

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO
JEQUITINHONHA E MUCURI - UFVJM

CLAUBERT WAGNER GUIMARÃES DE MENEZES

**SELETIVIDADE DE HERBICIDAS APLICADOS NAS CULTURAS DO
MILHO E DO EUCALIPTO EM INSETOS DE CONTROLE
BIOLÓGICO**

DIAMANTINA - MG

2012

CLAUBERT WAGNER GUIMARÃES DE MENEZES

**SELETIVIDADE DE HERBICIDAS APLICADOS NAS CULTURAS
DO MILHO E DO EUCALIPTO EM INSETOS DE
CONTROLE BIOLÓGICO**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Produção Vegetal da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, área de concentração em Manejo Integrado de Pragas, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador: **Prof. Dr. Marcus
Alvarenga Soares**

DIAMANTINA - MG

2012

Ficha Catalográfica
Preparada pelo Serviço de Biblioteca/UFVJM
Bibliotecária: Adriana Kelly Rodrigues – CRB-6ª N° 2572

**M543s
2012**

Menezes, Claubert Wagner Guimarães de
Seletividade de herbicidas aplicados nas culturas do milho e do eucalipto em insetos de controle biológico./ Claubert Wagner Guimarães de Menezes. - Diamantina: UFVJM, 2012.
68 p.

Dissertação (Mestrado – Curso de Pós-Graduação em Ciências Agrárias. Área de concentração: Produção Vegetal) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

Orientador: Prof. Dr. Marcus Alvarenga Soares
Co-orientadores: Prof. Dr. José Barbosa dos Santos
Prof. Dr. Sebastião Lourenço de Assis Júnior

Inclui bibliografia.

1.Ecotoxicologia. 2. Manejo integrado de pragas. 3. Organismos não alvos. I. Soares, Marcus Alvarenga. II. Santos, José Barbosa dos. III. Assis Júnior, Sebastião Lourenço de. IV. Título

CDD – 634.77

CLAUBERT WAGNER GUIMARÃES DE MENEZES

**SELETIVIDADE DE HERBICIDAS APLICADOS NAS CULTURAS DO MILHO E
DO EUCALIPTO EM INSETOS DE CONTROLE BIOLÓGICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, nível de Mestrado, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA EM 11 / 07 / 2012

Prof. Dr. Germano Leão Demolin Leite - UFMG
(Convidado)

Prof. Dr. José Barbosa dos Santos - UFVJM
(Co-orientador)

Prof. Dr. Sebastião Lourenço de Assis Júnior - UFVJM
(Co-orientador)

Prof. Dr. Marcus Alvarenga Soares - UFVJM
(Orientador)

“O primeiro pecado da humanidade foi a fé; a primeira virtude foi a dúvida.”

Carl Sagan

Dedico

A todos que contribuíram para a realização desses trabalhos e para o crescimento da ciência em nosso país e no mundo.

AGRADECIMENTOS

A todas as forças que regem o universo por terem me dado uma oportunidade de compartilhar esse momento com a humanidade.

A minha mãe Marilene, aos meus irmãos e minha sobrinha, Sady, Alexandre e Manu, que me apoiaram e acreditaram no meu trabalho e na minha capacidade.

À Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), pelo curso oferecido e minha formação acadêmica.

Ao professor Marcus Alvarenga Soares, pela orientação e incentivo em trilhar os caminhos da ciência.

Aos professores José Barbosa dos Santos e Sebastião Lourenço de Assis Júnior, pela amizade, orientação e incentivo de alcançar cada vez mais, todos os meus sonhos de ciência e crescimento humano.

Ao professor José Cola Zanuncio pela orientação dos trabalhos da dissertação e pelo apoio na realização de vários outros trabalhos científicos.

A todos os professores e funcionários (as) da Pós Graduação em Produção Vegetal, pelos ensinamentos e auxílios prestados durante o curso de mestrado.

A todos os meus familiares e amigos de Diamantina pelo incentivo.

A Rosilene e sua família pelo grande apoio nesses anos de caminhada no curso de mestrado em Diamantina.

Ao grande amigo Arley pelo companheirismo e amizade.

Aos colegas Wagner (Waguin), André (Capote), Silma, Frater Sr. Antônio e sua esposa D. Janilda, Evander e a todos que me apoiaram e me ajudaram nesses anos de trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da Bolsa de Estudo.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro na execução deste trabalho.

Aos colegas do curso, pelo constante apoio e consideração.

A quem torceu pela minha vitória.

Obrigado a todos!

RESUMO

MENEZES, C.W.G. **Seletividade de herbicidas aplicados nas culturas do milho e do eucalipto em insetos de controle biológico**. 2012. 68p. (Dissertação – Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2012.

O manejo das plantas daninhas é necessário nas culturas agrícolas para que se evite a competição e perdas na produção. O uso de herbicidas é comum no controle das plantas daninhas, e pode causar impacto negativo ao meio ambiente. O objetivo desse trabalho foi avaliar a seletividade de herbicidas, aplicados nas culturas do milho e do eucalipto, sobre os insetos de controle biológico de pragas *Podisus nigrispinus* Dallas, 1851 (Heteroptera Pentatomidae) e *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle, 1993 (Hymenoptera: Eulophidae). Foram realizados três experimentos em laboratório. No primeiro, avaliou-se a seletividade dos herbicidas atrazine e nicosulfuron e a mistura destes, e mais o controle (água), aplicados em posturas e em diferentes estádios biológicos de *P. nigrispinus*. A viabilidade dos ovos de *P. nigrispinus* diminuiu sob ação dos herbicidas, sem diferirem quanto ao tempo de eclosão. A sobrevivência de ninfas foi baixa sob ação dos herbicidas, sendo mais afetada negativamente com a mistura de herbicidas. Para a aplicação em cada estágio, observou-se baixa sobrevivência de ninfas do primeiro ao terceiro estádios com o herbicida atrazine isolado, ou em mistura, e até o segundo estágio para o nicosulfuron. Observou-se em todos os demais estádios do inseto a menor seletividade à mistura dos herbicidas comparados ao efeito isolado. O segundo experimento avaliou-se a seletividade de herbicidas registrados para a cultura do milho para o inimigo natural *P. elaeisis*. Os tratamentos foram pupas do hospedeiro alternativo *Tenebrio molitor* Linnaeus, 1758 (Coleoptera: Tenebrionidae) pulverizadas com os herbicidas atrazine, nicosulfuron, paraquat e tembotrione, na dose comercial, mais o tratamento controle com água. Pupas de *T. molitor* foram submergidas em solução herbicida e logo após, expostas ao parasitismo por seis fêmeas de *P. elaeisis*. Os herbicidas atrazine e paraquat não foram seletivos a *P. elaeisis*, apresentando elevada toxicidade. Já o herbicida nicosulfuron reduziu a razão sexual de *P. elaeisis*, o que pode comprometer as gerações subsequentes. O herbicida tembotrione foi seletivo a *P. elaeisis* apresentando menor

risco quando indicado em programas de manejo integrado de insetos. No terceiro experimento avaliou-se a seletividade de herbicidas usados na cultura do eucalipto no parasitoide *P. elaeisis*. Os tratamentos constaram das doses comerciais dos herbicidas sulfentrazone, oxyfluorfen, glyphosate, glufosinato sal de amônio e isoxaflutole, além do controle, apenas com água. Os herbicidas foram aspergidos em pupas do hospedeiro alternativo *T. molitor*, as quais foram expostas ao parasitismo por seis fêmeas de *P. elaeisis*. Os herbicidas glufosinato sal de amônio e oxyfluorfen não foram seletivos às fêmeas de *P. elaeisis*, e reduziram o parasitismo e a emergência desse parasitoide. O número de indivíduos e fêmeas produzidas por fêmea foram maiores com isoxaflutole, portanto apresentando menor risco quando utilizado em programas de manejo integrado de pragas na cultura do eucalipto.

Palavras-chave: Ecotoxicologia, Manejo Integrado de Pragas, Organismos não alvos.

ABSTRACT

MENEZES, C.W.G. **Selectivity of herbicides applied in maize and eucalyptus under insect of biological control**. 2012. 68p. (Dissertation - Master in Plant Production) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2012.

