

MABIO CHRISLEY LACERDA

**ASSOCIAÇÃO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS, CULTIVARES
TRANSGÊNICAS DE SOJA TOLERANTES AO GLYPHOSATE E
ORGANISMOS NÃO ALVO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

**VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2008**

MABIO CHRISLEY LACERDA

**ASSOCIAÇÃO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS, CULTIVARES
TRANSGÊNICAS DE SOJA TOLERANTES AO GLYPHOSATE E
ORGANISMOS NÃO ALVO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 18 de agosto de 2008.

Prof. Dirceu Pratissoli

Dr. Alexander Machado Auad

Prof. Múcio da Silva Reis

Dr. José Milton Milagres Pereira
(Co-orientador)

Prof. José Cola Zanuncio
(Orientador)

“...em cada situação, a gente se volta a ponderar sobre uma interrogativa: quem foi que tomou a decisão que pôs em movimento estas cadeias de envenenamento, esta onda cada vez mais ampla de morte que se espalha, como círculos concêntricos formados quando uma pedra é atirada em lago tranqüilo? Quem foi que colocou, num dos pratos da balança, as folhas que podem ser comidas pelos insetos e, no outro, os montes estarrecedores de penas multicoloridas, restos inertes de pássaros que tombaram, por efeito dos pesticidas, de substâncias não seletivas? Quem foi que decidiu – quem que tem o direito de decidir – em nome de incontáveis legiões de pessoas que não são consultadas – que o valor supremo é um mundo sem insetos, ainda que vem a ser um mundo estéril, destituído da graça decorativa de uma asa encurvada, de um pássaro em vôo?...”

Rachel Carson, 1962. Primavera Silenciosa.

OFEREÇO

Aos meus pais

Eurípedes Oliveira Lacerda (*In memoriam*) e

Leonilda Urbano Lacerda

DEDICO

Aos irmãos

Leonardo

Cláudio

Elizabeth

Wagner

Sandra

Dinamar

Mara

Júlio Tadeu

Leandra

Cristiana

Sinara

Aline

À minha esposa Rosana.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força e perseverança nas adversidades encontradas.

À Universidade Federal de Viçosa pela oportunidade de realização do curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa concedida, sem a qual seria impossível o término deste curso.

Ao professor José Cola Zanuncio pela orientação e à comissão orientadora pelos ensinamentos e incentivos tão necessários ao bom desempenho e dedicação ao curso.

À minha família pela educação, carinho e compreensão e aos amigos que, mesmo à distância, sempre me apoiaram e incentivaram.

À Rosana, esposa sempre presente, pela paciência, ajuda e compreensão nas adversidades encontradas.

Aos colegas do Laboratório de Controle Biológico de Insetos: Alexandre, Aline, Ancidérton, Astolfo, Evaldo, Fabrício, Gabriel, Glauco, Gibran, Gilberto, Gustavo, João Paulo, José Milton, Marcus, Patrik, Raquel, Robson Pelúzio, Robson “Jr”, Rosenilson, Sheila, Sr. Moacir e aos estagiários pela amizade e companheirismo que, com certeza, muito me ajudaram nesta caminhada.

Às boas amizades feitas em Viçosa, cidade acolhedora, em especial aos amigos Marcos, Renata e Alice, Montanha e Família, Márcio e família, D. Maria, Digão, Reynaldo, Reginaldo, Rodrigo e demais amigos que serão inesquecíveis.

Aos amigos do “Bossa Place” Carla, Kátia, Rafael, Joseane, Simone, Luiz Cláudio, Luana e Alice pelos momentos “família” de descontração, troca de idéias e informações valiosas para realização desse trabalho.

A todos que, direta e indiretamente, contribuíram para a execução desta pesquisa.

BIOGRAFIA

MABIO CHRISLEY LACERDA, filho de Eurípedes Oliveira Lacerda (*In memorian*) e Leonilda Urbano Lacerda, nasceu em Castelândia, Goiás no dia 09 de dezembro de 1977.

Ingressou na Escola Agrotécnica Federal de Rio Verde (EAFRV) em 1994 concluindo o curso de Técnico em Agropecuária em 1996. Em 1997, foi contratado como técnico da Agropecuária MAEDA S/A onde trabalhou até julho de 1998.

Em 1999, iniciou o curso de Agronomia na Universidade Federal de Viçosa (UFV) em Viçosa, Minas Gerais, graduando-se em dezembro de 2003.

Em março de 2004, iniciou o curso de Mestrado em Fitotecnia (Área de Práticas Culturais) pela Universidade Federal de Viçosa (UFV) em Viçosa, Minas Gerais, defendendo a tese em 15 de fevereiro de 2006.

Em fevereiro de 2006, iniciou o curso de Doutorado em Fitotecnia pela Universidade Federal de Viçosa (UFV) em Viçosa, Minas Gerais, defendendo a tese em 18 de agosto de 2008.

CONTEÚDO

RESUMO	x
ABSTRACT	xii
INTRODUÇÃO	1
Culturas transgênicas e o controle de pragas	1
Compatibilidade de pesticidas e inimigos naturais	2
Subordem Heteroptera no controle biológico de insetos	3
Parasitóides e o controle biológico	4
Tabela de vida para avaliação de parâmetros reprodutivos	6
OBJETIVOS	7
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	7
CAPÍTULO I	16
Compatibilidade de três formulações comerciais de glyphosate e o controle biológico por <i>Podisus nigrispinus</i> (Heteroptera: Pentatomidae) em plantas de soja Roundup Ready®	16
Resumo	17

Introdução	19
Material e métodos.....	21
Resultados.....	24
Discussão	26
Agradecimentos	31
Referências Bibliográficas.....	45
CAPÍTULO II	52
Toxicidade de produtos fitossanitários a <i>Palmistichus elaeisis</i> (Hymenoptera: Eulophidae) em pupas de <i>Anticarsia gemmatalis</i> (Lepidoptera: Noctuidae)	52
Resumo	53
Introdução	55
Objetivos.....	58
Material e métodos.....	58
Resultados.....	63
Discussão	65
Conclusões.....	71
Agradecimentos	71
Referências bibliográficas.....	78
CAPÍTULO III.....	88
Parâmetros reprodutivos de <i>Palmistichus elaeisis</i> (Hymenoptera: Eulophidae) em pupas de <i>Anticarsia gemmatalis</i> (Lepidoptera: Noctuidae) de cultivares de soja transgênica	88
Resumo	89
Introdução	91
Material e Métodos	92

Resultados.....	94
Discussão	95
Agradecimentos	97
Referências bibliográficas.....	99
 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	 102

RESUMO

LACERDA, Mabio Chrisley, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2008. **Associação de produtos fitossanitários, cultivares transgênicas de soja tolerantes ao glyphosate e organismos não alvo.** Orientador: José Cola Zanuncio. Co-orientadores: Carlos Sigueyuki Sedyama, José Eduardo Serrão, José Milton Milagres Pereira e Teresinha Vinha Zanuncio.

Plantas geneticamente modificadas têm potencial para transformar a agricultura e o aumento das áreas com essas culturas atesta sua utilidade para o mercado. No entanto, os riscos à saúde humana, animal e ao meio ambiente devem ser avaliados. Aliado a isso, estudos que envolvem a seletividade de defensivos químicos a parasitóides e predadores contribuem para a escolha de produtos fitossanitários menos impactantes a inimigos naturais. Por isso, verificou-se a compatibilidade de Roundup Transorb®, Roundup Original® e Zapp Qi® nos parâmetros reprodutivos de *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) em plantas de soja, geneticamente modificadas, tolerantes ao glyphosate; avaliou-se cultivares de soja transgênica no desenvolvimento de *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSale (Hymenoptera: Eulophidae); e testou-se a toxicidade da formulação Roundup Ready® (glyphosate), do fungicida Folicur® (tebuconazole) e dos inseticidas Dimilin® (diflubenzuron), Certero® (triflumuron) e Malathion® (malathion) no desenvolvimento desse parasitóide. *Podisus nigrispinus* foi exposto através da contaminação de plantas com as formulações comerciais de

glyphosate e *P. elaeisis* pela exposição da dieta do hospedeiro com pesticidas ou pelo contato direto em pupas contaminadas. As formulações comerciais de glyphosate não afetaram o desenvolvimento, reprodução e dinâmica populacional de *P. nigrispinus* em soja transgênica tolerante ao glyphosate e, por isto, são compatíveis com o uso desse predador em soja RR em programas de Manejo Integrado de Pragas. O malathion causou mortalidade de *P. elaeisis* antes do parasitismo e, por isso, não se recomenda utilizá-lo no controle biológico com esse parasitóide. O herbicida glyphosate, o fungicida tebuconazole e o inseticida triflumuron podem ser recomendados para a cultura da soja em programas de controle biológico com *P. elaeisis*. O diflubenzuron reduziu a razão sexual desse parasitóide na segunda geração e seu uso deve ser direcionado a rotações de ingredientes ativos no manejo de pragas. O tipo de cultivar de soja transgênica, para alimentação do hospedeiro, não afetou, negativamente, os parâmetros reprodutivos de *P. elaeisis*, o qual pode ser utilizado nessas lavouras tolerantes ao glyphosate.

ABSTRACT

LACERDA, Mabio Chrisley, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, August, 2008. **Association of pesticides, transgenic soybean cultivars tolerant to glyphosate and non-target organisms.** Advisor: José Cola Zanuncio. Co-advisors: Carlos Sigueyuki Sedyama, José Eduardo Serrão, José Milton Milagres Pereira and Teresinha Vinha Zanuncio.

Genetically modified (GM) plants have potential to transform the agriculture. The increase of areas with these crops shows its importance, but their risks to human health, animal and the environment should be evaluated. Besides, studies with selectivity of chemical products to parasitoids and predators can allow the use of safer products on plant protection. Therefore, the compatibility of Transorb® Roundup, Roundup Original® and Zapp Qi® on reproductive parameters of the predator *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) was evaluated on GM soybean plants tolerance to glyphosate; the effect of the transgenic soybean cultivars on the development of *Palmistichus elaeisis* Delvare & Lasale (Hymenoptera: Eulophidae) was evaluated; and the toxicity of the Roundup Ready® (glyphosate), the fungicide Folicur® (tebuconazole) and the insecticide Dimilin® (diflubenzuron), Certero® (triflumuron) and Malathion® (malathion) on the development of this parasitoid was evaluated. *Podisus nigrispinus* was exposed through contamination of plants with the commercial formulations of glyphosate and *P. elaeisis* by exposure to diet of its host contaminated

with these pesticides or by direct contact with pupae contaminated. The commercial formulations of glyphosate did not affect the development, reproduction and population dynamics of *P. nigrispinus* on transgenic soybeans tolerant to glyphosate and, therefore, they are compatible with the use of this predator in programs of Pest Management on soybean RR. The Malathion caused high mortality of *P. elaeisis* before its parasitism and therefore they are recommended for biological control programs with this parasitoid. The herbicide glyphosate, the fungicide tebuconazole and the insecticide triflumuron can be recommended for biological control programs with *P. elaeisis* in soybean crops. The diflubenzuron reduced the sex ratio of this parasitoid in the second generation and it may be used only for rotations of active ingredients in pest management programs. The type of transgenic soybean cultivar to feed the host did not negatively affect the reproductive parameters of *P. elaeisis* and thus this parasitoid can be used in crops tolerant to glyphosate.

INTRODUÇÃO

Culturas transgênicas e o controle de pragas

Os transgênicos são uma realidade recente sem literatura consolidada sobre seus impactos (Frizzas, 2003; Lövei & Arpaia, 2005). A adoção de protocolos de precaução, rotulagem de produtos com advertência de possíveis riscos e de dispositivos e medidas para o estabelecimento de legislação, criação de normas técnicas e de procedimentos de avaliação de conformidade têm sido feitos visando regular e regulamentar o recurso aos transgênicos na sociedade (Araújo, 2001; Marinho & Minayo-Gomez, 2004).

Modificações genéticas de plantas têm potencial para transformar a agricultura e o aumento do número das plantações geneticamente modificadas atesta sua utilidade para o mercado (Frizzas, 2003; Shelton et al., 2002; O'Callaghan et al., 2005). No entanto, a imposição de moratória em vários países reflete ceticismo e preocupação do público sobre uma gama de assuntos sobre produtos geneticamente modificados, inclusive impactos no ambiente. Vários governos têm estabelecido órgãos reguladores para acompanhar o desenvolvimento desses organismos para fins comerciais e de pesquisa (O'Callaghan et al., 2005). Os argumentos contrários aos geneticamente modificados estão relacionados à saúde humana e animal e ao meio ambiente, bem como impactos econômicos negativos de sua liberação (Araújo, 2001; Mariconda & Ramos, 2003; Abud et al., 2003; Pilson & Prendeville, 2004).

No Brasil, estão liberadas para plantio comercial, as culturas geneticamente modificadas de milho, soja e algodão. Essas culturas possuem parasitóides e predadores, em sua entomofauna. Nas condições brasileiras, destacam-se espécies de percevejos dos gêneros *Podisus*, *Orius*, *Geocoris* e *Nabis*, espécies de coleópteros das famílias Coccinellidae e Carabidae, larvas de Syrphidae e Chrysopidae e espécies de vespas e aracnídeos (Gallo et al., 2002; Fontes et al., 2002).

Geralmente, os testes de campo visando avaliar a segurança de Organismos geneticamente modificados ao meio ambiente são de curta duração e em pequena escala (Christou, 2005; Lövei & Arpaia, 2005). Raramente, duram mais que um ciclo de crescimento, embora se reconheça que levariam anos para a maioria dos efeitos ambientais se tornarem aparentes. Por outro lado, os locais dos experimentos não reproduzem com precisão as condições reais das culturas em relação ao meio ambiente e seu pleno desenvolvimento (Pilson & Prendeville, 2004; Christou, 2005).

Compatibilidade de pesticidas e inimigos naturais

Estudos que envolvem a seletividade de produtos fitossanitários a parasitóides e predadores contribuem para a escolha de produtos menos impactantes (Batista Filho et al., 2003). O efeito do herbicida glyphosate tem sido estudado em organismos não alvo como anfíbios (Lajmanovich et al., 2003; Cauble & Wagner 2005; Relyea 2005), peixes (Everett & Dickerson 2003), microbiota do solo (Santos et al., 2004; Castro Jr et al., 2006; Malyt et al., 2006), microorganismos entomopatogênicos (Costa et al., 2004) e insetos (Center et al 1999; Giolo et al., 2005).

Os inseticidas reguladores de crescimento de insetos podem causar mortalidade e afetar a fecundidade de insetos (Perveen, 2008) e os organofosforados, normalmente, não possuem seletividade a organismos não alvo (Elzen, 2001).

A maioria dos estudos sobre toxicidade de produtos fitossanitários sobre organismos não alvo leva a conclusões contraditórias sobre a toxicidade e seletividade sobre tais organismos. Portanto, o efeito desses produtos a organismos não alvo deve ser melhor estudado devido à sua grande utilização na agricultura.

Subordem Heteroptera no controle biológico de insetos

As famílias Pentatomidae e Reduviidae, subordem Heteroptera, possuem predadores importantes para o controle biológico (De Bach & Rosen, 1991, Zanuncio et al., 1993, 1994, 2001) por se alimentarem de ovos e formas jovem e adulta de insetos.

Predadores Asopinae, Pentatomidae, podem requerer nutrientes de plantas para apresentarem maior sobrevivência e menor período de desenvolvimento (Moreira et al., 1995; 1996/1997, Zanuncio et al., 2000), porém não conseguem atingir sua fase reprodutiva, apenas, com plantas (Evangelista Júnior et al., 2004). O percevejo predador *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae), vem despertando a atenção para uso no MIP na soja (Matos Neto et al., 2002a,b) e algodão (Medeiros et al. 2003) e tem sido relatado em outras culturas como o tomate (Vivan et al. 2002) e eucalipto (Zanuncio et al. 1994). A melhoria da reprodução de *P. nigrispinus* tem sido mostrada com plantas de algodão + ervas daninhas (Evangelista Júnior et al., 2004), soja (Matos Neto et al., 2002b) e eucalipto (Zanuncio et al., 2000).

Parâmetros reprodutivos, como o número de posturas/fêmea, ovos/fêmea/dia, ovos/postura, viabilidade de ovos, períodos de pré-oviposição, oviposição e pós-oviposição além do intervalo entre posturas, longevidade de adultos e tabelas de fertilidade e de esperança de vida têm sido utilizados para se avaliar metodologias de criação de predadores (Moreira et al., 1995, Medeiros et al., 2000, 2003; Zanuncio et al., 2004).

Inimigos naturais estão passíveis de contato com inseticidas, fungicidas e herbicidas utilizados para controle de pragas e doenças em lavouras comerciais, mas devido aos efeitos letais e subletais dos produtos fitossanitários, recomenda-se aplicá-los, apenas, quando a praga atingir nível de dano econômico (Tillman, 2006). Estudos sobre efeitos de pesticidas a Pentatomidae predadores têm revelado compatibilidade de utilização de methoxyfenozide, spinosad e pyriproxyfen com *Picromerus bidens* L. (Heteroptera: Pentatomidae) (Mahdian et al., 2007), dos inseticidas pimezote e espinosade e os acaricidas dicofol e propargite com *P. nigrispinus* (Torres et al., 2002), além de efeito hormético de doses subletais de permetrina a *Supputius cincticeps* (Heteroptera: Pentatomidae) (Zanuncio et al., 2005), mostrando a compatibilidade dessa família a diferentes classes de pesticidas. No entanto, o inseticida piretróide gamma-cyhalothrin foi tóxico a *P. nigrispinus* (Pereira et al., 2005) e os inseticidas reguladores de crescimento novaluron apresentou toxicidade a *Podisus maculiventris* (Cutler et al., 2006) e o lufenuron reduziu a fecundidade e aumentou a mortalidade ninfal de *P. nigrispinus* (Evangelista Jr. et al., 2002). Por isso, estudos para avaliar a compatibilidade de produtos fitossanitários a inimigos naturais é importante para o MIP.

Parasitóides e o controle biológico

Os parasitóides são inimigos naturais de grande importância para o equilíbrio do agroecossistema pela sua diversidade e altos níveis de parasitismo sobre seus hospedeiros (Pereira & Zanuncio, 2005).

O parasitismo é utilizado no controle de pragas e inclui espécies do gênero *Trichogramma* para controlar grande variedade de lepidópteros pragas (Zucchi & Monteiro, 1997; Zago et al., 2006); parasitóides pupais para o controle populacional de mosca doméstica em aviários (Thomazini & Berti Filho, 2001); o parasitóide *Campoletis flavicincta* (Ashmead) (Hymenoptera: Ichneumonidae) contra *Spodoptera*

frugiperda (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em plantas de milho (Matos Neto et al., 2004); controle de pragas de grãos armazenados com *Bracon hebetor* Say, 1857, um ectoparasitóide larval de várias espécies de piralídeos (Magro & Parra, 2001); e o parasitóide pupal *Trichospilus diatraeae* Cherian & Margabandhu, 1942 (Hymenoptera: Eulophidae) em lepidópteros pragas (Paron & Berti Filho, 2000).

A família Eulophidae (Hymenoptera) possui muitas subdivisões e variada gama de vespas parasitóides (Gauthier et al., 2000). *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle, 1993 (Hymenoptera: Eulophidae) é um endoparasitóide generalista que inviabiliza pupas de lepidópteros e foi relatado em pupas de *Sabulodes* sp., *Thyrinteina arnobia* (Stoll, 1782) (Lepidoptera: Geometridae), *Anticarsia gemmatalis* Hübner, 1818, *Heliothis virescens* (Fabricius, 1781) e *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) (Bittencourt & Berti Filho, 1999, 2004a,b), *Bombix mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae), *Alabama argillacea* Hübner, 1818, *Pseudaletia sequax* Franclemont, 1951 (Lepidoptera: Noctuidae), *Dirphia moderata* Bouvier, 1929 (Lepidoptera: Saturniidae), *Thyrinteina leucoceraea* (Rindge, 1961) (Lepidoptera: Geometridae), *Halysidota pearsoni* Watson, 1980 (Lepidoptera: Arctiidae), *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae) (Pereira & Zanuncio, 2005; Pereira et al., 2008) e *Dione juno juno* (Cramer) (Lepidoptera: Nymphalidae) (Gil-Santana & Tavares, 2006).

P. elaeisis possui ampla diversidade de hospedeiros, alto grau de parasitismo e, por isto, tem grande potencial para controle biológico em programas de MIP. No entanto, esse parasitóide é susceptível a exposição por produtos fitossanitários nesses programas e a escolha de produtos menos impactantes é importante para seu pleno desenvolvimento.

Tabela de vida para avaliação de parâmetros reprodutivos

A medição de taxas de crescimento populacional de artrópodes com tabelas de vida e fertilidade, que sintetizam dados de sobrevivência e fertilidade de populações, têm sido utilizadas para estudar a dinâmica populacional de insetos (De Nardo et al., 2001; Albergaria et al., 2003; Medeiros et al., 2003) e efeitos subletais, como prolongamento do período de desenvolvimento, redução no número de ovos por fêmea e padrões de sobrevivência (Zanuncio et al., 2005).

As taxa líquida de reprodução (R_0) e intrínseca de crescimento (R_m); intervalo entre gerações (DG); tempo de duplicação (TD); e razão finita de crescimento (λ) são os principais parâmetros associados às tabelas de vida (Maia et al., 2000; De Nardo et al., 2001). A restrição em se usar tabelas de vida, para avaliação de parâmetros reprodutivos, é a análise estatística de seus parâmetros, pois os resultados são expressos de modo absoluto sintetizado em um único valor que foi resolvido pelo uso de técnicas estatísticas como a de Bootstrap e Jackknife que fazem inferência aos dados que dão origem aos resultados da tabela de vida, possibilitando, dessa maneira, comparar os resultados (Maia et al., 2000).

Em estudos toxicológicos, as tabelas de vida se mostram importantes por apresentar efeitos que ocorrem durante a geração e não apenas efeitos instantâneos como a maioria dos testes toxicológicos que avaliam a mortalidade do organismo ao produto tóxico (Stark & Banks, 2003; Stark et al., 2007). Dessa maneira, é mais fácil detectar efeitos subletais na dinâmica populacional da espécie e que passaria despercebido, pois os indivíduos que sobrevivem podem ter sua fertilidade afetada (Perveen, 2008) e modificar a forma de crescimento populacional da espécie, como o que ocorreu com *P. nigrispinus* tratado com diflubenzuron, o qual não causou sua

mortalidade, mas reduziu sua fertilidade e, conseqüentemente, sua dinâmica populacional (Castro, A.A., dados não publicados)

OBJETIVOS

1. Avaliar o efeito de três formulações do herbicida glyphosate nos parâmetros reprodutivos e tabela de vida do predador *P. nigrispinus* em plantas de soja transgênicas tolerantes a esse herbicida;
2. Avaliar o efeito do herbicida glyphosate, do fungicida tebuconazole, dos inseticidas reguladores de crescimento diflubenzuron e triflumuron, e do organofosforado malathion nos parâmetros reprodutivos de *P. elaeisis* em pupas de *A. gemmatalis*, em diferentes vias de exposição.
3. Avaliar o desenvolvimento e a reprodução do parasitóide *P. elaeisis* em pupas de *A. gemmatalis* provenientes de lagartas alimentadas em plantas de soja transgênicas tolerantes a glyphosate, por duas gerações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABUD, S.; SOUZA, P.I.M.; MOREIRA, C.T.; ANDRADE, S.R.M.; ULBRICH, A.V.; VIANNA, G.R.; RECH, E.L. & ARAGÃO, F.J.L.. 2003. Dispersão de pólen em soja transgênica na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 38: 1229-1235.
- ALBERGARIA, N.M.M.S.; CIVIDANES, F.J. & DÓRIA, H.O.S. 2003. Tabela de vida ecológica de *Bemisia tabaci* (Genn.) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae). **Neotropical Entomology**, 32:559-563.
- ARAÚJO, J.C. 2001. Produtos transgênicos na agricultura – Questões técnicas, ideológicas e políticas. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, 18: 117-145.

- BATISTA FILHO, A.; RAMIRO, Z.A.; ALMEIDA, J.E.M.; LEITE, L.G.; CINTRA, E.R.R. & LAMAS, C. 2003. Manejo integrado de pragas em soja: impacto de inseticidas sobre inimigos naturais. **Arquivos do Instituto Biológico**, 70: 61-67.
- BITTENCOURT, M.A.L. & BERTI FILHO, E. 1999. Preferência de *Palmistichus elaeisis* por pupas de diferentes lepidópteros praga. **Scientia Agricola**, 56: 1281-1283.
- BITTENCOURT, M.A.L. & BERTI FILHO, E. 2004a. Desenvolvimento dos estágios imaturos de *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle (Hymenoptera, Eulophidae) em pupas de Lepidoptera. **Revista Brasileira de Entomologia**, 48: 65-68.
- BITTENCOURT, M.A.L. & BERTI FILHO, E. 2004b. Exigências térmicas para o desenvolvimento de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera, Eulophidae) em pupas de cinco espécies de lepidópteros. **Iheringia Serie Zoológica**, 94: 321-323.
- CASTRO JÚNIOR, J.; SELBACH, P.; ZÁCHAAYUB, M. 2006. Avaliação do efeito do herbicida glifosato na microbiota do solo. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, 16: 21-30.
- CAUBLE, K. & WAGNER, R.S. 2005. Sublethal effects of the herbicide glyphosate on amphibian metamorphosis and development. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, 75:429–435.
- CENTER, T.D.; DRAY JR, F.A.; JUBINSKY, G.P. & GRODOWITZ, M.J. 1999. Biological control of water hyacinth under conditions of maintenance management: can herbicides and insects be integrated?. **Environmental Management**, 23: 241–256.
- CHRISTOU, P. 2005. Sustainable and durable insect pest resistance in transgenic crops. **ISB News Report**, 3p.
- COSTA, E.A.D.; MATALLO, M.B.; ALMEIDA, J.E.M.; LOUREIRO, E.S. & SANO, A.H. 2004. Efeito de herbicidas utilizados em cana-deaçúcar no desenvolvimento in vitro do fungo entomopatogênico *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, 14: 19-24.

- CUTLER, G.C.; SCOTT-DUPREE, C.D.; TOLMAN, J.H. & HARRIS, C.R. 2006. Toxicity of the insect growth regulator novaluron to the non-target predatory bug *Podisus maculiventris* (Heteroptera: Pentatomidae). **Biological Control**, 38: 196–204.
- DE BACH, P. & ROSEN, D. 1991. **Biological control by natural enemies**. 2nd ed. , Cambridge University, New York. 440p.
- DE NARDO, E.A.B.; MAIA, A.H.N. & WATANABE, M.A. 2001. Effect of a formulation of *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae) nuclear polyhedrosis virus on the predator *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae: Asopinae), using the fertility life table parameters. **Environmental Entomology**, 30: 1164-1173.
- ELZEN, G.W. 2001. Lethal and sublethal effects of insecticide residues on *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae) and *Geocoris punctipes* (Hemiptera: Lygaeidae). **Journal of Economic Entomology**, 94, 55–59.
- EVANGELISTA-JÚNIOR, W.S.; SILVA TORRES, C.S.A. & TORRES, J.B. 2002. Toxicidade de lufenuron para *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae). **Neotropical Entomology**, 31, 319-326.
- EVANGELISTA JÚNIOR W.S.; GONDIM JUNIOR, M.G.C; TORRES, J.B. & MARQUES, E.J.. 2004. Fitofagia de *Podisus nigrispinus* em algodoeiro e plantas daninhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 39: 413-420
- EVERETT, K.D.E. & DICKERSON, H.W. 2003. *Ichthyophthirius multifiliis* and *Tetrahymena thermophila* tolerate glyphosate but not a commercial herbicidal formulation. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, 70:731–738.
- FONTES, E.M.G.; PIRES, C.S.S.; SUJII, E.R. & PANIZZI, A.R. 2002. The environmental effects of genetically modified crops resistant to insects. **Neotropical Entomology**, 31: 497-513.
- FRIZZAS, M.R. 2003. Efeito do milho geneticamente modificado MON810 sobre a comunidade de insetos. **Dissertação de doutorado** - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, - Piracicaba. 192 p.

