeira (BRIGGS, 1993; BRIGGS; NISBET; MURDOCH, 1993). Determinadas espécies podem evitar a exclusão interespecífica, utilizando mecanismos de isolamento para reduzir sobreposição e dividir recursos comuns (SCHOENER, 1974; DIAMOND, 1978). O compartilhamento de recursos pode facilitar a coexistência (DURANT, 1998). Lane; Mary; Getz (2005) afirmaram que os parasitoides podem coexistir no mesmo hospedeiro, mesmo quando a eficiência de busca ou fecundidade das duas populações são muito diferentes, desde que uma espécie seja mais eficiente, e a outra mais fecunda.

A interação competitiva pode ser intraespecífica ou interespecífica, e pode ocorrer tanto entre parasitoides adultos explorando hospedeiros como entre larvas do parasitoide se desenvolvendo dentro do mesmo hospedeiro (VINSON, 1985; CUSUMANO et al., 2012). A competição entre parasitoides pode ser influenciada por diversos fatores, tais como, eficiência em encontrar o hospedeiro e sincronização fenológica com ele, tolerância às condições do ambiente, efeitos de deslocamento competitivo, disponibilidade do hospedeiro e capacidade de superar seus mecanismos de defesa e sucesso reprodutivo em relação ao competidor (fatores intrínsecos) (VINSON, 1985; HAGVAR, 1989; TILLMAN; POWELL, 1992; LEI; HANSKI, 1998).

Visando um possível programa de controle biológico, é necessário conhecer melhor as interações entre parasitoides, já que a competição pode influenciar o sucesso reprodutivo de cada competidor e, consequentemente, a mortalidade do hospedeiro (FOLLETT et al., 2000). Com este estudo objetivou-se conhecer as interações intra e interespecíficas existentes entre *T. podisi* e *T. basalis* em ovos de *E. heros*.

5.2 Material e métodos

5.2.1 Criação de *E. heros*

A criação de *E. heros* foi realizada em sala climatizada a 25º ± 2ºC, com 14 horas de fotofase e U.R. de 60 ± 10%. Casais de *E. heros* foram mantidos em gaiolas teladas de 24 x 24 x 10 cm. Na parte superior das gaiolas, foram colocadas tiras de tecido de algodão (30 x 25 cm) que serviram como substrato de postura. A parte inferior foi recoberta com papel toalha, onde foram colocadas placas de Petri contendo dieta natural (sementes de amendoim) e rolo dental umedecido, além de vagens de feijão. A dieta era trocada a cada 7 dias. Para continuidade da criação, semanalmente, parte dos ovos coletados eram colocados em placas de Petri contendo rolo dental umedecido, onde ocorria o desenvolvimento das ninfas. Ao passarem para segundo instar, as ninfas eram levadas para potes plásticos 19 x 19 x 7 cm, contendo dieta natural que era oferecida aos adultos. A cada 7 dias a dieta era trocada, até a emergência dos adultos e 10 dias após o início da emergência, os adultos eram transferidos para as gaiolas de criação descritas anteriormente (MENDOZA, 2012).

5.2.2 Criação de *T. podisi* e *T. basalis*

Os adultos de *T. podisi* e *T. basalis* foram mantidos separados em sacos de polietileno e receberam gotículas de mel puro para alimentação. Posturas recentes de *E. heros* foram obtidas da criação mantida em laboratório (item 3.2.1), divididas em duas placas de Petri e submetidas ao parasitismo por 24 h. As placas contendo os ovos parasitados eram mantidas em câmara climatizada (25 ± 2ºC, 14 horas de fotofase e U.R. de 70 ± 10%) até a emergência dos parasitoides, momento em que os adultos eram liberados nos sacos de polietileno para iniciar um novo ciclo.

5.2.3 Interações intra- e interespecífica entre os parasitoides de ovos *T. podisi* e *T. basalis*

Estes estudos foram realizados por meio de dois experimentos. No primeiro, foi verificada a capacidade de reconhecimento dos parasitoides quando o hospedeiro foi previamente parasitado pela mesma ou outra espécie. No segundo, foi avaliada possível competição larval interespecífica no interior do hospedeiro.

i. Discriminação intra- e interespecífica do hospedeiro

O experimento foi conduzido em arenas consistindo de placas de Petri com 6 cm de diâmetro x 2 cm de altura. Na borda das placas foram colocados quatro ovos de *E. heros* com até 24h. Uma fêmea de *T. podisi* ou *T. basalis* (com dois dias de idade, acasalada e alimentada) foi colocada no centro da arena, sendo permitida a oviposição e marcação dos ovos. Em seguida a fêmea foi removida da arena. Na borda oposta da arena foi colocada outra postura, também com quatro ovos de *E. heros* não parasitados e com as mesmas condições da postura oferecida anteriormente (Figura 1).

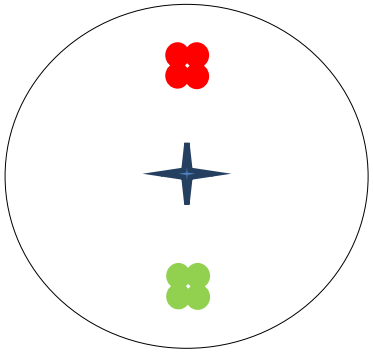

Figura 1 - Arena utilizada constituída por uma placa de Petri de 6 cm de diâmetro. ( ) ovos de *E. heros* previamente parasitados; ( ) ovos de *E. heros* não parasitados; ( ) local de liberação dos parasitoides.

Outra fêmea de *T. podisi* ou *T. basalis* (com dois dias de idade, acasalada e alimentada) foi liberada no centro da arena e observações comportamentais foram realizadas. Estas observações foram feitas com o auxílio de um microscópio estereoscópico e a sequência dos comportamentos de reconhecimento e oviposição de *T. podisi* e *T. basalis* foi registrada, marcando-se o tempo utilizado em cada etapa

comportamental. Quando o parasitoide não encontrava nenhuma das posturas após 10min, o teste era paralisado e a fêmea substituída.

O experimento foi realizado em sala com temperatura controlada (25 ± 1^0C) e umidade relativa de 50% (± 10 %). A atividade era realizada sempre no mesmo período do dia, ou seja, entre 09:30 e 16:30h. Foram feitas as seguintes combinações nas sequências de liberação: (a) *T. podisi* → *T. podisi*; (b) *T. podisi* → *T. basalis*; (c) *T. basalis* → *T. basalis;* (d) *T. basalis* → *T. podisi*. Cada combinação foi repetida 16 vezes, e o conjunto de dados analisados em blocos.

O tempo inicial e a duração das etapas comportamentais foram analisados seguindo os procedimentos recomendados por Bin et al. (1993), descritos pelos eventos: encontro, tamborilamento, prova, oviposição e marcação dos ovos parasitados ou não parasitados, o que depende da escolha feita pela segunda fêmea colocada na placa. Quando as fêmeas apresentavam atividade comportamental não prevista, como por exemplo, o retorno a um ovo já parasitado ou limpeza após o parasitismo, o comportamento também era registrado.

Após os ovos serem parasitados pela primeira espécie, e depois parasitados por uma segunda fêmea (da mesma espécie, ou da outra), eram colocados em câmaras climatizadas (25±1ºC, 60±10%, e 14h de fotofase) para que ocorresse o desenvolvimento dos adultos. Assim, era possível avaliar o parasitismo, qual das espécies emergiria, ou mesmo, se o parasitismo seria inviabilizado caso as duas espécies parasitassem a mesma postura.

ii. Competição larval interespecífica

Neste experimento foi avaliada a competição larval de ambas as espécies de parasitoides, avaliando o que ocorria quando ovos parasitados por uma primeira espécie eram oferecidos para a segunda espécie, e vice-versa, após diferentes intervalos de tempo. Foram utilizadas posturas de *E. heros* com até 24h de idade, sendo separados conjuntos de 4 ovos que foram colocados dentro de tubos de ensaio (8,0 x 2,5 cm). Os tubos continham uma gotícula de mel e uma fêmea de *T. podisi* ou *T. basalis* (com dois dias de idade, previamente acasalada e alimentada). O parasitismo foi permitido por 2h.

Os ovos anteriormente parasitados permaneceram em câmaras climatizadas (25±1ºC, UR=60±10% e fotofase de 14h) durante cinco intervalos de tempo (4, 24, 48, 96 e 192h). Os intervalos de tempo foram escolhidos com base na duração dos estágios imaturos relatados para *T. basalis* (VOLKOFF; COLAZZA, 1992) e na duração do ciclo ovo-adulto das duas espécies (BUENO et al., 2012). Após cada intervalo, os ovos eram oferecidos para a outra espécie de parasitoide. O parasitismo da segunda espécie foi permitido por 2h. Em seguida, os ovos foram transferidos para outro tubo de vidro, para que ocorresse o desenvolvimento dos parasitoides em câmaras climatizadas (25±1ºC, UR=60±10% e fotofase de 14h). Após o tempo de desenvolvimento, foi contabilizado o número de adultos e a qual espécie pertencia, para cada tratamento.

O delineamento experimental foi em blocos, com esquema fatorial (2 x 5), sendo duas combinações na sequência de parasitismo (a) *T. podisi* → *T. basalis*; (b) *T. basalis* → *T. podisi* e cinco intervalos de desenvolvimento dos parasitoides no interior dos ovos (4, 24, 48, 96 e 192h), com 20 repetições.

5.2.4 Análise dos dados

No experimento de discriminação intra- e interespecífica do hospedeiro foram feitas as seguinte análises: teste Shapiro-Wilk, para avaliar a normalidade na distribuição, ANOVA quando a normalidade era constatada e teste *t* para comparações individualizadas do comportamento no tocante ao desempenho competitivo. Para conjuntos de dados com ausência de normalidade, foram feitas análises utilizando modelos lineares generalizados (MLG) com erros ajustados para distribuição de Poisson. O parasitismo (proporção de ovos escuros) foi ajustado ao MLG do tipo binomial (NELDER; WEDDERBURN, 1972). Para avaliar a emergência dos parasitoides, ou a viabilidade do parasitismo os dados foram ajustados a um modelo multinomial e a significância do efeito de competidor foi avaliada utilizando testes de razão de verossimilhanças (RV) para modelos encaixados. Tanto para o parasitismo quando para avaliar a emergência da espécie, a qualidade do ajuste foi avaliada utilizando gráficos meio-normais com envelopes de simulação (DEMÉTRIO et al., 2014).