The management of weeds in agricultural crops is necessary to avoid competition and yield losses. Herbicide use is common in weed control, and can negatively impact the environment. The aim of this study was to evaluate the toxicity of herbicides applied on corn [*Zea mays* L. (Poaceae)] and eucalyptus [*Eucalyptus* sp. (Myrtaceae)] on the *Podisus nigrispinus* Dallas, 1851 (Heteroptera Pentatomidae) and *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle, 1993 (Hymenoptera: Eulophidae). Three experiments were conducted in the laboratory. At first, we evaluated the selectivity of the herbicides atrazine and nicosulfuron and mixture, in commercial dosage, applied in different postures and biological stages of *P. nigrispinus*. The viability of eggs of *P. nigrispinus* decreased under the action of herbicides, without differences regarding the time of hatching. The survival of nymphs was low in the herbicides being more adversely affected with the herbicide mixture. For the application at each stage there was low survival of nymphs of the first to third stage with the herbicide atrazine, alone or in mixture until the second stage to nicosulfuron. It was observed in all other stages of the insect to lower selectivity compared to the herbicide mixture to the isolated effect. The second chapter assessed the selectivity of herbicides registered for corn for the natural enemy of *P. elaeisis*. The treatments were pupae of the alternative host *Tenebrio molitor* Linnaeus, 1758 (Coleoptera: Tenebrionidae) sprayed with the herbicide atrazine, nicosulfuron, paraquat and tembotrione in commercial dosage over the control treatment with water. Pupae of *T. molitor* were overwhelmed with the solution herbicida and soon after exposed to parasitism by six females of *P. elaeisis*. The herbicides atrazine and paraquat were not selective to *P. elaeisis*, with high toxicity. The herbicide nicosulfuron reduced the sex ratio of *P. elaeisis*, which may affect subsequent generations. The herbicide tembotrione was selective to *P. elaeisis* and can be displayed in integrated pest management of insects. In the third chapter we evaluated the selectivity of herbicides used in the cultivation of eucalyptus, to the parasitoid, *P. elaeisis*. The treatments consisted of doses of commercial herbicides sulfentrazone,

oxyfluorfen, glyphosate, glufosinate ammonium salt and isoxaflutole, beyond control, with water only. The herbicides were sprayed in pupae of the alternative host *T. molitor*, which were exposed to six female parasitism by *P. elaeisis*. The herbicide glufosinate ammonium salt and oxyfluorfen were not selective in females of *P. elaeisis*, and reduced parasitism and emergence of this parasitoid. The number of individuals and females produced per female were higher with glyphosate and isoxaflutole and can be used in programs of Integrated Pest Management (IPM) in the culture of eucalyptus.

Keywords: Ecotoxicology, Integrated Pest Management, non-target organisms.

LISTA DE TABELAS

ARTIGO CIENTÍFICO I

Tabela 1	Tempo decorrido entre aplicação dos herbicidas atrazine e nicosulfuron para a eclosão e percentual de indivíduos eclodidos de <i>Podisus nigrispinus</i> (Heteroptera: Pentatomidae).....	21
Tabela 2	Sobrevivência relativa (%) de <i>Podisus nigrispinus</i> (Heteroptera: Pentatomidae) após mudança de estágio em ambiente com resíduos dos herbicidas atrazine e nicosulfuron.....	21
Tabela 3	Sobrevivência (%) de <i>Podisus nigrispinus</i> (Heteroptera: Pentatomidae) do primeiro estágio ninfal à fase adulta, em laboratório, após 96 horas de exposição aos herbicidas atrazine, e nicosulfuron e à mistura destes.....	21

ARTIGO CIENTÍFICO II

Tabela 1	Características técnicas dos herbicidas registrados para a cultura do milho no Brasil	35
Tabela 2	Variáveis reprodutivas da primeira geração de <i>Palmistichus elaeisis</i> (Hymenoptera: Eulophidae), provenientes de pupas de <i>Tenebrio molitor</i> (Coleoptera: Tenebrionidae) tratadas com herbicidas registrados para a cultura do milho	37

ARTIGO CIENTÍFICO III

Tabela 1	Características técnicas dos herbicidas registrados para a cultura do eucalipto no Brasil.....	50
Tabela 2	Sobrevivência (%) de adultos de <i>Palmistichus elaeisis</i> (Hymenoptera: Eulophidae) de 0 a 96 horas, após exposição por 48 horas a pupas tratadas com herbicidas registrados para a cultura do eucalipto	51
Tabela 3	Parâmetros reprodutivos da primeira geração de <i>Palmistichus elaeisis</i> (Hymenoptera: Eulophidae), provenientes de pupas de <i>Tenebrio molitor</i> (Coleoptera: Tenebrionidae) tratadas com herbicidas registrados para a cultura do eucalipto e o controle com água	52

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO CIENTÍFICO I

- Figura 1 Sobrevivência (%) dos estádios de *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) após aplicação de atrazine e nicosulfuron – isolados ou em mistura e controle (água) 22

ARTIGO CIENTÍFICO II

- Figura 1 Longevidade de fêmeas de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) expostas a pupas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) tratadas com herbicidas registrados para a cultura do milho. T1 – Atrazine, T2 – Nicosulfuron, T3 – Paraquat, T4 – Tembotrione e T5 – Água. Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade..... 36

SUMÁRIO

RESUMO	i
ABSTRACT	iii
LISTA DE TABELAS	v
LISTA DE FIGURAS	vi
INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	4
ARTIGO CIENTÍFICO I.	8
Resumo	9
Abstract.....	10
1 - Introdução.....	11
2 - Materiais e Métodos	12
3 - Resultados	14
4 - Discussão.....	15
5 - Conclusão	17
6 - Agradecimentos.....	17
7 - Referências Bibliográficas	17
ARTIGO CIENTÍFICO II.	23
Resumo	24
Abstract.....	25
1 - Introdução.....	26
2 - Materiais e Métodos	27
3 - Resultados	28
4 - Discussão.....	29
5 - Conclusão	31
6 - Agradecimentos.....	31
7 - Referências Bibliográficas	31
ARTIGO CIENTÍFICO III.	38
Resumo	39
Abstract.....	40
1 - Introdução.....	41
2 - Materiais e Métodos	42

3 - Resultados	43
4 - Discussão.....	44
5 - Conclusão	46
6 - Agradecimentos.....	46
7 - Referências Bibliográficas	46
Conclusão Geral	53
Anexos.....	54

INTRODUÇÃO GERAL

O controle de plantas daninhas na agricultura é essencial para se evitar a competição e prejuízos com a cultura comercial (Rodríguez et al., 2006; Kuva et al., 2007; Albajes et al., 2009). O manejo dessas plantas é realizado por diferentes métodos (manual, mecânico, químico, entre outros), sendo o uso de herbicidas o mais eficiente, de menor custo e em alguns casos seletivo à cultura (James, 2007). Nos últimos anos, algumas práticas de controle das plantas daninhas têm se destacado com o uso de variedades agrícolas tolerantes ou resistentes a herbicidas, além do plantio direto.

Com o avanço da engenharia genética, variedades agrícolas resistentes a herbicidas são comuns em diversos agroecossistemas no mundo. Culturas como a soja, milho, algodão e canola dispõem dos recursos dessas novas tecnologias genéticas e com perspectivas de aumento de novas áreas de cultivo ao longo dos próximos anos (Dill, 2005; Dill et al., 2008; Brookes e Barfoot, 2011). Outra prática de controle das plantas daninhas é a adoção do sistema de plantio direto, onde o controle químico ganhou importância em substituição às práticas convencionais de manejo do solo como a aração e a gradagem (Gomes e Christoffoleti, 2008).

A diversidade de plantas daninhas em sistemas agrícolas é fundamental para a sobrevivência de diversos artrópodes e inimigos naturais. Essas plantas podem fornecer abrigo, refúgio, alimento, microclimas favoráveis para o desenvolvimento de diferentes insetos e locais de reprodução para inimigos naturais e parasitoides (Steinbauer et al., 2006; Silva et al., 2010). Porém, o manejo das plantas daninhas pode alterar a abundância e a flora de diferentes espécies dessas plantas, o que pode prejudicar artrópodes herbívoros e seus inimigos naturais (Landis et al., 2000; Albajes et al., 2009). Além disso, tem-se observado o impacto de herbicidas sobre insetos não alvos (Brust, 1990; Ahn et al., 2001; Haugthon et al., 2001; Jackson e Pitre, 2004; Ammann, 2005; Lundgren et al., 2009).

As culturas do eucalipto e do milho no Brasil

A área de florestas com eucalipto está em franca expansão, com aproximadamente cinco milhões de hectares plantados. Esta cultura contribui para redução da exploração de florestas nativas, pois seus produtos são utilizados como matéria prima em diferentes processos industriais como lenha, carvão, celulose, construção civil, produção de óleos

essenciais, entre outros (Zanuncio et al., 2010; ABRAF, 2011). Espécies de eucalipto, destinadas a plantios comerciais, apresentam rápido crescimento e boa adaptabilidade em campo. No entanto, essas características não isentam a cultura da interferência causada pelas plantas daninhas, especialmente, nos primeiros anos de cultivo (Tuffi Santos et al., 2005). O uso dos herbicidas é prática comum para o controle dessas plantas, por demonstrar elevada eficiência, baixo custo e facilidade de aplicação (Vidal et al., 2004).

A cultura do milho ocupa uma área de quase 14 milhões de hectares, e é uma das principais *commodities* do Brasil. É cultivada em todas as regiões do país, com variações de produtividade por hectare, de acordo com o nível tecnológico de cada produtor. Esse cereal é base da alimentação humana e animal, sendo utilizado na produção de diversos derivados industrializados e ração para aves, suínos e bovinos (Conab, 2011). No entanto, essa cultura pode sofrer grandes perdas de produção se não houver o controle das plantas daninhas na área de cultivo (Constantin et al., 2007). Essa perda de rendimento na produção, causada pela influência das plantas daninhas, pode alcançar até 70% da produtividade potencial, considerando uma série de fatores que atuam junto à cultura (clima, solo, espaçamento, precipitação etc) (Stefanello Júnior et al., 2008). Portanto, o controle das plantas daninhas é uma necessidade econômica e cultural para a produção agrícola.

***Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) e *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae), importantes agentes no controle biológico em milho e eucalipto**

O inimigo natural *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle, 1993 (Hymenoptera: Eulophidae) é um endoparasitoide de hábito generalista e gregário de pupas de lepidópteros e coleópteros. O parasitismo de pupas por *P. elaeisis* foi relatado em pragas como *Eupseudosoma involuta* Sepp, 1852 (Lepidoptera: Arctiidae), *Euselasia eucerus* Hewitson, 1872 (Lepidoptera: Riodinidae), *Sabulodes* sp. (Lepidoptera: Geometridae), *Thyriniteina arnobia* Stoll, 1782 (Lepidoptera: Geometridae), *Thyriniteina leucoceraea* Rindge, 1961 (Lepidoptera: Geometridae), *Hylesia* sp. (Lepidoptera: Saturniidae), comumente encontradas em povoamentos de eucalipto, e em insetos pragas criados em laboratório como *Zophobas confusa* Gebien, 1906 (Coleoptera: Tenebrionidae) e *Tenebrio molitor* Linnaeus, 1758 (Coleoptera: Tenebrionidae) (Delvare e LaSalle., 1993; Bittencourt e Berti Filho, 1999; Pereira et al., 2008; Zanuncio et al., 2008a; Silva et al., 2009; Soares et al., 2009).

Percevejos do gênero *Podisus* spp. se enquadram como importantes agentes de controle biológico no Brasil. O predador *Podisus nigrispinus* Dallas, 1851 (Heteroptera: Pentatomidae) é utilizado no Manejo Integrado de Pragas no milho, pelo seu desempenho como agente de controle biológico, alimentando-se, principalmente, de lagartas desfolhadoras (Mohaghegh et al., 2001; Matos Neto et al., 2002). Trabalhos tem evidenciado *P. nigrispinus* se alimentando de lepidópteras-praga, como *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith, 1797 (Lepidoptera: Noctuidae), resultando em ganhos para diferentes variáveis de desenvolvimento biológico e reprodução, demonstrando seu potencial como importante agente de controle biológico dessa lagarta (Oliveira et al., 2004; Zanuncio et al., 2008b).

A aplicação de herbicidas durante o manejo de plantas daninhas seja na pulverização convencional, ou em pós-emergência, pode atingir *P. nigrispinus* e *P. elaeisis*, ou seus hospedeiros, por contato direto ou indireto com esses produtos. Além disso, testes de seletividade a formulações comerciais de herbicidas devem ser conduzidos em organismos não alvos, uma vez que ingredientes ativos ou inertes presentes nessas formulações podem causar impacto diferenciado sobre organismos benéficos (Hassan et al., 2000; Giolo et al., 2005). O objetivo dessa dissertação foi avaliar a seletividade de diferentes herbicidas registrados para a cultura do eucalipto e do milho sobre variáveis de desenvolvimento e reprodução do parasitoide *P. elaeisis* e do predador *P. nigrispinus*.

A introdução geral e os artigos dessa dissertação se encontram nas normas dos periódicos e para redação e apresentação de Teses e Dissertações, apresentados no ítem Anexo, na última página desse trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF. Anuário estatístico ABRAF 2011 - Ano Base 2010. Disponível em: www.abraflor.org.br, acesso em 25/10/2011.

AHN, Y.J.; KIM, Y.J.; YOO, J.K. Toxicity of the herbicide glufosinate ammonium to predatory insects and mites of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) under laboratory conditions. **Journal of Economic Entomology**, v.94, p.157-161, 2001.

ALBAJES, R.; LUMBIERRES, B.; PONS, X. Responsiveness of arthropod herbivores and their natural enemies to modified weed management in corn. **Environmental Entomology**, v.38, p.944-954, 2009.

AMMANN, K. Effects of biotechnology on biodiversity: herbicide-tolerant and insect-resistant GM crops. **Trends in Biotechnology**, v.23, p.388-394, 2005.

BITTENCOURT, M.A.L.; BERTI FILHO, E. Preferência de *Palmistichus elaeisis* por pupas de diferentes lepidópteros praga. **Scientia Agricola**, v.56, p.1281-1283, 1999.

BROOKES, G.; BARFOOT, P. GM crops: global socio-economic and environmental impacts 1996-2009. **PG Economics Ltd**, p.173, 2011.

BRUST, G.E. Direct and indirect effects of four herbicides on the activity of carabid beetles (Coleoptera: Carabidae). **Pesticide Science**, v.30, p.309-320, 1990.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. Acompanhamento de safra brasileira: Grãos, Quarto levantamento, janeiro de 2010 / Brasília. Disponível em: www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_01_06_08_41_56_boletim_graos_4o_lev_safra_2010_2011.pdf. Acesso em: 13 jan. 2011.

CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JR, R.S.; CAVALIERI, S.D.; ARANTES, J.G.Z.; ALONSO, D.G.; ROSO, A.C.; COSTA, J.M. Interação entre sistemas de manejo e de controle de plantas daninhas em pós-emergência afetando o desenvolvimento e a produtividade do milho. **Planta Daninha**, v.25, p.513-520, 2007.

DELVARE, G.; LASALLE, J.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**, v.27, p.435-444, 1993.

DILL, G.M. Glyphosate-resistant crops: history, status and future. **Pest Management Science**, v.61, p.219-224, 2005.

DILL, G.M.; CAJACOB, C.A.; PADGETTE, S.R. Glyphosate-resistant crops: adoption, use and future considerations. **Pest Management Science**, v.64, p.326-331, 2008.

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

GOMES JR., F.G.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Biologia e manejo de plantas daninhas em áreas de plantio direto. **Planta Daninha**, v.26, p.789-798, 2008.

HASSAN, S.A.; HALSALL, N.; GRAY, A.P.; KÜHNER, C.; MOLL, M.; BAKKER, F.M.; ROEMKE, J.; YOUSIF, A.; NASR, F.; ABDELGADER, H. Laboratory method to evaluate the side effects of plant protection products on *Trichogramma cacoeciae* Marchal (Hymenoptera: Trichogrammatidae). In: CANDOLFI, M.P. (Eds.). Guidelines to evaluate side-effects of plant protection products to non-target arthropods. **Reinheim: IOBC/WPRS**, p.107-119, 2000.

HAUGHTON, A.J.; BELL, J.R.; BOATMAN, N.D.; WILCOX, A. The effect of the herbicide glyphosate on non-target spiders: Part II. Indirect effects on *Lepthyphantes tenuis* in field margins. **Pest Management Science**, v.57, p.1037-1042, 2001.

JACKSON, R.E.; PITRE, H.N. Influence of Roundup Ready soybean production systems and glyphosate application on pest and beneficial insects in narrow-row soybean. **Journal of Entomological Science**, v.39, p.62-70, 2004.

JAMES, C. Global status of commercialized biotech/GM crops: **ISAAA**, brief no.37, 2007.

KUVA, M.A.; PITELLI, R.A.; SALGADO, T.P.; ALVES, P.L.C.A. Fitossociologia de Comunidades de Plantas Daninhas em Agroecossistema Cana-Crua. **Planta Daninha**, v.25, p.501-511, 2007.

LANDIS, D.A.; WRATTEN, S.D.; GURR, G.M. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. **Annual Review of Entomology**, v.45, p.175-201, 2000.

LUNDGREN, J.G.; GASSMANN, A.J.; BERNAL, J.; DUAN, J.J.; RUBERSON, J. Ecological compatibility of GM crops and biological control. **Crop Protection**, v.28, p.1017-1030, 2009.

MATOS NETO, F.C.; ZANUNCIO, J.C.; CRUZ, I.; TORRES, J.B. Nymphal development of *Podisus nigrispinus* (Heteroptera, Pentatomidae) preying on larvae of *Anticarsia gemmatalis* (Lepdoptera, Noctuidae) Fed with resistant e susceptible soybens. **Revista Brasileira de Entomologia**, v.46, p.237-241, 2002.

MOHAGHEGH, J.; DE CLERCQ, P.; TIRRY, L. Functional response of the predators *Podisus maculiventris* (Say) and *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) to the beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae): effect of temperature. **Journal of Applied Entomology**, v.125, p.131-134, 2001.

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

PEREIRA, F.F.; ZANUNCIO, T.V.; ZANUNCIO, J.C.; PRATISSOLI, D.; TAVARES, M.T. Species of Lepidoptera defoliators of eucalypt as new hosts for the polyphagous parasitoid

Palmistichus elaeisis (Hymenoptera: Eulophidae). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.51, p.259-262, 2008.

RODRIGUEZ, E.; FERNANDEZ-ANERO, F.J.; RUIZ, P.; CAMPOS, M. Soil arthropod abundance under conventional and no tillage in a Mediterranean climate. **Soil & Tillage Research**, v.85, p.229-233, 2006.

SILVA, E.B.; FRANCO, J.C.; VASCONCELOS, T.; BRANCO, M. Effect of ground cover vegetation on the abundance and diversity of beneficial arthropods in citrus orchards. **Bulletin of Entomological Research**, v.100, p.489-499, 2010.

SILVA, I.M.; SILVA, R.O.; ANDRADE, G.S.; ZANUNCIO, J.C.; PEREIRA, F.F.; PASTORI, P.L. Reproduction of *Palmistichus elaeisis* Delvare and LaSalle, 1993 (Hymenoptera: Eulophidae) in pupae of *Zophobas confuse* Gebien, 1906 (Coleoptera: Tenebrionidae). **Entomotropica**, v.24, p.141-144, 2009.

SOARES, M.A.; GUTIERREZ, C.T.; ZANUNCIO, J.C.; PEDROSA, A.R.P.; LORENZON, A.S. Superparasitismo de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) y comportamiento de defensa de dos hospederos. **Revista Colombiana de Entomología**, v.35, p.62-65, 2009.