GALLO, D.; NAKANO, O.; CARVALHO, R.P.L.; BAPTISTA, G.C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B.; VENDRAMIM, J.D.; MARCHINI, L.C.; LOPES, J.R.S.; OMOTO, C. 2002. **Manual de entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 920p.

GAUTHIER, N.; LASSALE, J. QUICKE, D.L.J. & GODFRAY, H.C.J. 2000. Phylogeny of Eulophidae (Hymenoptera: Chalcidoidea), with a reclassification of Eulophinae and the recognition that Elasmidae are derived eulophids. **Systematic Entomology**, 25: 521-539.

GIL-SANTANA H.R. & TAVARES, M.T. 2006. *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle (Hymenoptera, Eulophidae): a new parasitoid of *Dione juno juno* (Cramer) (Lepidoptera, Nymphalidae). **Revista Brasileira de Zoologia**, 23: 891-892.

GIOLO, F.P.; GRÜTZMACHER, A.D.; PROCÓPIO, S.O.; MANZONI, C.G.; LIMA, C.A.B. & NÖRNBERG, S.D. 2005. Seletividade de formulações de glyphosate a *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Planta Daninha**, 23: 457-462.

LAJMANOVICH, R.C.; SANDOVAL, M.T. & PELTZER, P.M.. 2003. Induction of mortality and malformation in *Scinax nasicus* tadpoles exposed to glyphosate formulations. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, 70:612-618

LÖVEI, G.L. & ARPAIA, S. 2005. The impact of transgenic plants on natural enemies: a critical review of laboratory studies. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, 114: 1-14.

MAHDIAN, K.; VAN LEEUWEN, T.; TIRRY, L. & DE CLERCQ, P. 2007. Susceptibility of the predatory stinkbug *Picromerus bidens* to selected insecticides. **BioControl**, 52: 765-774.

MAGRO, R.S. & PARRA, J.R.P. 2001. Biologia do ectoparasitóide *Bracon hebetor* Say, 1857 (Hymenoptera: Braconidae) em sete espécies de lepidópteros. **Scientia Agrícola**, 58: 693-698.

MAIA, A.H.N; LUIZ, A.J.B. & CAMPANHOLA, C. 2000. Statistical inference on associated fertility table parameters using Jackknife technique: computacional aspects. **Journal of Economic Entomology**, 93: 511-518.

MALTY, J.S.; SIQUEIRA, J.O. & MOREIRA, F.M.S. 2006. Efeitos do glifosato sobre microrganismos simbiotróficos de soja, em meio de cultura e casa de vegetação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 41: 285-291.

MARICONDA, P.R. & RAMOS, M.C. 2003. Transgênicos e ética: a ameaça à imparcialidade científica. **Scientiæ Zudia**, 1: 245-261.

MARINHO, C.L.C. & MINAYO-GOMEZ, C. 2004. Decisões conflitivas na liberação dos transgênicos no Brasil. **São Paulo em Perspectiva**, 18: 96-102.

MATOS NETO, F.C.; ZANUNCIO, J.C.; CRUZ, I. & TORRES, J.B. 2002a. Nymphal development of *Podisus nigrispinus* (Heteroptera, Pentatomidae) preying on larvae of *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera, Noctuidae) fed with resistant and susceptible soybeans. **Revista Brasileira de Entomologia**, 46: 237-241.

MATOS NETO, F.C.; ZANUNCIO, J.C.; PIKANÇO, M.C. & CRUZ, I. 2002b. Reproductive characteristics of the predators *Podisus nigrispinus* (Het.: Pentatomidae) fed with an insect resistant soybean variety. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 37: 917-924.

MATOS NETO, F.C.; CRUZ, I.; ZANUNCIO, J.C.; SILVA, C.H.O. & PIKANÇO, M.C. 2004. Parasitism by *Campoletis flavicincta* on *Spodoptera frugiperda* in corn. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 39: 1077-1081.

MEDEIROS, R.S.; RAMALHO, F.S., LEMOS, W.P. & ZANUNCIO, J.C. 2000. Age-dependent fecundity and life-fertility tables for *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Het., Pentatomidae). **Journal of Applied Entomology**, 124: 319-324.

MEDEIROS, R.S.; RAMALHO, F.S.; ZANUNCIO, J.C. & SERRÃO, J.E. 2003. Effect of temperature on life table parameters of *Podisus nigrispinus* (Het., Pentatomidae) fed with *Alabama argillacea* (Lep., Noctuidae) larvae **Journal of Applied Entomology**, 127: 209-213.

- MOREIRA, L.A., ZANUNCIO, J.C., PICANÇO, M.C. & BRUCKNER, C.H. 1995. Tabela de fertilidade de *Tynacantha marginata* (Heteroptera, Pentatomidae, Asopinae), alimentada com larvas de *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera, Tenebrionidae) e folhas de *Eucalyptus urophylla* S.T. Bake. **Revista Brasileira de Zoologia**, 12: 225-261.
- MOREIRA, L.A., ZANUNCIO, J.C., PICANÇO, M.C. & GUEDES, R.N.C. 1996/1997. Effect of *Eucalyptus urophylla* feeding in the development, survival and reproduction of the predator *Tynacantha marginata* Dallas, 1851 (Heteroptera: Pentatomidae). **Revista de Biologia Tropical**, 45: 253-257.
- O'CALLAGHAN, M.; GLARE, T.R.; BURGESS, E.P.J. & MALONE, L.A. 2005. Effects of plants genetically modified for insect resistance on nontarget organisms. **Annual Review of Entomology**, 50:271-292
- PARON, M.R. & BERTI FILHO, E. 2000. Capacidade reprodutiva de *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) em pupas de diferentes hospedeiros (Lepidoptera). **Scientia Agricola**, 57: 355-358.
- PEREIRA, F.F. & ZANUNCIO, J.C. 2005. *Palmistichus elaeisis*, uma alternativa de controle para a lagarta parda do eucalipto. **Manejo Integrado de Plagas y Agroecología**, 76: 89-91.
- PEREIRA, A.I.A.; RAMALHO, F.S. & ZANUNCIO, J.C. 2005. Susceptibility of *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) to gammacyhalothrin under laboratory conditions. **Scientia Agricola**, 62, 478-482.
- PEREIRA, F.F.; ZANUNCIO, T.V.; ZANUNCIO, J.C.; PRATISSOLI, D. & TAVARES, M.T. 2008. Species of Lepidoptera defoliators of Eucalyptus as new host for the parasitoid *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, 51: 259-262.
- PERVEEN, F. 2008. Effects of sublethal doses of chlorfluazuron on insemination and number of inseminated sperm in the common cutworm, *Spodoptera litura* (F.) (Lepidoptera: Noctuidae). **Entomological Science**, 11: 111-121.

- PILSON, D. & PRENDEVILLE, H.R. 2004. Ecological effects of transgenic crops and the escape of transgenes into wild populations. **Annual Review of Ecology and Systematics**, 35:149–74.
- RELYEA, R.A. 2005. The lethal impacts of roundup and predatory stress on six species of North American tadpoles. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, 48, 351–357.
- SANTOS, J.B.; JACQUES, R.J.S.; PROCÓPIO, S.O.; KASUYA, M.C.M.; SILVA, A.A.; SANTOS, E.A. 2004. Efeitos de diferentes formulações comerciais de glyphosate sobre estirpes de *Bradyrhizobium*. **Planta Daninha**, 22: 293-299.
- SHELTON, A.M.; ZHAO, J.Z. & ROUSH, R.T. 2002. Economic, ecological, food safety, and social consequences of the deployment of Bt transgenic plants. **Annual Review of Entomology**, 47:845–881.
- STARK, J.D. & BANKS, J.E. 2003. Population-level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. **Annual Review of Entomology**, 48:505–519.
- STARK, J.D.; VARGAS, R. & BANKS, J.E. 2007. Incorporating ecologically relevant measures of pesticide effect for estimating the compatibility of pesticides and biocontrol agents. **Journal of Economic Entomology**, 100: 1027-1032.
- THOMAZINI, M.J. & BERTI FILHO, E. 2001. Ciclo biológico, exigências térmicas e parasitismo de *Muscidifurax uniraptor* em pupas de mosca doméstica. **Scientia Agricola**, 58: 469-473.
- TILLMAN, P.G. 2006. Susceptibility of pest *Nezara viridula* (Heteroptera: Pentatomidae) and parasitoid *Trichopoda pennipes* (Diptera: Tachinidae) to selected insecticides. **Journal of Economic Entomology**, 99: 648-657.
- TORRES, J.B.; SILVA TORRES, C.S.A.; SILVA, M.R. & FERREIRA, J.F. 2002. Compatibilidade de inseticidas e acaricidas com o percevejo predador *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) em algodoeiro. **Neotropical Entomology**, 31: 311-317.

- VIVAN, L.M., J.B. TORRES, A.F.S.L. VEIGA & J.C. ZANUNCIO. 2002. Comportamento de predação e conversão alimentar de *Podisus nigrispinus* sobre a traça do tomateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 37: 581-587.
- ZAGO, H.B.; PRATISSOLI, D.; BARROS, R. & GONDIM JÚNIOR, M.G.C. 2006. Biologia e exigências térmicas de *Trichogramma pratissolii* em hospedeiros alternativos. **Neotropical Entomology**, 35: 377-381.
- ZANUNCIO, T.V., ZANUNCIO, J.C., BATALHA, V.C. & SANTOS, G.P. 1993. Efeito da alimentação com lagartas de *Bombyx mori* e larvas de *Musca domestica* no desenvolvimento de *Podisus nigrolimbatus* (Hemiptera, Pentatomidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, 37: 273-277.
- ZANUNCIO, J.C., ALVES, J.B., ZANUNCIO, T.V. & GARCIA, J.F. 1994. Hemipterous predators of Eucalypt desfoliator caterpillars. **Forest Ecology and Management**, 65: 65-73.
- ZANUNCIO, J.C., ZANUNCIO, T.V., GUEDES, R.N.C. & RAMALHO, F.S. 2000. Effect of feeding on three *Eucalyptus* species on the development of *Brontocoris tabidus* (Het.: Pentatomidae) fed with *Tenebrio molitor* (Col.: Tenebrionidae). **Biocontrol Science and Technology**, 10: 443-450.
- ZANUNCIO, J.C., MOLINA-RUGAMA, A.J.; SERRÃO, J.E.; PRATISSOLI, D. 2001. Nymphal development and reproduction of *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) fed with combinations of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) pupae and *Musca domestica* (Diptera: Muscidae) larvae. **Biocontrol Science and Technology**, 11: 331-337.
- ZANUNCIO, J.C.; LACERDA, M.C.; ZANUNCIO JUNIOR, J.S.; ZANUNCIO, T.V.; SILVA, A.M.C.; ESPINDULA, M.C. 2004. Fertility table and rate of population growth of the predator *Supputius cincticeps* (Heteroptera: Pentatomidae) on one plant of *Eucalyptus cloeziana* in the field. **Annals of Applied Biology**, 144: 357-361.
- ZANUNCIO, T.V.; ZANUNCIO, J.C.; SERRAO, J.E.; MEDEIROS, R.S.; PINON, T.B.M.; SEDIYAMA, C.A.Z. 2005. Life table of the predator *Supputius cincticeps* (Stal

1860) (Heteroptera: Pentatomidae) exposed to sublethal doses of permethrin. **Biological Research**, 38: 31-39.

ZUCCHI, R.A. & MONTEIRO, R.C. 1997. O gênero *Trichogramma* na América do Sul. In: PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A. (Eds.). ***Trichogramma e o Controle Biológico Aplicado***. Piracicaba: FEALQ, p. 41-66.

CAPÍTULO I

Compatibilidade de três formulações comerciais de glyphosate e o controle biológico por *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) em plantas de soja Roundup Ready®



Viçosa-MG, 2008

Resumo

A falta de informações sobre a seletividade de pesticidas pode limitar a utilização de predadores na cultura da soja. Com o advento das culturas transgênicas, tolerantes ao glyphosate e o aumento do uso desse herbicida, torna-se necessário estudar possíveis impactos que possam causar ao meio ambiente. O objetivo foi avaliar a toxicidade do glyphosate através do desenvolvimento, reprodução e parâmetros da tabela de vida do percevejo predador *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) em soja. Este trabalho foi conduzido em casa-de-vegetação e no Laboratório de Controle Biológico de Insetos da Universidade Federal de Viçosa em Viçosa, Minas Gerais, Brasil de março a julho de 2006. As plantas de soja da cultivar Coodetec CD 219 RR foram imersas, durante cinco segundos, na calda de herbicidas na dosagem recomendada para aplicação comercial e o predador *P. nigrispinus* criado nessas plantas até a morte. Os tratamentos foram: T1- Plantas tratadas com o herbicida Zapp Qi[®]; T2- Plantas tratadas com o herbicida Roundup Transorb[®]; T3- Plantas tratadas com o herbicida Roundup Original[®]; T4- Plantas tratadas com água; e T5- Sem planta e sem herbicida. Na fase ninfal, cada tratamento teve oito repetições com dez ninfas de *P. nigrispinus* por saco de tecido organza de 20x30 cm envolvendo uma folha trifoliolada de soja. Na fase adulta, cada tratamento teve quinze repetições, com um casal de *P. nigrispinus* em cada uma. A duração do quarto estágio de *P. nigrispinus* foi menor no tratamento com Zapp Qi[®], mas a duração total do período ninfal, de ovo a adulto, foi semelhante entre tratamentos. O peso do quinto estágio foi maior nos tratamentos com Transorb[®] e Original[®], mas o peso final dos adultos foi semelhante entre tratamentos. O herbicida Zapp Qi[®] reduziu a longevidade e o período de oviposição de *P. nigrispinus*. Essa redução da longevidade pode ser relacionada com a qualidade nutricional da planta, com essa formulação alterando seu metabolismo. Esse predador possui hábito alimentar zoofitófago,

alimentando-se de presas e planta e, qualquer modificação na estrutura dessa planta, pode interferir no tipo de suplementação retirada por *P. nigrispinus* e, conseqüentemente, nos parâmetros reprodutivos desse predador. A taxa líquida reprodutiva (R_0) de *P. nigrispinus* foi maior com Roundup Original[®], mas os outros parâmetros da tabela de vida (T , DT , rm e λ) não foram influenciados pelos herbicidas. As formulações comerciais de glyphosate, utilizadas nesses estudo, não causaram efeitos deletérios no desenvolvimento, reprodução e dinâmica populacional de *P. nigrispinus* em soja transgênica tolerante ao glyphosate e, por isto, são compatíveis com esse predador em soja RR em programas de MIP.

Palavra chave: Tabela de vida, toxicidade, organismo não-alvo.

Introdução

O uso de produtos fitossanitários é a forma predominante de controle de pragas, doenças e plantas daninhas na agricultura (Stark & Banks, 2001), os quais podem causar impacto ambiental (Carson, 1962). A utilização de produtos menos impactantes é uma das estratégias do manejo integrado de pragas (MIP) (Desneux et al., 2007) para se conciliar agentes de controle biológico e produtos fitossanitários (Stark & Banks, 2001; Galvan et al., 2002; Torres et al., 2002; Zanuncio et al., 2005).

O controle biológico de insetos é uma importante ferramenta do MIP e um promissor método de controle pelo baixo impacto ambiental (Gallo et al., 2002; Batista Filho et al., 2003). O uso de parasitóides, entomopatógenos e predadores têm se tornado prática comum entre agricultores para o controle de pragas agrícolas (Lenteren & Bueno, 2003; Louda et al., 2003; Lenteren et al., 2006), com destaque para o predador *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) encontrado nas mais diversas culturas (Zanuncio et al., 1994) e em lavouras da soja onde ocorre, naturalmente, em surtos de pragas (Belorte et al., 2004).

A expansão do plantio de variedades de soja transgênicas, tolerantes ao herbicida glyphosate, aliado com o menor ou maior utilização de pesticidas (Sydorovych & Marra, 2007) aumenta a preocupação com o impacto desse herbicida no meio ambiente e aos inimigos naturais associados com essa cultura (Capinera, 2005). Plantas daninhas podem afetar, diretamente, a abundância de insetos benéficos (Al-Doghairi & Cranshaw, 2004), pois predadores e parasitóides podem se alimentar da seiva da planta ou de néctar, o que melhora a sobrevivência de insetos benéficos que auxiliam na supressão de pragas (Evangalista Júnior et al., 2004). A presença de plantas daninhas na cultura pode, também, afetar indiretamente a abundância de insetos

benéficos, por melhorar a reprodução de hospedeiros alternativos e manter a população de predadores e parasitóides no agroecossistema (Capinera, 2005).

Técnicas que permitem reduzir a vulnerabilidade do agroecossistema às pragas é o desafio enfrentado por pesquisadores (Stark & Banks, 2003) e, o uso do controle biológico, juntamente com produtos fitossanitários, vem sendo estudados (Stark & Banks., 2001; Bacci et al., 2002; Picanço et al., 2003; Zanuncio et al., 2005; Stark et al., 2007). A Organização Internacional para o Controle Biológico de Animais e Plantas Nocivos (IOBC) tem estudado o efeito de pesticidas em organismos não alvos (Sterk et al., 1999; Stark et al., 2007) e, vários trabalhos têm relacionado o efeito de herbicidas em diferentes tipos de organismos, como anfíbios (Mann & Bidwel, 1999; Cauble & Wagner, 2006), microrganismos (Malty et al., 2006); organismos aquáticos (Tsui & Chu, 2003) e insetos (Pereira et al., 2005; Giolo et al., 2005). No entanto, alguns estudos sobre toxicidade podem sub ou superestimar os resultados encontrados (Stark & Banks, 2003)

Inovações na forma de se avaliar impactos por pesticidas estão mudando para se aproximar da realidade nos agroecossistemas. Exemplo disso é o uso de tabelas de vida como ferramentas para a avaliação de impactos de produtos fitossanitários a organismos não alvo (Stark & Banks, 2003), por poderem ajudar na compreensão dos efeitos na dinâmica populacional e não apenas no índice de mortalidade no momento da aplicação do pesticida (Stark et al, 2007). Além disso, essas tabelas fornecem dados de estimativa de aumento do número de indivíduos e seus parâmetros indicam se a população aumenta, diminui ou corre risco de extinção nos mais diversos cenários possíveis (Medeiros et al., 2003; Evangelista Júnior et al., 2004; Zanuncio et al., 2004, 2005).

O objetivo foi avaliar o efeito de três formulados de glyphosate no desenvolvimento, parâmetros reprodutivos e de tabela de vida de *P. nigrispinus* em

plantas de soja transgênicas e os possíveis efeitos tóxicos desse herbicida em organismos não alvo.

Material e métodos

Este trabalho foi conduzido em casa-de-vegetação do Programa de Melhoramento Genético de Soja do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), no município de Viçosa, Estado de Minas Gerais. O substrato, para o plantio da soja (terra de barranco e matéria orgânica), foi corrigido conforme o recomendado pela Comissão de Fertilidade dos Solos do Estado de Minas Gerais, 5ª aproximação (Ribeiro et al., 1999) e colocado em vasos com, aproximadamente, três litros de capacidade, os quais foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado. Cinco sementes de soja da cultivar Coodetec CD 219 RR foram semeadas e deixando-se duas plantas por vaso após o desbaste. Os vasos receberam adubação de cobertura, com sulfato de amônia, equivalente a 50kg/ha de N conforme a necessidade da cultura. As plantas tiveram um tutor por vaso para se evitar o tombamento e permitir o bom desenvolvimento das mesmas, além de auxiliar na sustentação das sacolas de organza para a criação dos predadores (Figura 1) (Zanuncio et al., 2004).

O plantio da soja foi escalonado de acordo com o ciclo de vida de *P. nigrispinus*. Esse predador foi mantido nas plantas de soja a partir do estágio vegetativo (V4) (Fehr & Caviness, 1977) das mesmas, quando a lavoura coincide com o período de pulverizações de herbicidas (Gazziero et al., 2006)

Espécimes de *P. nigrispinus* foram obtidos da criação massal do Laboratório de Controle Biológico de Insetos do Núcleo de Biotecnologia Aplicada à Agropecuária (LCBI/BIOAGRO) da UFV. Posturas de *P. nigrispinus* foram acondicionadas em

placas de Petri (9,0 cm de diâmetro x 1,2 cm de altura) em sala climatizada com temperatura de 25 ± 2 °C, umidade relativa de $75 \pm 5\%$ e fotoperíodo de 12 horas. Ninfas desse predador foram mantidas nessa sala até o início do segundo estágio, quando foram levadas para a casa de vegetação e acondicionadas, em grupos de dez por saco de tecido organza (20 x 30 cm), envolvendo uma folha trifoliolada de soja, trocada semanalmente. Esse predador foi alimentado com pupas de *T. molitor* fornecidas *ad lib* no interior da sacola.

A toxicidade residual dos herbicidas foi avaliada de acordo com metodologia adaptada de Gusmão et al. (2000) e Gonring et al. (2003). Plantas de soja RR foram imersas por cinco segundos em calda dos herbicidas Zapp Qi[®] (T1), Roundup Transorb[®] (T2); Roundup Original[®] (T3); e as testemunhas com água (T4) e sem planta e sem herbicida (T5). Os herbicidas (Tabela 1) foram aplicados nas dosagens recomendadas para a cultura da soja, aplicando-se 720 g ha⁻¹ do equivalente ácido de [N-(fosfometil) glicina] conforme recomendação dos fabricantes. A imersão na calda do herbicida se justifica, pois pelos padrões da IOBC, os testes de toxicidade em laboratório submetem os insetos-teste a uma exposição máxima aos resíduos dos produtos fitossanitários (Sterk et al., 1999).

Ninfas de *P. nigrispinus* foram liberadas nas plantas de soja duas horas após a aplicação dos herbicidas e uma segunda aplicação foi realizada quando os adultos emergiram, cerca de quatro semanas após a primeira aplicação. Dez ninfas de segundo estágio foram colocadas por saco de tecido organza, cada um constituindo uma repetição. Os tratamentos tiveram oito, nove, oito, oito e nove repetições, na fase ninfal, para os tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5, respectivamente. A sobrevivência, peso e duração de cada estágio de *P. nigrispinus* foram avaliadas, diariamente. Essas ninfas foram pesadas, após cada muda, e os adultos recém emergidos, em balança analítica

com precisão de 0,1 mg. O modelo Kaplan-Meyer foi utilizado para se determinar as curvas de sobrevivência da fase ninfal de *P. nigrispinus*.

Os adultos de *P. nigrispinus* foram acasalados três dias após sua emergência. Cada tratamento teve quinze casais, com cada um correspondendo a uma repetição. Os casais de *P. nigrispinus* foram avaliados, diariamente, para a coleta das posturas e se verificar a mortalidade de machos e fêmeas desse predador. Esses dados foram utilizados para se calcular os períodos de pré-oviposição, oviposição e pós-oviposição, os números de ovos e de ninfas por fêmea e por postura, o período de incubação e a longevidade de fêmeas, além de serem utilizados para a construção da tabela de vida de *P. nigrispinus*.

Os parâmetros da tabela de vida foram a taxa bruta reprodutiva (G) (número de fêmeas produzidas por fêmea sem considerar a taxa de sobrevivência do estágio imaturo) (Price, 1998); taxa líquida de reprodução (Ro) (número de fêmeas adicionadas por fêmea durante sua vida); duração de uma geração (DG) (tempo entre o nascimento dos pais e dos filhos); razão infinitesimal de aumento (rm) (taxa de aumento populacional por unidade de tempo); razão finita de aumento (λ) (número de fêmeas adicionadas à população por fêmea desse predador por unidade de tempo); e tempo necessário para o predador *P. nigrispinus* dobrar sua população em número de indivíduos (TD) (Krebs, 1994), representadas pelas equações:

- $$G = \sum_{x=0}^y mx$$

- $$Ro = \sum_{x=0}^y lx \cdot mx$$
, onde: lx= taxa de sobrevivência (taxa de sobrevivência a partir da idade zero ao início da idade x); mx= fertilidade específica (número de fêmeas produzidas por fêmea sobrevivente no intervalo da idade x)

- $DG = \sum_{x=0}^y x.lx.mx / Ro$, onde: x= classe de idade;
- $rm = \ln(Ro) / DG$
- $\lambda = \text{anti log}(rm.0,4343)$
- $TD = \ln(2) / rm$

Os dados de desenvolvimento e reprodução de *P. nigrispinus* foram submetidos à análise de variância e suas médias ao teste de Tukey à 5% de probabilidade com o programa SAEG 9.0. Os parâmetros da tabela de vida foram calculados e analisados com o programa estatístico SAS (SAS Institute, 1991) pela técnica Jackknife, seguindo metodologia de Maia et al. (2000).

Resultados

Fase ninfal

As formulações de glyphosate não afetaram o peso, a partir do quarto estágio, e de adultos recém emergidos de *P. nigrispinus*. Machos recém emergidos no T5 (sem planta) apresentaram menor peso ($45,08 \pm 0,99$ mg) que os dos T2 ($48,15 \pm 0,98$ mg) e T4 ($48,51 \pm 0,95$ mg) (Tabela 2), mostrando a importância de planta na dieta desse predador.

A duração do segundo estágio de *P. nigrispinus* foi maior no T4 ($4,93 \pm 0,04$ dias) em plantas tratadas, somente, com água. No quarto estágio, essa duração foi menor no T1 ($4,21 \pm 0,05$ dias) e semelhante nos T3 ($4,39 \pm 0,08$ dias) e T5 ($4,44 \pm 0,06$ dias) (Tabela 3). Variações na duração da fase ninfal não prejudicaram a duração total de ovo a adulto (Tabela 3) e evidencia que as formulações de glyphosate não prejudicam o desenvolvimento ninfal desse predador.

A sobrevivência ninfal de *P. nigrispinus* foi alta em todos os tratamentos, variando de 89% no T4 até 96% no T2, T3 e T5 (Figura 2). Essa alta sobrevivência indica compatibilidade das formulações de glyphosate com esse predador e que a alimentação constante e *ad lib.*, com *T. molitor*, durante todo seu período de desenvolvimento reduziu a mortalidade de *P. nigrispinus*.

Fase adulta

O número de ovos por fêmea de *P. nigrispinus* variou de $495,71 \pm 91,52$ a $797,88 \pm 62,78$ nos tratamentos T1 e T3, respectivamente, sem diferença entre eles (Tabela 4). Os números de ovos e de ninfas por postura, de ninfas por fêmea, a viabilidade dos ovos e os períodos de pré e pós oviposição e de incubação dos ovos de *P. nigrispinus* foram semelhantes entre tratamentos (Tabela 4).