Os resultados obtidos na segunda etapa do experimento, “Competição larval interespecífica”, foram avaliados da seguinte forma: modelos multinomiais foram ajustados aos dados representativos da proporção de espécies de parasitoides emergidas. Modelos encaixados foram testados utilizando testes de razão de verossimilhanças (RV). A qualidade do ajuste foi avaliada utilizando gráficos meio-normais com envelope de simulação. Foi analisada também a razão sexual dos parasitoides, utilizando o MLG do tipo binomial. Todas as análises foram feitas no programa RStudio (R CORE TEAM, 2014).

5.3 Resultados e Discussão

5.3.1 Interações intra- e interespecífica entre os parasitoides de ovos

i. Discriminação intra- e interespecífica do hospedeiro

As observações feitas para *T. basalis* e *T. podisi* mostraram que não existe discriminação interespecífica, ou seja, as duas espécies de parasitoides, mesmo tendo chance de escolha, normalmente parasitavam a postura que já havia sido parasitada pela fêmea da outra espécie. A confirmação do parasitismo era feita pela observação dos platigastrídeos, que somente marcam ovos onde realizam oviposição satisfatória (WEBER et al., 1996). Todas as fêmeas observadas fizeram marcação após ovipositar (Tabela 1). Na competição interespecífica observada, o tempo médio gasto por *T. podisi* desde o encontro da postura parasitada até finalizar a marcação foi de 975 segundos, enquanto *T. basalis*, para realizar as mesmas etapas comportamentais utilizou 785 segundos.

Algumas fêmeas de *T. podisi*, ao parasitarem ovos que já tinham sido parasitados por *T. basalis* apresentaram duas atividades adicionais, caracterizadas pelo retorno ao ovo parasitado e pela limpeza da postura inteira após finalizar o parasitismo. Algumas fêmeas de *T. basalis*, quando ovipositaram em ovos já parasitados por *T. podisi*, também executaram as mesmas atividades, consumindo um tempo médio semelhante ao gasto por fêmeas de *T. podisi* (Tabela 1).

Tabela 1 – Tempo médio em segundos (± erro padrão da média) das categorias comportamentais de *T. podisi* e *T. basalis* em ovos previamente parasitados pela espécie reversa.[1]

Tempo (segundos) gasto pelos parasitoides nas etapas comportamentais[2]						
Espécie	**E**	**T**	**P**	**O**	**M**	**Outra atividade[3]**
T. podisi	188 ± 11 a	77 ± 5 a	210 ± 11 a	391 ± 13 a	109 ± 4 a	Retorno a ovo parasitado = 32 ± 6 Limpeza = 36 ± 5
T. basalis	164 ± 13 a	87 ± 5 a	183 ± 8 a	285 ± 11 b	66 ± 2 b	Retorno a ovo parasitado = 33 ± 6 Limpeza = 32 ± 5

[1] Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente pelo teste t ou pelo MLG, a 5% de probabilidade.
[2] E = Encontro; T= Tamborilamento; P = Prova; O = Oviposição; M = Marcação.
[3] Estas etapas comportamentais não foram estatisticamente comparadas porque não tiveram dados suficientes (poucas fêmeas apresentaram esses comportamentos)

Nenhuma das espécies evitou o multiparasitismo, fato este ocorrido provavelmente pela incapacidade de distinguir as marcações devido à falta de experiência de oviposição prévia (KEASAR et al., 2001), ou em razão da capacidade de distinguir marcações apenas intraespecíficas, como já foi demonstrado por outros platigastrídeos (OKUDA; YEARGAN, 1988). Este mesmo tipo de relação foi relatada entre os parasitoides de ovos *T. podisi* e *Trissolcus urichi* (Crawford, 1913) em ovos de *Piezodorus guildinii* Westwood, 1873 (CINGOLANI et al., 2013). No estudo foi observado que *T. urichi* emergiu em maior quantidade do que *T. podisi,* de ovos multiparasitados e foi sugerido que, para ovos do hospedeiro estudado, *T. urichi* é melhor competidor do que *T. podisi*.

Okuda & Yeargan (1988) avaliaram o superparasitismo coespecífico e interespecífico dos platigastrídeos *T. podisi* e *Trissolcus euschisti* (Ashmead, 1893) em ovos de *Podisus maculiventris* (Say, 1832), relatando que ambas as espécies de parasitoides foram capazes de discriminar ovos recém-parasitados. Contudo, após 96h, a percepção diminuiu; e a discriminação interespecífica não foi registrada (OKUDA; YEARGAN,1988).

Estudo realizado por Chabi-Olaye et al. (2001) evidenciou que as espécies *Telenomus Isis* (Polaszek, 1993) e *Lathromeris ovicida* (Risbec, 1956) tendem a evitar parcialmente o superparasitismo coespecífico em ovos de *Sesamia calamistis* Hampson, 1910, sendo que *T. isis* se mostra mais hábil em discriminar ovos já parasitados por *L. ovicida*, evitando assim o superparasitismo interespecífico.

Não houve diferença ao analisar se alguma espécie se destacava, considerando o número de adultos que saiam dos ovos parasitados pelas fêmeas das duas espécies. No entanto, o multiparasitismo mostrava-se desfavorável à espécie que sucedia o parasitismo, ou seja, a espécie que parasitava a postura primeiro apresentava número ligeiramente maior de descendentes emergidos (Figura 2).

Além disso, quando *T. basalis* foi a segunda espécie a parasitar, houve tendência de ocorrência de maior proporção de nenhum indivíduo emergido. Na situação que *T. podisi* foi o segundo "competidor", a proporção de ausência de emergência foi ligeiramente menor. Isto pode ser um indicativo de que se *T. podisi* for a segunda espécie "competidora" poderá sofrer menos interferência na população (Figura 2).

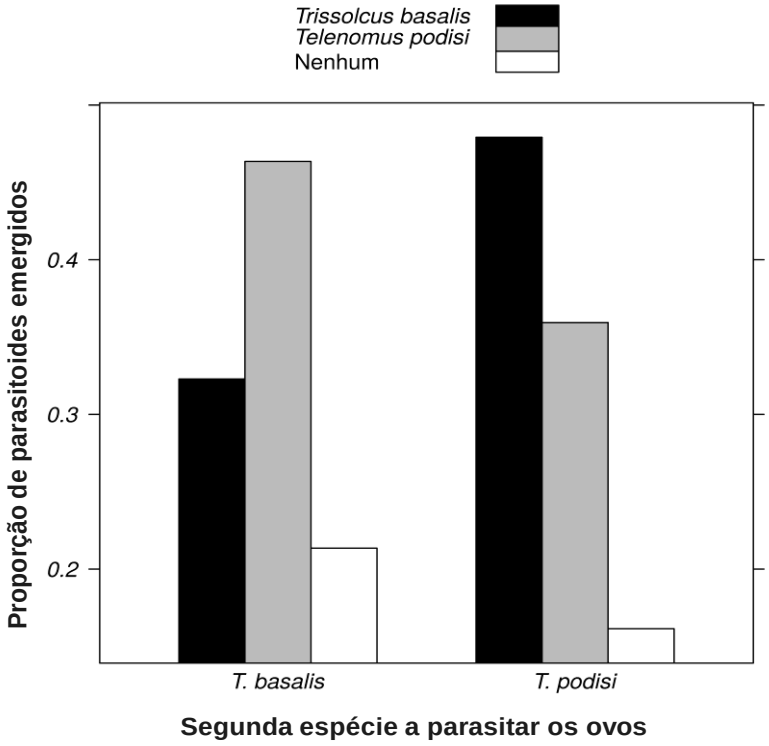

Figura 2 - Proporção de *T. podisi, T. basalis*, ou nenhuma espécie emergindo de ovos de *E. heros* multiparasitados. O eixo da variável independente mostra a segunda espécie de inimigo natural a parasitar os ovos

As duas espécies de parasitoides estudadas fizeram discriminação intraespecífica, ou seja, sob escolha, parasitaram as posturas não parasitadas

previamente. As fêmeas, tanto de *T. basalis* quanto de *T. podisi*, mediante parasitismo prévio por uma fêmea co-específica, abandonavam as posturas rapidamente. Foi também registrado o tempo que as fêmeas de *T. basalis* e *T. podisi* (Tabela 2) gastaram para parasitar posturas não previamente parasitadas.

Tabela 2 – Tempo médio em segundos (± erro padrão da média) das categorias comportamentais de *T. podisi* e *T. basalis*, quando escolheram posturas que não haviam sido parasitadas por fêmeas co-específicas. [1]

Tempo (segundos) gasto pelos parasitoides nas etapas comportamentais[2]						
Espécie	**E**	**T**	**P**	**O**	**M**	**Outra atividade[3]**
T. podisi	201 ± 13 a	75 ± 7 a	192 ± 8 a	309 ± 16 a	99 ± 3 a	Retorno a ovo parasitado = 25 ± 4 Limpeza = 20 ± 0,5
T. basalis	190 ± 16 a	86 ± 4 a	188 ± 9 a	286 ± 18 a	70 ± 2 a	Retorno a ovo parasitado = 60 ± 24 Limpeza = 32 ± 5

[1] Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente pelo teste t ou pelo MLG, a 5% de probabilidade.
[2] E = Encontro; T= Tamborilamento; P = Prova; O = Oviposição; M = Marcação.
[3] Estas etapas comportamentais não foram estatisticamente comparadas porque não tiveram dados suficientes (poucas fêmeas apresentaram esses comportamentos)

Na ausência de competição, o tempo médio gasto por *T. podisi* desde o encontro da postura parasitada até finalizar a marcação foi de 876 segundos, enquanto *T. basalis* gastou 820 segundos.

ii. Competição larval interespecífica

Na interação competitiva em que ovos parasitados por *T. basalis*, após cinco tempos de desenvolvimento foram submetidos ao parasitismo por *T. podisi*, as fêmeas de *T. podisi* parasitaram os ovos com 4, 24, 48 e 96h de desenvolvimento, e rejeitaram as posturas em que *T. basalis* já estava com 192h de desenvolvimento. As posturas com 192h estavam escurecidas, evidenciando sinal do parasitismo por *T. basalis*.

O mesmo comportamento foi observado quando em situação reversa. Fêmeas de *T. basalis* parasitaram ovos que tinha *T. podisi* se desenvolvendo até 96h, mas rejeitaram as posturas escurecidas que já estavam com 192h de desenvolvimento. Acredita-se que ambas as espécies parasitaram apenas as

posturas que ainda apresentavam tonalidade amarelada porque o escurecimento dos ovos pode desencadear estímulos de rejeição, seguindo os padrões de percepção sensorial já observados em insetos da ordem Hymenoptera (PEITSCH et al., 1992; OSORIO; VOROBYEV, 2008).