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

STEINBAUER, M.J.; SHORT, M.W.; SCHMIDT, S. The influence of architectural and vegetational complexity in eucalypt plantations on communities of native wasp parasitoids: Towards silviculture for sustainable pest management. **Forest Ecology and Management**, v.233, p.153-164, 2006.

TUFFI SANTOS, L.D.; FERREIRA, F.A.; MEIRA, R.M.S.A.; BARROS, N.F.; FERREIRA, L.R.; MACHADO, A.F.L. Crescimento e morfoanatomia foliar de eucalipto sob efeito de deriva do glyphosate. **Planta Daninha**, v.23, p.133-142, 2005.

VIDAL, R.A.; SPADER, V.; FLECK, N.G.; MEROTTO JR, A. Nível de dano econômico de *Brachiaria plantaginea* na cultura de milho irrigado. **Planta Daninha**, v.22, p.63-69, 2004.

VIVIAN, L.M.; TORRES, J.B.; BARROS, R.; VEIGA, A.F.S.L. 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**, v.50, p.145-153, 2002.

ZANUNCIO, A.J.V.; PASTORI, P.L.; KIRKENDALL, L.R.; LINO-NETO, J.; SERRÃO, J.E.; ZANUNCIO, J.C. *Megaplatypus mutatus* (Chapuis) (Coleoptera: Curculionidae: Platypodinae) attacking hybrid *Eucalyptus* clones in southern Espírito Santo, Brazil. **The Coleopterists Bulletin**, v.64, p.81-83, 2010.

ZANUNCIO, J.C.; SILVA, C.A.D.; LIMA, E.R.; PEREIRA, F.F.; RAMALHO, F.S.; SERRÃO, J.E. Predation rate of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae with and without defense by *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.51, p.121-125, 2008a.

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

ARTIGO CIENTÍFICO I

Revista Planta Daninha

***Versão impressa* ISSN 0100-8358**

MENEZES, C.W.G.; SANTOS, J.B.; ASSIS JÚNIOR, S.L.; SOARES, M.A.; FRANÇA, A.C.; FONSECA, A.J.; FERNANDES, A.F. Seletividade de atrazine e nicosulfuron a *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae). **Planta Daninha**, v.30, p.327-334, 2012.

RESUMO

O milho tem sido cultivado em duas safras anuais no Brasil, e consumido por humanos e animais. O uso de herbicidas no controle de plantas daninhas nessa cultura pode comprometer o ambiente em função dos efeitos sobre organismos não alvos. O objetivo deste trabalho foi avaliar a seletividade de atrazine e nicosulfuron sobre o predador *Podisus nigrispinus* Dallas, 1851 (Heteroptera: Pentatomidae). Os tratamentos constaram da aplicação de atrazine, nicosulfuron e da mistura destes, em doses equivalentes à comercial, mais um tratamento controle à base de água. A solução com os herbicidas foi aspergida sobre ovos de dois dias de idade de *P. nigrispinus*, e em cada um dos cinco estádios ninfais e fase adulta do inseto. A viabilidade dos ovos de *P. nigrispinus* diminuiu sob ação dos herbicidas, sem diferirem quanto ao tempo de eclosão. A sobrevivência de ninfas foi baixa sob ação dos herbicidas, sendo mais afetada negativamente sob ação da mistura destes. Para a aplicação em cada estádio, observou-se baixa sobrevivência de ninfas do primeiro ao terceiro estádio sob ação do herbicida atrazine, isolado ou em mistura, e até o segundo estádio para o nicosulfuron. Também, ficou evidente em todos os demais estádios do inseto, a menor seletividade à mistura dos herbicidas, em comparação ao efeito isolado. Conclui-se que ovos de *P. nigrispinus* são sensíveis aos herbicidas testados e que a aplicação na cultura do milho desses produtos poderá diminuir o controle biológico de pragas promovido por esse inseto.

Palavras-chave: asopinae, controle biológico, pós emergentes, toxicidade.

MENEZES, C.W.G.; SANTOS, J.B.; ASSIS JÚNIOR, S.L.; SOARES, M.A.; FRANÇA, A.C.; FONSECA, A.J.; FERNANDES, A.F. Selectivity of atrazin and nicosulfuron to *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae). **Planta Daninha**, v.30, p.327-334, 2012.

ABSTRACT

Corn is traditionally grown in two annual harvests in Brazil and consumed by humans and animals. The use of herbicides to control weeds in this crop may compromise the environment, affecting non-target organisms. The aim of this study was to evaluate the selectivity of atrazine and nicosulfuron on the predator *Podisus nigrispinus* Dallas, 1851 (Heteroptera: Pentatomidae). The treatments consisted of application of a combination of atrazine and nicosulfuron in doses equivalent to the commercial dose, plus a water-based control. The solution with herbicides was sprayed on two-day-old eggs of *P. nigrispinus* and at each of the five nymphal stages and adult phase of the insects. The viability of eggs of *P. nigrispinus* decreased under the action of the herbicides, without differences regarding time of hatching. The survival of nymphs was low under the effect of the herbicides, being more adversely affected by the action of the herbicide mixtures. For the application at each stage, we observed a low survival of nymphs from the first to the third instar under the action of the herbicide atrazine, alone, or in combination, and even at the second stage for nicosulfuron. Lower selectivity to herbicide mixture also became evident at all the insect stages, compared to the isolated effect. It was concluded that eggs of *P. nigrispinus* are sensitive to herbicides and that application of such products on corn may decrease the biological pest control provided by this insect.

Keywords: asopinae, biological control, post emergent, toxicity.

INTRODUÇÃO

A cultura do milho é importante no Brasil, ocupando 13 milhões de hectares, com produção de 52 milhões de toneladas por ano (Conab, 2010). No entanto, é necessário o manejo de insetos-praga como a lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith, 1797 (Lepidoptera: Noctuidae), e a lagarta-da-espiga *Helicoverpa zea* Boddie, 1850 (Lepidoptera: Noctuidae) as quais causam danos diretos e indiretos e perdas na produção. Já o controle de plantas daninhas assume grande parcela entre os custos de produção (Constantin et al., 2007; Stefanello Júnior et al., 2008).

As plantas daninhas são responsáveis pelas perdas na qualidade e rendimento de grãos e, no caso do milho, podem inviabilizar a colheita (Constantin et al., 2007). Nesse sentido, o uso de herbicidas é prática comum, em razão do menor custo e da maior eficiência de controle (Rizzardi et al., 2004). Contudo, a diversidade dessas plantas daninhas em campo pode ser um importante fator para o estabelecimento e a dinâmica de inimigos naturais de pragas, onde esses insetos usufruem dessas plantas para refúgio e sobrevivência (Evangelista Jr. et al., 2003). Os herbicidas atrazine e nicosulfuron são produtos usados atualmente em função do baixo custo e seletividade à cultura (Rizzardi et al., 2004), sendo recomendados, respectivamente, para controle de plantas daninhas de folhas largas e gramíneas (MAPA, 2011).

O herbicida atrazine é o mais conhecido dentro da classe das triazinas. Seu uso para fins agrícolas é autorizado no Brasil, podendo ser aplicado em pré e pós-emergência em plantas daninhas nas culturas de abacaxi, cana-de-açúcar, milho, pínus, seringueira, sisal e sorgo (MAPA, 2011). Seu mecanismo de ação se dá pela inibição do fotossistema II, causando uma série de danos irreversíveis às células vegetais. É um herbicida não sistêmico, exercendo controle eficiente de dicotiledôneas e regular de monocotiledôneas. Apresenta mecanismo de seletividade para certas culturas, devido à degradação diferencial, em que nas raízes ou em outras partes ocorre a metabolização e transformação rápida em produtos não tóxicos para as plantas (Carvalho et al., 2010). Apresenta meia-vida no solo entre 15 e 100 dias, porém, devido ao seu largo uso em todo o mundo e à baixa capacidade adsorviva em solos, é um dos herbicidas mais lixiviados e danosos no meio ambiente (Ralebitso et al., 2002).

O nicosulfuron é um herbicida sistêmico, pós-emergente, do grupo químico das sulfoniluréias, que se destaca pela ampla utilização na cultura do milho, no controle de gramíneas e algumas dicotiledôneas. Herbicidas desse grupo atuam na inibição da acetolactato sintase (ALS) em plantas e microrganismos, prejudicando a biossíntese de aminoácidos de cadeia ramificada, valina, leucina e isoleucina (Anderson et al., 1998). Esse herbicida é normalmente misturado com outros agroquímicos, apresentando efeitos negativos ao meio ambiente, como relatado em diversos trabalhos (Silva et al., 2005; Oliveira et al., 2009).

Percevejos do gênero *Podisus* spp. são importantes agentes de controle biológico no Brasil (Vivan et al., 2002). O predador *Podisus nigrispinus* Dallas, 1851 (Heteroptera: Pentatomidae) é importante no Manejo Integrado de Pragas no milho, pelo seu desempenho como agente de controle biológico, alimentando-se principalmente de lagartas desfolhadoras (Mohaghegh et al., 2001; Matos Neto et al., 2002). Trabalhos têm evidenciado *P. nigrispinus* predando *S. frugiperda*, resultando em ganhos em seu desenvolvimento biológico e reprodução, o que demonstra seu potencial como agente de controle biológico dessa lagarta (Oliveira et al., 2004; Zanuncio et al., 2008). *Podisus nigrispinus* apresenta atividade de predação e acasalamento em período diurno e noturno, podendo estar exposto ao contato direto e residual desses herbicidas na cultura durante a pulverização convencional (Stefanello Júnior et al., 2008). Além disso, a mistura desses herbicidas pode ocasionar efeito sinérgico de toxicidade a *P. nigrispinus*.