A longevidade de *P. nigrispinus* variou de $53,93 \pm 9,15$ a $87,75 \pm 7,42$ nos tratamentos T1 e T3, respectivamente (Tabela 4). A maior longevidade no T3, com o herbicida Roundup Original® (T3), contribuiu para o maior período de oviposição ($77,25 \pm 7,40$ dias) e de maior número de posturas desse predador ($28,81 \pm 2,16$) no T3 em relação ao T1 ($44,36 \pm 9,09$ dias e $17,86 \pm 3,17$ posturas, respectivamente) (Tabela 4).

A postura diária de *P. nigrispinus* apresentou padrão semelhante, entre tratamentos, com 50, 75 e 100% dos ovos até o 30^o, 50^o e após o 85^o dia de vida dos adultos desse predador, respectivamente (Figura 3). A sobrevivência e número de ovos e de ninfas por fêmea apresentaram padrão semelhante entre tratamentos (Figuras 4, 5 e 6). Os picos do número de ovos e de ninfas por fêmea (Figuras 4, 5 e 6) coincidem com os de temperatura mínima e máxima durante o período de avaliação (Figura 7).

Tabela de vida

A taxa líquida de reprodução (R_0) de *P. nigrispinus* no tratamento T3 ($288,91 \pm 22,73$) foi maior ($P < 0,05$) que nos T1 ($199,72 \pm 36,87$), T2 ($149,30 \pm 29,07$), T4 ($172,73 \pm 20,67$) e T5 ($215,64 \pm 23,72$) (Tabela 5). No entanto, o tempo para esse predador duplicar sua população (TD), a razão finita (λ) e infinitesimal de aumento populacional (rm), e a duração de uma geração (DG) foram semelhantes entre tratamentos (Tabela 5) e todos esses parâmetros indicaram crescimento populacional desse predador.

A taxa bruta reprodutiva (G) de *P. nigrispinus* apresentaram valores de 141,33, 118,42, 161,51, 114,53 e 123,55 para os tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5, respectivamente (Figuras 8, 9 e 10). As maiores fecundidades (mx) desse predador foram observadas até os 60 dias de idade e decresceram até sua morte com a queda da sobrevivência (lx) (Figuras 8, 9 e 10).

Discussão

Fase ninfal

O ganho semelhante de peso de ninfas de *P. nigrispinus* com as formulações de glyphosate é importante, pois o peso influencia, diretamente, nos parâmetros reprodutivos, pois fêmeas mais pesadas têm potencial de serem mais produtivas (Zanuncio et al., 2002). No entanto, plantas podem afetar o peso de machos desse predador e, no T5 (sem planta e sem herbicida), pode ter havido insuficiência de algum componente da dieta, somente, encontrada em plantas, pois esse predador possui hábito alimentar zoofitófago, se alimentando de presa e planta (Lemos et al., 2002). O peso de machos recém-emergidos de *P. nigrispinus* foi, também, afetado com suplementação alimentar com algodoeiro e plantas daninhas e variou de 32,4 a 40,5 mg, sendo mais

pesados quando criados em *Amaranthus hybridus* L. (Amaranthaceae), *Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium* Hutch. (Malvaceae) e *Ricinus communis* L. (Euphorbiaceae), em relação a *Desmodium tortuosum* (Sw.) (Leguminosae) (Evanvelista Júnior et al., 2004). O peso de adultos relatado por esses autores foram inferiores aos encontrados, mas suficiente para promover a colonização e a manutenção deste predador no agroecossistema (Evanvelista Júnior et al., 2003).

Variações na duração dos segundo e quarto estádios de *P. nigrispinus* (Tabela 2) não prejudicaram a duração total, de ovo a adulto, desse predador. A duração do período ninfal de *P. nigrispinus* foi menor com *Desmodium tortuosum* (Sw.) (Leguminosae) que, por ser leguminosa é preferida por pentatomídeos fitófagos, por promover melhor desenvolvimento e sobrevivência de percevejos predadores (Evanvelista Júnior et al., 2003). A duração da fase ninfal desempenha papel importante em programas de criação massal de inimigos naturais ou em programas de controle biológico de insetos (Wittmeyer & Coudron, 2001), pois aqueles com fase ninfal mais prolongada demoram mais a se reproduzir e, conseqüentemente, a aumentar sua população e efetivar o controle das pragas, além de promover maiores custos na criação massal (Coudron et al., 2002).

A baixa mortalidade de *P. nigrispinus*, em todos os tratamentos, indica inocuidade dos formulados de glyphosate a esse predador. Embora a mortalidade não seja o único e melhor parâmetro para se avaliar a periculosidade de um produto químico (Stark & Banks, 2003), pois indivíduos que sobrevivem aos tóxicos podem se tornar estéreis (Carson, 1962), esta pode indicar efeitos instantâneos desses produtos sobre populações desses organismos (Teodoro et al., 2005). A sobrevivência da fase ninfal acima de 89% pode ser considerada alta (Evanvelista Júnior et al., 2003) e, geralmente,

a adição de plantas na dieta aumenta a viabilidade ninfal de percevejos predadores (Oliveira et al. 2002).

Fase adulta

A menor longevidade e período de oviposição de *P. nigrispinus* com a formulação Zapp Qi[®] (Tabela 3), mostra que a seletividade das formulações de glyphosate depende do tipo de sal, pois aquelas à base de sal potássico (Zapp Qi[®]) foram levemente nocivas a adultos de *Trichogramma* e as demais à base de isopropilamina (Roundup[®] Transorb) moderadamente nocivas a esse parasitóide (Giolo et al., 2005). No entanto, a toxicidade de glyphosate é, às vezes, confundida com o efeito indireto na comunidade de plantas (Blackburn & Boutin, 2003) e a redução da diversidade da flora reduz a diversidade da fauna, o que acaba sendo confundido com efeitos de toxicidade do herbicida (Bell et al., 2002). A longevidade de fêmeas de *P. nigrispinus* pode ser biologicamente importante, pois aquelas com maior longevidade poder estar melhor adaptadas às condições ambientais (Evangelista Júnior et al., 2003).

A redução da longevidade de *P. nigrispinus* com a formulação Zapp Qi[®] pode estar relacionada à qualidade nutricional da planta, pois esse predador possui hábito alimentar zoofitófago (Grosman et al., 2005). A via do ácido shiquímico é responsável pela produção de aminoácidos aromáticos como fenilalanina, tirosina e triptofano (Blackburn & Boutin, 2003) o que, aparentemente, reduz a síntese de lignina e modificações nos vasos condutores do vegetal podem interferir no tipo de suplementação retirada dessa planta e, conseqüentemente, nos parâmetros reprodutivos de *P. nigrispinus*. A análise química de plantas de soja Roundup Ready[®], tratadas com diferentes formulações de glyphosate, evidenciou desbalanço nutricional nas mesmas, com redução dos teores de N, Ca, Fe e Cu, aumento de Mg e da permeabilidade da

membrana celular. Além disso, diferentes formulações de glyphosate podem causar intoxicação a organismos não alvo que se alimentem dessas plantas (Santos et al., 2007).

A percentagem de postura diária acumulada foi semelhante entre tratamentos e indica que *P. nigrispinus* está condicionado a colocar seus ovos em períodos definidos se não houver fatores estressantes que impeçam sua reprodução como relatado para *Supputius cincticeps* (Heteroptera: Pentatomidae) com compensação entre a longevidade e a fecundidade (redução da segunda para manter a primeira) (Mourão et al., 2003). Isto contribuiu para o estabelecimento e a sobrevivência desse predador com escassez de presa, quando a energia foi utilizada para a manutenção da reprodução (Vivan et al., 2002; Mourão et al., 2003).

Os picos dos números de ovos e de ninfas por fêmea viva por dia de *P. nigrispinus* com a variação da temperatura (Figura 7) se deve à menor produção de descendentes e aumento da longevidade em temperaturas mais baixas. O potencial máximo de fecundidade de *P. nigrispinus* se situa entre 28 e 30°C (Medeiros et al., 2003), temperatura verificada em toda a fase adulta desse predador nesse experimento (Figura 7), o que explica sua alta produção de ovos e de ninfas em todos os tratamentos (Tabela 3).

A fecundidade de *P. nigrispinus*, em todos tratamentos, foi superior à desse predador alimentado com *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), *T. molitor* (Oliveira et al., 2004) ou com *T. molitor* e plantas de algodoeiro (Oliveira et al., 2002). A viabilidade de ovos desse predador foi, também, alta (acima de 77%), o que indica que sua fecundidade não foi afetada pelos tratamentos.

Tabela de vida

A maior taxa líquida reprodutiva (R_o) no T3 com Roundup original[®] mostra não ter tido impacto a *P. nigrispinus* e melhor acesso desse predador aos compostos da planta como água e sais minerais. Esse predador teve maior taxa líquida de reprodução e maior produção de descendentes por geração com planta e presa, incluindo plantas daninhas associadas à cultura do algodoeiro (Evangelista Júnior et al., 2003, 2004) ou, apenas, o algodoeiro (Oliveira et al., 2002). Além disso, a longevidade de *P. nigrispinus* foi maior no T3 e, portanto, teve maior número de descendentes durante sua vida reprodutiva. A produção de ovos e de ninfas de *P. nigrispinus* foi mais constante e semelhante durante seu período de vida, entre tratamentos e, como viveu mais, pode adicionar maior número de fêmeas por fêmea durante sua fase reprodutiva. O aumento da longevidade permitiu ao predador *Brontocoris tabidus* Signoret, 1852 (Heteroptera: Pentatomidae), no campo em folhas de *Eucalyptus* spp., ter maior incremento nos parâmetros reprodutivos, além de apresentar alta taxa de crescimento populacional representada por alto R_o , λ e r_m com valores de 75,9, 0,03 e 1,03, respectivamente (Zanuncio et al., 2006).

Valores semelhantes dos parâmetros da tabela de vida de *P. nigrispinus* aos desse predador com plantas daninhas e algodoeiro (Evangelista Júnior et al., 2003, 2004), ou algodoeiro e tomateiro (Oliveira et al., 2002) em sua dieta alimentar mostram a necessidade de plantas para esse predador. No entanto, quando esse predador retarda sua produção de descendentes no mesmo espaço de tempo e/ou apresenta maior longevidade, os valores de r_m tornam-se menores. Isto foi observado para fêmeas de *P. nigrispinus* em plantas de *Ageratum conyzoides* que, embora apresentando maior taxa líquida de reprodução (R_o), tiveram menor r_m que aquelas em *Bidens pilosa*, por apresentar maior longevidade e produção de descendentes ao longo da vida (Evangelista

Júnior et al., 2003). *Supputius cincticeps* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae), também, apresentou menores valores da duração de uma geração e menores valores de R_0 e r_m quando exposto a doses subletais de permetrina (Zanuncio et al., 2005).

A tabela de vida é um método útil para avaliar a toxicidade de produtos fitossanitários porque os parâmetros ecológicos e toxicológicos são combinados, resultando em melhores predições sobre os efeitos tóxicos a um nível populacional (Stark & Banks, 2003). O R_0 foi maior no T3 com Roundup original[®], mas a taxa intrínseca de aumento (r_m) como parâmetro para estudos toxicológicos é mais viável por ser uma estatística baseada na sobrevivência (l_x), fecundidade (m_x) e duração de uma geração (DG) e sua estimativa ser ambiente específica (Stark & Banks, 2003). Isto mostra que o glyphosate não afetou a capacidade reprodutiva de *P. nigrispinus* em plantas de soja geneticamente modificadas.

As formulações, à base de glyphosate, dos herbicidas Zapp Qi[®], Roundup Transorb[®] e Roundup Original[®] são compatíveis com *P. nigrispinus* em soja RR em programas de Manejo Integrado de Pragas, pois não interferiram, negativamente, na biologia desse predador.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG).

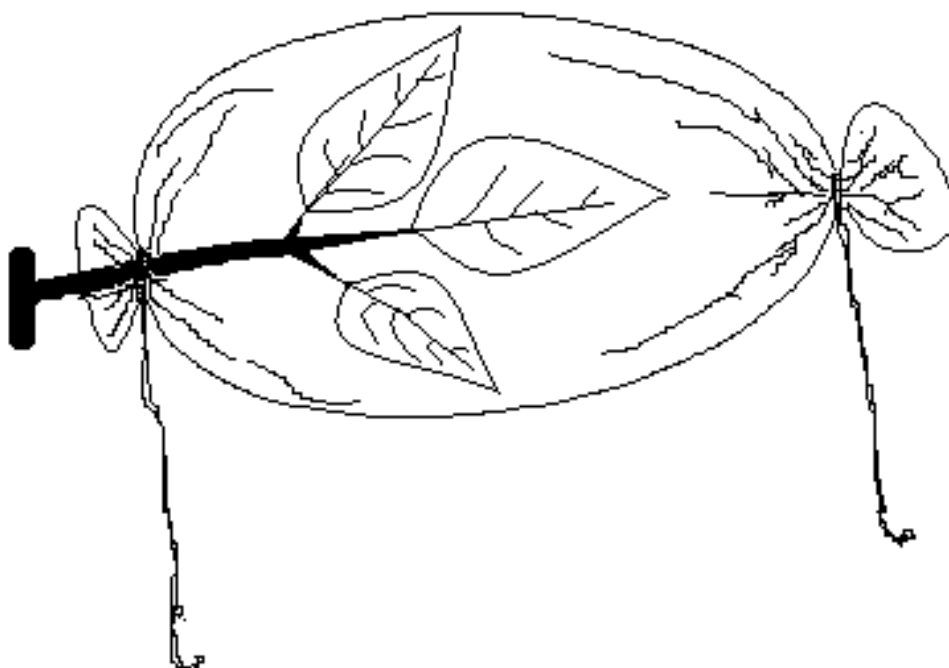


Figura 1. Esquema do saco de tecido organza utilizado no experimento para envolver as folhas de soja. Dimensões: 20 x 30 cm. (adaptado de Zanuncio et al., 2004).

Tabela 1 – Características técnicas dos produtos comerciais utilizados

Formulações comerciais ¹ (Fabricante)	Ingrediente ativo (concentração)	Grupo químico	Toxicologia ² e Formulação ³
Roundup Transorb (Monsanto)	Glyphosate - Sal de isopropilamina (648 g L ⁻¹)	Glicina substituída	CT= III CA= III SL
Roundup Original (Monsanto)	Glyphosate - Sal de isopropilamina (480 g L ⁻¹)	Glicina substituída	CT= III CA= III SL
Zapp Qi (Syngenta)	Glyphosate - Sal de potássio (620 g L ⁻¹)	Glicina substituída	CT= III CA= III SL

¹ Marca registrada do fabricante[®]

² CT= Classe toxicológica (I: extremamente tóxico, II: altamente tóxico, III: medianamente tóxico, IV: pouco tóxico), CA= Classificação ambiental (I: altamente perigoso, II: muito perigoso, III: perigoso, IV: pouco perigoso)

³ SL= concentrado solúvel.

Tabela 2. Peso (mg) (média \pm erro padrão) de *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) com pupas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) em plantas de soja Roundup Ready[®] após imersão em herbicidas. Viçosa, Minas Gerais

Tratamentos*	Estádios		Adulto	
	Quarto ^{ns}	Quinto ^{ns}	Macho	Fêmea ^{ns}
T1	12,31 \pm 0,53	34,65 \pm 1,28	50,49 \pm 1,02 a	72,18 \pm 1,55
T2	12,63 \pm 0,53	35,90 \pm 1,59	48,15 \pm 0,98 ab	70,23 \pm 2,21
T3	11,13 \pm 0,41	36,02 \pm 1,50	49,53 \pm 1,00 a	73,45 \pm 1,38
T4	11,37 \pm 0,48	35,04 \pm 1,50	48,51 \pm 0,95 ab	68,31 \pm 1,69
T5	11,38 \pm 0,57	30,98 \pm 1,16	45,08 \pm 0,99 b	68,18 \pm 1,21

Médias seguidas de mesma letra, por coluna, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ^{ns} não significativo a 5% de probabilidade

*Tratamentos: Plantas tratadas com o herbicida Zapp Qi[®] (T1); Roundup Transorb[®] (T2); Roundup Original[®] (T3); água (T4); e sem planta e sem herbicida (T5).

Tabela 3. Duração (dias) (média \pm erro padrão) dos estádios e da fase ninfal de *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) com pupas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) em plantas de soja Roundup Ready[®] após imersão em herbicidas. Viçosa, Minas Gerais

Tratamentos*	Estádios				Total (Ovo-Adulto) ^{ns}
	Segundo	Terceiro ^{ns}	Quarto	Quinto ^{ns}	
T1	4,60 \pm 0,60 b	3,73 \pm 0,08	4,21 \pm 0,05 b	6,18 \pm 0,11	25,69 \pm 0,14
T2	4,69 \pm 0,06 b	3,88 \pm 0,08	4,59 \pm 0,10 a	6,06 \pm 0,08	26,19 \pm 0,15
T3	4,62 \pm 0,07 b	3,69 \pm 0,09	4,39 \pm 0,08 ab	6,24 \pm 0,13	25,90 \pm 0,17
T4	4,93 \pm 0,04 a	3,70 \pm 0,08	4,54 \pm 0,10 a	6,09 \pm 0,13	26,17 \pm 0,15
T5	4,68 \pm 0,06 b	3,71 \pm 0,09	4,44 \pm 0,06 ab	6,12 \pm 0,08	25,91 \pm 0,16

Médias seguidas de mesma letra, por coluna, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ^{ns} não significativo a 5% de probabilidade

*Tratamentos: Plantas tratadas com o herbicida Zapp Qi[®] (T1); Roundup Transorb[®] (T2); Roundup Original[®] (T3); água (T4); e sem planta e sem herbicida (T5).

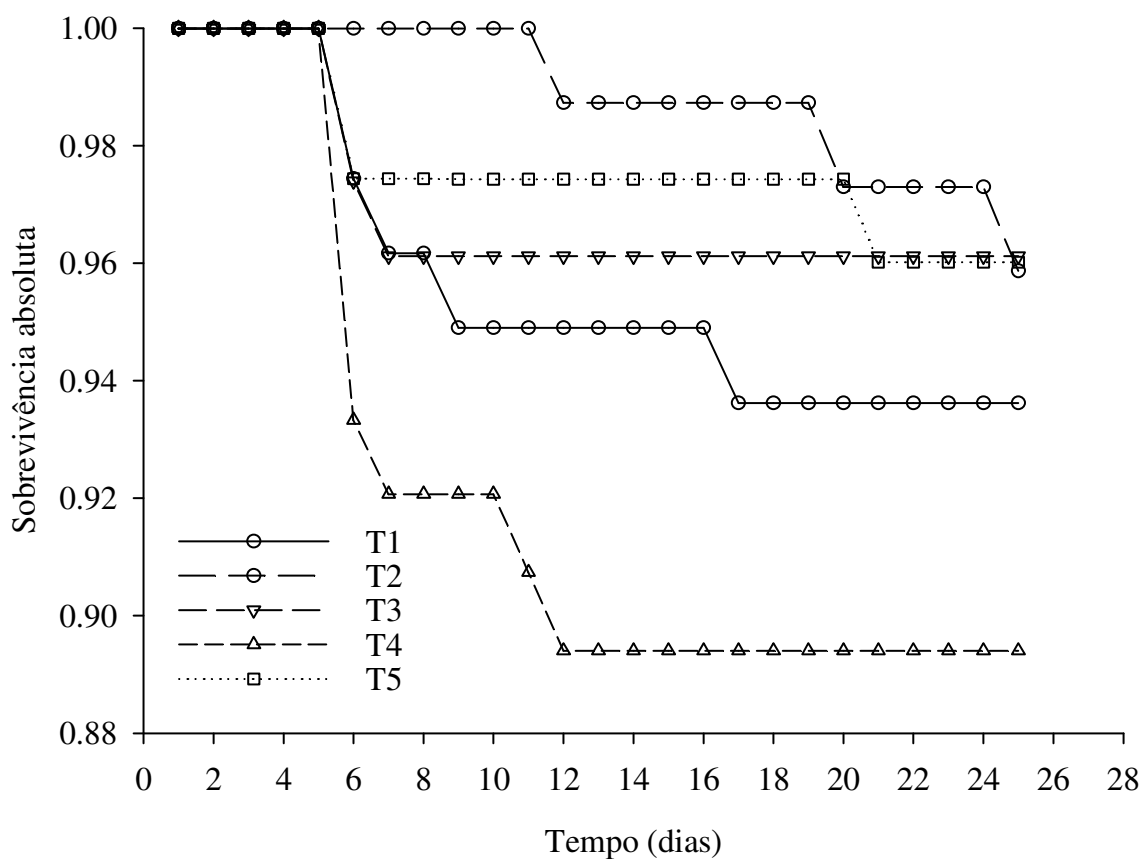


Figura 2. Curvas de sobrevivência, estimador Kaplan-Meier, de *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) com pupas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) em plantas de soja Roundup Ready[®] após imersão em herbicidas Tratamentos: Plantas tratadas com o herbicida Zapp Qi[®] (T1); Roundup Transorb[®] (T2); Roundup Original[®] (T3); água (T4); e sem planta e sem herbicida (T5). Viçosa, Minas Gerais.

Tabela 4. Parâmetros reprodutivos (média \pm erro padrão) de *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) com pupas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) em plantas de soja Roundup Ready[®], após imersão em diferentes formulações de glyphosate. Viçosa, Minas Gerais, 2006

Parâmetros reprodutivos	Tratamentos*				
	T1	T2	T3	T4	T5
Número de ovos por fêmea ^{ns}	495,71 \pm 91,52	522,77 \pm 101,78	797,88 \pm 62,78	609,27 \pm 72,91	633,50 \pm 69,69
Número de ovos/postura ^{ns}	28,49 \pm 3,95	29,90 \pm 2,49	27,78 \pm 0,76	29,33 \pm 1,52	25,10 \pm 1,42
Número de ninfas/postura ^{ns}	25,91 \pm 3,92	25,03 \pm 3,03	23,92 \pm 0,84	23,55 \pm 2,01	22,45 \pm 1,21
Número de ninfas por fêmea ^{ns}	453,14 \pm 82,73	429,31 \pm 101,28	685,25 \pm 55,66	501,87 \pm 70,02	569,06 \pm 63,93
Viabilidade dos ovos (%) ^{ns}	85,37 \pm 4,80	81,42 \pm 6,67	83,00 \pm 2,56	77,11 \pm 5,35	86,31 \pm 1,67
Período de pré-oviposição (dias) ^{ns}	5,93 \pm 0,32	5,92 \pm 0,46	4,94 \pm 0,11	6,33 \pm 0,66	5,50 \pm 0,24
Período de pós-oviposição (dias) ^{ns}	3,71 \pm 0,95	7,23 \pm 2,66	5,75 \pm 1,30	7,53 \pm 2,07	4,13 \pm 0,82
Período de incubação dos ovos (dias) ^{ns}	6,80 \pm 0,21	6,76 \pm 0,28	7,42 \pm 0,18	7,18 \pm 0,31	7,14 \pm 0,25
Longevidade de fêmeas (dias)	53,93 \pm 9,15 b	56,31 \pm 10,76 ab	87,75 \pm 7,42 a	71,67 \pm 7,63 ab	67,81 \pm 7,85 ab
Período de oviposição (dias)	44,36 \pm 9,09 b	43,23 \pm 10,30 b	77,25 \pm 7,40 a	57,87 \pm 7,00 ab	58,19 \pm 7,46 ab
Número de posturas por fêmea	17,86 \pm 3,17 b	19,92 \pm 4,03 ab	28,81 \pm 2,16 a	20,60 \pm 2,46 ab	26,38 \pm 2,88 ab

Médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

*Tratamentos: Plantas tratadas com o herbicida Zapp Qi[®] (T1); Roundup Transorb[®] (T2); Roundup Original[®] (T3); água (T4); e sem planta e sem herbicida (T5).

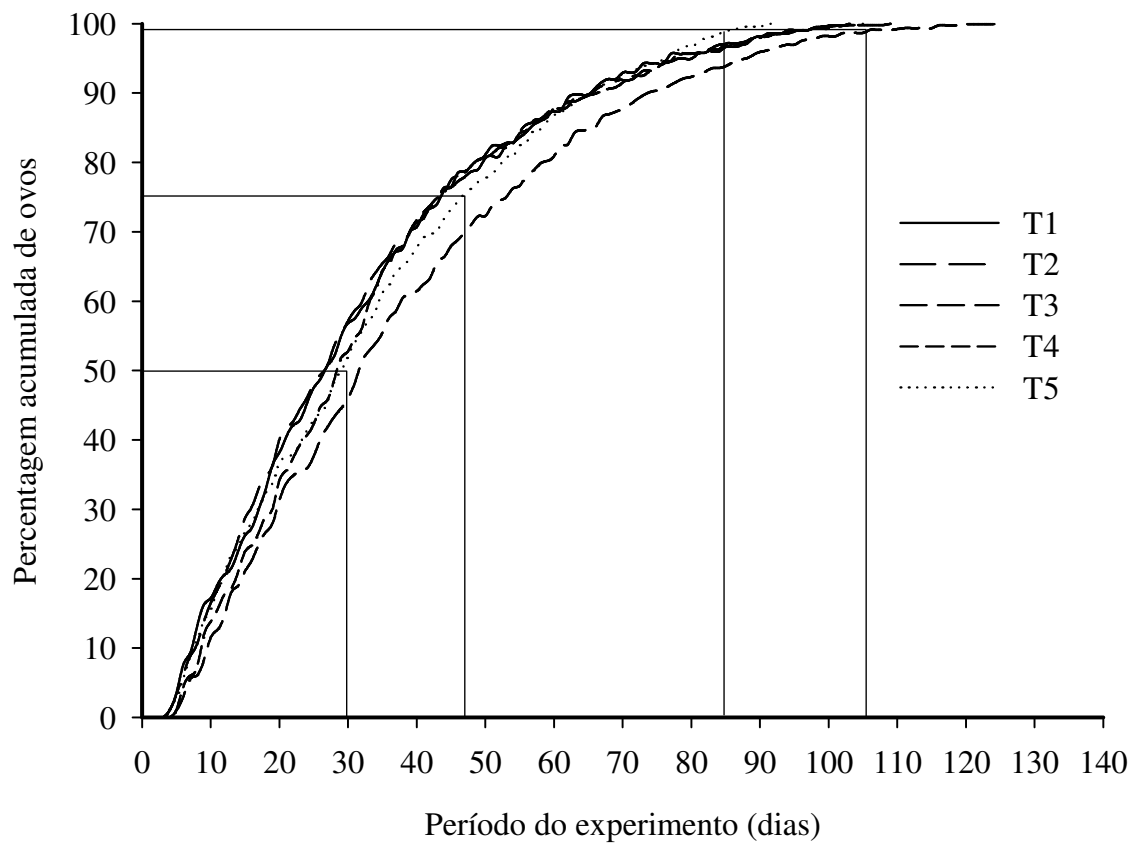


Figura 3. Percentagem de ovos por fêmea de *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) com pupas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) em plantas de soja Roundup Ready® após imersão em herbicidas T1- plantas tratadas com o herbicida Zapp Qi®; T2- Roundup Transorb®; T3- Roundup Original®; T4- plantas tratadas com água; T5- sem planta e sem herbicida. Viçosa, Minas Gerais.