Assim como foi observado na competição interespecífica da “etapa de discriminação do hospedeiro”, não houve diferença estatística entre os parasitoides, ao avaliar se uma das espécies se sobressaía na competição larval. No entanto, a ocorrência de multiparasitismo tendeu a desfavorecer a segunda espécie que explorou os ovos. Quando *T. basalis* ovipositava primeiro, tinha proporção maior de descendentes emergidos, ainda que *T. podisi* conseguisse emergir em proporção razoável (Figura 3). No gráfico do topo da figura 3 nota-se claramente que as duas espécies decrescem de forma equidistante, tendo sempre *T. basalis* acima de *T. podisi.* Já no gráfico abaixo na figura 3, *T. basalis* chega depois de *T. podisi*, porém, não se vê o mesmo decréscimo equidistante visto no gráfico anterior. As proporções de *T. basalis* se mantêm bem próximas à zero, com *T. podisi* assumindo valores bem superiores à *T. basalis* e exibindo um decréscimo similar ao da figura do topo. A linha que descreve a ausência de parasitoides (azul) cruza com a linha de *T. basalis* (preta) apenas no gráfico do topo, indicando que após 48h de desenvolvimento de *T. podisi* dentro do ovo, a ausência de parasitoides supera a proporção de *T. basalis.* Já no gráfico abaixo na figura 3, a linha de *T. basalis* situa-se abaixo da proporção de *T. podisi* e também da ausência de parasitoides (Figura 3).

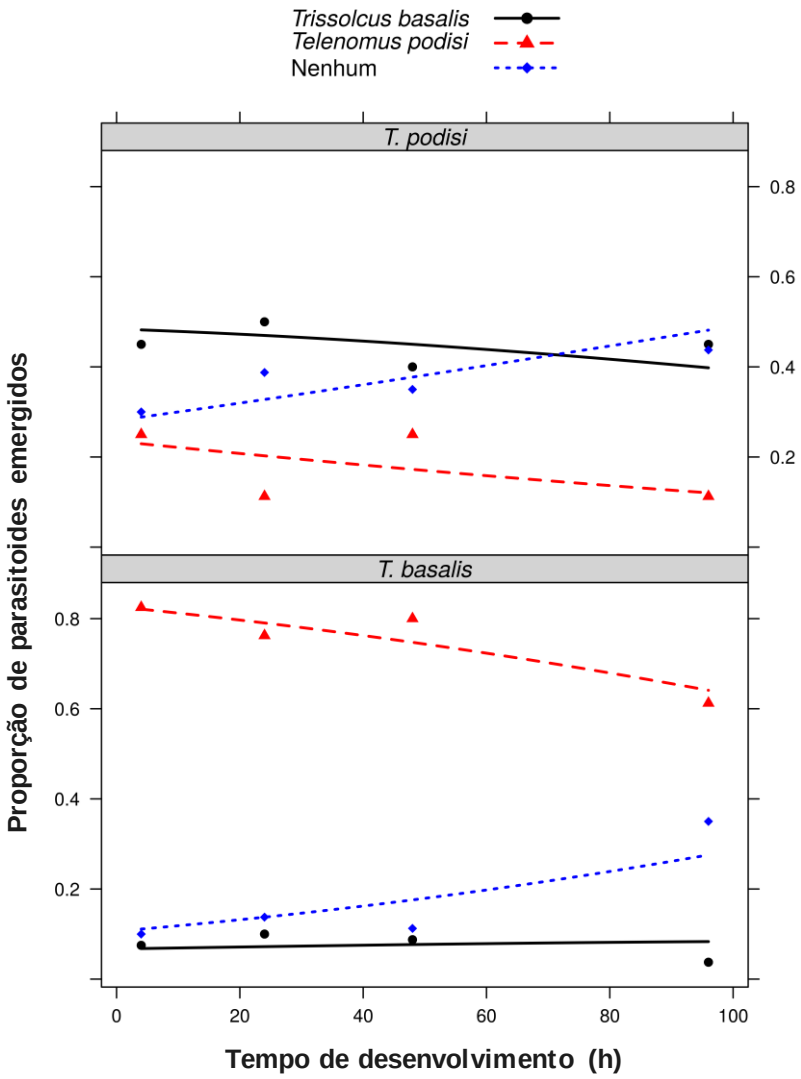

Figura 3 - Proporção de *T. podisi* e *T. basalis*, ou nenhum indivíduo, que emergiu de ovos de *E. heros* multiparasitados. O gráfico do topo descreve a proporção de parasitoides emergidos em função do tempo de desenvolvimento com *T. podisi* chegando após a chegada de *T. basalis* e o gráfico debaixo o oposto

Um estudo comparativo de competição larval, busca e agressividade entre *Trissolcus grandis* (Thomson, 1861) e *Telenomus chloropus* (Thomson, 1861), usando de hospedeiros similares, revelou que a vantagem de *T. grandis* é devida à alta capacidade de busca e agressividade das fêmeas, enquanto *T. chloropus* exibe melhor desempenho na competição larval (BULEZA,1996).

Existem evidências que sugerem que, sob competição larval interespecífica, caso a oviposição ocorra em intervalo de tempo de até 2h, um dos competidores pode ser eliminado por agressão. Se o intervalo for maior que 2h, o ovo da segunda fêmea desenvolve-se normalmente até a eclosão da larva que saiu do ovo da

primeira fêmea. Então, a larva que eclodiu primeiro consome os recursos limitados, provocando supressão da segunda larva (FISHER, 1961; HOKYO et al., 1966).

O tempo de desenvolvimento da primeira espécie a parasitar os ovos não afetou a razão sexual de nenhuma delas. Ou seja, independente da espécie que parasitou previamente, não há interligação entre os fatores tempo de desenvolvimento da primeira espécie e razão sexual. É possível que a razão sexual não tenha sido influenciada por não haver diferença morfológica entre larvas de machos e fêmeas (VOLKOFF; COLAZZA, 1992). *T. basalis* teve uma razão sexual variando de 0,74 a 0,79, e *T. podisi* mostrou variação de 0,70 a 0,74.

Apesar da relevância dos resultados encontrados nesse trabalho, é importante a realização desse mesmo tipo de estudo em condições de campo ou semi-campo (PERI et al., 2014), considerando que as espécies podem apresentar diferenças no tempo de busca pelo hospedeiro, e na interação entre elas.

5.4 Conclusão

Não há evidências suficientes para sustentar a existência de competição intra- e interespecífica em *T. podisi* e *T. basalis,* sobretudo com resultados de exclusão competitiva. Contudo, os resultados aqui encontrados sugerem que a interação competitiva poderia ocorrer no contexto de coocorrência, desde que a habilidade competitiva de *T. podisi* não impedisse por completo a sobrevivência de *T. basalis.*

Referências

BRIGGS, C.J. Competition among parasitoid species on a stage-structured host and its effect on host suppression. **The American Naturalist**, Chicago, v. 141, p. 372–397, 1993.

BRIGGS, C.J.;NISBET, R.M.; MURDOCH, W.W. Coexistence of competing parasitoid species on a host with a variable life cycle. **Theoretical Population Biology**, New York, v. 44, p. 341–373, 1993.

BUENO, A.F.; SOSA-GÓMEZ, D.R.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; MOSCARDI, F.; BUENO, R.C.O.F. Inimigos naturais das pragas de soja. In: HOFFMANN-CAMPO, C.B.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; MOSCARDI, F. (Ed.). **Soja**: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga. Brasília: Embrapa, 2012. cap. 5, p. 493-629.

BULESA, V.V. Interspecific competition between *Trissolcus grandis* and *Telenomus chloropus* (Hymenoptera, Scelionidae). **Zoologicheskiĭ Zhurnal**, Saint Petersburg, v. 75, n. 8, p. 1174-1181, 1996.

CHABI-OLAYE, A.; SCHULTHEISS, F.; POEHLING, H.M.; BORGEMEISTER, C. Host location and host discrimination behavior of *Telenomus isis*, an egg parasitoid of the African cereal stem borer *Sesamia calamistis*. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 27, p. 663-678, 2001.

CINGOLANI, M.F.; GRECO, N.M.; LILJESTHRÖM, G.G. Multiparasitism of *Piezodorus guildinii* eggs by *Telenomus podisi* and *Trissolcus urichi*. **BioControl**, Dordrecht, v. 58, p. 37-44, 2013.

COLAZZA, S.; ROSI, M.C.; SEBASTIANI, P.; URSINI, M. Host acceptance behaviour in the egg parasitoid *Trissolcus basalis* (Hymenoptera: Scelionidae). **Acta Oecologica**, Paris, v. 17, p. 109-125, 1996.

CUSUMANO, A.; PERI, E.; VINSON, S.B.; COLAZZA, S. Extrinsic and intrinsic competitive interactions in egg parasitoids. **Biocontrol**, Dordrecht, v. 57, p. 719-734, 2012.

DEMÉTRIO, C.G.B.; HINDE, J.; MORAL, R.A. Models for overdispersed data in entomology. In: GODOY, W.A.C.; FERREIRA, C.P. (Ed.). **Ecological modelling applied to entomology**. Switzerland: Springer International Publishing, 2014. p. 219–259

DIAMOND, J.M. Niche shifts and rediscovery of interspecific competition. **American Scientist**, New Haven, v. 66, p. 322–331, 1978.

DURANT, S.M. Competition refuges and coexistence: an example from Serengeti carnivores. **Journal of Animal Ecology**, Oxford, v. 67, p. 370–386, 1998.

FISHER, R.C. A study in insect multiparasitism. II. The mechanism and control of competition for possession of the host. **The Journal of Experimental Biology**, Cambridge, v. 38, p.605-628, 1961.

FOLLETT, P.A.; DUAN, J.; MESSING, R.H.; JONES, V.P. Parasitoid drift after biological control introduction: re-examining Pandora's box. **American Entomologist**, Lanham, v. 46, p. 82-94, 2000.

GODFRAY, H.C.J. **Parasitoids**: Behavioral and Evolutionary Ecology. Princeton: Princeton University Press, 1994. 473p.

HAGVAR, E.B. Interspecific competition in parasitoids, with implications for biological control. **Acta Entomologica Bohemoslovaca**, Praha, v. 86, p. 321–335, 1989.

HOKYO, N.; KIRITANI, K.; NAKASAJI, F.; SHIGA, M. Comparative biology of the two scelionid egg parasites of *Nezara viridula* L. (Hemiptera: Pentatomidae). **Applied Entomology and Zoology**, Tokyo, v. 1, p. 94-102, 1966.

KEASAR, T.; NEY-NIFLE, M.; MANGEL, M.; SWEZEY, S. Early oviposition experience affects patch residence time in a foraging parasitoid. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 98, p. 123-132, 2001.