A intoxicação de insetos por agrotóxicos foi relatada por Giolo et al. (2005) e Tillman (2006), justificando a necessidade de estudos de seletividade de herbicidas a inimigos naturais. Além disso, alguns surfatantes em formulações comerciais podem reduzir a tensão superficial no tegumento dos artrópodes, facilitando sua penetração à ação tóxica desse ingrediente ou do herbicida, ou ainda a ação conjunta da mistura comercial (Malkones, 2000). O objetivo deste trabalho foi avaliar a seletividade dos herbicidas atrazine e nicosulfuron, aplicados em ovos e diferentes estádios de desenvolvimento de *P. nigrispinus*, na taxa de eclosão e mudança de estágio ninfal até a fase adulta.

MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em condições controladas (25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotoperíodo de 12 horas), do Laboratório de Controle Biológico de Insetos (LCBI) da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM.

Foram realizados dois ensaios para aplicação dos herbicidas, sendo o primeiro utilizando posturas com dois dias de idade de *P. nigrispins*, que foram coletadas de insetos adultos alimentados com pupas de *Tenebrio molitor* Linnaeus, 1758 (Coleoptera: Tenebrionidae) e água destilada. No segundo ensaio, ninfas do primeiro ao quinto estágio de desenvolvimento e insetos adultos de *P. nigrispinus* foram utilizados da criação massal em laboratório e submetidos à pulverização dos herbicidas.

Para o primeiro ensaio, os tratamentos, em número de quatro e dispostos em delineamento inteiramente casualizado, foram compostos pelos herbicidas atrazine (Primóleo®) e nicosulfuron (Sanson®), aplicados isolados ou em mistura, mais um tratamento controle à base de água destilada, diretamente sobre os ovos do inseto. Na aplicação utilizou-se uma seringa de 1 mL, com agulha adaptada para pulverização, aspergindo-se 0,15 mL (calculado de acordo com o diâmetro da placa de Petri onde foram dispostos os ovos), de calda equivalente a 200 L.ha^{-1} . Utilizou-se a concentração de 15 e $0,3 \text{ g.L}^{-1}$, respectivamente, para atrazine e nicosulfuron, correspondentes à recomendação de 6 e $1,5 \text{ L.ha}^{-1}$ dos produtos comerciais (MAPA, 2011).

Em cada placa de Petri foram dispostos dez ovos de *P. nigrispinus*, constituindo a unidade amostral com cinco repetições. A cada dia foi realizada a contagem de ovos eclodidos, e as ninfas oriundas dos ovos tratados com os herbicidas foram acompanhadas até a fase adulta. Ao atingirem o segundo estágio, as ninfas foram transferidas para potes plásticos de 500 mL, e alimentadas com dieta à base de pupas de *T. molitor* e água destilada, onde se observou a mudança de estágio desde a fase de eclosão até a adulta. Ao final do período ninfal, encerrou-se a avaliação e foram obtidos os resultados de sobrevivência em cada estágio.

Quanto ao segundo ensaio, empregou-se o esquema fatorial [4 (tratamentos) X 6 (estádios)] sendo cada estágio do inseto (primeiro ao quinto e adulto) avaliado sob o efeito dos herbicidas atrazine e nicosulfuron em concentração, e esquema de aplicação conforme descrito para o primeiro ensaio. Além da aplicação isolada de cada herbicida, realizou-se a verificação do efeito da mistura e do tratamento controle à base de água destilada, totalizando 24 tratamentos dispostos ao acaso. Os herbicidas foram aspergidos, conforme metodologia apresentada no primeiro ensaio, em potes de plástico de 500 mL, contendo, cada um, dez

ninfas de *P. nigrispinus* para cada estágio, constituindo a unidade amostral, com cinco repetições. Foi aspergido 0,15 mL, calculado de acordo com a área dos potes, de calda equivalente a 200 L.ha⁻¹. Utilizou-se a concentração de 15 e 0,3 g.L⁻¹, para atrazine e nicosulfuron, respectivamente, correspondentes à recomendação de 6 e 1,5 L.ha⁻¹ dos produtos comerciais (MAPA, 2011). Para a fase adulta, foram utilizados cinco insetos fêmeas e cinco machos de três dias de idade, para cada unidade amostral. Os insetos foram alimentados com pupas de *T. molitor* e água destilada, fornecidos diariamente até o fim do experimento. A cada dia foi realizada a contagem dos insetos mortos e avaliada a sobrevivência até o período de 96 horas, após aplicação dos produtos.

Os dados foram submetidos aos testes das pressuposições do modelo matemático (normalidade e homogeneidade das variâncias) e, em seguida, à análise de variância, sendo as médias, quando significativas, comparadas pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

RESULTADOS

Para o ensaio com ovos de *P. nigrispinus*, não houve diferença estatística no número de dias entre a aplicação dos herbicidas e a eclosão de ovos. No entanto, os herbicidas promoveram diminuição na porcentagem de ovos eclodidos. Enquanto no controle a viabilidade de ovos eclodidos foi de 76%, nas parcelas com a mistura dos herbicidas esse valor caiu para 20%. Com a aplicação isolada dos produtos, o valor da eclosão foi, em média, de 28% (Tabela 1).

Para o desenvolvimento das ninfas de *P. nigrispinus*, oriundas dos ovos eclodidos, verificou-se efeito dos herbicidas entre os estádios I e IV, a partir do qual, não houve mais mortes de *P. nigrispinus* até a fase adulta (Figura 1 e Tabela 2).

Comparação realizada entre os estádios de *P. nigrispinus*, evidenciou queda natural na sobrevivência após o segundo estágio, ou seja, mesmo na ausência dos herbicidas, houve pequena taxa de mortalidade nessa fase (Figura 1). Entre os herbicidas, é mais fácil entender o efeito tóxico quando se estima a sobrevivência relativa em cada estágio (Tabela 2).

A comparação dos tratamentos em cada estágio evidenciou igualdade de efeitos entre o controle e o nicosulfuron para os indivíduos que passaram do primeiro para o segundo estágio. Apesar disso, esse herbicida não apresentou diferenças dos valores observados para o atrazine isolado ou em mistura. Entre os estádios, para cada herbicida, a comparação revelou efeito negativo para a mistura dos produtos até o quarto estágio ninfal (Tabela 2).

O efeito da aplicação direta dos herbicidas em ninfas de *P. nigrispinus* resultou na menor sobrevivência destas, do primeiro ao terceiro estágio decorrido o tempo de 96 horas (Tabela 3).

A mistura dos herbicidas atrazine e nicosulfuron demonstrou efeito tóxico para todos os estádios de *P. nigrispinus*, com sobrevivência média inferior a 50%.

A tolerância dos insetos aos herbicidas somente foi observada a partir do quarto estágio ninfal, possivelmente, devido à tolerância aos herbicidas. O herbicida nicosulfuron foi seletivo aos insetos a partir do segundo estágio, permitindo uma sobrevivência média superior a 50%, e na fase adulta, equiparando-se aos efeitos do tratamento controle, após 96 horas (Tabela 3).

DISCUSSÃO

Os menores valores observados na eclosão podem ser devido ao efeito direto dos herbicidas, dos aditivos presentes na formulação comercial, ou de ambos, sobre os ovos de *P. nigrispinus*. Os surfatantes nas formulações comerciais de defensivos reduzem a tensão superficial promovida por ceras e outros componentes em cutículas de plantas e facilitam a penetração dos produtos em dermes de organismos não alvos (Hassan et al., 2000).

Existem poucos estudos investigando a atividade de pesticidas sobre ovos de heterópteros. Porém, o inseticida novaluron, que age como regulador de crescimento de insetos, atua por inibição na síntese de quitina durante a muda de estágio ninfal (ecdise), aplicado sobre ovos de *Podisus maculiventris* Say, 1832 (Heteroptera: Pentatomidae) e mostrou ser tóxico ao longo do tempo, a emergentes dos primeiros estádios desse inseto (Cutler et al., 2006).

A menor seletividade de atrazine e nicosulfuron quando misturados, podem apresentar efeito residual maior no organismo dos insetos, comparado ao efeito isolado de cada composto. Em trabalho realizado sobre o impacto de herbicidas em artrópodes do solo, verificou-se que o atrazine e nicosulfuron apresentaram efeito nocivo ao artrópode da classe Collembola, influenciando na abundância desse organismo não alvo e reduzindo sua população (Vilma et al., 2007). Foi relatada a redução nas populações de ácaros e formigas do solo em função da aplicação da mistura dos herbicidas atrazine e nicosulfuron (Pereira et al., 2004). É provável que os efeitos específicos das formulações comerciais, testadas no desenvolvimento de *P. nigrispinus*, sejam decorrentes da presença de diferentes substâncias

químicas na formulação dos herbicidas, como solventes, surfatantes e agentes molhantes, que podem modificar o efeito do equivalente ácido do herbicida nos organismos (Malkones, 2000).