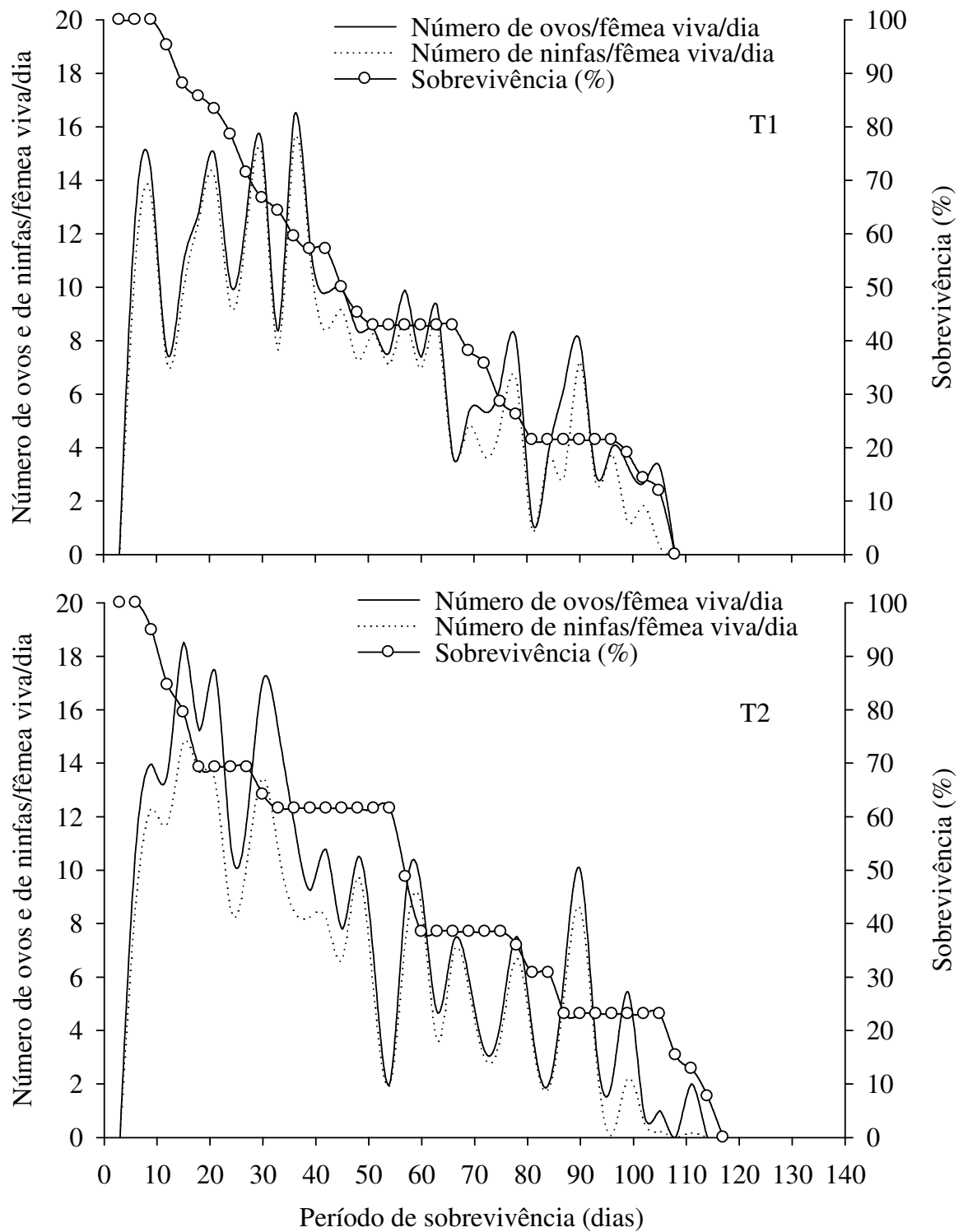


Figura 4. Sobrevivência e produção diária de ovos por fêmea de *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) com pupas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) em plantas de soja Roundup Ready® após imersão em: T1- Zapp Qi®; T2- Roundup Transorb®. Viçosa, Minas Gerais.

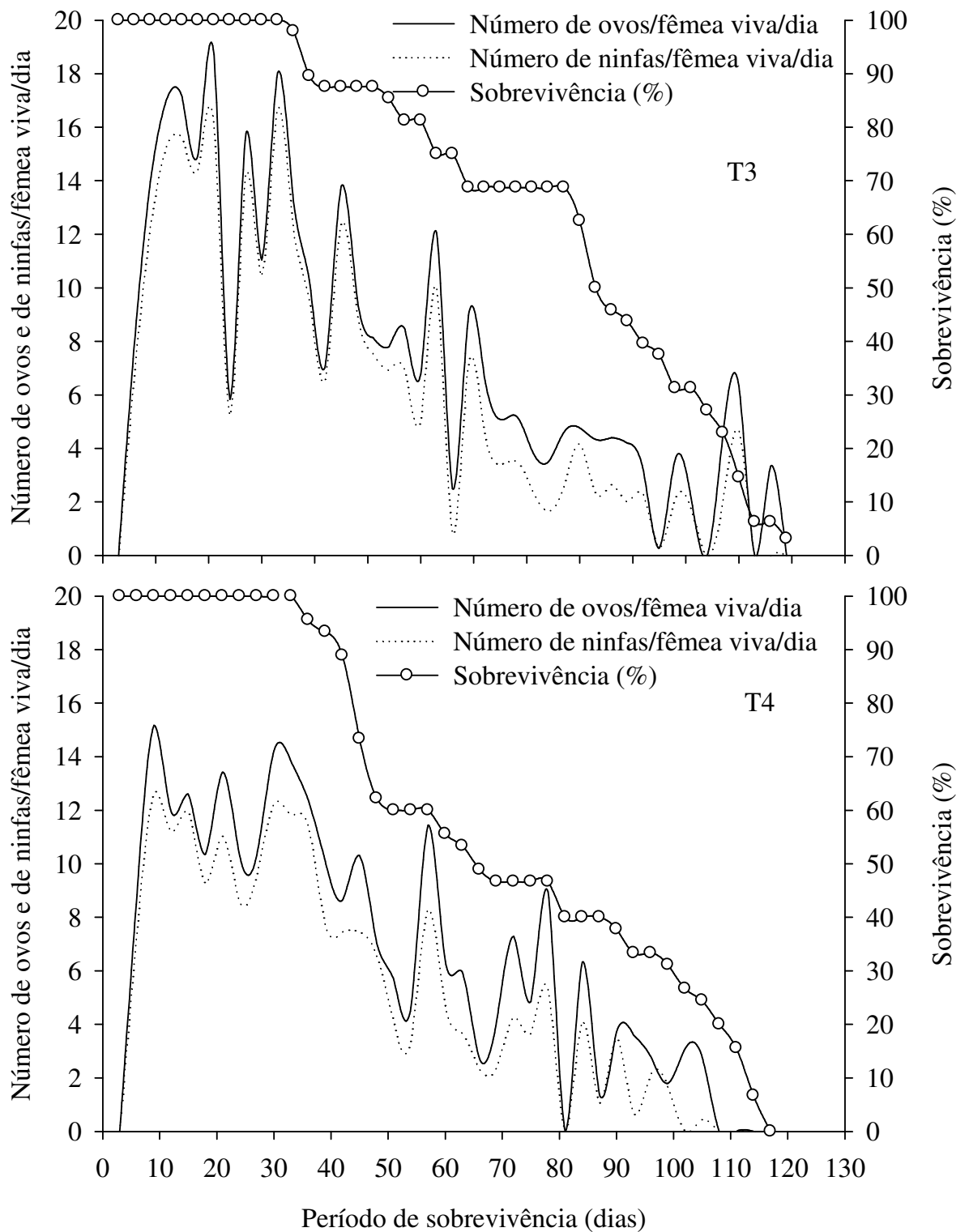


Figura 5. Sobrevivência e produção diária de ovos por fêmea de *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) com pupas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) em plantas de soja Roundup Ready® após imersão em: T3- Roundup Original®; T4- água (controle). Viçosa, Minas Gerais.

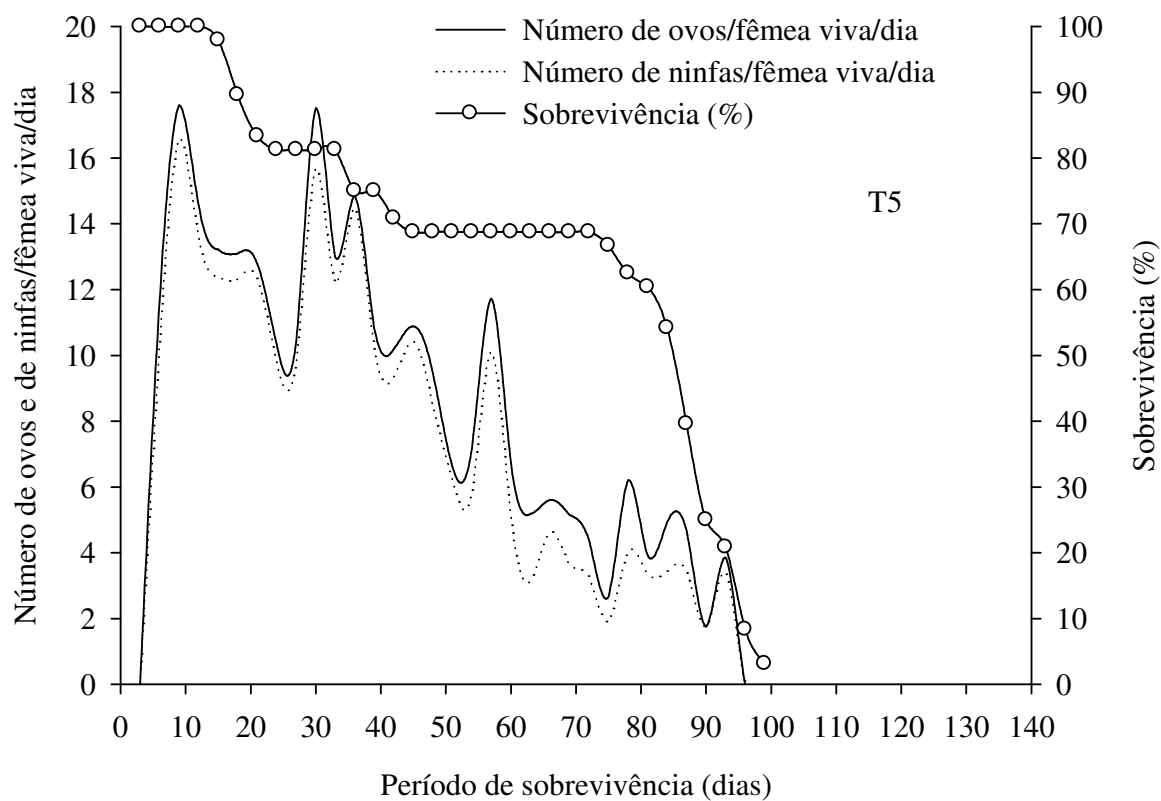


Figura 6. Sobrevivência e produção diária de ovos por fêmea de *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) com pupas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) (T5- alimentação sem planta). Viçosa, Minas Gerais.

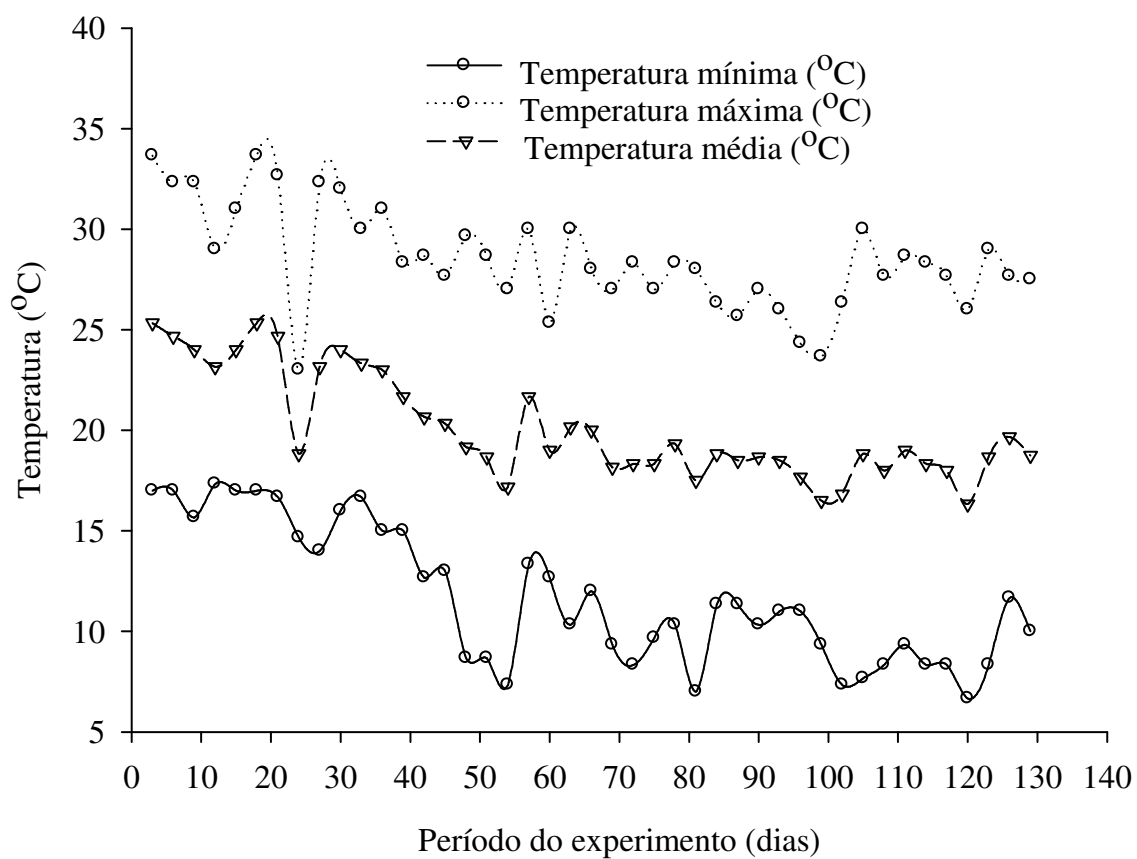


Figura 7. Temperaturas mínima, média e máxima durante a fase reprodutiva do predador *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) em casa de vegetação. Março a julho de 2006. Viçosa, Estado de Minas Gerais.

Tabela 5. Parâmetros da tabela de vida de *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) com *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) em plantas de soja Roundup Ready® tratadas com formulações de glyphosate. Viçosa, Minas Gerais, 2006

Parâmetros	Tratamentos*				
	T1	T2	T3	T4	T5
Ro	199,72 ± 36,87 bc	149,30 ± 29,07 c	288,91 ± 22,73a	172,73 ± 20,67 bc	215,64 ± 23,72 b
TD ^{ns}	6,32 ± 0,24	6,55 ± 0,27	6,36 ± 0,13	6,54 ± 0,22	6,29 ± 0,13
λ ^{ns}	1,12 ± 0,00	1,11 ± 0,00	1,12 ± 0,00	1,11 ± 0,00	1,12 ± 0,00
rm ^{ns}	0,11 ± 0,00	0,11 ± 0,00	0,11 ± 0,00	0,11 ± 0,00	0,11 ± 0,00
DG ^{ns}	48,42 ± 2,52	47,50 ± 2,85	51,98 ± 1,60	48,68 ± 2,13	48,79 ± 1,55

Médias obtidas pela técnica Jackknife seguidos de mesma letra, na linha, não diferem pelo t de Student a 5% de probabilidade.

Tempo para duplicar sua população (TD); Razão finita de aumento populacional (λ); Razão infinitesimal de aumento populacional (rm); Taxa líquida de reprodução (Ro); e Duração de uma geração (DG);

* Tratamentos: T1- plantas tratadas com o herbicida Zapp Qi®; T2- Roundup Transorb®; T3- Roundup Original®; T4- testemunha com água; T5- sem planta e sem herbicida.

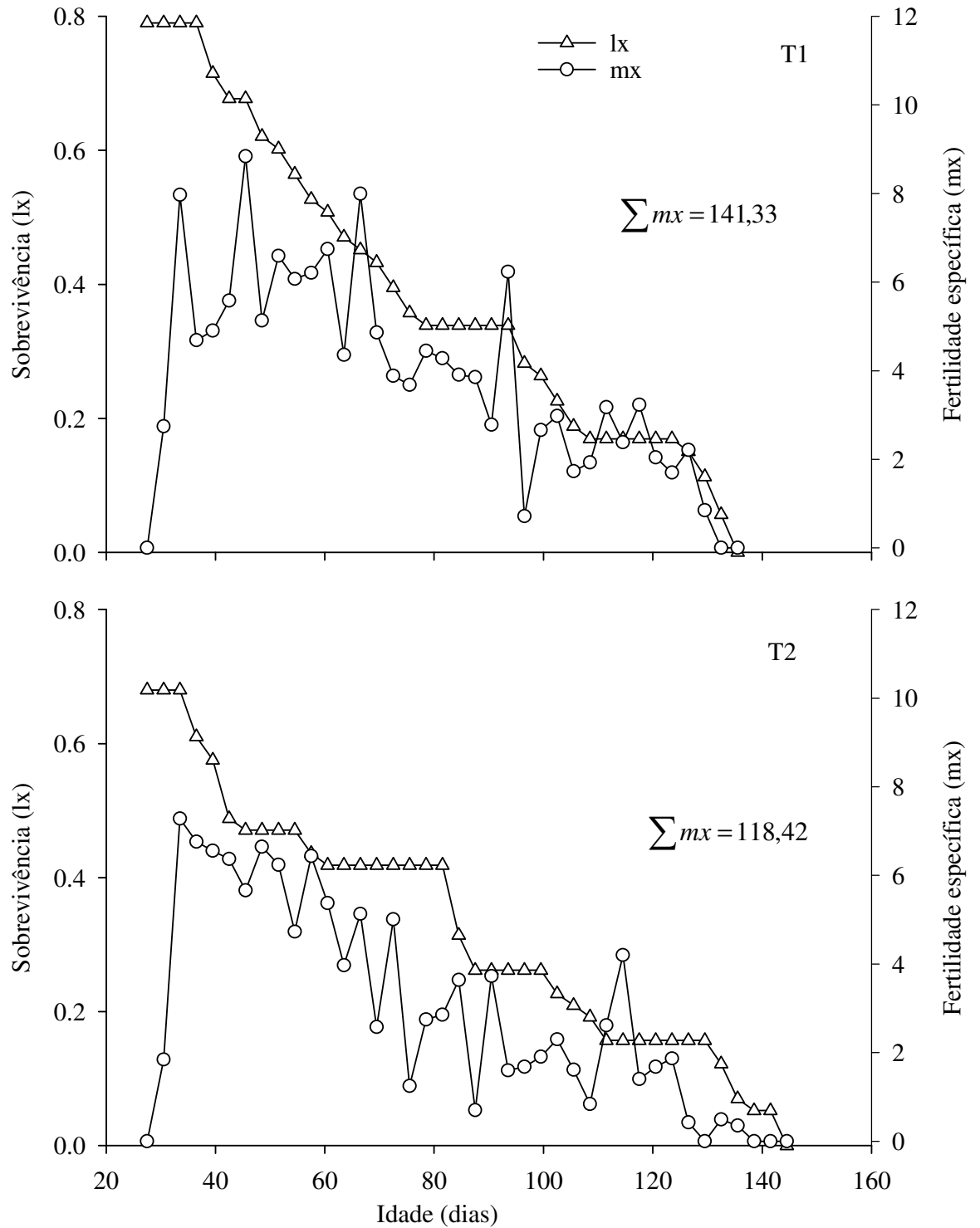


Figura 8. Taxa de sobrevivência (lx) e fertilidade específica (mx) do predador *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) com *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) em plantas de soja Roundup Ready® após imersão em: T1- Zapp Qi®; T2- Roundup Transorb®; $\sum mx$ = Taxa bruta reprodutiva (G). Viçosa, Minas Gerais.

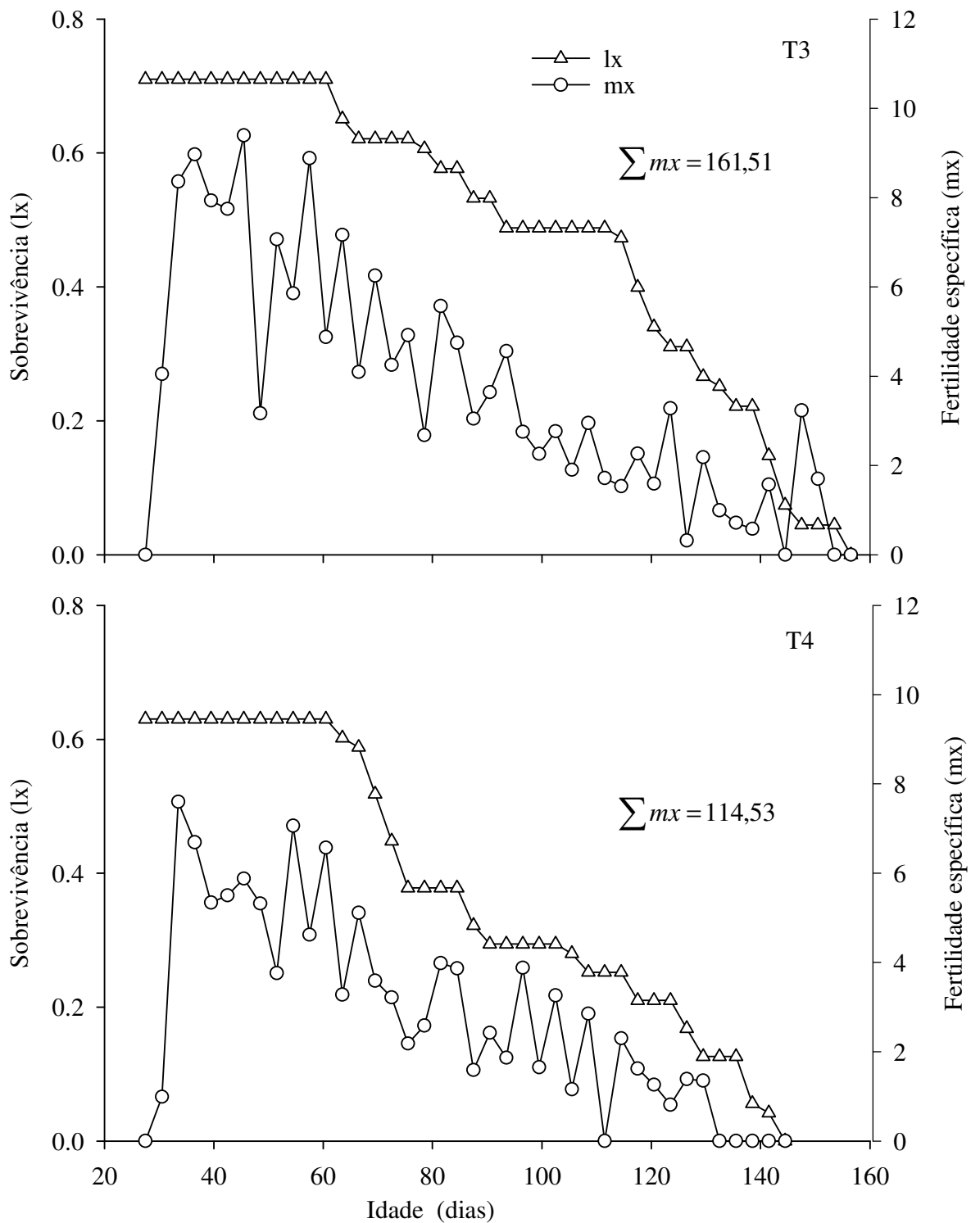


Figura 9. Taxa de sobrevivência (lx) e fertilidade específica (mx) do predador *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) com *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) em plantas de soja Roundup Ready® após imersão em: T3- Roundup Original®; T4- água (controle); Σmx = Taxa bruta reprodutiva (G). Viçosa, Minas Gerais.

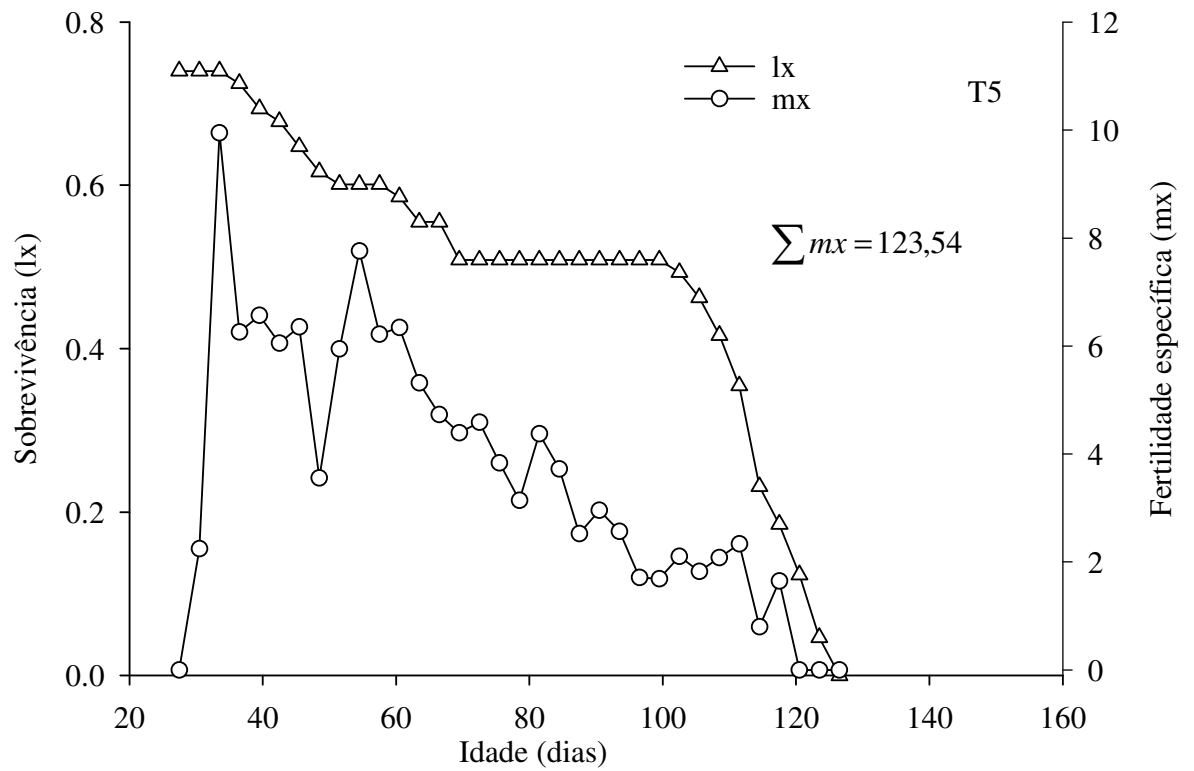


Figura 10. Taxa de sobrevivência (lx) e fertilidade específica (mx) do predador *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) alimentado com *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). T5- alimentação sem planta; Σmx = Taxa bruta reprodutiva (G). Viçosa, Minas Gerais.