LANE, S.D.; St. MARY, C.M.; GETZ, W.M. Coexistence of attack-limited parasitoids sequentially exploiting the same resource and its implications for biological control. **Annales Zoologici Fennici**, Helsinki, v. 42, p. 1-18, 2005.

LEI, G.; HANSKI, I. Spatial dynamics of two competing specialist parasitoids in a host metapopulation. **Journal of Animal Ecology**, Oxford, v. 67, p. 422–433, 1998.

MENDOZA, A.C. **Desenvolvimento de dietas artificiais liofilizadas para *Euschistus heros* (Fabricius, 1798), com vistas à produção de *Telenomus podisi* (Ashmead, 1893) e *Trissolcus basalis* (Wollaston, 1858).** 2012. 101p. Tese (Doutorado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

NELDER, J.A.; WEDDERBURN, W.M. Generalized Linear Models. **Journal of the Royal Statistical Society***,* London, v*.* 135, p. 370-384, 1972.

OKUDA, M.S.; YEARGAN, K.V. Intra- and interspecific host discrimination in *Telenomus podisi* and *Trissolcus euschisti* (Hymenoptera: Scelionidae). **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v. 81, p. 1017-1020, 1988.

OSORIO, D.; VOROBYEV, M. A review of the evolution of animal colour vision and visual communication signals. **Vision Research**, Oxford, v. 48, p. 2042-2051, 2008.

PANIZZI, A.R. Growing problems with stink bugs (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae): species invasive to the U.S. and potential neotropical invaders. **American Entomologist**, Lanham, v. 61, p. 223-233, 2015.

PEITSCH, D.; FIETZ, A.; HERTEL, H.; SOUZA, J. de; VENTURA, D.F.; MENZEL, R. The spectral input systems of hymenopteran insects and their receptor-based colour vision. **Journal of Comparative Physiology A**, New York, v. 170, p. 23-40, 1992.

PERI, E.; CUSUMANO, A.; AMODEO, V.; WAJNBERG, E.; COLAZZA, S. Intraguild interactions between two egg parasitoids of a true bug in semi-field and field conditions. **PLOS ONE**, Cambridge, v. 9, p. 1-8, 2014.

QUICKE*,* D.L.J. **Parasitic wasps***.* London: Chapman and Hall, 1997. 470p.

R CORE TEAM. **R**: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2014. Disponível em: <http://www.R-project.org/. Acesso em: 30 jan. 2015.

SCHOENER, T.W. Resource partitioning in ecological communities. **Science**, Cambridge, v. 185, p. 27–38, 1974.

TILLMAN, P.G.; POWELL, J.P. Interspecific discrimination and larval competition among *Microplitis croceipes*, *Microplitis demolitor*, *Cotesia kazak* (Hym: Braconidae) and *Hyposoter didymator* (Hym: Ichneumonidae) parasitoids of *Heliothis virescens* (Lep: Noctuidae). **Entomophaga**, Paris, v. 37, p. 439–451, 1992.

VAN ALPHEN, J.J.M.; VISSER, M.E. Superparasitism as an adaptative strategy for insect parasitoids. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 35, p. 59-79, 1990.

VINSON, S.B. Host selection by insect parasitoid. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 21, p. 109-133, 1976.
VINSON, S.B. The behaviour of parasitoids. In: KERKUT, G.A.; GILBERT, L.I. (Ed.). **Comprehensive insect physiology biochemistry and pharmacology.** New York: Pergamon, 1985. p 417-469.

VOLKOFF, N.; COLAZZA, S. Growth patterns of teratocytes in the immature stages of *Trissolcus basalis* (Woll.) (Hymenoptera: Scelionidae), an egg parasitoid of *Nezara viridula* (L.) (Heteroptera: Pentatomidae). **International Journal of Insect Morphology and Embryology**, Oxford, v. 21, p. 323-336, 1992.

WEBER, C.A.; SMILANICK, J.M.; EHLER, L.E.; ZALOM, F.G. Oviposition behavior and host discrimination in three Scelionid egg parasitoides of stink bugs. **Biological Control**, Orlando, v. 6, p. 245-252, 1996.

6 MODELO DINÂMICO PARA MULTIPARASITISMO POR *Telenomus podisi* E *Trissolcus basalis* (HYMENOPTERA: PLATYGASTRIDAE) SOBRE *Euschistus heros* (HEMIPTERA: PENTATOMIDAE)

Resumo

Neste capítulo foi apresentado um modelo matemático para avaliar o efeito do multiparasitismo sobre a dinâmica populacional de dois parasitoides, *Telenomus podisi* Ashmead, 1881 e *Trissolcus basalis* Wollaston, 1858, que exploram o mesmo hospedeiro, *Euschistus heros* (Fabricius, 1798). Foram feitas simulações em dois cenários, onde cada parasitoide foi observado no tocante ao melhor desempenho competitivo e também como espécie invasora ou residente na área. Apenas os valores de taxa de encontro, fecundidade limite dos parasitoides, e agregação da distribuição do parasitismo foram variados nas diferentes situações estudadas com o modelo. Independente da posição de residente (*P*) ou invasor (*Q*), o parasitoide *T. podisi* se manteve mais estável no sistema exibindo superioridade competitiva e deslocando *T. basalis*. *T. basalis* sempre se mostrou ser a espécie mais suscetível à exclusão. Na relação hospedeiro-parasitoides, a variação das taxas de encontro dos parasitoides (α) e a agregação da distribuição do parasitismo (k) foram os valores que influenciaram significativamente os cenários da dinâmica populacional das três espécies, no decorrer do tempo. Dependendo do espaço paramétrico utilizado para α e k , as duas espécies de parasitoides eram excluídas e o tamanho populacional do hospedeiro ultrapassava o nível de controle. Os resultados obtidos com as simulações sugerem que as espécies de parasitoides estudadas não coexistem sob as condições analisadas, indicando que a liberação conjunta dos inimigos naturais visando o controle biológico da praga alvo não seria recomendada.

Palavras-chave: Parasitoides de ovos; *Euchistus heros*; Multiparasitismo; Modelagem matemática

Abstract

In this chapter a mathematical model was presented to evaluate the multiparasitism effect on the population dynamics of two parasitoids, *Telenomus podisi* Ashmead, 1881 e *Trissolcus basalis* Wollaston, 1858, because they explore the same host *Euschistus heros* (Fabricius, 1798). Simulations have been performed taking into account two scenarios, in which each parasitoid was observed with respect to the best competitive performance and also as invader or resident species. Only attack rate, maximum fecundity and aggregation for parasitism distribution had their values changed to analyse the different scenarios investigated with the model. Regardless of condition, resident (*P)* or invader (*Q), T. podisi* showed more stability, exhibiting competitive superiority, displacing *T. basalis. T. basalis* was always more susceptible to exclusion than *T. podisi*. In host-parasitoid relationship the changes in attack rate by parasitoids (α) and clumped distribution parameter (k) significantly

influenced the population dynamics of the three involved species. Depending on the parametrical space used in *α* and *k*, the two species of parasitoids were excluded and the population size of the host exceeded the level of pest control. Our results suggest that the parasitoid species does not coexist, indicating that e simultaneous release of these natural enemies aiming the biological control is not recommended.

Keywords: Egg parasitoids; *Euchistus heros*; Multiparasitism; Mathematical modelling

6.1 Introdução

Dentre as pragas causadoras de dano na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) destaca-se o percevejo-marrom *E. heros,* conhecido por causar sérios prejuízos às plantas pela sucção de seiva dos ramos, hastes ou vagens. (COSTA; BORGES; VILELA, 1998; PANIZZI, 2015). A forma de controle predominante sobre esta espécie é ainda o uso de inseticidas (BUENO et al., 2013). Visando a redução do uso de produtos químicos de toxicidade em áreas de cultivo da soja, o uso de agentes de controle biológico, particularmente parasitoides, vem sendo recomendado (PARRA et al., 2002). Em especial, o uso de dois inimigos naturais, *T. podisi* e *T. basalis*, tem sido investigado pelo bom potencial que apresentam para o controle biológico não somente de *E. heros,* mas também do complexo de percevejos da soja (FOERSTER; QUEIRÓZ, 1990; CORRÊA-FERREIRA; MOSCARDI, 1995; CORRÊA-FERREIRA, 2002).

Dentre as ferramentas capazes de auxiliar na escolha dos atributos biológicos importantes para traçar o perfil ideal de um agente controlador estão os modelos matemáticos, sobretudo os que enfatizam táticas de controle e descrevem comportamentos populacionais decorrentes da interação trófica entre praga e inimigo natural (MILLS; GETZ, 1996). A complexidade de assembléias ecológicas (grupo de espécies que se relaciona estritamente) tem importantes implicações para a dinâmica populacional e de persistência em populações de insetos a ponto de desencadear debates sobre a estabilidade de sistemas ecológicos (MAY, 1973; McCANN; HASTINGS; HUXEL, 1998). Experimentos laboratoriais têm trazido importantes informações sobre aspectos ecológicos essenciais para a dinâmica de interações entre as espécies, já que são capazes de estabelecer microcosmos, reproduzindo os principais eventos ecológicos inerentes dos sistemas interativos (DESHARNAIS, 2005). Fenômenos de natureza não linear têm inspirado a utilização

de modelos populacionais para a melhor descrição de processos interativos (CUSHING et al., 2003; DESHARNAIS et al., 2005; UNDERWOOD, 2010).

As interações tróficas, experimentalmente investigadas ou analisadas com ferramentas matemáticas, consistem eventos importantes em vários grupos de insetos, sobretudo nos sistemas em que há diferentes tipos de interações capazes de influenciar a dinâmica das espécies. A combinação entre experimentos bem delineados e a implementação de metodologia analítica através de modelagem ecológica pode trazer importantes subsídios para fundamentar decisões em programas de controle biológico e de manejo integrado de pragas (LIMA; FERREIRA; GODOY, 2009).

Em sistemas em que dois parasitoides podem explorar o mesmo hospedeiro, pode ocorrer interação competitiva na qual uma das espécies pode excluir a outra (HASSEL, 1986), ou mesmo pode haver compartilhamento dos recursos, facilitando a coexistência entre tais espécies (SCHOENER, 1974; DURANT, 1998). Uma das formas de competição que merece destaque é o multiparasitismo. Neste tipo de interação, duas ou mais espécies de parasitoides atacam o mesmo hospedeiro possibilitando a ocorrência de competição dentro dele. Quando o hospedeiro tem recursos suficientes para o desenvolvimento das duas espécies e a concorrência entre elas permite a coocorrência, ambos os parasitoides emergem. Esta não é uma situação frequente, pois na maioria das vezes ocorre a morte de um dos competidores, ou até mesmo dos dois competidores (GODFRAY, 1994; QUICKE, 1997). Os mecanismos que explicam a coexistência ou deslocamento entre parasitoides podem ser muito úteis para a aplicação em programas de controle biológico (SORRIBAS; RODRÍGUEZ; GARCIA-MARI, 2010).