O inseticida, neonicotinoide, imidaclopride foi tóxico a ninfas de *P. nigrispinus* expostas a pragas na cultura do algodão (Torres e Ruberson, 2004). Houve mortalidade de insetos do segundo e terceiro estágio de *P. nigrispinus*, devido à exposição aos inseticidas imidaclopride e ao piretroide betaciflutrina, o que pode ser atribuído ao contato do predador com os resíduos (Karimzadeh et al., 2004; Sarfraz et al., 2008). Assim, podem-se associar os resultados à menor tolerância da cutícula dos insetos nessa fase de desenvolvimento de *P. nigrispinus*.

A espessura e o teor de lipídios da cutícula de insetos podem influenciar na penetração de pesticidas, como observado em inseticidas piretroides, que demonstraram seletividade ao percevejo predador *P. maculiventris* e toxicidade à lagarta *Anticarsia gemmatalis* Hübner, 1818 (Lepidoptera: Noctuidae) (Baptista et al., 1995). Em *Brontocoris tabidus* Signoret, 1852 (Heteroptera: Pentatomidae) a rede traqueal que supre as gônadas de oxigênio, consistiu, provavelmente, na principal via de intoxicação, expondo essas estruturas diretamente aos voláteis do piretroide deltametrina (Vargas, 2007).

O percevejo-verde, *Nezara viridula* Linnaeus, 1758 (Heteroptera: Pentatomidae) que é uma praga da soja, e o inimigo natural *P. maculiventris* foram expostos a resíduos do inseticida lambda-cyhalothrin. *Nezara viridula* foi mais suscetível à intoxicação do que *P. maculiventris*, mesmo ambos sendo da mesma família e aparentemente consistirem de similar cutícula esclerotizada (Vandekerkhove e Clerck, 2004). Mais pesquisas devem ser feitas para elucidar o mecanismo de ação de pesticidas, sobretudo herbicidas, por contato sobre insetos não alvos.

Apesar de o índice de mortalidade utilizado para avaliar a periculosidade de um produto químico não ser a única nem a melhor forma de condução do trabalho (Stark e Banks, 2003), pois, indivíduos sobreviventes aos agrotóxicos podem apresentar esterilidade (Carson, 1962), essa característica pode indicar o efeito instantâneo dos produtos sobre a população desses insetos (Teodoro et al., 2005).

Alguns trabalhos têm demonstrado efeito inseticida de alguns herbicidas em predadores naturais, reduzindo a população desses insetos (Soares et al., 1995). Ninfas de *P. nigrispinus* no quinto estágio demonstraram menor sensibilidade quando submetidas à aplicação de uma dose comercial de inseticidas (Suinaga et al., 1996). Assim, os resultados

dessa pesquisa demonstram que a mistura dos herbicidas Primóleo® e Sanson® pode reduzir a população de *P. nigrispinus* na cultura do milho.

CONCLUSÃO

A viabilidade dos ovos de *P. nigrispinus* diminuiu sob ação dos herbicidas, sem diferirem quanto ao tempo de eclosão. A taxa de sobrevivência de *P. nigrispinus* foi afetada negativamente pelos herbicidas até no quarto estágio ninfal. Quanto à aplicação em cada estágio, observou-se baixa sobrevivência de ninfas do primeiro ao terceiro estágio sob ação do herbicida atrazine, isolado ou em mistura. Também ficou evidente em todos os demais estágios do inseto a menor seletividade à mistura dos herbicidas, em comparação ao efeito isolado. Insetos do quarto estágio até a fase adulta demonstraram maior tolerância aos herbicidas. Portanto, deve-se evitar a mistura dos herbicidas Primoleo® e Sanson® em lavouras de milhos, pois, podem reduzir a população de *P. nigrispinus*.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo financiamento e suporte.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, D.D.; NISSEN, S.J.; MARTIN, A.R. Mechanism of primisulfuron resistance in a shattercane (*Sorghum bicolor*) biotype. **Weed Science**, v.46, p.158-162, 1998.

BAPTISTA, G.C.; PARRA, J.R.P.; HADDAD, M.L. Toxicidade comparativa de lambda-cyhalothrin à lagarta-da-soja, *Anticarsia gemmatilis* Hueb., 1818 (Lepidoptera, Noctuidae) e ao percevejo verde, *Nezara viridula* (L., 1758) (Hemiptera, Pentatomidae). **Sciencia Agricola**, v.52, p.183-188, 1995.

CARSON, R. **Primavera silenciosa**. São Paulo: Melhoramento, 1962, p.305.

CARVALHO, F.T.; MORETTI, T.B.; SOUZA, P.A. Eficácia e seletividade de associações de herbicidas utilizados em pós-emergência na cultura do milho. **Revista Brasileira Herbicidas**, v.9, p.35-41, 2010.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. Acompanhamento de safra brasileira: Grãos, Quarto levantamento, janeiro de 2010 / Brasília. Disponível em:

<www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_01_06_08_41_56_boletim_graos_4o_le_v_safra_2010_2011..pdf> Acesso em: 13 jan. 2011.

CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JR, R.S.; CAVALIERI, S.D.; ARANTES, J.G.Z.; ALONSO, D.G.; ROSO, A.C.; COSTA, J.M. Interação entre sistemas de manejo e de controle de plantas daninhas em pós-emergência afetando o desenvolvimento e a produtividade do milho. **Planta Daninha**, v.25, p.513-520, 2007.

CUTLER, G.C.; SCOTT-DUPREE, C.D.; TOLMAN, J.H.; HARRIS, C.R. Toxicity of the insect growth regulator novaluron to the non-target predatory bug *Podisus maculiventris* (Heteroptera: Pentatomidae). **Biological Control**, v.38, p.196-204, 2006.

EVANGELISTA JR, W.S.; GONDIM JR, M.G.C.; TORRES, J.B.; MARQUES, E.J. Efeito de plantas daninhas e do algodoeiro no desenvolvimento, reprodução e preferência para oviposição de *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae). **Neotropical Entomology**, v.32, p.677-684, 2003.

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

HASSAN, S.A.; HALSALL, N.; GRAY, A.P.; KÜHNER, C.; MOLL, M.; BAKKER, F.M.; ROEMKE, J.; YOUSIF, A.; NASR, F.; ABDELGADER, H. Laboratory method to evaluate the side effects of plant protection products on *Trichogramma cacoeciae* Marchal (Hym., Trichogrammatidae). In: CANDOLFI, M. P. et al. **Guidelines to evaluate side-effects of plant protection products to non-target arthropods**. Reinheim: IOBC/WPRS, p.107-119, 2000.

KARIMZADEH, J.; BONSALL, M.B.; WRIGHT, D.J. Bottom-up and top-down effects in a tritrophic system: the population dynamics of *Plutella xylostella* (L.) - *Cotesia plutellae* (Kurdjumov) on different host plants. **Ecological Entomology**, v.29, p.285-293, 2004.

MALKONES, H.P. Comparison of the effects of differently formulated herbicides on soil microbial activities a review. **Journal of Plant Diseases and Protection**, v.8, p.781-789, 2000.

MATOS NETO, F.C.; ZANUNCIO, J.C.; CRUZ, I.; TORRES, J.B. Nymphal development of *Podisus nigrispinus* (Heteroptera, Pentatomidae) preying on larvae of *Anticarsia gemmatalis* (Lepdoptera, Noctuidae) Fed with resistente susceptible soybens. **Revista Brasileira de Entomologia**, v.46, p.237-241, 2002.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, BRASIL (MAPA). Consulta de Produtos Formulados/2010. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons> Acesso em: 13 jan. 2011.

MOHAGHEGH, J.; DECLERCQ, P.; TIRRY, L. Functional response of the predators *Podisus maculiventris* (Say) and *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) to

the beet army worm, *Spodoptera exigua* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae): effect of temperature. **Journal Applied Entomology**, v.125, p.131-134, 2001.

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

OLIVEIRA, T.A.; SANTOS, J.B.; CAMELO, G.N.; BOTELHO, R.G.; LÁZARI, T.M. Efeito da interação do Nicosulfuron e Chlorpyrifos sobre o banco de sementes e os atributos microbianos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.563-570, 2009.

PEREIRA, J.L.; DA SILVA, A.A.; PICANÇO, M.C.; DE BARROS, E.C.; JAKELAITIS, A. Effects of herbicide and insecticide interaction on soil entomofauna under maize crop. **Journal of Environmental Science and Health Part B Pesticides Food Waste**, v.40, p.43-52, 2004.

RALEBITSO, T.K.; SENIOR, E.; VERSEVELD, H.W.V. Microbial aspects of atrazine degradation in natural environments. **Biodegradation**, v.13, p.11-19, 2002.

RIZZARDI, M.A.; KARAM, D.; CRUZ, M.B. Manejo e controle de plantas daninhas em milho e sorgo. In: VARGAS, L.; ROMAN, E.S. (Eds.). **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, p.571-594, 2004.

SARFRAZ, M.; DOSDALL, L.M.; KEDDIE, B.A. Host plant genotype of the herbivore *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) affects the performance of its parasitoid *Diadegma insulare* (Hymenoptera: Ichneumonidae). **Biological Control**, v.44, p.42-51, 2008.

SILVA, A.A.; FREITAS, F.M.; FERREIRA, L.R.; JAKELAITIS, A. Efeitos de mistura de herbicida com inseticida sobre cultura do milho, as plantas daninhas e a lagarta-do cartucho. **Planta Daninha**, v.23, p.517-525, 2005.

SOARES, J.J.; BRAZ, B.A.; BUSOLI, A.C. Impacto de herbicidas sobre artrópodos benéficos associados ao algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, p.1135-1140, 1995.