Referências Bibliográficas

- AL-DOGHAIRI, M.A. & CRANSHAW, W.S. 2004. The effect of interplanting of nectariferous plants on the population density and parasitism of cabbage plants. **Southwestern Entomologist**, 29:61–68.
- BACCI, L.; PICANÇO, M.C.; GUSMÃO, M.R.; BARRETO, R.W. & GALVAN, T.L. 2002. Inseticidas seletivos à tesourinha *Doru luteipes* (Scudder) utilizados no controle do pulgão verde em brássicas. **Horticultura Brasileira**, 20: 174-179.
- BATISTA FILHO, A.; RAMIRO, Z.A.; ALMEIDA, J.E.M.; LEITE, L.G.; CINTRA, E.R.R. & LAMAS, C. 2003. Manejo integrado de pragas em soja: impacto de inseticidas sobre inimigos naturais. **Arquivos do Instituto Biológico**, 70: 61-67.
- BELL, J.R.; HAUGHTON, A.J.; BOATMAN, N.D. & WILCOX, A. 2002. Do incremental increases of the herbicide glyphosate have indirect consequences for spider communities? **The Journal of Arachnology**, 30: 288-297.
- BELORTE, L.C.C.; RAMIRO, Z.A. & FARIA, A.M. 2004. Ocorrência de predadores em cinco cultivares de soja *Glycine max* (L.) Merrill, 1917 no município de Araçatuba, SP. **Arquivos do Instituto Biológico**, 71: 45-49.
- BLACKBURN, L.G. & BOUTIN, C. 2003. Subtle effects of herbicide use in the context of genetically modified crops: A case study with glyphosate (Roundup®). **Ecotoxicology**, 12: 271-285.
- CAPINERA, J.L. 2005. Relationships between insect pests and weeds: an evolutionary perspective. **Weed Science**, 53: 892-901.
- CARSON, R. 1962. **Primavera silenciosa**. São Paulo: Edições Melhoramentos, 305 p.
- CAUBLE, K. & WAGNER, R.S. 2006. Sublethal effects of the herbicide glyphosate on amphibian metamorphosis and development. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, 75: 429–435.

COUDRON, T.A.; WITTMAYER, J. & KIM, Y. 2002. Life history and cost analysis for continuous rearing of *Podisus maculiventris* (Say) (Heteroptera: Pentatomidae) on a zoophytophagous artificial diet. **Journal of Economic Entomology**, 95: 1159-1168.

DESNEUX, N.; DECOURTYE, A. & DELPUECH, J.M. 2007. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. **Annual Review of Entomology**, 52: 81-106.

EVANGELISTA JÚNIOR, W.S.; GONDIM JUNIOR, M.G.C.; TORRES, J.B. & MARQUES, E.J. 2003. Efeito de plantas daninhas e do algodoeiro no desenvolvimento, reprodução e preferência para oviposição de *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, 32: 677-684.

EVANGELISTA JÚNIOR W.S.; GONDIM JUNIOR, M.G.C.; TORRES, J.B. & MARQUES, E.J. 2004. Fitofagia de *Podisus nigrispinus* em algodoeiro e plantas daninhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 39: 413-420.

FEHR, W.R. & CAVINESS, C.E. 1977. **Stage of soybean development**. Ames, Iowa, Cooperative Extension Service. Iowa State University, Special report 80. 11p.

GALLO, D.; NAKANO, O.; CARVALHO, R.P.L.; BAPTISTA, G.C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B.; VENDRAMIM, J.D.; MARCHINI, L.C.; LOPES, J.R.S.; OMOTO, C. 2002. **Manual de entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 920p.

GALVAN, T.L.; PICANÇO, M.C.; BACCI, L.; PEREIRA, E.J.G. & CRESPO, A.L.B. 2002. Seletividade de oito inseticidas a predadores de lagartas em citros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 37: 117-122.

GAZZIERO, D.L.P.; MACIEL, C.D.G.; SOUZA, R.T.; VELINI, E.D.; PRETE, C.E.C. & OLIVEIRA NETO, W. 2006. Deposição de glyphosate aplicado para controle de plantas daninhas em soja transgênica. **Planta Daninha**, 24: 173-181.

GIOLO, F.P.; GRÜTZMACHER, A.D.; PROCÓPIO, S.O.; MANZONI, C.G.; LIMA, C.A.B. & NÖRNBERG, S.D. 2005. Seletividade de formulações de glyphosate a *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Planta Daninha**, 23: 457-462.

GONRING, A.H.R.; PICANÇO, M.C.; LEITE, G.L.D.; SUINAGA, F.A. & ZANUNCIO, J.C. 2003. Seletividade de inseticidas a *Podisus rostralis* (Stal) (Heteroptera: Pentatomidae) predador de lagartas desfolhadoras de eucalipto. **Revista Árvore**, 27: 263-268.

GROSMAN, A.H.; BREEMEN, M.V.; HOLTZ, A.M.; PALLINI, A.; RUGAMA, A.J.M.; PENGEL, H.; VENZON, M.; ZANUNCIO, J.C.; SABELIS, M.W. & JANSSEN, A. 2005. Searching behavior of an omnivorous predator for novel and native host plants of its herbivores: a study on arthropod colonization of eucalyptus in Brazil. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, 116: 135-142.

GUSMÃO, M.R.; PICANÇO, M.C.; LEITE, G.L.D. & MOURA, M.F. 2000. Seletividade de inseticidas a predadores de pulgões. **Horticultura Brasileira**, 18: 130-133.

KREBS, C.J. 1994. **Ecology**. The experimental analysis of distribution and abundance, 4th ed. New York: Harper Collins Col. Pub., 801p.

LEMONS, W.P.; MEDEIROS, R.S.; RAMALHO, F.S. & ZANUNCIO, J.C. 2002. Effects of plant feeding on the development, survival and reproduction of *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae). **International Journal of Pest Management**, 47: 89-93.

LENTEREN, J.C.V. & BUENO, V.H.P. 2003. Augmentative biological control of arthropods in Latin America. **BioControl**, 48: 123-139.

LENTEREN, J.C.V.; BALE, J.; BIGLER, F; HOKKANEN, H.M.T. & LOOMANS, A.J.M. 2006. Assessing risks of releasing exotic biological control agents of arthropod pests. **Annual Review of Entomology**, 51: 609-634.

LOUDA, S.M.; PEMBERTON, R.W.; JOHNSON, M.T. & FOLLETT, P.A. 2003. Nontarget effects - The Achilles' heel of biological control? Retrospective analyses to reduce risk associated with biocontrol introductions. **Annual Review of Entomology**, 48: 365-396.

MAIA, A.H.N.; LUIZ, A.J.B. & CAMPANHOLA, C. 2000. Statistical inference on associated fertility life table parameters using Jackknife technique: computational aspects. **Journal of Economic Entomology**, 93: 511-518.

MALTY, J.S.; SIQUEIRA, J.O. & MOREIRA, F.M.S. 2006. Efeitos do glifosato sobre microrganismos simbióticos de soja, em meio de cultura e casa de vegetação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 41: 285-291.

MANN, R.M. & BIDWELL, J.R. 1999. The toxicity of glyphosate and several glyphosate formulations to four species of Southwestern Australian frogs. **Archives of Environmental and Toxicology**, 36: 193-199.

MEDEIROS, R.S.; RAMALHO, F.S.; ZANUNCIO, J.C. & SERRÃO, J.E. 2003. Effect of temperature on life table parameters of *Podisus nigrispinus* (Het., Pentatomidae) fed with *Alabama argillacea* (Lep., Noctuidae) larvae. **Journal of Applied Entomology**, 127: 209-213.

MOURÃO, S.A.; ZANUNCIO, J.C.; MOLINA-RUGAMA, A.J.; VILELA, E.F. & LACERDA, M.C. 2003. Efeito da escassez de presa na sobrevivência e reprodução do predador *Supputius cincticeps* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae). **Neotropical Entomology**, 32: 469-473.

OLIVEIRA, J.E.M.; TORRES, J.B.; MOREIRA, A.F.C. & BARROS, R. 2002. Efeito das plantas do algodoeiro e do tomateiro, como complemento alimentar, no desenvolvimento e na reprodução do predador *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae). **Neotropical Entomology**, 31: 101-108.

OLIVEIRA, H.N.; PRATISSOLI, D.; PEDRUZZI, E.P. & ESPÍNDULA, M.C. 2004. Desenvolvimento do predador *Podisus nigrispinus* alimentado com *Spodoptera frugiperda* e *Tenebrio molitor*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 39: 947-951.

PEREIRA, J.L.; SILVA, A.A.; PICANÇO, M.C.; BARROS, E.C. & JAKELAITIS, A. 2005. Effects of herbicide and insecticide interaction on soil entomofauna under maize crop. **Journal of Environmental Science and Health Part B - Pesticides, Food and Agricultural Wastes**, 40: 45-54.

PICANÇO, M.C.; MOURA, M.F.; MIRANDA, M.M.M.; GONTIJO, L.M. & FERNANDES, F.L. 2003. Seletividade de inseticidas a *Doru luteipes* (Scudder, 1876) (Dermaptera: Forficulidae) e *Cotesia* sp. (Hymenoptera: Braconidae) inimigos naturais de *Ascia monuste orseis* (Godart, 1818) (Lepidoptera: Pieridae). **Ciência Rural**, 33: 183-188.

PRICE, P. W. 1998. **Insect ecology**. Wiley, New York.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G. & ALVAREZ, V.H. (Ed.). 1999. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, MG, 359p.

SANTOS, J.B.; FERREIRA, E.A.; REIS, M.R.; SILVA, A.A.; FIALHO, C.M.T. & FREITAS, M.A.M. 2007. Avaliação de formulações de glyphosate sobre soja Roundup Ready. **Planta Daninha**, 25: 165-171.

SAS INSTITUTE. 1991. **SAS/GRAPH software: usage, version 6**, 1st ed. SAS Institute, Cary, NC.

STARK, J.D. & BANKS, J.E. 2001. Selective pesticides: Are they less hazardous to the environment?. **BioScience**, 51: 980-982.

STARK, J.D. & BANKS, J.E. 2003. Population-level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. **Annual Review of Entomology**, 48: 505-519.

STARK, J.D.; VARGAS, R. & BANKS, J.E. 2007. Incorporating ecologically relevant measures of pesticide effect for estimating the compatibility of pesticides and biocontrol agents. **Journal of Economic Entomology**, 100: 1027-1032.

STERK G.; HASSAN, S.A.; BAILLOD, M.; BAKKER, F.; BIGLER, F.; BLÜMEL, S.; BOGENSCHÜTZ, H.; BOLLER, E.; BROMAND, B.; BRUN, J.; CALIS, J.N.M.; COREMANS-PELSENEER, J.; DUSO, C.; GARRIDO, A.; GROVE, A.; HEIMBACH, U.; HOKKANEN, H.; JACAS, J.; LEWIS, G.; MORETH, L.; POLGAR, L.; ROVERSTI, L.; SAMSOE-PETERSEN, L.; SAUPHANOR, B.; SCHAUB, L.; STÄUBLI, A.; TUSET, J.J.; VAINIO, A.; VAN DE VEIRE, M.; VIGGIANI, G.;

VIÑUELA, E. & VOGT, H. 1999. Results of the seventh joint pesticide testing programme carried out by the IOBC/WPRS-Working Group 'Pesticides and Beneficial Organisms'. **BioControl**, 44: 99–117.

SYDOROVYCH, O. & MARRA, M.C. 2007. A genetically engineered crop's impact on pesticide use: A revealed-preference index approach. **Journal of Agricultural and Resource Economics**, 32: 476-491.

TEODORO, A.V.; FADINI, M.A.M.; LEMOS, W.P.; GUEDES, R.N.C. & PALLINI, A. 2005. Lethal and sub-lethal selectivity of fenbutatin oxide and sulfur to the predator *Iphiseiodes zuluagai* (Acari: Phytoseiidae) and its prey, *Olygonychus ilicis* (Acari: Tetranychidae), in Brazilian coffee plantations. **Experimental and Applied Acarology**, 36: 61-70.

TORRES, J.B.; SILVA TORRES, C.S.A.; SILVA, M.R. & FERREIRA, J.F. 2002. Compatibilidade de inseticidas e acaricidas com o percevejo predador *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) em algodoeiro. **Neotropical Entomology**, 31: 311-317.

TSUI, M.T.K. & CHU, L.M. 2003. Aquatic toxicity of glyphosate-based formulations: comparison between different organisms and the effects of environmental factors. **Chemosphere**, 52: 1189-1197.

VIVAN, L.M.; TORRES, J.B.; BARROS, R. & VEIGA, A.F.S.L. 2002. Tasa de crecimiento poblacional del chinche depredador *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) y de la presa *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) en invernadero. **Revista de Biología Tropical**, 50: 145-153.

WITTMAYER, J.L. & COUDRON, T.A. 2001. Life table parameters, reproductive rate, intrinsic rate of increase, and estimated cost of rearing *Podisus maculiventris* (Heteroptera: Pentatomidae) on an artificial diet. **Journal of Economic Entomology**, 94: 1344-1352.

ZANUNCIO, J.C.; ALVES, J.B.; ZANUNCIO, T.V. & GARCIA, J.F. 1994. Hemipterous predators of Eucalypt desfoliator caterpillars. **Forest Ecology and Management**, 65: 65-73.

ZANUNCIO, J.C.; MOLINA-RUGAMA, A.J.; SANTOS, G.P. & RAMALHO, F.S. 2002. Effect of body weight on fecundity and longevity of the stinkbug predator *Podisus rostralis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 37: 1225-1230.

ZANUNCIO, J.C.; LACERDA, M.C.; ZANUNCIO JUNIOR, J.S.; ZANUNCIO, T.V.; SILVA, M.C. & ESPÍNDOLA, M.C. 2004. Fertility table and rate of population growth of the predator *Supputius cincticeps* (Heteroptera: Pentatomidae) on one plant of *Eucalyptus cloeziana* in the field. **Annals of Applied Biology**, 144: 357-361.

ZANUNCIO, T.V.; ZANUNCIO, J.C.; SERRÃO, J.E.; MEDEIROS, R.S.; PINON, T.B.M. & SEDIYAMA, C.A.Z. 2005. Life table of the predator *Supputius cincticeps* (Stal 1860) (Heteroptera: Pentatomidae) exposed to sublethal doses of permethrin. **Biological Research**, 38: 31-39.

ZANUNCIO, J.C.; LEMOS, W.P.; LACERDA, M.C.; ZANUNCIO, T.V.; SERRÃO, J.E. & BAUCE, E. 2006. Age-dependent fecundity and fertility life tables of the predator *Brontocoris tabidus* (Heteroptera: Pentatomidae) under field conditions. **Journal of Economic Entomology**, 99: 401-407.

CAPÍTULO II

Toxicidade de produtos fitossanitários a *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) em pupas de *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae)



**Viçosa-MG
2008**

Resumo

Produtos seletivos à inimigos naturais são indispensáveis em programas de manejo integrado de pragas (MIP) e a busca daqueles mais seletivos aos inimigos naturais é um desafio para se diminuir o impacto no ambiente e permitir a utilização concomitante com agentes de controle biológico. Himenópteros parasitóides de pupas são utilizados para o controle de lepidópteros pragas e *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) é uma espécie polífaga por parasitar pupas de Lepidoptera e Coleoptera. Fatores ambientais, toxicológicos e a qualidade alimentar podem afetar a dinâmica populacional de parasitóides e no estabelecimento e eficiência dos mesmos no controle de pragas. A cultura da soja demanda aplicações constantes de herbicidas, fungicidas e inseticidas, as quais expõem os inimigos naturais aos efeitos deletérios desses produtos. Assim, esse trabalho objetivou avaliar a toxicidade do herbicida Roundup Ready[®] (glyphosate); do fungicida Folicur[®] (tebuconazole); dos inseticidas reguladores de crescimento de insetos Dimilin[®] (diflubenzuron) e Certero[®] (triflumuron); e do inseticida fosforado Malathion[®] (malathion) nos parâmetros reprodutivos de *P. elaeisis* criado em pupas de *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae). O trabalho foi realizado no Laboratório de Controle Biológico de Insetos e no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa. A avaliação foi feita com diferentes formas de aplicação desses produtos, como contaminação do alimento das lagartas desse lepidóptero ou diretamente de suas pupas pelos produtos. No experimento I, lagartas de *A. gemmatalis* foram alimentadas com folhas de soja contaminadas com glyphosate ou tebuconazole e dieta artificial contaminada com glyphosate. No experimento II, as pupas de *A. gemmatalis* foram imersas em glyphosate, tebuconazole, diflubenzuron, triflumuron ou malathion. Foi analisada, também, a segunda geração dos insetos nos tratamentos com triflumuron e

diflubenzuron para se avaliar os efeitos desses inseticidas na geração F2 de *P. elaeisis*. Os controles receberam apenas água. Os produtos glyphosate e tebuconazole aplicados, via dieta, às lagartas de *A. gemmatalis*, não ofereceram riscos a *P. elaeisis*, exceto na cultivar CD 212 RR + glyphosate que reduziu a emergência desse parasitóide. O inseticida malathion causou maior mortalidade de *P. elaeisis* e impediu o parasitismo de pupas de *A. gemmatalis*, mas não causou a mortalidade de pupas desse lepidóptero. Os demais parâmetros reprodutivos foram satisfatórios para a utilização de *P. elaeisis* com glyphosate, tebuconazole, diflubenzuron ou triflumuron. Entretanto, a segunda geração desse parasitóide com o diflubenzuron foi afetada, com redução do número de fêmeas e, conseqüentemente, da razão sexual de *P. elaeisis*. Dessa maneira, o diflubenzuron deve ser melhor avaliado em programas de manejo para não afetar a dinâmica populacional desse parasitóide no campo. Não se recomenda utilizar o malathion com o controle biológico com *P. elaeisis*. O herbicida glyphosate, o fungicida tebuconazole e o inseticida triflumuron podem ser recomendados para a cultura da soja em programas de controle biológico com esse parasitóide.

Palavras chave: Planta geneticamente modificada, parasitóide, organismo não-alvo, lagarta da soja.

Introdução

O uso indiscriminado de pesticidas pode causar problemas ambientais como redução da biodiversidade (Taylor et al., 2006) além de prejudicar a entomofauna, aumentando a resistência de pragas (Gelmini et al., 2005; Relyea, 2005, Li et al., 2007; Zhang et al., 2008). Dessa maneira, produtos seletivos aos inimigos naturais devem ser usados em programas de manejo integrado de pragas (MIP) (Czepak et al., 2005; Mahdian et al., 2007). Portanto, a busca de produtos mais seletivos aos inimigos naturais é um desafio para se diminuir o impacto desses produtos (Stark & Banks, 2001).

O controle biológico é uma tática do manejo integrado de pragas com baixo custo e baixo impacto ambiental. A utilização de parasitóides, para controle de pragas, tem ganhado destaque pela sua especificidade, eficiência e facilidade de criação (Parra & Zuchi, 2004). Parasitóides de pupas têm sido, freqüentemente, relatados nas pesquisas e revelado a capacidade reprodutiva de himenópteros no controle de lepidópteros pragas. *Trichospilus diatraeae* Cherian & Margabandhu, 1942 (Hymenoptera: Eulophidae) em pupas de *Diatraea saccharalis* F. (Lepidoptera: Pyralidae), *A. gemmatalis* Hübner, *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith e *Heliothis virescens* F. (Lepidoptera: Noctuidae) (Paron & Berti Filho, 2000); e *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae), parasitóide polífago de pupas de Lepidoptera (Bittencourt & Bert Filho 1999, 2004; Pereira & Zanuncio, 2005) e Coleoptera (Zanuncio et al., 2008) são inimigos naturais importantes. No entanto, o parasitoidismo e a eficiência do controle de pragas depende de fatores como a idade (Husni & Honda, 2001) e tipo do hospedeiro (Bittencourt & Bert Filho 1999; Häckermann et al., 2007); qualidade da planta em que o hospedeiro se alimenta (Hunter, 2003; Wanderley et al.,

2003); condições climáticas (Thomas & Blanford, 2003; Bittencourt & Berti Filho 2004) e presença de compostos tóxicos (Bell et al., 2004; Rocha & Carvalho, 2004).

A variação na qualidade da planta sugere interação positiva entre plantas e preferência dos parasitóides para o controle das pragas (Hunter, 2003). A transgenia altera as plantas, o que leva os pesquisadores a testarem os efeitos indiretos dessa mudança nos organismos não alvos (Lövei & Arpaia, 2005).

A cultura da soja demanda aplicações constantes de herbicidas, fungicidas e inseticidas (Embrapa, 2006). Essas aplicações expõem os inimigos naturais aos efeitos deletérios desses pesticidas, sendo os parasitóides expostos por três vias principais: (1) contato direto com o produto aplicado, (2) contato direto com resíduos das superfícies tratadas, e (3) exposição pela hemolinfa e tecidos de hospedeiros expostos ou que ingeriram dieta contaminada (Addison & Barker, 2006).

As variedades de soja transgênicas tolerantes ao glyphosate possuem um gene que codifica uma forma alternativa da EPSPS (5 enolpiruvilchiquimato-3-fosfato sintase) com baixa afinidade pelo glyphosate não permitindo que a rota de formação dos aminoácidos aromáticos seja bloqueada (Siqueira, 2004). O cultivo de variedades de soja transgênicas, tolerantes ao glyphosate, acarreta maior utilização desse herbicida no controle de plantas daninhas nessas lavouras (Gazziero et al., 2006) e causa modificações no teor de nutrientes da soja (Santos et al., 2007). Estudos têm evidenciado a toxicidade desse herbicida a organismos não alvo como *Ceriodaphnia dubia* (Crustacea: Cladocera) e *Hyaella azteca* (Crustacea: Amphipoda) (Tsui & Chu, 2003) e *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) (Giolo et al., 2005), além de reduzirem a biodiversidade (Amarante Júnior et al., 2002; Bell et al., 2002).

A utilização de fungicidas em lavouras de soja é alta devido às doenças de final de ciclo (Hoffmann et al., 2004), e para o controle da ferrugem asiática causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* Sydow & Sydow, a principal doença dessa cultura (Yorinori et al., 2003). Os fungicidas são em geral, produtos pouco tóxicos à insetos (Oliver et al., 2006), mas podem causar efeitos deletérios em organismos não alvo (Childers et al., 2001). Além disso, podem apresentar efeitos sinérgicos com outros pesticidas, como o aumento da toxicidade da combinação do piretróide deltametrina com o fungicida prochloraz a abelhas (Papaefthimiou & Theophilidis, 2001).

Os inseticidas reguladores de crescimento de inseto (IRC's) são menos tóxicos e compatíveis com o manejo de insetos pragas (Campiche et al., 2006). No entanto, podem reduzir a fertilidade de organismos submetidos a IRC's, como relatado para o *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) que teve redução da sua fertilidade com o diflubenzuron (Castro et al., dados não publicados) e com lufenuron (Evangelista Jr et al., 2002), embora esse inseticida não tenha causado mortalidade no estágio adulto desse predador. Outros IRC's como os teflubenzuron e hexaflumuron, interferem no metabolismo de síntese de quitina e parecem ter alta especificidade para pragas alvos. No entanto, os efeitos desses produtos podem diferir entre espécies de inseto e serem inócuos para algumas delas (Campiche et al., 2006), porém, o alvo de ação de alguns IRC's é, ainda, pouco esclarecido (Ghoneim et al., 2003).

Os inseticidas organofosforados têm amplo espectro de ação e pouca seletividade a organismos não alvos (Büyükgüzel, 2006) incluindo Hymenoptera parasitóides (Ulmer et al., 2006). A seletividade do organofosforado malathion pode variar entre espécies e, mesmo, entre as fases de desenvolvimento do inseto como evidenciado para o predador *Podisus rostralis* (Heteroptera: Pentatomidae) em que o malathion foi mediantemente seletivo para ninfas de quinto estágio e não-seletivo para

aquelas de terceiro estágio e adultos desse predador (Goring et al., 2003) e alta toxicidade para *Orius insidiosus* (Say) (Hemiptera: Anthocoridae) e *Geocoris punctipes* (Say) (Hemiptera: Lygaeidae) e, por isto, não sendo compatível com o MIP (Elzen, 2001).

A seletividade dos produtos fitossanitários a organismos não alvo pode variar entre o tipo de formulação, espécies do organismo estudado e das condições experimentais. Portanto, a forma de interações desses produtos com organismos não alvos deve ser estudada para se melhorar a compreensão de seus efeitos no agroecossistema.

Objetivos

Avaliar a toxicidade do herbicida Roundup Ready[®] (glyphosate); do fungicida Folicur[®] (tebuconazole); dos inseticidas reguladores de crescimento de insetos Dimilin[®] (diflubenzuron) e Certero[®] (triflumuron); e do organofosforado Malathion[®] (malathion) nos parâmetros reprodutivos de *P. elaeisis* criado com pupas de *A. gemmatalis*, em diferentes formas de aplicação desses produtos como por contaminação do alimento das lagartas desse lepidóptero ou por contaminação direta de suas pupas pelos produtos.

Material e métodos

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Controle Biológico de Insetos da Universidade Federal de Viçosa (LCBI/UFV), em Viçosa, Minas Gerais, com as seguintes etapas:

Plantio da soja: Sementes de soja, fornecidas pela Coodetec, foram semeadas em vasos plásticos de três litros, no campo, em área do Programa de Melhoramento Genético de

Soja do Departamento de Fitotecnia da UFV, em plantios escalonados a cada 15 dias. A adubação foi feita de acordo com recomendações da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (Ribeiro et al., 1999) e as plantas foram utilizadas nos estágios fenológicos V6 ou V7 até o R6 (Fehr & Caviness, 1977). Os tratos culturais foram capina, desbaste nos estágios V3 e V4 deixando-se três plantas por vaso, irrigação diária, controle de pragas com coleta manual dos insetos, sem tratamento químico. Foi realizada adubação de cobertura com sulfato de amônia equivalente a 50 Kg/ha de N, de acordo com a necessidade da cultura. Foram cultivadas duas cultivares de soja transgênicas (CD 212 RR e CD 214 RR) tolerantes ao glyphosate e duas cultivares normais (CD 201 e OC 14) que deram origem àquelas duas.

Criação de *Anticarsia gemmatalis* com folhas de soja: Adultos de *A. gemmatalis* foram colocados em gaiolas de madeira (30 x 30 x 30 cm) com as laterais teladas e tampa de vidro, recebendo solução nutritiva (Tabela 1) embebida em algodão. As posturas desse lepidóptero foram coletadas em folha de papel branco e colocados em potes de 500 ml. Lagartas de primeiro estágio desse lepidóptero foram colocadas em potes plásticos de 500 ml, em grupos de 10 lagartas por pote, e receberam folhas de soja, *ad libitum*, de acordo com o tratamento, até a obtenção das pupas para a montagem do experimento. As lagartas foram criadas em sala climatizada a 25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa (UR) e fotofase de 12 horas.

Criação de *Anticarsia gemmatalis* em dieta artificial: Dez lagartas de *A. gemmatalis* foram colocadas por pote com dieta artificial (Tabela 2), *ad libitum*, até a fase de pupa. Pupas dessa criação foram utilizadas nos experimentos. A criação dos adultos e as

condições ambientais foram as mesmas citadas para a criação das lagartas com folhas de soja.

Criação do parasitóide: adultos de *P. elaeisis* foram mantidos em tubos de vidro (14 x 2,2 cm) tampados com algodão, com gotículas de mel de abelha no seu interior para alimentação desses insetos. Pupas de *A. gemmatalis*, com 48 a 72 horas de idade, criadas em dieta artificial foram expostas ao parasitismo, por 24 horas, à temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas para a manutenção da criação de *P. elaeisis*. Os parasitóides dessa criação massal foram utilizados nos experimentos.