A realização de estudos que permitam avaliar a dinâmica de interações envolvendo parasitoides propensos ao multiparasitismo, vem recebendo nos últimos anos crescente interesse (AMARASEKARE, 2000; GRILLENBERGER et al. 2009; HACKETT-JONES; COBBOLD; WHITE, 2009; VAN NOUHUYS; PUNJU, 2010; QUICKE, 2014; MUŞTU; KILINÇER, 2015). Entre espécies consideradas com bom potencial para o controle de pragas nas diferentes culturas, a combinação experimental com a modelagem matemática pode trazer benefícios para a compreensão dos processos ecológicos envolvidos nas interações tróficas (FERREIRA; GODOY, 2014). Portanto, a ideia de empregar modelagem neste estudo está associada à necessidade de avaliar o efeito do multiparasitismo sobre a

dinâmica populacional de dois parasitoides que exploram o mesmo hospedeiro. Assim, o objetivo deste estudo foi organizar as bases ecológicas que fundamentam a relação trófica entre praga e inimigos naturais, propondo um modelo matemático capaz de simular o efeito do multiparasitismo sobre a dinâmica hospedeiro-parasitóide, tendo como motivação o percevejo da soja e seus parasitoides.

6.2 Material e métodos

Um modelo matemático foi proposto para descrever a dinâmica populacional de duas espécies de parasitoides que competem por ovos do hospedeiro, com base no formalismo desenvolvido por May e Hassel (1981), que assume a relação trófica fundamentada na resposta funcional tipo II dos parasitoides (HOLLING, 1959). O modelo apresentado permite explorar situações observadas nos experimentos descritos nos capítulos anteriores. A estrutura do modelo prevê a participação de uma espécie de parasitoide *P* que apresenta melhor desempenho como competidor que a espécie *Q*, que representa o parasitoide com pior desempenho como competidor.

O modelo apresentado não considera de forma explicita a competição larval entre parasitoides em um mesmo ovo. Entretanto, de maneira indireta, a competição entre imaturos de parasitoides foi levada em conta pelo tamanho populacional da prole dos inimigos naturais (P_{t+1} e Q_{t+1}). Para o presente cenário, a prole do parasitoide *Q* somente sobrevive em hospedeiros que não foram atacados por *P*. Embora os resultados dos experimentos indiquem altas taxas de parasitismo em ovos já parasitados, foi observado que a espécie que emerge em maior quantidade é sempre a primeira que explorou o hospedeiro. Na natureza, entretanto, deve-se assumir que a coexistência das espécies *P* e *Q* se dá quando *Q* encontra ovos não parasitados para a sobrevivência de sua prole.

6.2.1 Descrição geral do Modelo Multiparasitismo e Competição pelo hospedeiro

A interação hospedeiro–parasitoides é dada por um sistema de equações de diferença (Equação 1), portanto, definida por gerações discretas:

$$\begin{aligned} H_{t+1} &= H_t g(H_t) f_P(\varepsilon_{P,t}) f_Q(\varepsilon_{Q,t}) \\ P_{t+1} &= c_P H_t [1 - f_P(\varepsilon_{P,t})] \\ Q_{t+1} &= c_Q H_t f_p(\varepsilon_{P,t}) [1 - f_Q(\varepsilon_{Q,t})] \ , \end{aligned} \qquad (1),$$

onde H_t, representa a população de hospedeiros, P_t e Q_t fêmeas dos parasitoides de duas espécies distintas no tempo t , sendo que P_t determina a população de parasitoides com melhor desempenho competitivo, $\varepsilon_{P,t}= (H_t,P_t)$ e $\varepsilon_{Q,t}= (H_t,Q_t)$ as funções para taxa de encontro entre parasitoide e hospedeiro, $f_P(\varepsilon_{P,t})$ e $f_Q(\varepsilon_{Q,t})$ as funções de escape (proporção de hospedeiros que escapam do ataque das populações de parasitoides *P* e *Q*, respectivamente) e $g(H_t)$ a função para a taxa de crescimento *per capita* da população de hospedeiros. As constantes c_p e c_Q são definidas como número médio de fêmeas dos parasitoides *P* e *Q* que emergem de cada hospedeiro atacado.

Com a Equação (2), a dimensão da dependência da densidade no crescimento da população de hospedeiros, $g(H_t)$ passa a ser considerada no sistema na forma:

$$g(H) = exp\left\lfloor r\left(1 - \frac{H}{K}\right)\right\rfloor \ \text{(r>0, K>0)} \qquad (2),$$

onde $r= ln\lambda$, é a taxa intrínseca de crescimento populacional e *K* é a capacidade suporte.

A função de escape do parasitismo pelos hospedeiros (Equação 3) leva em conta o processo de agregação intrínseca do parasitismo, dado pela distribuição binomial negativa:

$$f_P(\varepsilon_{P,t}) = \left(1 + \frac{\varepsilon_{P,t}}{k_P}\right)^{-k_P} \qquad (3),$$

$$f_Q(\varepsilon_{Q,t}) = \left(1 + \frac{\varepsilon_{Q,t}}{k_Q}\right)^{-k_Q}$$

onde k_P e k_Q são os parâmetros que definem o grau de agregação da distribuição do parasitismo na população de hospedeiros, com maior nível de agregação quando k_P ou $k_Q \rightarrow 0$ e tornando-se aleatória quando k_P ou $k_Q \rightarrow \propto$. $\varepsilon_{P,t}$ e $\varepsilon_{Q,t}$ são as taxas médias de encontro.

A resposta funcional do tipo II é descrita por:

$$\varepsilon_P = \frac{\alpha_P \beta_P P}{\beta_P + \alpha_P H} \qquad (4),$$

$$\varepsilon_Q = \frac{\alpha_Q \beta_Q Q}{\beta_Q + \alpha_Q H}$$

onde α_P e α_Q são as taxas máximas de encontro e β_P e β_Q são parâmetros que indicam a fecundidade das fêmeas dos parasitoides *P* e *Q*, respectivamente.

6.2.2 Simulações

Os valores atribuídos aos parâmetros foram escolhidos de forma a melhor representar o sistema de interações *E. heros – T. basalis* X *T. podisi,* garantindo a sustentabilidade populacional a partir de análise de sensibilidade dos parâmetros das equações, que determinou a visualização dos cenários envolvidos nas simulações computacionais. A inserção dos valores dos parâmetros foi fundamentada nos resultados obtidos nos experimentos de capítulos anteriores e também na literatura (LANE; MARY; GETZ, 2005; LAUMANN et al., 2008; CORRÊA-FERREIRA, 2012; MENDOZA; ROCHA; PARRA, 2016).

As simulações numéricas tiveram como objetivo analisar a habilidade de cada espécie parasitoide para invadir o local em que a outra espécie parasitoide já estivesse presente. Nas simulações os valores da taxa de encontro (α_P e α_Q) foram

0,1 ou 0,01 para *T. podisi* e 0,1 ou 0,009 para *T. basalis*. A fecundidade (limitação de ovos, β_P e β_Q) foi 58 para *T. podisi* e 100 para *T. basalis* e o parâmetro de agregação determinante da distribuição do parasitismo (k_P e k_Q) variou entre 0,25 ou 0,75 para ambos os parasitoides. Os demais parâmetros permaneceram fixos (Tabelas 1 e 2). As populações de parasitoides residentes foram identificadas pelo subscrito *P* e as invasoras pelo subscrito *Q*.

As simulações foram analisadas para dois cenários:

- Cenário 1: *T. podisi* = parasitoide P, e *T. basalis* = parasitoide Q. Dessa maneira, *T. basalis* foi considerada a espécie parasitoide que invadia o local já ocupado por *T. podisi.* Representado com os valores da tabela 1.
- Cenário 2: *T. basalis* = parasitoide P, e *T.* podisi = parasitoides Q. Dessa maneira, *T. podisi* foi considerada a espécie parasitoide que invadia o local já ocupado por *T. basalis*. Representado com os valores da tabela 2.

Tabela 1 – Parâmetros e valores usados nas simulações em que *T. podisi* era a espécie *P* e *T. basalis* a espécie *Q* (Cenário 1)

Parâmetros	**Valores***	**Significado**
H_0	500	Tamanho populacional inicial de hospedeiros
P_0	50	Tamanho populacional inicial de fêmeas dos parasitoides *P*
Q_0	140	Tamanho populacional inicial de fêmeas dos parasitoides *Q*
r	0,076	Taxa intrínseca de crescimento populacional da população de hospedeiros
K	1000	Capacidade suporte para hospedeiros
α_P	0,01; 0,1	Máxima taxa de encontro das fêmeas dos parasitoides *P*
α_Q	0,009; 0,1	Máxima taxa de encontro das fêmeas dos parasitoides *Q*
β_P	58	Fecundidade dos parasitoides *P*
β_Q	100	Fecundidade dos parasitoides *Q*
k_P	0,25; 0,75	Parâmetro de agregação para fêmeas dos parasitoides *P*
k_Q	0,25; 0,75	Parâmetro de agregação para fêmeas dos parasitoides *Q*
c_P	0,79	Sobrevivência e razão sexual de parasitoides *P*
c_Q	0,58	Sobrevivência e razão sexual de parasitoides *Q*

* Magnitudes de valores de parâmetros sujeitas à variação durante as simulações por conta dos cenários investigados. A duplicidade de valores que aparecem nos parâmetros α e k se deu para permitir simulações considerando maior ou menor taxa de encontro e maior ou menor agregação, respectivamente.

Tabela 2 – Parâmetros e valores usados nas simulações em que *T. basalis* era a espécie *P* e *T. podisi* a espécie *Q* (Cenário 2)

Parâmetros	Valores*	Significado
H_0	500	Tamanho populacional inicial de hospedeiros
P_0	50	Tamanho populacional inicial de fêmeas dos parasitoides *P*
Q_0	100	Tamanho populacional inicial de fêmeas dos parasitoides *Q*
r	0,076	Taxa intrínseca de crescimento populacional da população de hospedeiros
K	1000	Capacidade suporte para hospedeiros
α_P	0,009; 0,1	Máxima taxa de encontro das fêmeas dos parasitoides *P*
α_Q	0,01; 0,1	Máxima taxa de encontro das fêmeas dos parasitoides *Q*
β_P	100	Fecundidade dos parasitoides *P*
β_Q	58	Fecundidade dos parasitoides *Q*
k_P	0,25; 0,75	Parâmetro de agregação para fêmeas dos parasitoides *P*
k_Q	0,25; 0,75	Parâmetro de agregação para fêmeas dos parasitoides *Q*
c_P	0,58	Sobrevivência e razão sexual de parasitoides *P*
c_Q	0,79	Sobrevivência e razão sexual de parasitoides *Q*

* Magnitudes de valores de parâmetros sujeitas à variação durante as simulações por conta dos cenários investigados. A duplicidade de valores que aparecem nos parâmetros α e k se deu para permitir simulações considerando maior ou menor taxa de encontro e maior ou menor agregação, respectivamente.