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

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

SUINAGA, F.A.; PICANÇO, M.; ZANUNCIO, J.C.; BASTOS, C.S. Seletividade fisiológica de inseticidas a *Podisus nigrispinus* (Dallas, 1851) (Heteroptera: Pentatomidae) predador de lagartas desfolhadoras de eucalipto. **Revista Árvore**, v.20, p.407-414, 1996.

TEODORO, A.V. Lethal and sub-lethal selectivity of fenbutatin oxide and sulfur to the predador *Iphiseiodes zuluagai* (Acari: Phytoseiidae) and its prey, *Olygonycgus ilicis* (Acari:

Tetranychidae), in Brazilian coffee plantations. **Experimental and Applied Acarology**, v.36, p.61-70, 2005.

TILLMAN, P.G. Susceptibility of pest *Nezara viridula* (Heteroptera: pentatomidae) and parasitoid *Trichopoda pennipes* (Diptera: Tachinidae) to selected insecticides. **Journal of Economic Entomology**, v.99, p.648-657, 2006.

TORRES, J.B.; RUBERSON, J.R. Toxicity of thiamethoxam and imidacloprid to *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) nymphs associated to aphid and whitefly control in cotton. **Neotropical Entomology**, v.33, p.99-106, 2004.

VANDEKERKHOVE, B.; DE CLERCQ, P. Effects of an encapsulated formulation of lambda-cyhalothrin on *Nezara viridula* and its predator *Podisus maculiventris* (Heteroptera: Pentatomidae). **Florida Entomology**, v.87, p.112-118, 2004.

VARGAS, P.S.R. Modificações do aparelho reprodutor de *Brontocoris tabidus* (Heteroptera: Pentatomidae) após exposição à Deltametrina. 2007. 63 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – **Universidade Federal de Viçosa**, Viçosa, MG, 2007.

VILMA, S.L.; SANTOS, H.R.; GONÇALVES, M.C. The effect of the glyphosate, 2,4-D, atrazine e nicosulfuron herbicides upon the edaphic Collembola (Arthropoda: Ellipura) in a no tillage system. **Neotropical Entomology**, v.36, p.261-267, 2007.

VIVAN, L.M.; TORRES, J.B.; BARROS, R.; VEIGA, A.F.S.L. 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**, v.50, p.145-153, 2002.

ZANUNCIO, J.C.; SILVA, C.A.D.; LIMA, E.R.; PEREIRA, F.F.; RAMALHO, F.S.; SERRÃO, J.E. Predation rate of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae with and without defense by *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.51, p.121-125, 2008.

Tabela 1 - Tempo decorrido entre aplicação dos herbicidas atrazine e nicosulfuron para a eclosão e percentual de indivíduos eclodidos de *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae)

Tratamento	Tempo (dias)	Eclosão (%)
Atrazine	4,60 a	26,00 b
Nicosulfurom	5,40 a	30,00 b
Mistura ^{1/}	6,20 a	20,00 c
Controle ^{2/}	5,00 a	76,00 a

^{1/} mistura de atrazine e nicosulfuron; ^{2/} controle (água). Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Tabela 2 - Sobrevivência relativa (%) de *Podisus nigrispinus* (Hetroptera: Pentatomidae) após mudança de estágio em ambiente com resíduos dos herbicidas atrazine e nicosulfuron

Tratamento	Estádios					
	I	II	III	IV	V	Adulto
Atrazine	26,0 Bc	75,0 Bb	93,3 Aa	100,0 Aa	100,0 Aa	100,0 Aa
Nicosulfuron	30,0 Bc	83,3ABb	80,0 Ab	90,0 Aa	100,0 Aa	100,0 Aa
Mistura ^{1/}	20,0 Cc	66,7 Bb	70,0 Ab	80,0 Ab	100,0 Aa	100,0 Aa
Controle ^{2/}	76,0 Aa	95,5 Aa	81,1 Aa	90,9 Aa	96,0 Aa	96,0 Aa

^{1/} mistura de atrazine e nicosulfuron; ^{2/} controle (água). Médias seguidas de mesma letra, na coluna e linha, não diferem pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Tabela 3 - Sobrevivência (%) de *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) do primeiro estágio ninfal à fase adulta, em laboratório, após 96 horas de exposição aos herbicidas atrazine, e nicosulfuron e à mistura destes

Tratamento	Estádios					
	I	II	III	IV	V	Adulto
Atrazine	8 c	18 c	42 b	50 b	74 b	82 b
Nicosulfuron	48 b	66b	50 b	90 a	84 ab	98 a
Mistura ^{1/}	2 c	6c	24 c	36 b	38 c	40 c
Controle ^{2/}	68 a	84 a	76 a	98 a	94 a	98 a

^{1/} mistura de atrazine e nicosulfuron; ^{2/} controle (água). Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

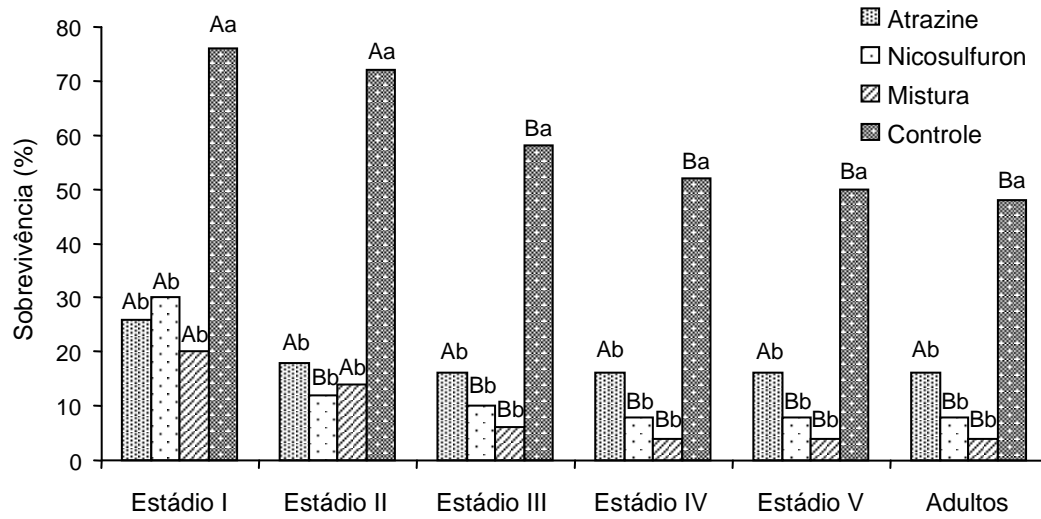


Figura 1 - Sobrevivência (%) dos estádios de *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) após aplicação de atrazine e nicosulfuron – isolados ou em mistura e controle (água). Médias de indivíduos sobreviventes entre os estádios por tratamento, seguidas de mesma letra maiúscula sobre as barras, e dentro de cada estágio em letra minúscula, não diferem pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

ARTIGO CIENTÍFICO II

Ecotoxicology

***Versão impressa* ISSN 0963-9292**

MENEZES, C.W.G.; CAMILO, S.S.; SOARES, M.A.; SANTOS, J.B.; FONSECA A.J. *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) como indicador da seletividade de herbicidas registrados para a cultura do milho. **Ecotoxicology**, 2012 (Artigo Submetido).

RESUMO

A diversidade de plantas em sistemas agrícolas beneficia a manutenção de artrópodes e inimigos naturais. O manejo de espécies daninhas na cultura do milho (*Zea mays* L.) inclui o uso de herbicidas visando evitar a competição e perdas na produção, mas isto pode atingir inimigos naturais de pragas e contaminar o ambiente. A seletividade de herbicidas registrados para a cultura do milho foi avaliada para o inimigo natural *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle, 1993 (Hymenoptera: Eulophidae). Os tratamentos foram pupas do hospedeiro alternativo *Tenebrio molitor* Linnaeus, 1758 (Coleoptera: Tenebrionidae) com os herbicidas atrazine, nicosulfuron, paraquat e tembotrione, na dose comercial, comparado ao tratamento controle com água. Pupas de *T. molitor* foram submergidas na solução herbicídica e expostas ao parasitismo por seis fêmeas de *P. elaeisis*, cada uma. Os herbicidas atrazine e paraquat causaram elevada toxicidade e, por isto, não são seletivos a *P. elaeisis*. O herbicida nicosulfuron reduziu a razão sexual de *P. elaeisis*, o que pode comprometer gerações subsequentes. Por outro lado, o herbicida tembotrione foi seletivo e pode ser recomendado em programas de manejo sustentável de plantas daninhas na cultura do milho, com o *P. elaeisis*.

Palavras-chave: Agrotóxicos, lepidópteros desfolhadores, parasitoides, *Zea mays* L..

MENEZES, C.W.G.; SANTOS, J.B.; CAMILO, S.S.; SOARES, M.A.; FONSECA A.J. *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) as an indicator of the selectivity of herbicides registered for corn in Brazil. **Ecotoxicology**, 2012 (Submitted).