Montagem e avaliação:

As caldas dos produtos fitossanitários (Tabela 3) foram elaboradas de acordo com o fabricante em dosagem utilizada comercialmente. A dosagem do glyphosate foi de 720 g ha^{-1} do equivalente ácido de [N-(fosfonometil) glicina].

- **Experimento I:** Lagartas alimentadas com folhas de soja contaminadas

Lagartas de *A. gemmatalis* foram alimentadas com folhas de soja das cultivares CD 212 RR (T), CD 201 (T), CD 214 RR (T) e OC 14 (T) tratadas com água (T= testemunhas); CD 212 RR (H) e CD 214 RR (H) tratadas com o herbicida glyphosate (H= herbicida); CD 212 RR (F), CD 201 (F) e OC 14 (F) com o fungicida tebuconazole (F= fungicida). As folhas de soja foram imersas na calda comercial dos produtos ou água (testemunha) por cinco segundos e oferecidas às lagartas de *A. gemmatalis* nos segundo e quinto estádios desse lepidóptero. Pupas provenientes dessas lagartas foram submetidas ao parasitismo por *P. elaeisis*.

Os tratamentos CD 212 RR (T), CD 201 (T), CD 214 RR (T), OC 14 (T), CD 212 RR (H), CD 214 RR (H), CD 212 RR (F), CD 201 (F) e OC 14 (F) tiveram dezesseis repetições. Cada repetição foi representada por uma pupa de *A. gemmatalis*, em delineamento inteiramente casualizado. Pupas de *A. gemmatalis*, com 48 horas de idade foram expostas ao parasitismo por fêmeas de *P. elaeisis*, com 72 horas de idade. Cada pupa foi colocada, separadamente, em tubos de ensaio (2,2 cm de diâmetro x 14,0 cm de altura) em sala climatizada a 25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 12 horas, na densidade de seis parasitóides/pupa. Após 48 horas, as fêmeas de *P. elaeisis* foram retiradas dos tubos.

A duração do ciclo de vida (ovo-adulto), a porcentagem de parasitismo, descontando-se a mortalidade natural do hospedeiro (Abbott, 1925), a porcentagem de emergência da progênie e o tamanho da cápsula cefálica dos parasitóides emergidos por pupa de *A. gemmatalis* foram avaliados. As medidas de tamanho da cápsula cefálica foram realizadas com o auxílio de ocular micrométrica acoplada ao microscópio estereoscópico. A razão sexual foi calculada pela equação $RS = (\text{Número de fêmeas} / \text{Número total de indivíduos})$. O sexo dos indivíduos foi determinado de acordo com as características morfológicas da antena e abdome desse parasitóide (Delvare e LaSalle, 1993).

O peso das pupas de *A. gemmatalis* e os dados reprodutivos de *P. elaeisis* foram submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey a 5% de probabilidade. A porcentagem de parasitismo e de emergência de *P. elaeisis* foram submetidos à análise não paramétrica a 5% de probabilidade. Essa análise foi realizada com os dados originais que são não-paramétricos, mas foram expressos em porcentagem para facilitar a visualização (Pereira, 2006). Todas as análises foram realizadas com o programa estatístico SAEG 9.0.

- **Experimento II:** Lagartas alimentadas com dieta artificial contaminada

A dieta artificial foi imersa na calda comercial de glyphosate ou água (testemunha) por cinco segundos e oferecidas às lagartas de *A. gemmatalis* nos segundo e quinto estádios desse lepidóptero. Pupas provenientes dessas lagartas foram submetidas ao parasitismo por *P. elaeisis*. Cada tratamento teve vinte repetições, cada uma representada por uma pupa de *A. gemmatalis*, em delineamento inteiramente casualizado. A metodologia de avaliação e análise estatística foi a mesma utilizada no experimento I.

- **Experimento III:** Pupas imergidas em produtos fitossanitários

Pupas de *A. gemmatalis* foram obtidas a partir da criação mantida com dieta artificial no Laboratório de Controle Biológico de Insetos do Departamento de Biologia Animal da UFV (LCBI/DBA/UFV). Essas pupas foram imersas, instantaneamente, na calda dos seguintes produtos: água (controle) (T1); herbicida Roundup Ready[®] (glyphosate) (T2); fungicida Folicur[®] (tebuconazole) (T3); inseticidas reguladores de crescimento de insetos Dimilin[®] (diflubenzuron) (T4) e Certero[®] (triflumuron) (T5); ou o organofosforado Malathion[®] (malathion) (T6). A calda de cada produto fitossanitário foi preparada de acordo com a recomendação do fabricante para aplicação comercial e utilizados com doze repetições, cada uma representada por uma pupa de *A. gemmatalis*. As condições experimentais, avaliações e análises estatísticas foram as mesmas citadas no experimento I.

Alguns inseticidas reguladores de crescimento podem afetar a fecundidade de insetos (Desneaux et al., 2007). Portanto, a segunda geração de *P. elaeisis* foi estudada nos tratamentos com diflubenzuron e triflumuron em pupas de *A. gemmatalis*. As pupas nesse experimento foram provenientes de lagartas alimentadas com dieta artificial e sem tratamento com esses produtos.

Resultados

- **Experimento I:** Lagartas alimentadas com folhas de soja contaminadas

Pupas de *A. gemmatalis* de lagartas alimentadas com folhas de soja RR tratadas com o herbicida glyphosate não afetou a percentagem de parasitismo de *P. elaeisis* com valor igual ou superior a 81,25% em todos os tratamentos (Tabela 4). No entanto, a emergência desse parasitóide foi menor com lagartas de *A. gemmatalis* alimentadas com a cultivar CD 212 RR contaminada com glyphosate (18,75%) que na testemunha sem herbicida (75,00%) ($P < 0,05$). A emergência de *P. elaeisis* foi de 31,25% com ou sem herbicida com a cultivar CD 214 RR (Tabela 4).

O peso das pupas de *A. gemmatalis* foi menor com a cultivar CD 214 RR ($169,27 \pm 7,50$ e $170,43 \pm 4,94$ mg) que na CD 212 RR ($207,74 \pm 8,69$ e $219,02 \pm 9,99$ mg) sem ou com glyphosate, respectivamente (Tabela 4). A largura da cápsula cefálica ($0,41 \pm 0,02$ mm) e longevidade ($27,12 \pm 6,68$ dias) de machos de *P. elaeisis* foram menores com a cultivar CD 214 RR sem herbicida, possivelmente pela má nutrição desse parasitóide em pupas de menor tamanho (Tabela 4).

O fungicida tebuconazole, fornecido às lagartas de *A. gemmatalis*, não apresentou efeitos adversos a *P. elaeisis* ao parasitar a pupa desse hospedeiro (Tabela 6). A percentagem de parasitismo foi semelhante ou superior a 81,25% em todos os tratamentos e a taxa de emergência desse parasitóide foi de 43,75%, 43,75% e 75% com folhas de soja das cultivares OC 14, CD 212 RR tratadas com fungicida e CD 212 RR sem fungicida, respectivamente, sem diferença estatística entre esses valores ($P < 0,05$) (Tabela 6).

- **Experimento II:** Lagartas alimentadas com dieta artificial contaminada

Machos de *P. elaeisis* apresentaram menor longevidade com glyphosate ($6,90 \pm 0,90$ dias) que no controle ($11,90 \pm 1,17$ dias). O glyphosate não afetou os demais

parâmetros reprodutivos desse parasitóide (Tabela 5). *Palmistichus elaeisis* apresentou alta taxa de parasitismo e de emergência em ambos tratamentos (> 90%), além de alto número de parasitóides emergidos por pupa de *A. gemmatalis* ($131,28 \pm 10,41$ e $163,68 \pm 15,58$ indivíduos para o controle e dieta com glyphosate, respectivamente) (Tabela 5). Isto indica a inocuidade do glyphosate a *P. elaeisis* além da boa qualidade do hospedeiro utilizado para o desenvolvimento desse parasitóide.

- **Experimento III:** Pupas imergidas em produtos fitossanitários

O inseticida malathion causou danos severos a *P. elaeisis* ao impedir o seu parasitismo em pupas de *A. gemmatalis* expostas ao mesmo, pela mortalidade desse parasitóide antes de ter acesso a pupa. No entanto, o malathion não causou mortalidade de pupas de *A. gemmatalis*. A percentagem de parasitismo de *P. elaeisis* foi de 0% com malathion seguidos do triflumuron (58,33%); diflubenzuron (83,33%); e tebuconazole, glyphosate e controle com 100% de parasitismo. A percentagem de emergência de *P. elaeisis* foi de 50% nos tratamentos com diflubenzuron e triflumuron; 66,67% com tebuconazole e controle e, 91,67% com glyphosate (Tabela 7).

O número de indivíduos de *P. elaeisis* por pupa de *A. gemmatalis* foi significativo ($P < 0,05$), mas sem diferenças entre tratamentos. Esse número variou de $111,83 \pm 33,38$ a $195,17 \pm 31,87$ indivíduos por pupa de *A. gemmatalis* (Tabela 7). A razão sexual desse parasitóide diferiu entre tratamentos com triflumuron ($0,92 \pm 0,02$) do glyphosate ($0,72 \pm 0,04$). Esses valores foram de $0,82 \pm 0,03$, $0,81 \pm 0,03$ e $0,77 \pm 0,05$ nos controle, tebuconazole e diflubenzuron, respectivamente (Tabela 7). Os produtos testados não afetaram os demais parâmetros reprodutivos de *P. elaeisis*, exceto para o malathion, no qual não houve progênie desse parasitóide.

Os descendentes de *P. elaeisis*, com os inseticidas diflubenzuron e triflumuron foram colocados para parasitar pupas de *A. gemmatalis* criadas, apenas, com dieta

artificial. Nessa segunda geração, a razão sexual desse parasitóide foi menor com diflubenzuron ($0,20 \pm 0,04$) que na testemunha ($0,69 \pm 0,07$) ou com o triflumuron ($0,52 \pm 0,08$). O número de machos de *P. elaeisis* foi maior ($135,14 \pm 18,13$ indivíduos) e o de fêmeas menor ($36,14 \pm 11,94$ indivíduos) com o diflubenzuron ($P < 0,05$) que na testemunha ($38,71 \pm 11,54$ e $72,14 \pm 11,10$ indivíduos) ou com o triflumuron ($77,71 \pm 13,11$ e $85,57 \pm 13,57$ indivíduos) para machos e fêmeas, respectivamente (Tabela 8). As taxas de parasitismo e de emergência, a duração do ciclo de vida e o número de indivíduos de *P. elaeisis*, por pupa de *A. gemmatalis*, foram semelhantes entre tratamentos ($P < 0,05$) (Tabela 8).

Discussão

O parasitismo semelhante de pupas de *A. gemmatalis* por *P. elaeisis* e a redução da emergência de *P. elaeisis* com a cultivar CD 212 RR com herbicida Roundup Ready[®] (glyphosate) é semelhante ao observado para outras formulações comerciais de glyphosate que foram levemente (Agrisato 480 SL, Glifos, Glyphosate Nortox, Gliz 480 SL, Polaris, Trop e Zapp Qi,) ou moderadamente nocivos (Roundup Original, Roundup Transorb e Roundup WG,) aos adultos de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) com redução acima de 30% do parasitismo de ovos de *Anagasta kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) (Stefanello Júnior et al., 2008).

A menor emergência de *P. elaeisis* de pupas de *A. gemmatalis* com a cultivar CD 214 RR indica baixa qualidade do hospedeiro e de que o produto transgene pode afetar o organismo, diretamente, pela ingestão e, indiretamente, por metabólitos secundários da digestão desses compostos (Andow & Hilbeck, 2004). O tipo da planta afeta a qualidade do hospedeiro por reduzir a obtenção de nutrientes, além de alocar compostos que podem servir de defesa contra inimigos naturais (Awmack & Leather,

2002). Assim, a redução do peso das pupas de *A. gemmatalis* mostra que a cultivar CD 214 RR representa alimento de pior qualidade para lagartas que a CD 212 RR.

A evidência da pior qualidade da cultivar CD 214 RR é devido à redução do peso das pupas de *A. gemmatalis* alimentada nessa cultivar. O ectoparasitóide *Diapetimorpha introita* (Cresson) (Hymenoptera: Ichneumonidae), criado em dieta artificial, teve maior tempo de desenvolvimento, redução da fecundidade e do peso comparado com aqueles criados com o hospedeiro natural *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) (Carpenter & Greany, 1998). Pupas menores de *A. gemmatalis* pode ter reduzido a largura da cápsula cefálica de *P. elaeisis*, assim como a menor longevidade dos machos desse parasitóide. Isso ocorre por deficiência de espaço levando à competição intraespecífica, pois como há menor espaço para se desenvolver, haverá maior competição por alimento, o que resulta em indivíduos menores e mais fracos (Dorn & Beckage, 2007; Jervis et al., 2008).

A dieta artificial com glyphosate, para alimentação de lagartas de *A. gemmatalis*, reduziu a longevidade de machos de *P. elaeisis*. A longevidade dos insetos pode ser afetada pela exposição a condições ambientais extremas (Medeiros et al., 2003; Bittencourt & Berti Filho, 2004) a compostos tóxicos (Acheampong & Stark, 2004; Giolo et al., 2005) e ao tipo de hospedeiro (Tran et al., 2007). Portanto, a redução da longevidade de machos de *P. elaeisis* pode estar relacionada à presença da molécula do glyphosate na constituição da pupa, alterando alguma rota metabólica (Andow & Hilbeck, 2004) desse parasitóide.

As características reprodutivas de *P. elaeisis* indicam que a dieta artificial para alimentar as lagartas de *A. gemmatalis* é apropriada para criação desse parasitóide nesse hospedeiro. Os parâmetros reprodutivos de *P. elaeisis* corroboram aqueles com outras pupas de lepidópteros (Bittencourt & Berti Filho, 1999, 2004; Pereira et al., 2008) e

com *T. molitor* (Zanuncio et al., 2008), o que evidencia a inocuidade do glyphosate a esse parasitóide.

O alto índice de parasitismo e de emergência de *P. elaeisis* em pupas provenientes das cultivares transgênicas e normais atestam que as mesmas são compatíveis com o uso desse parasitóide. Isto concorda com o relato de que o fungicida tebuconazole ser inócuo para o predador *Podisus nigrispinus* Dallas (Heteroptera: Pentatomidae) (Lacerda, dados não publicados) e pouco nocivo para parasitóides e predadores de acordo com o programa de teste de seletividade dos pesticidas realizado pela 'IOCB/WPRS-Working Group 'Pesticides and Beneficial Organisms' (Sterk 1999). No entanto, outros fungicidas podem afetar diferentes estágios de desenvolvimento de insetos como para *Adalia bipunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae) imersa nas caldas dos fungicidas pyrazophos que foi nocivo para todos os estádios desse coccinelídeo, enquanto o mancozeb, dichlofluamid, flusilazole, vinclosin e iprodione foram nocivos, apenas, ao primeiro e segundo estágio desse predador (Olszak, 1999).

A alta mortalidade por contato de *P. elaeisis* pelo malathion antes do parasitismo mostrou o impacto desse inseticida nesse parasitóide. Esse inseticida reduziu, também, em 100% o parasitismo por *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em laboratório (Manzoni et al., 2006), além de causar alta mortalidade de *Aprostocetus vaquitarum* (Hymenoptera: Eulophidae) (Ulmer et al., 2006) e ser não-seletivo para ninfas de terceiro estágio e adultos do predador *Podisus rostralis* (Stal) (Heteroptera: Pentatomidae), com mortalidade acima de 89% desse predador (Gonring et al., 2003). Os inseticidas organofosforados etil e metil parathion causaram disfunções metabólicas e sinápticas em *Galleria mellonella* (L.) (Lepidoptera: Pyralidae) e alteraram a fisiologia bioquímica em resposta ao stress oxidativo desses inseticidas com a formação de radicais livres (Içen, 2005). A alta mortalidade causada

pelo malathion é atribuída à sua rápida transformação, por enzimas oxygenases, a malaoxon e isomalathion. Esses são as fontes primarias de toxicidade desse inseticida que não inibe, apenas, a enzima acetilcolinesterase, mas outros sistemas enzimáticos que de fato funcionam para desintoxicação (Büyükgüzel, 2006). *P. elaeisis* pode não ter a capacidade de detoxificação do malathion, por isso, a rápida mortalidade desse parasitóide com esse inseticida. O malathion, além de apresentar baixa especificidade a inimigos naturais, pode funcionar como atrativo para esses agentes (Rao et al., 1999), o que não é interessante para programas de controle biológico, pois com essa atração os insetos ficam mais susceptíveis de mortalidade por contato com o produto.

A alta mortalidade de *P. elaeisis*, com o inseticida malathion, não causou mortalidade das pupas de *A. gemmatalis*. O malathion e chlorpyrifos apresentaram baixa mortalidade a *Agistemus industani* (Acari: Stigmaeidae), atribuído a rápida degradação desses compostos (Childers et al., 2001). Essa degradação dos produtos, aliada à proteção cuticular da pupa de *A. gemmatalis*, pode ter favorecido para o malathion não penetrar e não causar efeitos deletérios na emergência desse lepidóptero.

Os inseticidas reguladores de crescimento diflubenzuron e triflumuron, o fungicida tebuconazole e o herbicida glyphosate não prejudicaram a dinâmica populacional de *P. elaeisis*, pois os parâmetros reprodutivos desses parasitóides foram compatíveis com aqueles relatados na literatura e indicam boa performance reprodutiva desse parasitóide (Bittencourt & Bert Filho et al., 1999, 2004; Pereira et al., 2008, Zanuncio et al., 2008). Os principais problemas relacionados aos IRC's relacionam os efeitos sobre a fecundidade dos organismos (Evangelista Junior et al., 2002; Desneaux et al., 2007), mas muitos deles são seletivos aos inimigos naturais, como a inocuidade de diflubenzuron a *Aprostocetus vaquitarum* (Hymenoptera: Eulophidae) (Ulmer et al.,

2006) e de lufenuron e diofenolan a *Rhynchophorus ferrugineus* (Coleoptera: Curculionidae) (Ghoneim et al., 2003).

A inocuidade do tebuconazole a *P. elaeisis* concorda com os resultados encontrados para o predador *P. nigrispinus* em soja tratadas com esse fungicida, no qual os parâmetros reprodutivos desse predador não foram afetados (Lacerda, dados não publicados). Os fungicidas Captan 500 PM (captana) e Delan (ditianona) não reduziram a capacidade de parasitismo e foram considerados inócuos a *T. pretiosum* (Manzoni et al., 2006).

O herbicida glyphosate não possui modo de ação relacionado, diretamente, à fisiologia dos insetos, mas reduziu a razão sexual de *P. elaeisis*. Esse efeito deve estar relacionado, possivelmente, com a formulação, dosagem utilizada e com efeitos secundários no metabolismo dos insetos. Efeito semelhante foi observado para *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) com os reguladores de crescimento vegetal Promalin (benziladenina + ácido giberélico) e Dormex (cianamida), que reduziu a capacidade de parasitismo em 30,69 e 91,55%, respectivamente (Manzoni et al., 2006). A periculosidade do glyphosate depende do tipo de sal (Giolo et al., 2005) ou do surfactante que compõe a formulação (Tsui & Chu, 2003) e por isso, algumas formulações podem ser mais tóxicas que outras. As formulações Agrisato 480 SL, Glifos, Glyphosate Nortox, Gliz 480 SL, Polaris, Trop e Zapp Qi, foram levemente nocivos; e Roundup Original, Roundup Transorb e Roundup WG, moderadamente nocivos a *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) (Stefanello Júnior et al., 2008). Portanto, a utilização de herbicidas seletivos a *P. elaeisis*, na cultura da soja, permite o incremento natural desse agente de controle biológico o qual poderá atuar no manejo dos lepidópteros praga.

O fato dos IRC's diflubenzuron e triflumuron não terem afetado o desenvolvimento de *P. elaeisis* na primeira geração e a redução da razão sexual desse parasitóide na segunda com diflubenzuron pode ser devido a redução da produção de espermatozóides desse parasitóide, pois alguns Hymenoptera possuem partenogênese arrenótoca onde machos se desenvolvem a partir de ovos não fertilizados e fêmeas daqueles fertilizados (Peruquetti, 1999). Machos de *Spodoptera litura* (F.) (Lepidoptera: Noctuidae) tratados (durante fase larval) com o IRC chlorfluazuron e acasalados com fêmeas não tratadas, apresentaram menor número de espermatozóides inseminados, o que foi relacionado com a inibição do desenvolvimento testicular e espermatogênese (Perveen, 2000a,b; 2008). No entanto, esse inseticida reduziu o parasitismo quando *Cotesia plutellae* (Kurdjumov) (Hymenoptera: Plutellidae) o que foi atribuído à ação desse inseticida na oogênese de vespas adultas e, subseqüentemente, no desenvolvimento dos ovos dentro da larva hospedeira (Haseeb & Amano, 2002). Não houve mortalidade de adultos de *Anagrus nilaparvatae* (Pang et Wang) (Hymenoptera: Mymanidae) exposto aos IRC's JS118 e chlorfluazuron, mas esses inseticidas reduziram a fecundidade e a longevidade de fêmeas desse parasitóide e não afetou a emergência de seus adultos (Wang et al., 2007). A ação desses inseticidas reguladores de crescimento está relacionada, freqüentemente, com a fecundidade dos insetos (Desneaux et al., 2007), mas há relatos de toxicidade dos IRC's como os teflubenzuron e hexaflumuron, a *Folsomia candida* (Willem) (Collembola: Isotomidae) em estudo com seis inseticidas reguladores de crescimento de insetos (Campiche et al., 2006).

Na segunda geração, as taxas de parasitismo e de emergência de *P. elaeisis*, não foram afetadas. Experimentos visando avaliar apenas a mortalidade imediata sem atenção para os efeitos subletais considerariam o diflubenzuron inócua para *P. elaeisis*. Efeitos subletais de inseticidas podem tornar os inimigos naturais menos efetivos no

controle biológico devido ao baixo desempenho dos mesmos em parasitar ou atacar seus hospedeiros (Poletti et al., 2007). Isso representa uma vantagem de se avaliar os efeitos de um pesticida em mais de uma geração, por permitir prever efeitos que passariam despercebidos em uma primeira análise e que poderiam levar ao insucesso de programas de controle biológico no MIP (Moura et al., 2005; Stark et al., 2007).

Conclusões

O herbicida Roundup Ready[®] (glyphosate), o fungicida Folicur[®] (tebuconazole) e o inseticida Certero[®] (triflumuron) não ofereceram riscos a *P. elaeisis* e podem ser utilizados em programas de MIP com esse parasitóide. O inseticida Dimilin[®] (diflubenzuron) deve ser utilizado com cautela, por ter reduzido a razão sexual de *P. elaeisis* na segunda geração o que pode afetar a dinâmica populacional desse parasitóide em gerações consecutivas.

O inseticida malathion não deve ser recomendado para programas de MIP com *P. elaeisis*. Os demais produtos não causaram danos severos ao *P. elaeisis* e, por isto, podem ser utilizados em programas de MIP para controle de *A. gemmatilis*, mas esse parasitóide deve ser liberado após a aplicação desses produtos.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG).

Tabela 1. Solução nutritiva para adultos de *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae)

Componente	Unidade	Quantidade
Mel	g	10,50
Água destilada	L	1,05
Cerveja	ml	350,00
Sacarose	g	60,00
Ácido ascórbico	g	1,05
Nipagin	g	1,05

Tabela 2. Composição da dieta artificial para criação de lagartas *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae)

Componente	Unidade	Quantidade
Feijão mulatinho	g	125,0
Levedo de cerveja	g	62,4
Gérmen de trigo	g	100,0
Proteína de soja	g	100,0
Caseína	g	50,0
Agar	g	35,0
Nipagin	g	5,0
Ácido ascórbico	g	6,0
Ácido sórbico	g	3,0
Formol (40%)	ml	6,0
Solução vitamínica	ml	10,0

Tabela 3 – Características técnicas dos produtos comerciais utilizados

Formulações comerciais ¹ (Fabricante)	Ingrediente ativo (concentração)	Grupo químico	Toxicologia ² e Formulação ³
Roundup Ready (Monsanto)	Glyphosate - Sal de isopropilamina (480 g L ⁻¹)	Glicina substituída	CT= II CA= III SL
Folicur 200 CE (Bayer)	Tebuconazole (250 g L ⁻¹)	Triazol	CT= III CA= II EC
Dimilin 80 WG (Chentura)	Diflubenzuron (800 g kg ⁻¹)	Bezoiluréia	CT= III CA= III WG
Certero (Bayer)	Triflumuron (480 g L ⁻¹)	Bezoiluréia	CT= IV CA= III SC
Malathion Chab (Cheminova)	malathion (500 g L ⁻¹)	Organofosforado	CT= III CA= III EC

¹Marca registrada do fabricante[®];

² CT= Classe toxicológica (I: extremamente tóxico, II: altamente tóxico, III: medianamente tóxico, IV: pouco tóxico), CA= Classificação ambiental (I: altamente perigoso, II: muito perigoso, III: perigoso, IV: pouco perigoso)

³ SL= concentrado solúvel; EC= concentrado emulsionável; WG= granulado dispersível; e SC= suspensão concentrada.

Tabela 4. Parâmetros reprodutivos (médias \pm erro padrão¹) de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) criados em pupas de *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae) provenientes de lagartas alimentadas com folhas de soja contaminadas com glyphosate, 25 \pm 5 °C, 70 \pm 10% UR e fotofase de 12 horas

Parâmetros reprodutivos	Tratamentos*			
	CD 214 RR T	CD 214 RR H	CD 212 RR T	CD 212 RR H
Duração do ciclo de vida (dias) ^{ns}	19,80 \pm 0,80	19,40 \pm 0,68	19,75 \pm 1,36	20,33 \pm 1,45
Parasitismo (%) ^{ns}	81,25	93,75	93,75	81,25
Emergência (%) ²	31,25 ab	31,25 ab	75,00 a	18,75 b
Número de indivíduos ^{ns}	99,00 \pm 21,67	101,00 \pm 27,60	118,54 \pm 25,88	163,00 \pm 77,83
Fêmeas produzidas por fêmea ^{ns}	11,77 \pm 3,29	8,04 \pm 1,99	12,74 \pm 2,79	20,72 \pm 10,93
Cápsula cefálica da fêmea (mm) ^{ns}	0,53 \pm 0,02	0,56 \pm 0,01	0,56 \pm 0,01	0,53 \pm 0,02
Cápsula cefálica do macho (mm) ²	0,41 \pm 0,02 b	0,42 \pm 0,01 ab	0,46 \pm 0,01 a	0,43 \pm 0,01 ab
Longevidade de fêmeas (dias) ^{ns}	36,58 \pm 3,56	31,83 \pm 4,46	39,17 \pm 2,93	25,78 \pm 5,90
Longevidade de machos (dias) ²	27,12 \pm 6,68 b	44,37 \pm 1,66 a	39,00 \pm 2,22 ab	29,80 \pm 7,56 ab
Razão sexual ^{ns}	0,67 \pm 0,05	0,64 \pm 0,07	0,72 \pm 0,04	0,70 \pm 0,07
Peso da pupa de <i>Anticarsia gemmatalis</i> (mg) ²	169,27 \pm 7,50 b	170,43 \pm 4,94 b	207,74 \pm 8,69 a	219,02 \pm 9,99 a

¹Médias \pm erros padrão seguidos pela mesma letra, na linha, não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

²Médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem pelo teste de Kruskal-Wallis a 5% de probabilidade.