O tamanho inicial da população e a capacidade suporte do hospedeiro foram estimados baseando-se no método de amostragem de percevejos com pano de batida 1x1 m² nas lavouras de soja (CORRÊA-FERREIRA; PANIZZI; MOSCARDI, 1999; CORRÊA-FERREIRA, 2012). Levando-se em conta que conceitualmente, em programas de manejo integrado de pragas os parasitoides são liberados quando a população do inseto-praga atinge o nível de controle, nas simulações deste estudo foi considerado que a população inicial dos percevejos (H_0) já era igual ao nível de controle. Para facilitar a visualização dos cenários simulados, os valores foram reduzidos para uma escala dez vezes menor.

Considerando os valores populacionais do percevejo, os dados para tamanho populacional dos parasitoides também foram estimados com a relação entre número médio de ovos que as fêmeas de percevejo ovipositam por postura (PANIZZI; BUENO; SILVA, 2012). Com isso foi possível estimar quantos parasitoides seriam necessários para parasitá–los (estimativa baseada nas informações dos capítulos anteriores). Os dados sempre foram estimados buscando deixar os cenários mais

próximos da realidade. A taxa de crescimento (*r)* do hospedeiro utilizada foi baseada em Mendoza; Rocha; Parra (2016).

Os valores médios de fecundidade e razão sexual dos parasitoides foram também obtidos a partir dos experimentos realizados nos capítulos anteriores. A taxa de encontro dos parasitoides foi estimada a partir da literatura (LANE; MARY; GETZ, 2005). O valor de 0,009 para *T. basalis* foi baseado especificamente em Laumann et al. (2008). Os valores para o parâmetro de agregação foram atribuídos para simular parasitismo com agregação baixa e moderada nos cenários observados.

A programação e as simulações foram todas feitas no programa RStudio (R CORE TEAM, 2014).

6.3 Resultados

- **CENÁRIO 1:** *T. podisi* = parasitoide P, e *T. basalis* = parasitoide Q. *T. basalis* invadindo a área já ocupada por *T. podisi.*

Assumindo α_P=0,01, α_Q=0,009 (taxa de encontro); β_P=58, β_Q=100 (limites da fecundidade); k_P=0,25, k_Q=0,25 (parâmetro de agregação da distribuição do parasitismo), observou-se que *T. podisi* se mantém em baixa densidade e *T. basalis* é excluído no decorrer do tempo. As populações de *T. podisi* e de *E. heros* exibem ligeira sincronia, e o parasitoide mantém a praga sob controle, graficamente abaixo da linha pontilhada. (Figura 1). *T. podisi*, sendo a espécie *P*, é tida como residente e melhor competidora. As populações iniciais do hospedeiro, do parasitoide *P* e do parasitoide *Q* foram 500, 50 e 140, respectivamente.

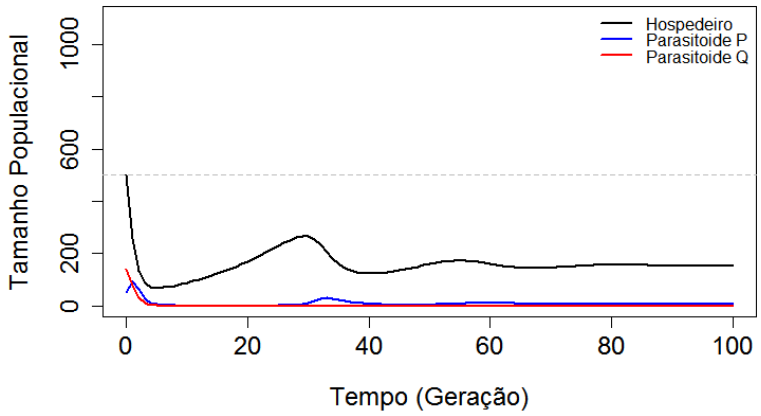

Figura 1 - Dinâmica populacional de *E. heros* (hospedeiro), *T. podisi* (*P*) e *T. basalis* (*Q*). (--------) Nível de controle da praga

Ao variar as taxas de encontro dos parasitoides *P* e *Q*, a espécie que apresentou maior taxa, ou seja, α=0,1, manteve-se próxima a zero e foi suficientemente hábil para garantir à população do hospedeiro baixa densidade e estabilização. Já a outra espécie, com menor taxa de encontro, foi excluída (Figura 2A e 2B). Quando as duas espécies de parasitoides exibiam altas taxas de encontro (0,1), nenhuma delas conseguia se manter no sistema ao longo do tempo, possibilitando assim um aumento no tamanho populacional do hospedeiro, de forma a permitir que atingisse valores acima do nível de controle (Figura 2C).

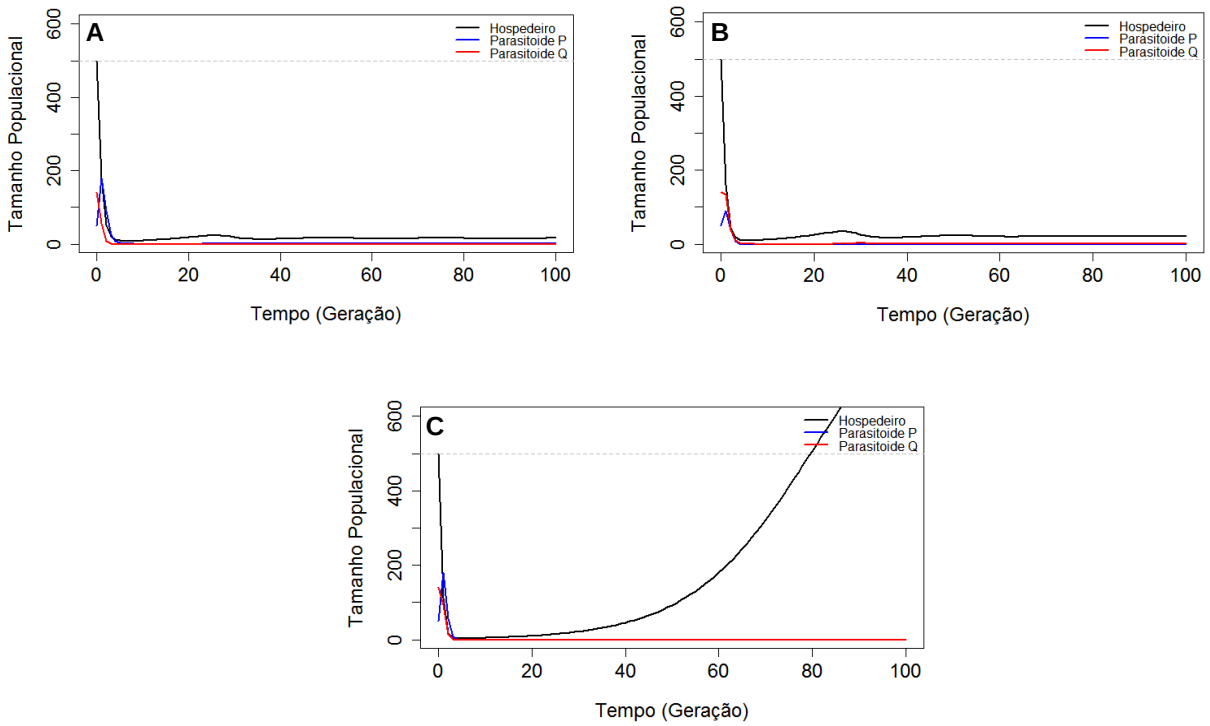

Figura 2 - Dinâmica populacional de *E. heros* (hospedeiro), *T. podisi* (*P*) e *T. basalis* (*Q*) no decorrer do tempo. (--------) Nível de controle da praga. **A** – *T. podisi* (*P*) com α_P=0,1; e o α_Q=0,009. **B** – *T. basalis* (*Q*) com α_Q=0,1; e o α_P=0,01. **C** – Os dois parasitoides tendo a taxa de encontro igual a 0,1 (α_P=0,1; α_Q=0,1).

Nas simulações em que foi variado o parâmetro de agregação da distribuição do parasitismo (k_P ou k_Q), ficou evidente que se uma das espécies de parasitoides, ou as duas, apresentarem k = 0,75, ambas não se mantém no sistema, e consequentemente, o hospedeiro (*E. heros*) ultrapassará o nível de controle (Figura 3A, B e C).

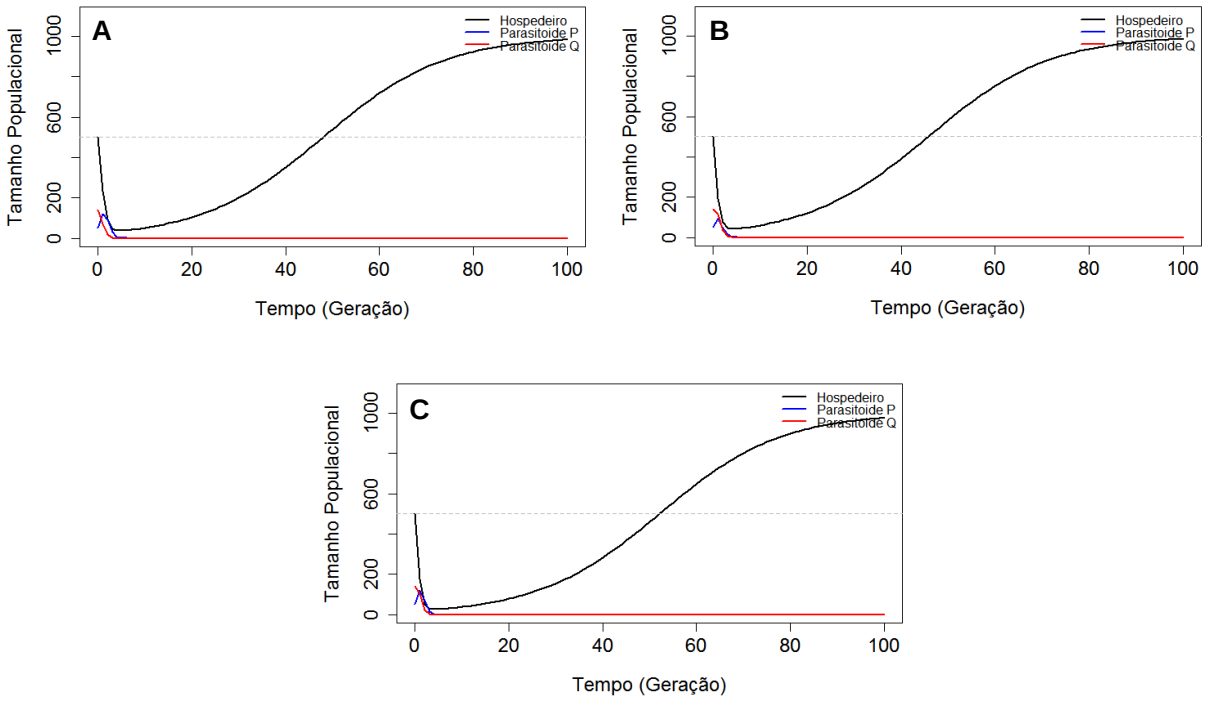

Figura 3 - Dinâmica populacional de *E. heros* (hospedeiro), *T. podisi* (*P*) e *T. basalis* (*Q*) no decorrer do tempo. (--------) Nível de controle da praga. **A** – *T. podisi* (*P*) com k_P=0,75; e o k_Q=0,25. **B** – *T. basalis* (*Q*) com k_Q=0,75; e o k_P=0,25. **C** – Os dois parasitoides apresentando o parâmetro de agregação da distribuição do parasitismo igual a 0,75 (k_P=0,75 e k_Q=0,75).

- **CENÁRIO 2:** *T. basalis* = parasitoide P, e *T. podisi* = parasitoide Q. *T. podisi* invadindo a área já ocupada por *T. basalis.*

Com *T. basalis* residente e espécie com melhor desempenho competitivo, foram assumidos os seguintes valores para a simulação: α_P=0,009, α_Q=0,01 (taxa de encontro); β_P=100, β_Q=58 (limites da fecundidade); k_P=0,25, k_Q=0,25 (parâmetro de agregação da distribuição do parasitismo). As populações iniciais do hospedeiro, do parasitoide *P* e do parasitoide *Q* foram 500, 50 e 100, respectivamente.

Com esta situação, foi observado que a população de *T. basalis* (*P*) atingiu o valor 0 no decorrer do tempo e *T. podisi* (*Q*), apesar de estar sendo considerada a espécie com habilidade competitiva inferior, foi hábil para continuar no sistema trófico e manter a população do hospedeiro sob controle (Figura 4).

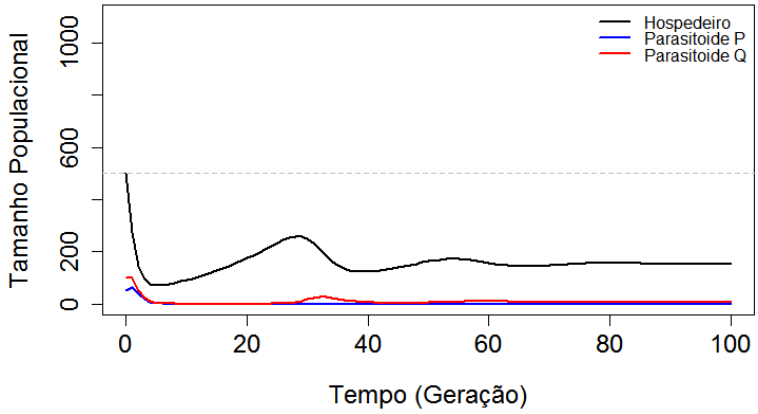

Figura 4 - Dinâmica populacional de *E. heros* (hospedeiro), *T. basalis* (*P*) e *T. podisi* (*Q*). (--------) Nível de controle da praga

Neste cenário, também foi observado que ao variar as taxas de encontro dos parasitoides *P* e *Q*, a espécie que apresentou maior taxa de encontro (α=0,1), sempre manteve a população em densidade próxima a zero, mas suficiente para garantir que a população do hospedeiro estivesse baixa e estabilizada. Já a outra espécie, com menor taxa de encontro, foi excluída (Figura 5A e 5B). Quando a taxa de encontro foi 0,1 para ambas as espécies, nenhum dos parasitoides conseguiu se manter no sistema no decorrer do tempo, e a população do hospedeiro ultrapassou o nível de controle (Figura 5C).

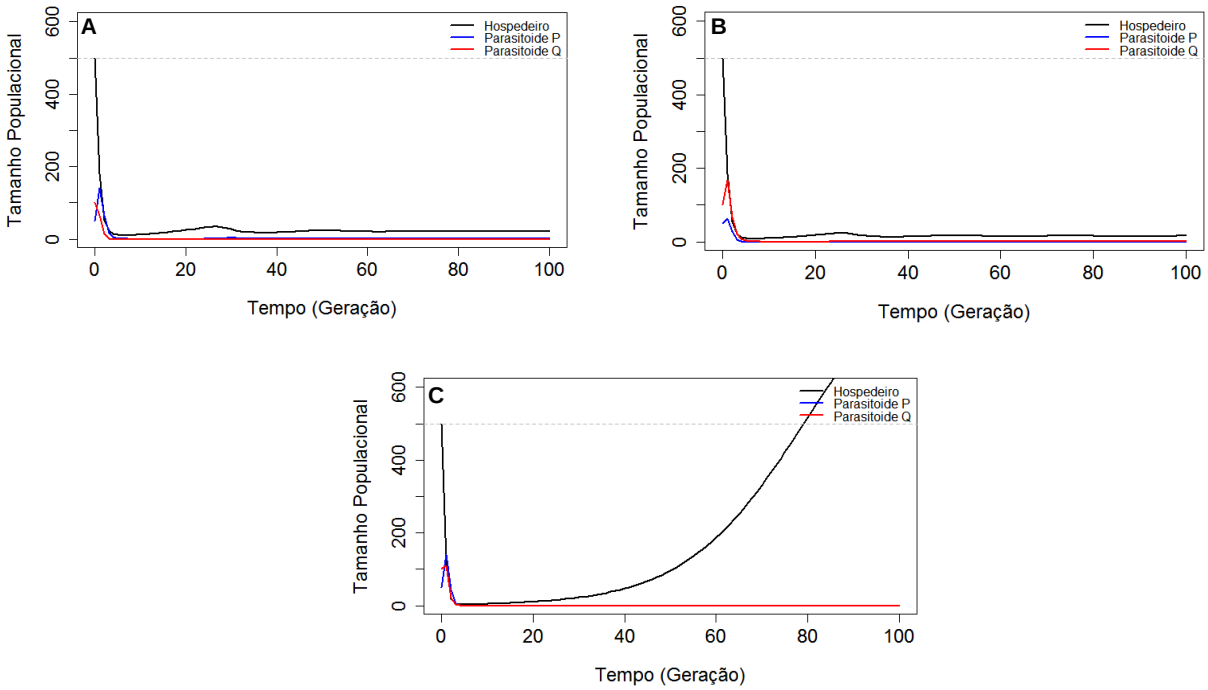

Figura 5 - Dinâmica populacional de *E. heros* (hospedeiro), *T. basalis* (*P*) e *T. podisi* (*Q*) no decorrer do tempo. (--------) Nível de controle da praga. **A** – *T. basalis* (*P*) com α_P=0,1; e o α_Q=0,01. **B** – *T. podisi* (*Q*) com α_Q=0,1; e o α_P=0,009. **C** – Os dois parasitoides tendo a taxa de encontro igual a 0,1 (α_P=0,1; α_Q=0,1)

Foram feitas simulações também variando o parâmetro de agregação da distribuição do parasitismo (k_P ou k_Q), sendo observado que quando uma ou ambas as espécies de parasitoide (*P* ou *Q*) exibia k = 0,75, nenhum parasitoide se mantinha no sistema, e consequentemente, o hospedeiro (*E. heros*) ultrapassava o nível de controle (Figura 6A, 6B e 6C).

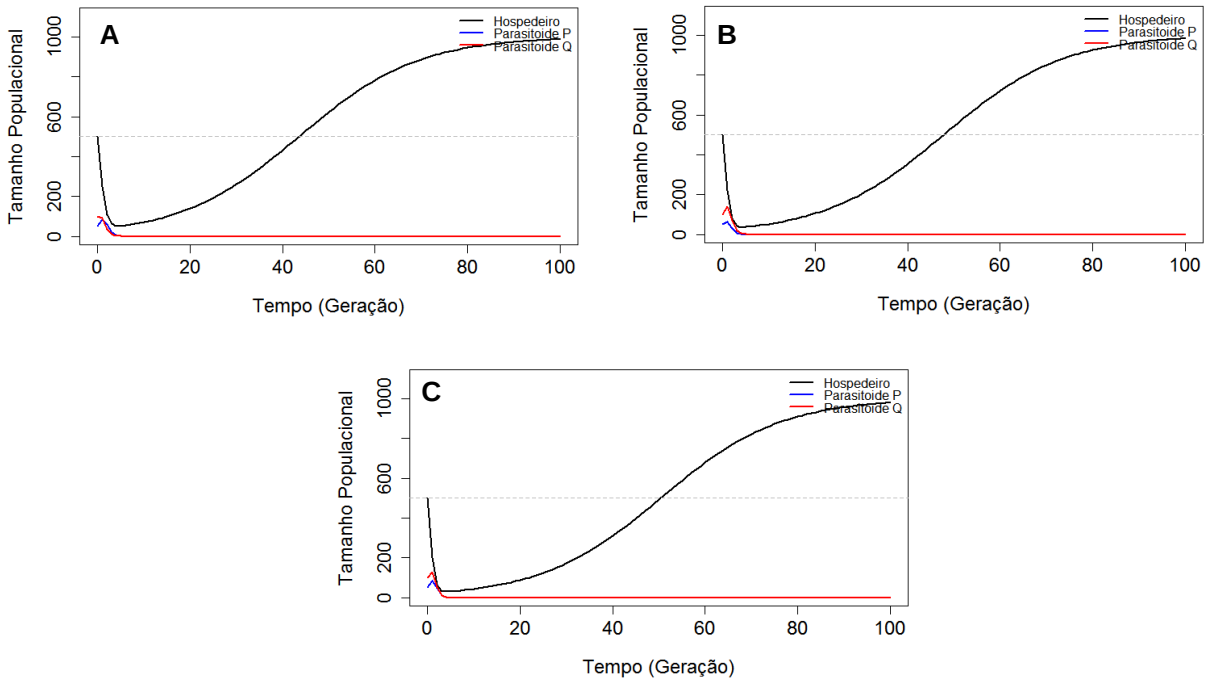

Figura 6 -Dinâmica populacional de *E. heros* (hospedeiro), *T. basalis* (*P*) e *T. podisi* (*Q*) no decorrer do tempo. (--------) Nível de controle da praga. **A** – *T. basalis* (*P*) com k_P=0,75; e o k_Q=0,25. **B** – *T. podisi* (*Q*) com k_Q=0,75; e o k_P=0,25. **C** – Os dois parasitoides com parâmetro de agregação da distribuição do parasitismo equivalente a 0,75 (k_P=0,75 e k_Q=0,75)

6.4 Discussão

Comparando os dois cenários (Figuras 1 e 4) percebe-se que, independente da posição de residente (*P*) ou invasor (*Q*), *T. podisi* se mantém em vantagem no sistema, deslocando *T. basalis*. Este resultado confirma o que foi observado nos experimentos de competição.