^{ns} não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

*Tratamentos: CD 214 RR T e CD 214 RR H- Plantas de soja da cultivar CD 214 RR tratadas com água ou glyphosate, respectivamente; CD 212 RR T e CD 212 RR H- Plantas de soja da cultivar CD 212 RR tratadas com água ou glyphosate, respectivamente.

Tabela 5. Parâmetros reprodutivos (médias \pm erro padrão¹) de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) criados em pupas de *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae) provenientes de lagartas alimentadas com dieta artificial contaminada com glyphosate, 25 \pm 5 °C, 70 \pm 10% UR e fotofase de 12 horas

Parâmetros reprodutivos	Tratamentos*	
	Controle (dieta + água)	Dieta + glyphosate
Duração do ciclo de vida (dias) ^{ns}	23.50 \pm 0.23	23.53 \pm 0.34
Parasitismo (%)	100,00	100,00
Emergência (%)	90,00	95,00
Número de indivíduos ^{ns}	131.28 \pm 10.41	163.68 \pm 15.58
Fêmeas produzidas por fêmea ^{ns}	19.86 \pm 1.53	24.80 \pm 2.37
Cápsula cefálica da fêmea (mm) ^{ns}	0.60 \pm 0.01	0.59 \pm 0.01
Cápsula cefálica do macho (mm) ^{ns}	0.47 \pm 0.01	0.48 \pm 0.00
Longevidade de fêmeas (dias) ^{ns}	13.05 \pm 1.18	10.60 \pm 0.98
Longevidade de machos (dias)	11.90 \pm 1.17 a	6.90 \pm 0.90 b
Razão sexual ^{ns}	0.91 \pm 0.01	0.91 \pm 0.01
Peso da pupa de <i>Anticarsia gemmatalis</i> (mg) ^{ns}	222.70 \pm 7.20	220.34 \pm 8.55

¹Médias \pm erros padrão seguidos pela mesma letra, na linha, não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

^{ns} não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Tabela 6. Parâmetros reprodutivos (médias \pm erro padrão¹) *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) criados em pupas de *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae) provenientes de lagartas alimentadas com folhas de soja contaminadas com tebuconazole, 25 \pm 5 °C, 70 \pm 10% UR e fotofase de 12 horas

Parâmetros reprodutivos	Tratamentos*			
	OC 14 T	OC 14 F	CD 212 RR T	CD 212 RR F
Duração do ciclo de vida (dias) ^{ns}	20,90 \pm 0,41	20,29 \pm 0,42	19,75 \pm 1,37	20,57 \pm 0,43
Parasitismo (%)	100,00	81,25	93,75	93,75
Emergência (%)	62,50	43,75	75,00	43,75
Número de indivíduos ^{ns}	125,70 \pm 18,67	164,57 \pm 17,17	118,54 \pm 25,88	133,00 \pm 15,54
Fêmeas produzidas por fêmea ^{ns}	11,69 \pm 2,36	18,39 \pm 3,32	12,74 \pm 2,79	13,47 \pm 2,43
Cápsula cefálica da fêmea (mm) ^{ns}	0,56 \pm 0,01	0,53 \pm 0,01	0,56 \pm 0,01	0,54 \pm 0,02
Cápsula cefálica do macho (mm) ^{ns}	0,44 \pm 0,00	0,44 \pm 0,00	0,46 \pm 0,01	0,44 \pm 0,01
Longevidade de fêmeas (dias) ^{ns}	42,75 \pm 1,88	35,92 \pm 3,19	39,17 \pm 2,93	32,33 \pm 3,48
Longevidade de machos (dias) ^{ns}	40,37 \pm 3,84	42,37 \pm 1,85	39,00 \pm 2,22	30,62 \pm 4,99
Razão sexual ^{ns}	0,58 \pm 0,06	0,63 \pm 0,08	0,72 \pm 0,04	0,65 \pm 0,10
Peso da pupa de <i>Anticarsia gemmatalis</i> (mg) ^{ns}	212,79 \pm 9,14	226,13 \pm 7,23	207,74 \pm 8,69	214,81 \pm 8,90

¹Médias \pm erros padrão.

^{ns} não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

*Tratamentos: OC 14 T e OC 14 F - Plantas de soja da cultivar OC 14 tratadas com água ou fungicida tebuconazole, respectivamente; CD 212 RR T e CD 212 RR F - Plantas de soja da cultivar CD 212 RR tratadas com água ou fungicida tebuconazole, respectivamente.

Tabela 7. Parâmetros reprodutivos (médias \pm erro padrão¹) *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) criados em pupas de *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae) contaminadas com produtos fitossanitários, 25 \pm 5 °C, 70 \pm 10% UR e fotofase de 12 horas

Parâmetros reprodutivos	Tratamentos					
	água	glyphosate	tebuconazole	diflubenzuron	triflumuron	malathion
Duração do ciclo de vida (dias) ^{ns}	20,25 \pm 0,53	19,09 \pm 0,25	20,25 \pm 0,56	20,17 \pm 0,60	18,5 \pm 0,34	ND
Parasitismo (%) ²	100,00 a	100,00 a	100,00 a	83,33 a	58,33 a	0,00 b
Emergência (%) ^{ns}	66,67	91,67	66,67	50,00	50,00	ND
Número de indivíduos ¹	141,00 \pm 22,06a	194,18 \pm 16,13a	124,25 \pm 18,84a	111,83 \pm 33,38a	195,17 \pm 31,87a	ND
Fêmeas produzidas por fêmea ^{ns}	18,33 \pm 3,17	23,05 \pm 2,71	17,26 \pm 2,36	20,23 \pm 4,34	26,40 \pm 5,68	ND
Cápsula cefálica da fêmea (mm) ^{ns}	0,57 \pm 0,01	0,56 \pm 0,01	0,56 \pm 0,02	0,59 \pm 0,01	0,56 \pm 0,01	ND
Cápsula cefálica do macho (mm) ^{ns}	0,46 \pm 0,01	0,44 \pm 0,01	0,44 \pm 0,01	0,47 \pm 0,03	0,44 \pm 0,00	ND
Longevidade de fêmeas (dias) ^{ns}	30,45 \pm 3,22	36,92 \pm 4,32	30,00 \pm 3,84	35,92 \pm 2,44	40,55 \pm 3,76	ND
Longevidade de machos (dias) ^{ns}	40,13 \pm 7,38	39,22 \pm 6,89	15,33 \pm 5,96	36,88 \pm 5,33	32,75 \pm 6,17	ND
Razão sexual ¹	0,82 \pm 0,03ab	0,72 \pm 0,04 b	0,81 \pm 0,03ab	0,92 \pm 0,02a	0,79 \pm 0,05ab	ND

¹Médias \pm erros padrão seguidos pela mesma letra, na linha, não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

²Médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem pelo teste Kruskal-Wallis a 5% de probabilidade.

^{ns} não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

*Tratamentos: pupas imergidas em: água (controle); herbicida glyphosate (Roundup Ready®); fungicida tebuconazole (Folicur®); inseticidas reguladores de crescimento diflubenzuron (Dimilin®) e triflumuron (Certero®); e organofosforado malathion.

ND: Não determinado

Tabela 8. Parâmetros reprodutivos (médias \pm erro padrão¹) de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae), de segunda geração*, criados em pupas de *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae) alimentadas com dieta artificial, 25 \pm 5 °C, 70 \pm 10%UR e fotofase de 12 horas

Parâmetros reprodutivos	Tratamentos*		
	triflumuron	diflubenzuron	controle
Duração do ciclo de vida (dias) ^{ns}	20,57 \pm 0,30	20,42 \pm 0,43	21,57 \pm 0,48
Parasitismo (%) ^{ns}	91,00	100,00	100,00
Emergência (%) ^{ns}	58,33	58,33	58,33
Número de indivíduos ^{ns}	163,29 \pm 8,77	171,29 \pm 25,85	110,86 \pm 17,94
Fêmeas produzidas por fêmea	14,26 \pm 2,26 a	6,02 \pm 1,99 b	12,02 \pm 2,00 ab
Número total de fêmeas	85,57 \pm 13,57 a	36,14 \pm 11,94 b	72,14 \pm 11,10 ab
Número total de machos	77,71 \pm 13,11 b	135,14 \pm 18,13 a	38,71 \pm 11,54 b
Razão sexual	0,52 \pm 0,08 a	0,20 \pm 0,04 b	0,69 \pm 0,07 a

* Os indivíduos de *P. elaeisis* provenientes de pupas de *A. gemmatalis* emergidas em triflumuron, diflubenzuron ou água foram utilizados para obtenção da segunda geração em pupas de *A. gemmatalis* criadas apenas com dieta artificial.

¹Médias \pm erros padrão seguidos pela mesma letra, na linha, não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

^{ns} não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Referências bibliográficas

ABBOTT, W.S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, 18: 265-267.

ACHEAMPONG, S. & STARK, J.D. 2004. Effects of the agricultural adjuvant, Sylgard 309 and the insecticide, pymetrozine on demographic parameters of the aphid parasitoid, *Diaretiella rapae*. **Biological Control**, 31: 133-137.

ADDISON, P.J. & BARKER, G.M. 2006. Effect of various pesticides on the non-target species *Microctonus hyperodae*, a biological control agent of *Listronotus bonariensis*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, 119: 71-79.

AMARANTE JUNIOR, O.P.; SANTOS, T.C.R.; BRITO, N.M. & RIBEIRO, M.L. 2002. Glifosato: propriedades, toxicidade, usos e legislação. **Química Nova**, 25: 589-593.

- ANDOW, D.A. & HILBECK, A. 2004. Science-based risk assessment for nontarget effects of transgenic crops. **BioScience**, 54: 637-649.
- AWMACK C.S. & LEATHER S.R. 2002. Host plant quality and fecundity in herbivorous insects. **Annual Review of Entomology** 47: 817-844.
- BELL, H.A.; KIRKBRIDE-SMITH, A.E.; MARRIS, G.C.; EDWARDS, J.P. & GATEHOUSE, A.M.R. 2004. Oral toxicity and impact on fecundity of three insecticidal proteins on the gregarious ectoparasitoid *Eulophus pennicornis* (Hymenoptera: Eulophidae). **Agricultural and Forest Entomology** 6: 215-222.
- BELL, J.R.; HAUGHTON, A.J.; BOATMAN, N.D. & WILCOX, A. 2002. Do incremental increases of the herbicide glyphosate have indirect consequences for spider communities? **The Journal of Arachnology**, 30: 288-297.
- BITTENCOURT, M.A.L. & BERTI FILHO, E. 1999. Preferência de *Palmistichus elaeisis* por pupas de diferentes lepidópteros pragas. **Scientia Agricola**, 56: 1281-1283.
- BITTENCOURT, M.A.L. & BERTI FILHO, E. 2004. Exigências térmicas para o desenvolvimento de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera, Eulophidae) em pupas de cinco espécies de lepidópteros. **Iheringia Série Zoologia**, 94: 321-323.
- BÜYÜKGÜZEL, K. 2006. Malathion-induced oxidative stress in a parasitoid wasp: effect on adult emergence, longevity, fecundity, and oxidative and antioxidative response of *Pimpla turionellae* (Hymenoptera: Ichneumonidae). **Journal of Economic Entomology**, 99: 1225-1234.
- CAMPICHE, S.; SLOOTEN, K.B.; RIDREAU, C. & TARRADELLAS, J. 2006. Effects of insect growth regulators on the nontarget soil arthropod *Folsomia candida* (Collembola). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, 63: 216-225.
- CARPENTER, J.E. & GREANY, P.D. 1998. Comparative development and performance of artificially reared versus host-reared *Diapetimorpha introita* (Cresson) (Hymenoptera: Ichneumonidae) wasps. **Biological Control**, 12: 137-142.
- CARSON, R. 1962. **Primavera Silenciosa**. São Paulo: Edições Melhoramentos, 305 p.

- CHILDERS, C.C.; VILLANUEVA, R.; AGUILAR, H. CHEWNING, R. & MICHAUD, J.P. 2001. Comparative residual toxicities of pesticides to the predator *Agistemus industani* (Acari: Stigmaeidae) on citrus in Florida. **Experimental and Applied Acarology**, 25: 461-474.
- CZEPAK, C., FERNANDES, P.M.; ALBERNAZ, K.C.; RODRIGUES, O.D.; SILVA, L.M.; SILVA, E.A.; TAKATSUKA, F.S. & BORGES, J.D. 2005. Seletividade de inseticidas ao complexo de inimigos naturais na cultura do algodão (*Gossypium hirsutum* L.). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 35: 123-127.
- DELVARE, G. & LASALLE, J. 1993. A new genus of Tetrastichinae (Hymenoptera: Eulophidae) from the Neotropical region, with the description of a new species parasitica on key pests of oil palm. **Journal of Natural History**, 27: 435-444.
- DESNEUX, N.; DECOURTYE, A. & DELPUECH, J.M. 2007. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. **Annual Review of Entomology**, 52: 81-106.
- DORN, S. & BECKAGE, N. 2007. Superparasitism in gregarious hymenopteran parasitoids: ecological, behavioural and physiological perspectives. **Physiological Entomology**, 32: 199-211.
- ELZEN, G.W. 2001. Lethal and sublethal effects of insecticide residues on *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae) and *Geocoris punctipes* (Hemiptera: Lygaeidae). **Journal of Economic Entomology**, 94, 55-59.
- EMBRAPA. 2006. **Tecnologia para produção de soja – Região Central do Brasil - 2007**. Londrina: Embrapa Soja, 225 p.
- EVANGELISTA-JÚNIOR, W.S., SILVA TORRES, C.S.A., TORRES, J.B. 2002. Toxicidade de lufenuron para *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae). **Neotropical Entomology**, 31: 319-326.
- FEHR, W.R. & CAVINESS, C.E. 1977. **Stage of soybean development**. Ames, Iowa, Cooperative Extension Service. Iowa State University, Special report 80. 11p.

GAZZIERO, D.L.P.; MACIEL, C.D.G.; SOUZA, R.T.; VELINI, E.D.; PRETE, C.E.C. & OLIVEIRA NETO, W. 2006. Deposição de glyphosate aplicado para controle de plantas daninhas em soja transgênica. **Planta Daninha**, 24: 173-181.

GELMINI, G.A.; FILHO, R.V.; NOVO, M.C.S.S. & ADORYAN, M.L. 2005. Resistance of *Euphorbia heterophylla* L. to ALS-inhibiting herbicides in soybean. **Scientia Agricola**, 62: 452-457.

GHONEIM, K.S.; AL-DALI, A.G. & ABDEL-GHAFFAR, A.A. 2003. Effectiveness of lufenuron (CGA-184699) and diofenolan (CGA-59205) on the general body metabolism of the red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* (Coleoptera: Curculionidae). **Pakistan Journal of Biological Sciences**, 6: 1125-1129.

GIOLO, F.P.; GRÜTZMACHER, A.D.; PROCÓPIO, S.O.; MANZONI, C.G.; LIMA, C.A.B. & NÖRNBERG, S.D. 2005. Seletividade de formulações de glyphosate a *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Planta Daninha**, 23: 457-462.

GONRING, A.H.R., PICANÇO, M.C.; LEITE, G.L.D. & SUINAGA, F.A. & ZANUNCIO, J.C. 2003. Seletividade de inseticidas a *Podisus rostralis* (Stal) (Heteroptera: Pentatomidae) predador de lagartas desfolhadoras de eucalipto. **Revista Árvore**, 27: 263-268.

HÄCKERMANN, J.; ROTT, A.S. & DORN, S. 2007. How two different host species influence the performance of a gregarious parasitoid: host size is not equal to host quality. **Journal of Animal Ecology**, 76: 376-383.

HASEEB, M. & AMANO, H. 2002. Effects of contact, oral and persistent toxicity of selected insecticides on *Cotesia plutellae* (Hym., Braconidae), a potential parasitoid of *Plutella xylostella* (Lep., Plutellidae). **Journal of Applied Entomology**, 126: 8-13.

HOFFMANN, L.L.; REIS, E.M.; FORCELINI, C.A.; PANISSON, E.; MENDES, C.S. & CASA, R.T. 2004. Efeitos da rotação de cultura, de cultivares e da aplicação de fungicida sobre o rendimento de grãos e doenças foliares em soja. **Fitopatologia Brasileira**, 29:245-251.

HUNTER, M.D. 2003. Effects of plant quality on the population ecology of parasitoids. **Agricultural and Forest Entomology**, 5: 1-8.

HUSNI, Y.K. & HONDA, H. 2001. Effects of host pupal age on host preference and host suitability in *Brachymeria lasus* (Walker) (Hymenoptera: Chalcididae). **Applied Entomology and Zoology**, 36: 97-102.

IÇEN, E.; ARMUTÇU, F.; BÜYÜKGÜZEL, K. & GRUEL, A. 2005. Biochemical stress indicators of greater wax moth exposure to organophosphorus insecticides. **Journal of Economic Entomology**, 98: 358-366.

JERVIS, M.A.; ELLERS, J. & HARVEY, J.A. 2008. Resource acquisition, allocation, and utilization in parasitoid reproductive strategies. **Annual Review of Entomology**, 53: 361-385.

LI, X.; SCHULER, M.A. & BERENBAUM, M.R. 2007. Molecular mechanisms of metabolic resistance to synthetic and natural xenobiotics. **Annual Review of Entomology**, 52: 231-253.

LÖVEI, G.L. & ARPAIA, S. 2005. The impact of transgenic plants on natural enemies: a critical review of laboratory studies. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, 114: 1-14.

MAHDIAN, K.; VAN LEEUWEN, T.; TIRRY, L. & DE CLERCQ, P. 2007. Susceptibility of the predatory stinkbug *Picromerus bidens* to selected insecticides. **BioControl**, 52: 765-774.

MANZONI, C.G.; GRÜTZMACHER, A.D.; GIOLO, F.P.; LIMA, C.A.B.; NÖRNBERG, S.D.; HÄRTER, W.R. & MÜLLER, C. 2006. Seletividade de agrotóxicos recomendados na produção integrada da maçã a *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hym.: Trichogrammatidae) em condições de laboratório. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 28: 254-257.

MEDEIROS, R.S.; RAMALHO, F.S.; ZANUNCIO, J.C. & SERRÃO, J.E. 2003. Effect of temperature on life table parameters of *Podisus nigrispinus* (Het., Pentatomidae) fed

with *Alabama argillacea* (Lep., Noctuidae) larvae. **Journal of Applied Entomology**, 127: 209-213.

MOURA, A.P.; CARVALHO, G.A. & RIGITANO, R.L.O. 2005. Toxicidade de inseticidas utilizados na cultura do tomateiro a *Trichogramma pretiosum*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 40: 203-210.

OLIVEIRA, S. 2006. Fatores biológicos e comportamentais do parasitóide *Xenostigmus bifasciatus* Ashmead 1891 (Hymenoptera, Braconidae) visando a otimização de criação massal em laboratório e índice de parasitismo em casa-de-vegetação. **Dissertação de Mestrado**, Curitiba, UFPR, 78 p.

OLIVER, J.B; REDING, M.E.; MOYSEENKO, J.J.; KLEIN, M.G.; MANNION, C.M. & BISHOP, B. 2006. Survival of adult *Tiphia vernalis* (Hymenoptera: Tiphidae) after insecticide, fungicide, and herbicide exposure in laboratory bioassays. **Journal of Economic Entomology**, 99: 288-294.

OLSZAK, R.W. 1999. Influence of some pesticides on mortality and fecundity of the aphidophagous coccinellid *Adalia bipunctata* L. (Col., Coccinellidae). **Journal of Applied Entomology**, 123: 41-45.

PAPAEFTHIMIOU, C. & THEOPHILIDIS, G. 2001. The cardiotoxic action of the pyrethroid insecticide deltamethrin, the azole fungicide prochloraz, and their synergy on the semi-isolated heart of the bee *Apis mellifera macedonica*. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, 69: 77-91.

PARON, M.R. & BERTI FILHO, E. 2000. Capacidade reprodutiva de *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) em pupas de diferentes hospedeiros (Lepidoptera). **Scientia Agrícola**, 57: 355-358.

PARRA, J.R.P. & ZUCCHI, R.A. 2004. *Trichogramma* in Brazil: feasibility of use after twenty years of research. **Neotropical Entomology**, 33: 271-281.

PEREIRA, F.F. & ZANUNCIO, J.C. 2005. *Palmistichus elaeisis*, uma alternativa de controle para a lagarta parda do eucalipto. **Manejo Integrado de Plagas & Agroecologia**, 76: 89-91.

PEREIRA, F.F. 2006. Desenvolvimento e técnicas de criação de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) em hospedeiros natural e alternativo. **Tese de Doutorado**, 95 f. Viçosa, MG: UFV, 2006.

PEREIRA, F.F.; ZANUNCIO, T.V.; ZANUNCIO, J.C.; PRATISSOLI, D. & TAVARES, M.T. 2008. Species of Lepidoptera defoliators of Eucalyptus as new host for the parasitoid *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, 51: 259-262.

PERUQUETTI, R.C. 1999. Padrões eletroforéticos em machos adultos de *Euglossini* (Hymenoptera: Apidae): variação gênica e diploidia. **Dissertação de Mestrado** – Viçosa, UFV. 59p.

PERVEEN, F. 2000a. Sublethal effects of chlorfluazuron on reproductivity and viability of *Spodoptera litura* (F.) (Lep., Noctuidae). **Journal of Applied Entomology**, 124: 223–231.

PERVEEN, F. 2000b. Effects of sublethal dose of chlorfluazuron on testicular development and spermatogenesis in the common cutworm, *Spodoptera litura*. **Physiological Entomology**, 25: 315–323.

PERVEEN, F. 2008. Effects of sublethal doses of chlorfluazuron on insemination and number of inseminated sperm in the common cutworm, *Spodoptera litura* (F.) (Lepidoptera: Noctuidae). **Entomological Science**, 11: 111-121.

POLETTI, M., MAIA, A.H.N. & OMOTO, C. 2007. Toxicity of neonicotinoid insecticides to *Neoseiulus californicus* and *Phytoseiulus macropilis* (Acari: Phytoseiidae) and their impact on functional response to *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). **Biological Control**, 40: 30-36.

RAO, A.; VINSON, S.B.; GILSTRAP, F.E. & MICHELS, G.L. 1999. Response of an aphid parasitoid, *Aphelinus asychis* to its host, plant, host-plant complex, and to malathion. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, 91: 449-453.

RELYEA, R.A. 2005. The impact of insecticides and herbicides on the biodiversity and productivity of aquatic communities. **Ecological Applications**, 15: 618–627.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G. & ALVAREZ V.V.H. (Ed.). 1999. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, MG, 359p.

ROCHA, L.C.D. & CARVALHO, G.A. 2004. Adaptação da metodologia padrão da IOBC para estudos de seletividade com *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em condições de laboratório. **Acta Scientiarum, Agronomy**, 26: 315-320.

SANTOS, J.B.; FERREIRA, E.A.; REIS, M.R.; SILVA, A.A.; FIALHO, C.M.T. & FREITAS, M.A.M. 2007. Avaliação de formulações de glyphosate sobre soja Roundup Ready. **Planta Daninha**, 25: 165-171.

SIQUEIRA, J.O.; TRANNIN, I.C. B.; RAMALHO, M.A.P. & FONTES, E.M.G. 2004. Interferências no agrossistema e riscos ambientais de culturas transgênicas tolerantes a herbicidas e protegidas contra insetos. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, 21: 11-81.

STARK, J.D. & BANKS, J.E. 2001. Selective pesticides: Are they less hazardous to the environment?. **BioScience**, 51: 980-982.

STARK, J.D.; VARGAS, R. & BANKS, J.E. 2007. Incorporating ecologically relevant measures of pesticide effect for estimating the compatibility of pesticides and biocontrol agents. **Journal of Economic Entomology**, 100: 1027-1032.

STEFANELLO JÚNIOR, G.J.; GRÜTZMACHER, A.D.; GRÜTZMACHER, D.D.; LIMA, C.A.B.; DALMOZO, D.O. & PASCHOAL, M.D.F. 2008. Seletividade de herbicidas registrados para a cultura do milho a adultos de *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Planta Daninha**, 26: 343-351.

STERK G.; HASSAN, S.A.; BAILLOD, M.; BAKKER, F.; BIGLER, F.; BLÜMEL, S.; BOGENSCHÜTZ, H.; BOLLER, E.; BROMAND, B.; BRUN, J.; CALIS, J.N.M.; COREMANS-PELSENEER, J.; DUSO, C.; GARRIDO, A.; GROVE, A.; HEIMBACH, U.; HOKKANEN, H.; JACAS, J.; LEWIS, G.; MORETH, L.; POLGAR, L.; ROVERSTI, L.; SAMSOE-PETERSEN, L.; SAUPHANOR, B.; SCHAUB, L.; STÄUBLI, A.; TUSET, J.J.; VAINIO, A.; VAN DE VEIRE, M.; VIGGIANI, G.;

VIÑUELA, E. & VOGT, H. 1999. Results of the seventh joint pesticide testing programme carried out by the IOBC/WPRS-Working Group 'Pesticides and Beneficial Organisms'. **BioControl**, 44: 99–117.

TAYLOR, R.L.; MAXWELL, D.B. & BOIK, R.J. 2006. Indirect effects of herbicides on bird food resources and beneficial arthropods. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, 116: 157-164.

THOMAS, M.H. & BLANFORD, S. 2003 Thermal biology in insect-parasite interactions. **Trends in Ecology and Evolution**, 18: 344-350.

TRAN, D.H.; UENO, T. & TAKAGI, M. 2007. Comparison of the suitability of *Liriomyza chinensis* and *L. trifolii* (Diptera: Agromyzidae) as hosts for *Neochrysocharis okazakii* (Hymenoptera: Eulophidae). **Biological Control**, 41: 354-360.

TSUI, M.T.K. & CHU, L.M. 2003. Aquatic toxicity of glyphosate-based formulations: comparison between different organisms and the effects of environmental factors. **Chemosphere**, 52: 1189-1197.

ULMER, B.J.; LAPOINT, S.L.; PEÑA, J.E. & DUNCAN, R.E. 2006. Toxicity of pesticides used in citrus to *Aprostocetus vaquitarum* (Hymenoptera: Eulophidae), an egg parasitoid of *Diaprepes abbreviatus* (Coleoptera: Curculionidae). **Florida Entomologist**, 89: 10-19.

WANDERLEY, P.A.; BOIÇA JÚNIOR, A.L. & RAMALHO, F.S. 2003. Influência de cultivares de batata-doce resistentes e suscetíveis a *Euscepes postfasciatus* Fairmaire (Coleoptera: Curculionidae) sobre o parasitismo, sobrevivência e a biologia de *Catolaccus grandis* Burks (Hymenoptera: Pteromalidae). **Neotropical Entomology**, 32: 139-143.

WANG, H.Y.; YANG, Y.; SU, J.Y.; SHEN, J.L.; GAO, C.F. & ZHU, Y.C. 2007. Assessment of the impact of insecticides on *Anagrus nilaparvatae* (Pang et Wang) (Hymenoptera: Mymaridae), an egg parasitoid of the rice planthopper, *Nilaparvata lugens* (Hemiptera: Delphacidae). **Crop Protection**, 27: 514-522.