Apesar de ser comum, tanto a ocorrência de multiparasitismo (HUTSON; LAW, 1985) como a tolerância de mais que um parasitóide por hospedeiro (LANE; MARY; GETZ, 2005), os resultados do presente estudo sugerem que sob determinadas circunstâncias, as espécies de parasitoides podem não coexistir. O sucesso de coexistência parece depender da exploração de recursos em momentos diferentes, como por exemplo, a utilização de diferentes fases do ciclo de vida da população hospedeira pelos parasitoides (BRIGGS, 1993; BRIGGS; NISBET; MURDOCH, 1993)

LANE; MARY; GETZ (2005) postulam que quando um dos parasitoides tem a eficiência de busca e a fecundidade mais baixas que o outro, a susceptibilidade à exclusão por competição é maior. Porém, nas análises dos cenários 1 e 2, foi perceptível que tanto a fecundidade, como o tamanho inicial das populações de parasitoides não influenciaram o comportamento do sistema trófico avaliado. O que parece ser determinante nesta relação hospedeiro-parasitoides, seria a taxa de encontro dos parasitoides (α) e a agregação da distribuição do parasitismo (k). Os valores desses parâmetros foram efetivamente influentes sobre o sistema, determinando até mesmo o sucesso ou o fracasso da ação dos parasitoides em função da magnitude dos parâmetros.

Com base nos resultados do “modelo multiparasitismo e competição” aplicado ao sistema interativo *E. heros* – *T. podisi* X *T. basalis*, não seria recomendada a liberação conjunta das duas espécies, já que os parasitoides parecem explorar os recursos de forma muito similar. Além disso, tanto os resultados advindos de experimentação como de simulações computacionais indicam que *T. podisi* tende a excluir *T. basalis*.

6.5 Conclusão

O parasitismo simultâneo por *T. podisi* e *T. basalis* sobre *E. heros* não permite a coexistência das duas espécies de parasitoides, levando à conclusão de que *T. podisi* seria melhor indicado para o controle de *E. heros* por seu bom desempenho sobre o hospedeiro e sua superioridade competitiva se comparado a *T. basalis.*

Referências

AMARASEKARE, P. Spatial dynamics in a host-multiparasitoid community. **Journal of Animal Ecology**, Oxford, v. 69, p. 201-213, 2000.

BRIGGS, C.J. Competition among parasitoid species on a stage-structured host and its effect on host suppression. **The American Naturalist**, Chicago, v. 141, p. 372–397, 1993.

BRIGGS, C.J.; NISBET, R.M.; MURDOCH, W.W. Coexistence of competing parasitoid species on a host with a variable life cycle. **Theoretical Population Biology**, New York, v. 44, p. 341–373, 1993.

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

CORRÊA-FERREIRA, B.S. *Trissolcus basalis* para o controle de percevejos da soja. In: PARRA, J.R.P.; BOTELHO, P.S.M.; CORRÊA-FERREIRA, BS.; BENTO, J.M. S (Ed.). **Controle Biológico no Brasil**: parasitóides e predadores. São Paulo: Manole, 2002. p. 449-476.

CORRÊA-FERREIRA, B.S. Amostragem de pragas da soja. In: HOFFMANN-CAMPO, C.B.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; MOSCARDI, F. (Ed.). **Soja**: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga. Brasília, Embrapa, 2012. p. 631-672.

CORRÊA-FERREIRA, B.S.; MOSCARDI, F. Seasonal occurrence and host spectrum of egg parasitoids associated with soybean stink bugs. **Biological Control**, Orlando, v. 5, p. 196-202, 1995

CORRÊA-FERREIRA, B.S.; PANIZZI, A.R.; MOSCARDI, F. Uso da amostragem para o monitoramento de percevejos na cultura da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA,1999. Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, 1999. p. 322.

COSTA, M.L.M.; BORGES, M.; VILELA, E.F. Biologia reprodutiva de *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 27, p. 559-568, 1998.

CUSHING, J.M.; COSTANTINO, R.F.; DENNIS, B.; DESHARNAIS, R.A.; HENSON, S.M. **Chaos in ecology**. Amsterdam: Academic Press, 2003. 225p.

DESHARNAIS, R.A. **Advances in ecological research**: population dynamics and laboratory ecology. Amsterdam: Elsevier, 2005. 374p.

DESHARNAIS, R.A.; EDMUNDS, J.; COSTANTINO, R.F.; HENSON, S.M. Species competition: uncertainty on a double invariant loop. **Journal of Difference Equations and Applications**, Basel, v. 11, p. 311–325, 2005.

DURANT, S.M. Competition refuges and coexistence: an example from Serengeti carnivores. **Journal of Animal Ecology**, Oxford, v. 67, p. 370–386, 1998.

FERREIRA, C.P.; GODOY, W.A.C. **Ecological Modelling Applied to Entomology**. Switzerland: Springer, 2014. 262p.

FOERSTER, L.A.; QUEIRÓZ, J.M. Incidência natural de parasitismo em ovos de pentatomídeos da soja no Centro-Sul do Paraná. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 19, p. 221-232, 1990.

GODFRAY, H.C.J. **Parasitoids**: Behavioral and Evolutionary Ecology. Princeton: Princeton University Press, 1994. 473p.

GRILLENBERGER, B.K., ZANDE, L.V.Z., BIJLSMA R.; GADAU, J.; BEUKEBOOM, L.W. Reproductive strategies under multiparasitism in natural populations of the parasitoid wasp *Nasonia* (Hymenoptera). **Journal of Evolutionary Biology**, Basel, v. 22, p. 460-470, 2009.

HACKETT-JONES, E.; COBBOLD, C.; WHITE, A. Coexistence of multiple parasitoids on a single host due to differences in parasitoid phenology. **Theoretical Ecology**, Heidelberg, v. 2, p. 19–31, 2009.

HASSELL, M.P. Parasitoids and population regulation. In: WAAGE, J; GREATHEAD, D. (Ed.). **Insect parasitoids**. London: Academic Press, 1986. p. 201-224.

HUTSON, V.; LAW, R. Permanent coexistence in general models of three interacting species. **Journal of Mathematical Biology**, New York, v. 21, p. 285–298, 1985.

LANE, S.D.; St. MARY, C.M.; GETZ, W.M. Coexistence of attack-limited parasitoids sequentially exploiting the same resource and its implications for biological control. **Annales Zoologici Fennici**, Helsinki, v. 42, p. 1-18, 2005.

LAUMANN, R.A.; MORAES, M.C.B.; PAREJA, M.; BOTELHO, A.C.; MAIA, A.N. A.; LEONARDECZ E.; BORGES, M. Comparative biology and functional response of*Trissolcus* spp. (Hymenoptera: Scelionidae) and implications for stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) biological control. **Biological Control**, Orlando, v.44, p. 32-41, 2008.

LIMA, E.A.B.F.; FERREIRA, C.P.; GODOY, W.A.C. Ecological modeling and pest population management: a possible and necessary conection in a changing world. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 38, p. 699-707, 2009.

MAY, R.M. Stability in randomly fluctuating versus deterministic environments. **The American Naturalist**, Chicago, v. 107, p. 621-650, 1973.

McCANN, K.; HASTINGS, A.; HUXEL, G.R. Weak trophic interactions and the balance of nature. **Nature**, New York, v. 395, p. 794–798, 1998.

MENDOZA, A.C.; ROCHA, A.C.P. da; PARRA, J.R.P. Lyophilized artificial diet for rearing the Neotropical brown stink bug *Euschistus heros*. **Journal of Insect Science**, Lanham, 2016. In press.

MILLS, N.J.; GETZ, W.M. Modelling the biological control of insect pests: A review of host-parasitoid models. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v. 92, p. 121–143, 1996.

MUŞTU, M.; KILINÇER, N. Interspecific competition between *Anagyrus pseudococci* and *Leptomastix dactylopii*, parasitoids of the vine mealybug *Planococcus ficus*. **BioControl**, Dordrecht, v. 60, p. 485-493, 2015.

PANIZZI, A.R. Growing problems with stink bugs (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae): species invasive to the U.S. and potential neotropical invaders. **American Entomologist**, Lanham, v. 61, p. 223-233, 2015.

PANIZZI, A.R.; BUENO, A.F.; SILVA, F.A.C. Insetos que atacam vagens e grãos. In: HOFFMANN-CAMPO, C.B.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; MOSCARDI, F. (Ed.). **Soja**: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga. Brasília:Embrapa, 2012. p. 335-420.

PARRA, J.R.P.; BOTELHO, P.S.M.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; BENTO, J.M.S. **Controle Biológico no Brasil**: parasitóides e predadores. São Paulo: Manole, 2002. 635p.

QUICKE, D.L.J. **Parasitic wasps***.* London: Chapman and Hall, 1997. 470p.

QUICKE, D.L.J. **The braconid and ichneumonid parasitoid wasps**: biology, systematics, evolution and ecology. Oxford: Wiley Blackwell, 2014. 704p.

R CORE TEAM. **R**: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2014. Disponível em: <http://www.R-project.org/. Acesso em: 30 jan. 2015.

SCHOENER, T.W. Resource partitioning in ecological communities. **Science**, Cambridge, v. 185, p. 27–38, 1974.

SORRIBAS, J.; RODRÍGUEZ, R.; GARCIA-MARI, F. Parasitoid competitive displacement and coexistence in citrus agroecosystems: linking species distribution with climate. **Ecological Applications**, Tempe, v. 20, p. 1101-1113, 2010.

UNDERWOOD, N. Density dependence in insect performance within individual plants: induced resistance to *Spodoptera exigua* in tomato. **Oikos**, Copenhagen, v. 119, n. 12, p. 1993-1999, 2010.

VAN NOUHUY, S.; PUNJU, E. Coexistence of competing parasitoids: which is the fugitive and where does it hide? **Oikos**, Copenhagen, v. 119, p. 61-70, 2010.