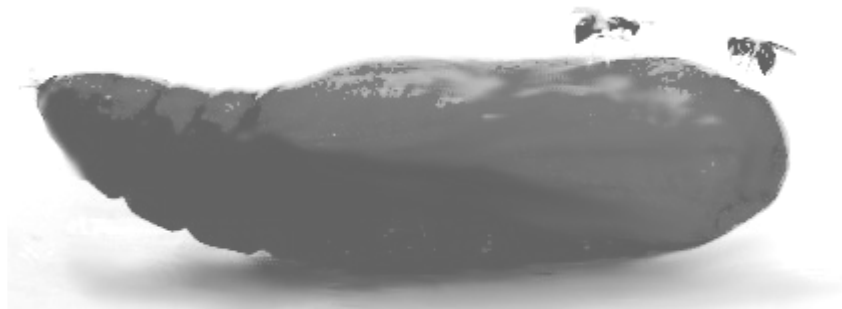
YORINORI, J.T.; PAIVA, W.M.; COSTAMILAN, L.M. & BERTAGNOLLI, P.F. 2003. Ferrugem da soja (*Phakopsora pachyrhizi*): identificação e controle. **Potafos: Informações Agronômicas**, 104: 5-8.

ZANUNCIO, J.C.; PEREIRA, F.F.; JACQUES, G.C.; TAVARES, M.T. & SERRÃO, J.E. 2008. *Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae), a new alternative host to rear the pupae parasitoid *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae). **The Coleopterists Bulletin**, 62: 64-66.

ZHANG, S.Y.; KONO, S.; MURAI, T. & MIYATA, T. 2008. Mechanisms of resistance to spinosad in the western flower thrip, *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae). **Insect Science**, 15: 125-132.

CAPÍTULO III

Parâmetros reprodutivos de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) em pupas de *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae) de cultivares de soja transgênica



Viçosa – 2008

Resumo

A expansão de lavouras de soja geneticamente modificadas e tolerantes ao herbicida glyphosate desperta o interesse de pesquisadores sobre possíveis impactos em organismos não alvo. *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) se destaca por parasitar pupas de diversas espécies de lepidópteros. Esse trabalho objetivou avaliar o impacto de cultivares de soja transgênica, tolerantes ao herbicida glyphosate, sobre *P. elaeisis* parasitando pupas de *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae) alimentadas nas cultivares CD 212 RR, CD 214 RR, OC 14 e CD 201. Pupas de *A. gemmatalis*, com 48 horas, foram expostas ao parasitismo por seis fêmeas de *P. elaeisis*, com 72 horas de idade. A duração do ciclo de vida (ovo-adulto), a porcentagem de parasitismo, a porcentagem de emergência da progênie e o tamanho da cápsula cefálica dos parasitóides emergidos por pupa de *A. gemmatalis*, foram avaliados. O experimento teve 12 repetições, cada uma representada por uma pupa de *A. gemmatalis* em delineamento inteiramente casualizado. O peso de pupas de *A. gemmatalis* foi semelhante entre tratamentos ou gerações e o parasitismo, maior ou igual a 95%, não apresentou diferenças entre tratamentos. A emergência de *P. elaeisis* variou de 43,75 a 87,50% (Tratamentos T1 e T3, respectivamente) na primeira geração e de 50,00 a 56,25% (Tratamentos T1b e T2b) na segunda geração, sem diferença para esse parâmetro. A razão sexual, acima de 0,87, foi semelhante entre tratamentos. A largura da cápsula cefálica de machos e fêmeas de *P. elaeisis* foi menor com a cultivar CD 214 RR. A longevidade de machos e fêmeas foi menor na segunda geração (21,50 e 19,62 dias) que na primeira (30,18 e 28,25 dias para fêmeas e machos, respectivamente) com a cultivar CD 212 RR (T1 e T1b). Essa redução foi observada, também, para a largura da cápsula cefálica de machos e para a longevidade das fêmeas de *P. elaeisis*, de primeira e segunda geração com a cultivar CD 201 (T2 e T2b, respectivamente), mas isto não

afetou sua reprodução. O tipo de cultivar, para alimentação do hospedeiro, não afetou os demais parâmetros reprodutivos de *P. elaeisis*, o qual pode ser utilizado em lavouras transgênicas de soja e tolerantes ao herbicida glyphosate para o controle de *A. gemmatilis*.

Palavra chave: Soja transgênica, parasitóides, controle biológico.

Introdução

A expansão de lavouras de soja geneticamente modificadas e tolerantes ao herbicida glyphosate tem despertado o interesse de pesquisadores sobre possíveis impactos em organismos não alvo (Babu et al., 2003). Essas plantas podem afetar a biodiversidade (Garcia & Altieri, 2005) e a maioria dos testes realizados com organismos não alvo (Andow & Hilbeck, 2004), associados com produtos transgênicos, podem apresentar efeito adverso nos mesmos (Lovei & Arpaia, 2005).

Lavouras geneticamente modificadas têm, também, risco de ataque de pragas, doenças ou infestação por plantas daninhas e o controle se torna indispensável (Babu et al., 2003), sendo o biológico, com parasitóides, uma alternativa viável e com sucesso em culturas como cana-de-açúcar com *Cotesia flavipes* (Cameron) (Hymenoptera: Braconidae) para o controle de *Diatraea saccharalis* Fabricius (Lepidoptera: Pyralidae) (Campos-Farinha et al., 2000) e uso generalizado do gênero *Trichogramma* para o controle de pragas em diversas culturas (Parra & Zucchi, 2004).

Parasitóides de pupas são associados ao controle biológico de lepidópteros pragas (Azevedo & Santos, 2000; Nardi et al., 2006). O manejo integrado da lagarta da soja *Anticarsia gemmatilis* Hubner (Lepidoptera: Noctuidae) pode incluir o uso de *Palmistichus elaeisis* Delvare e LaSale, 1993 (Hymenoptera: Eulophidae). Esse endoparasitóide pupal foi encontrado parasitando pupas de *A. gemmatilis* (Bittencourt & Berti Filho, 1999) e de *Methona themisto* (Hubner, 1818) (Lepidoptera: Nymphalidae) (Nardi et al., 2006), *Dione juno juno* (Cramer) (Lepidoptera, Nymphalidae) (Gil-Santana & Tavares 2006), e grande diversidade de lepidópteros em laboratório (Bittencourt & Berti Filho, 1999; Pereira & Zanuncio 2005; Gil-Santana & Tavares 2006). Portanto esse parasitóide tem potencial para programas de controle biológico de lepidópteros pragas (Zanuncio et al., 2008).

A utilização de parasitóides no controle biológico deve incluir estudos como a idade (Husni & Honda, 2001) e espécie do hospedeiro (Paron & Berti Filho, 2000; Bittencourt & Berti Filho, 2004); densidade populacional do parasitóide (Pereira, 2006); e tipo de planta para alimentação do hospedeiro (Hunter, 2003; Wanderley et al., 2003; Ode, 2006), por poderem afetar, negativamente, o sucesso de parasitismo e o controle da praga alvo.

Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar o impacto de cultivares de soja transgênica, tolerantes ao herbicida glyphosate, sobre *P. elaeisis* em pupas de *A. gemmatalis* provenientes dessas cultivares.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no Laboratório de Controle Biológico de Insetos da Universidade Federal de Viçosa (LCBI/UFV) em Viçosa, Minas Gerais, com as etapas:

Plantio da soja e criação de *Anticarsia gemmatalis*: sementes de soja, fornecidas pela COODETEC (Cooperativa Central de Pesquisa Agrícola), foram semeadas em vasos plásticos de três litros, no campo, em área do Melhoramento Genético de Soja do Departamento de Fitotecnia da UFV, em plantios escalonados a cada 15 dias. A adubação foi feita com recomendações técnicas da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (Ribeiro et al., 1999) e as plantas foram utilizadas nos estágios fenológicos V6 ou V7 até o R6 (escala de Fehr & Caviness, 1977). Os tratos culturais foram limpeza manual, desbaste nos estágios V3 e V4 deixando-se três plantas por vaso, com irrigação diária e controle de pragas com coleta manual dos insetos sem inseticidas. A adubação de cobertura foi realizada com sulfato de amônia equivalente a 50 Kg/ha de N, de acordo com a necessidade da cultura. Lagartas de *A. gemmatalis* foram obtidas da criação massal do LCBI/UFV, onde são

criadas com dieta artificial. Aquelas de primeiro estágio foram colocadas em potes plásticos de 500 ml, em grupos de dez por pote e receberam folhas de soja, *ad libitum*, de acordo com o tratamento, até a obtenção das pupas. As lagartas foram criadas em sala climatizada a 25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa (UR) e fotofase de 12 horas.

Criação do parasitóide: adultos de *P. elaeisis* foram mantidos em tubos de vidro (14 x 2,2 cm) tampados com algodão, com gotículas de mel de abelha no seu interior como alimento. Pupas de *A. gemmatalis*, com 48 a 72 horas de idade, criadas em dieta artificial, foram expostas ao parasitismo, por 24 horas, à temperatura de 25 ± 2 °C, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas para a criação de *P. elaeisis* e serem utilizados nos ensaios.

Efeito das cultivares de soja na biologia de *Palmistichus elaeisis*: na primeira geração, as pupas de *A. gemmatalis* provenientes da alimentação em folhas de soja com as cultivares (tratamentos) CD 212 RR (T1); CD 201 (T2); CD 214 RR (T3) e OC 14 (T4) foram expostas ao parasitismo por *P. elaeisis*. Parte dessas pupas foram utilizadas para se obter uma segunda geração de *A. gemmatalis* em uma variedade transgênica e outra não transgênica nos tratamentos CD 212 RR (T1b) e CD 201 (T2b), respectivamente. Não se determinou a segunda geração de *A. gemmatalis* nas cultivares CD 214 RR e OC 14.

Montagem e avaliação do experimento: Pupas de *A. gemmatalis*, com 48 horas, foram expostas ao parasitismo por seis fêmeas de *P. elaeisis*, com 72 horas de idade em câmara climatizada a 25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 12 horas, as quais foram retiradas dos tubos após 24 horas. A duração do ciclo de vida (ovo-adulto), a porcentagem de parasitismo, descontando-se a mortalidade natural do hospedeiro (Abbott, 1925), a porcentagem de emergência da progênie e o tamanho da cápsula cefálica dos parasitóides emergidos por pupa de *A. gemmatalis*, foram

avaliados. O tamanho da cápsula cefálica foi obtido com ocular micrométrica acoplada à microscópio estereoscópico. A razão sexual foi calculada pela equação $RS = (N^{\circ} \text{ de fêmeas} / N^{\circ} \text{ Total de indivíduos})$. O sexo dos indivíduos foi determinado de acordo com características morfológicas da antena e abdome de *P. elaeisis* (Delvare e LaSalle, 1993).

O experimento teve 12 repetições, cada uma representada por uma pupa de *A. gemmatalis* em delineamento inteiramente casualizado. O peso das pupas de *A. gemmatalis* e os dados reprodutivos de *P. elaeisis* foram submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey a 5% de probabilidade. A porcentagem de parasitismo e de emergência de *P. elaeisis* foram submetidos à análise não paramétrica a 5% de probabilidade. Essa análise foi realizada com dados originais que foram não-paramétricos e que foram expressos em porcentagem para facilitar a visualização (Pereira, 2006). As análises foram realizadas com o programa estatístico SAEG 9.0.

Resultados

O parasitismo de *P. elaeisis* em pupas de *A. gemmatalis* foi semelhante com valores maiores que 95% em todos os tratamentos. A emergência de *P. elaeisis* de pupas de *A. gemmatalis* variou de 43,75 a 87,5% (tratamentos T1 e T3, respectivamente) na primeira geração e de 50,00 a 56,25% (tratamentos T1b e T2b) na segunda, sem diferença para esse parâmetro (Tabela 1). A razão sexual de *P. elaeisis* foi maior ou igual que 0,87 em todos os tratamentos.

A largura da cápsula cefálica de machos e fêmeas de *P. elaeisis* foi menor em pupas de *A. gemmatalis* com a cultivar CD 214 RR (T3).

O peso de pupas de *A. gemmatalis* foi semelhante entre tratamentos ou gerações com valores de $177,16 \pm 11,66$, $194,51 \pm 8,84$, $168,29 \pm 7,95$ e $183,43 \pm 6,79$, $237,02 \pm$

8,38 e $191,90 \pm 9,04$ mg para os tratamentos T1, T2, T3, T4, T1b e T2b, respectivamente (Tabela 1).

A longevidade de machos e fêmeas desse parasitóide foi menor na segunda geração (21,50 e 19,62 dias) que na primeira (30,18 e 28,25 dias para fêmeas e machos, respectivamente) com a cultivar CD 212 RR (T1 e T1b) (Tabela 1). Essa redução foi, também, observada para a largura da cápsula cefálica de machos e para a longevidade de fêmeas de *P. elaeisis* da primeira para segunda geração com a cultivar CD 201 (T2 e T2b, respectivamente) (Tabela 1).

Discussão

O parasitismo de *A. gemmatalis* ($\geq 95\%$) por *P. elaeisis* mostrou a eficiência desse parasitóide como relatado para os 90 a 100% de parasitismo em pupas de *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Crambidae), *A. gemmatalis*, *Heliothis virescens* (Fabricius, 1781) e *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Noctuidae) (Bittecourt & Berti Filho, 1999, 2004) e de 100% em pupas de *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae) (Zanuncio et al., 2008).

As percentagens semelhantes de parasitismo e de emergência de parasitóides de pupas de *A. gemmatalis* das variedades de soja testadas mostram que a transgenia, para tolerância ao herbicida glyphosate, não afetou a performance reprodutiva de *P. elaeisis* em pupas de *A. gemmatalis*. No entanto, cultivares de plantas podem afetar, indiretamente, o desenvolvimento de parasitóides como relatado para *Catolaccus grandis* Burks (Hymenoptera: Pteromalidae) que preferiu parasitar larvas de *Euscepes postfasciatus* Fairmaire (Coleoptera: Curculionidae) e apresentou maiores longevidade e emergência no hospedeiro que se alimentou de cultivares de batata-doce suscetíveis a resistentes para essa praga (Wanderley et al., 2003).

A menor largura da cápsula cefálica de *P. elaeisis* com a cultivar CD 214 RR pode ser explicada pela tendência de maior número de parasitóides nesse tratamento e, conseqüentemente, maior competição intra-específica e produção de indivíduos menores (Pereira, 2006). *Trichogramma pretiosum* Riley e *Trichogramma exiguum* Pinto & Platner (Hymenoptera: Trichogrammatidae), submetidos ao parasitoidismo com diferentes densidades de ovos de *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae) teve superparasitismo em densidades mais altas (Pereira et al., 2004). O tamanho do hospedeiro é, também, importante para sua qualidade e pode afetar o tamanho da progênie do parasitóide (Cowgill et al., 2004).

Os parâmetros reprodutivos semelhantes de *P. elaeisis* entre tratamentos, na segunda geração, mostra a adaptabilidade desse parasitóide e de *A. gemmatalis* às condições experimentais. No entanto, a redução da longevidade de machos e fêmeas de *P. elaeisis*, da primeira para a segunda geração, com a cultivar CD 212 RR e a redução da largura da cápsula cefálica e longevidade de fêmeas desse parasitóide com a cultivar CD 201, pode indicar influência do material vegetal utilizado para a alimentação de *A. gemmatalis*. Isto ocorre pelo fato das plantas no campo estarem sujeitas a mudanças climáticas, onde seus compostos podem ser modificados e repassados aos parasitóides (Hunter, 2003; Ode, 2006).

Os cultivares utilizados para alimentação de *A. gemmatalis* não afetaram os demais parâmetros reprodutivos de *P. elaeisis* e pode ser devido ao fato de nem sempre um organismo, ao se alimentar de uma cultivar transgênica, passa o produto transgene para outro nível trófico (O'Callaghan, 2005). Isso foi relatado para produto transgene OC IAD86 que não foi detectado em afídeos alimentados com cultivares de batata geneticamente modificadas, no campo (Cowgill et al., 2004) sugerindo que o efeito do produto transgene, em inimigos naturais de afídeos, seja minimizado.

Palmistichus elaeisis pode ser utilizado em lavouras de soja geneticamente modificadas com tolerância ao glyphosate, pois os parâmetros reprodutivos desse parasitóide não foram afetados, negativamente, em pupas de *A. gemmatalis* nesses cultivares. No entanto, estudos com esse parasitóide sobre outros lepidópteros praga dessa cultura devem ser estudados, pois impacto de variedades de soja geneticamente modificadas, com tolerância ao glyphosate, é pouco conhecido.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG).

Tabela 1. Médias (\pm EP)¹ dos parâmetros reprodutivos de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) em pupas de *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae) provenientes de soja geneticamente modificada. 25 \pm 2 °C, 70 \pm 10% UR e fotofase de 12 horas

Parâmetros reprodutivos	Tratamentos			
	Primeira geração			
	CD 212 RR (T1)	CD 201 (T2)	CD 214 RR (T3)	OC 14 (T4)
Duração do ciclo de vida (dias) ^{ns}	28,86 \pm 0,59	29,83 \pm 0,80	30,43 \pm 1,29	29,69 \pm 0,51
Parasitismo (%) ^{ns}	95,00	97,00	100,00	100,00
Emergência (%) ^{ns}	43,75	75,00	87,50	81,25
Progênie por pupa ^{ns}	124,43 \pm 14,79	120,25 \pm 15,88	153,57 \pm 19,51	151,00 \pm 17,45
Fêmeas produzidas por fêmea ^{ns}	17,76 \pm 1,71	23,07 \pm 3,10	17,46 \pm 2,28	22,10 \pm 3,03
Cápsula cefálica da fêmea (mm)	0,57 \pm 0,02 A	0,58 \pm 0,01 A	0,51 \pm 0,02 B	0,56 \pm 0,01 AB
Cápsula cefálica do macho (mm)	0,43 \pm 0,02 AB	0,45 \pm 0,01 Aa	0,39 \pm 0,01 B	0,43 \pm 0,01 AB
Longevidade de fêmeas (dias)	30,18 \pm 2,46 a	31,25 \pm 2,49 a	30,83 \pm 3,59	24,67 \pm 2,19
Longevidade de machos (dias)	28,25 \pm 1,00 a	28,38 \pm 5,13	27,75 \pm 6,52	19,00 \pm 6,73
Razão sexual ^{ns}	0,87 \pm 0,03	0,87 \pm 0,02	0,87 \pm 0,03	0,88 \pm 0,03
Peso da pupa de <i>Anticarsia gemmatalis</i> (mg) ^{ns}	177,16 \pm 11,66	194,51 \pm 8,84	168,29 \pm 7,95	183,43 \pm 6,79
	Segunda geração			
	CD 212 RR (T1b)	CD 201 (T2b)		
Duração do ciclo de vida (dias) ^{ns}	29,25 \pm 0,88	28,22 \pm 0,28		
Parasitismo (%) ^{ns}	95,00	96,00		
Emergência (%) ^{ns}	50,00	56,25		
Progênie por pupa ^{ns}	149,25 \pm 40,33	156,89 \pm 23,94		
Fêmeas produzidas por fêmea ^{ns}	21,07 \pm 5,55	21,80 \pm 3,54		
Cápsula cefálica da fêmea (mm) ^{ns}	0,55 \pm 0,01	0,55 \pm 0,01		
Cápsula cefálica do macho (mm)	0,44 \pm 0,02	0,42 \pm 0,01 b		
Longevidade de fêmeas (dias)	21,50 \pm 1,24 b	24,33 \pm 1,64 b		
Longevidade de machos (dias)	19,63 \pm 2,46 b	23,75 \pm 0,80		
Razão sexual ^{ns}	0,90 \pm 0,03	0,89 \pm 0,03		
Peso da pupa de <i>Anticarsia gemmatalis</i> (mg) ^{ns}	237,08 \pm 8,39	191,90 \pm 9,04		

¹Médias \pm erro-padrão seguidas de mesma letra maiúscula, na linha, ou minúscula na coluna (entre gerações) não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Referências bibliográficas

ABBOTT, W.S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, 18: 265-267.

ANDOW, D.A. & HILBECK, A. 2004. Science-based risk assessment for nontarget effects of transgenic crops. **BioScience**, 54: 637-649.

AZEVEDO, C.O. & SANTOS, H.S. 2000. Perfil da fauna de himenópteros parasitóides (Insecta, Hymenoptera) em uma área de Mata Atlântica da Reserva Biológica de Duas Bocas, Cariacica, ES, Brasil. **Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão**, 11/12: 117-126.

BABU, R.M.; SAJEENA, A.; SEETHARAMAN, K. & REDDY M.S. 2003. Advances in genetically engineered (transgenic) plants in pest management - an over view. **Crop Protection**, 22: 1071-1086.

BITTENCOURT, M.A.L. & BERTI FILHO, E. 1999. Preferência de *Palmistichus elaeisis* por pupas de diferentes lepidópteros pragas. **Scientia Agricola**, 56: 1281-1283.

BITTENCOURT, M.A.L. & BERTI FILHO, E. 2004. Exigências térmicas para o desenvolvimento de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera, Eulophidae) em pupas de cinco espécies de lepidópteros. **Iheringia Série Zoologia**, 94: 321-323.

CAMPOS-FARINHA, A.E.C.; CHAUD-NETTO, J. & GOBBI, N. 2000. Biologia reprodutiva de *Cotesia flavipes* (Cameron) (Hymenoptera: Braconidae). IV. Discriminação entre lagartas parasitadas e não parasitadas de *Diatraea saccharalis* Fabricius (Lepidoptera: Pyralidae), tempo de desenvolvimento e razão sexual dos parasitóides. **Arquivos do Instituto Biológico**, 67: 229-234.

COWGILL, S.E.; DANKS, C. & ATKINSON, H.J. 2004. Multitrophic interactions involving genetically modified potatoes, nontarget aphids, natural enemies and hyperparasitoids. **Molecular Ecology**, 13: 639-647.

DELVARE, G. & LASALLE, J. 1993. A new genus of Tetrastichinae (Hymenoptera: Eulophidae) from the Neotropical region, with the description of a new species parasitica on key pests of oil palm. **Journal of Natural History**, 27: 435-444.

FEHR, W.R. & CAVINESS, C.E. 1977. **Stage of soybean development**. Ames, Iowa, Cooperative Extension Service. Iowa State University, Special report 80. 11p

GARCIA, M.A. & ALTIERI, M.A. 2005. Transgenic crops: Implications for biodiversity and sustainable agriculture. **Bulletin of Science, Technology & Society**, 25: 335-353.

GIL-SANTANA, H.R. & TAVARES, M.T. 2006. *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle (Hymenoptera, Eulophidae): um novo parasitóide de *Dione juno juno* (Cramer) (Lepidoptera, Nymphalidae). **Revista Brasileira de Zoologia**, 23: 891-892.

HUNTER, M.D. 2003. Effects of plant quality on the population ecology of parasitoids. **Agricultural and Forest Entomology**, 5: 1-8.

HUSNI, Y.K. & HONDA, H. 2001. Effects of host pupal age on host preference and host suitability in *Brachymeria lasus* (Walker) (Hymenoptera: Chalcididae). **Applied Entomology and Zoology**, 36: 97-102.

LÖVEI, G.L. & ARPAIA, S. 2005. The impact of transgenic plants on natural enemies: a critical review of laboratory studies. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, 114: 1-14.

NARDI, C.; GUERRA, T.M.; ORTH, A.I. & TAVARES, M.T. 2006. Himenópteros parasitóides associados a pupas de *Methona themisto* (Lepidoptera, Nymphalidae) em Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. **Iheringia, Série Zoologia**, 96: 373-375.

O'CALLAGHAN, M.; GLARE, T.R.; BURGESS, E.P.J. & MALONE, L.A. 2005. Effects of plants genetically modified for insect resistance on nontarget organisms. **Annual Review of Entomology**, 50:271-292

ODE, P.J. 2006. Plant chemistry and natural enemy fitness: Effects on herbivore and natural enemy interactions. **Annual Review of Entomology**, 51:163-85.

PARON, M.R. & BERTI FILHO, E. 2000. Capacidade reprodutiva de *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) em pupas de diferentes hospedeiros (Lepidoptera). **Scientia Agrícola**, 57: 355-358.

PARRA, J.R.P. & ZUCCHI, R.A. 2004. *Trichogramma* in Brazil: Feasibility of use after twenty years of research. **Neotropical Entomology**, 33: 271-281.

PEREIRA, F.F. & ZANUNCIO, J.C. 2005. *Palmistichus elaeisis*, uma alternativa de controle para a lagarta parda do eucalipto. **Manejo Integrado de Plagas & Agroecologia**, 76: 89-91.

PEREIRA, F.F. 2006. Desenvolvimento e técnicas de criação de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) em hospedeiros natural e alternativo. **Tese de Doutorado**, 95 f. Viçosa, MG: UFV, 2006.

PEREIRA, F.F.; BARROS, R. & PRATISSOLI, D. 2004. Desempenho de *Trichogramma pretiosum* Riley e *T. exiguum* Pinto & Platner (Hymenoptera: Trichogrammatidae) submetidos a diferentes densidades de ovos de *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). **Ciência Rural**, 34: 1669-1674.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G. & ALVAREZ VENEGAS, V.H. (Ed.). 1999. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, MG, 359p.

WANDERLEY, P.A.; BOIÇA JÚNIOR, A.L. & RAMALHO, F.S. 2003. Influência de cultivares de batata-doce resistentes e suscetíveis a *Euscepes postfasciatus* Fairmaire (Coleoptera: Curculionidae) sobre o parasitismo, sobrevivência e a biologia de *Catolaccus grandis* Burks (Hymenoptera: Pteromalidae). **Neotropical Entomology**, 32: 139-143.

ZANUNCIO, J.C.; PEREIRA, F.F.; JACQUES, G.C.; TAVARES, M.T. & SERRÃO, J.E. 2008. *Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae), a new alternative host to rear the pupae parasitoid *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae). **The Coleopterists Bulletin**, 62: 64-66.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A tecnologia de Organismos Geneticamente Modificados (OGM's), dentro de um contexto agrícola, pode melhorar a produtividade de alimentos e reduzir o impacto ambiental no agroecossistema. No entanto, deve ser usada com cautela, pois essa tecnologia pode ter efeitos deletérios. Esse trabalho mostrou que a transgenia de plantas de soja, que confere tolerância ao glyphosate, não oferece riscos ao predador *P. nigrispinus* ou ao parasitóide *P. elaeisis*, inclusive com diferentes formas de aplicação das formulações desse herbicida. Mesmo com resultados favoráveis à cultura da soja (Cultivares CD 219 RR, CD 212 RR E CD 214 RR), existem outras culturas GM no mercado liberadas para plantio comercial e esses resultados não podem ser generalizados para OGM's semelhantes, por indicar, apenas, tendência da inocuidade dessas plantas para esses inimigos naturais.

Pesticidas na agricultura devem controlar eficientemente as pragas e não agredir a entomofauna benéfica. Esses pesticidas devem ser aplicados, estritamente, quando necessários e a rotação de produtos é essencial para o manejo de resistência, além de poder utilizar produtos menos tóxicos ao meio ambiente. Nesse trabalho evidenciou-se a possibilidade de conciliar glyphosate, tebuconazole, diflubenzuron e triflumuron com *P. elaeisis*.

O diflubenzuron modificou a dinâmica populacional na segunda geração de *P. elaeisis* e seu uso deve ser direcionado para a rotação de produtos. O malathion causou alta mortalidade de *P. elaeisis* e não é recomendado para aplicação em programas de MIP com esse parasitóide.