ABSTRACT

The diversity of plants in agricultural systems benefits of different arthropods and natural enemies. However, the management of weeds in corn is needed to avoid competition and losses in production. The use of herbicides in this culture can reach the natural enemies of pests and contaminate the environment. We assessed the selectivity of herbicides registered for corn for the natural enemies of pests *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle, 1993 (Hymenoptera: Eulophidae). The herbicides atrazine, nicosulfuron, paraquat and tembotrione, the recommended rate, were the treatments over the control treatment with water. Pupae of the alternate host of, *Tenebrio molitor* Linnaeus, 1758 (Coleoptera: Tenebrionidae) were submerged in the solution and after herbicide exposed to parasitism by six females of *P. elaeisis*. The herbicides atrazine and paraquat were not selective to *P. elaeisis*, showing high toxicity. The herbicide nicosulfuron reduced the sex ratio of *P. elaeisis*, which may affect subsequent generations. The herbicide tembotrione was selective for *P. elaeisis* and can be recommended in programs of weed management in corn.

Keywords: Lepidopteran defoliators, parasitoids, pesticides, *Zea mays* L.

INTRODUÇÃO

A cultura do milho no Brasil ocupa a área de aproximada de 13 milhões de hectares, com produção de 55 milhões de toneladas (CONAB, 2011). O aumento de áreas com cultivo do milho pode provocar problemas com insetos pragas e plantas daninhas que podem causar prejuízos e perdas na produção (Sertkaya et al., 2004; Figueiredo et al., 2006). Por isto, a adoção do manejo sustentável de plantas daninhas nessa cultura é importante para o equilíbrio entre pragas e inimigos naturais.

As plantas daninhas em áreas com cultivo do milho podem ter função ecológica na manutenção de artrópodes e inimigos naturais. Essa diversidade florística pode ser fonte de alimento, *habitat*, refúgio, locais para reprodução e microclimas para o desenvolvimento de insetos predadores e parasitoides (Steinbauer et al., 2006; Clough et al., 2007; Jonsson et al., 2008; Silva et al., 2010). O uso de herbicidas no manejo dessas plantas daninhas é comum atualmente, pela maior facilidade de aplicação, menor gasto de mão de obra e eficiência de controle (James, 2007; Albajes et al., 2009), e para se evitar a competição por recursos com a cultura comercial (Constantin et al., 2007). No entanto, a calda pulverizada ou resíduos de herbicidas podem atingir organismos não alvos, e causar efeitos negativos diretos ou indiretos a inimigos naturais.

O inimigo natural *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle, 1993 (Hymenoptera: Eulophidae) é um endoparasitoide generalista e gregário de pupas de lepidópteros e coleópteros. Esse inseto oviposita no interior de pupas, onde seus imaturos se alimentam do conteúdo corpóreo dos hospedeiros até a fase adulta (Pereira et al., 2008; Zanuncio et al., 2008; Soares et al., 2009). *Palmistichus elaeisis* parasitou pupas de *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith, 1797 (Lepidoptera: Noctuidae) (Bittencourt e Berti Filho, 2004a,b), demonstrando sua importância em programas de manejo integrado de pragas na cultura do milho. Além disso, *P. elaeisis* se desenvolveu em pupas de *Tenebrio molitor* Linnaeus, 1758 (Coleoptera: Tenebrionidae), praga de grãos armazenados. Esse coleóptero é criado em laboratório, com baixo custo de manutenção e disponível nas fases de ovo, larva, pupa e adulto (Zanuncio et al., 2008).

Herbicidas podem ser tóxicos a parasitoides (Giollo et al., 2005; Carmo et al., 2009), e a aplicação desses produtos pode atingir *P. elaeisis* ou seus hospedeiros, por contato direto ou indireto, justificando a importância dos estudos de seletividade à esse inimigo natural. Além disso, produtos inertes dessas formulações herbicidas podem facilitar a penetração do

princípio ativo pelo tegumento ou cutícula dos insetos, ocasionando ação tóxica mais acentuada (Malkones, 2000).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a seletividade de quatro herbicidas utilizados e registrados para a cultura do milho na reprodução e desenvolvimento biológico do parasitoide de pupas, *P. elaeisis*.

MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em sala climatizada a 25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotoperíodo de 12 horas (500 lumens). Mil larvas de *T. molitor* foram colocadas em uma bandeja de poliestireno com farelo de trigo e gomos de cana-de-açúcar até a obtenção das pupas utilizadas no experimento (Zanuncio et al., 2008). O hábito polífago de *P. elaeisis* favorece o uso *T. molitor* em trabalhos de toxicidade de herbicidas como hospedeiro alternativo, utilizado com sucesso, em outros ensaios toxicológicos (Soltani et al., 1996; Kostaropoulos et al., 2001).

Palmistichus elaeisis foi criado em tubos de ensaio (vidro), com 14 x 2,2 cm, tampados com chumaço de algodão. Uma gota de mel foi colocada no interior de cada tubo para alimentação desses insetos (Zanuncio et al., 2008). Cada pupa de *T. molitor*, com 24 a 72 horas de idade, foi colocada por tubo com seis fêmeas de *P. elaeisis* durante 48 horas. Parasitoides dessa criação foram utilizados no trabalho.

Cinquenta pupas de *T. molitor*, com 48 horas de idade e peso médio de 0,104 g e área superficial cerca de $7,8 \times 10^{-5}$ m², foram mergulhadas em calda herbicídica diluída para um litro de solução, e retiradas em seguida. Essa metodologia foi testada para evitar morte das pupas por asfixia (Vieira et al., 2001). As pupas tratadas receberam os produtos em toda sua superfície, e foram colocadas em contato com fêmeas de *P. elaeisis*.

As soluções herbicidas utilizadas foram: atrazine (Primoleo®) (T1), nicosulfuron (Sanson®) (T2), paraquat (Gramoxone®) (T3), tembotrione (Soberan®) (T4), registradas para a cultura do milho, e o controle, apenas com água deionizada (T5). As soluções foram preparadas considerando um volume equivalente a 150 l.ha^{-1} , a superfície média das pupas e dose comercial de cada produto para a cultura do milho (Tabela 1) (MAPA, 2011). As doses do princípio ativo (em µL) por pupa e tratamentos, foram apresentadas (Tabela 1).

Cada tratamento teve dez repetições, com uma pupa de *T. molitor* e seis fêmeas de 72 horas de idade de *P. elaeisis*, cada uma sexada de acordo com características das antenas e

abdômen (Delvare e LaSalle, 1993). As pupas expostas ao parasitismo foram retiradas dos tubos após 48 horas e individualizadas em potes plásticos de 250 mL, por 40 dias, descartando-se aquelas sem emergência de parasitoides.

A longevidade de fêmeas adultas de *P. elaeisis*, expostas às pupas de *T. molitor* tratadas com herbicidas, foi avaliada diariamente. 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, números de indivíduos emergidos, de machos e fêmeas, de fêmeas produzidas por fêmea, razão sexual, tamanho da cápsula cefálica e comprimento do corpo dos parasitoides emergidos de pupas de *T. molitor* foram obtidos. A largura da cápsula cefálica e o comprimento do corpo de *P. elaeisis* foram obtidos com microscópio estereoscópio integrado com câmera digital e software de medição micrométrica (DCM-Series: Nova). A razão sexual foi calculada com a equação $RS = (\text{número de fêmeas} / \text{número total de indivíduos})$.

Os dados foram submetidos aos testes das pressuposições do modelo matemático (normalidade e homogeneidade das variâncias) e à análise de variância ANOVA, e as médias significativas comparadas com o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os dados não paramétricos foram submetidos ao teste de Kruskal-Wallis, a $P = 0.05$, com o programa para análises estatísticas SAEG.

RESULTADOS

A longevidade de fêmeas de *P. elaeisis*, expostas a pupas de *T. molitor* tratadas com os herbicidas, foi maior no tratamento com atrazine, e a menor com paraquat (Figura 1). O parasitismo foi menor com atrazine, 30%, e maior com tembotrione e água, 80% e 90%, por fêmeas de *P. elaeisis* (Tabela 2).

O parasitismo de fêmeas de *P. elaeisis* foi de 30% e 40% com os herbicidas atrazine e paraquat, mas sem emergência de adultos desse parasitoide, e de 80% e 90%, respectivamente, com o tembotrione e no controle com água (Tabela 2).

O número de fêmeas de *P. elaeisis* emergidos foi menor no tratamento com nicosulfuron, 20%, e com valores semelhantes com o tembotrione e no controle com água, 80% e 90%, respectivamente (Tabela 2). O herbicida tembotrione foi seletivo e não afetou o desenvolvimento dos imaturos de *P. elaeisis*.

O número de adultos emergidos de *P. elaeisis* e de fêmeas produzidas por fêmeas, $56,6 \pm 17,5$; $80,9 \pm 23,0$ e $8,3 \pm 0,30$; $11,9 \pm 0,40$, respectivamente, foram maiores com o herbicida tembotrione e o controle água, e menores com o nicosulfuron, $5,7 \pm 3,70$ e $0,8 \pm 0,05$. A razão sexual desse parasitoide foi menor no tratamento com o herbicida nicosulfuron, $0,2 \pm 0,03$ e maiores nos tratamentos com tembotrione e água, $0,8 \pm 0,05$ e $0,9 \pm 0,02$ respectivamente (Tabela 2).

A largura da cápsula cefálica de machos e fêmeas de *P. elaeisis* foi semelhante, mas o comprimento do corpo desse parasitoide variou entre tratamentos, com maiores valores para fêmeas com tembotrione e água, $2,10 \pm 0,10\text{mm}$, $2,07 \pm 0,11\text{mm}$, respectivamente, e de machos com nicosulfuron, $1,78 \pm 0,04\text{mm}$. Fêmeas do tratamento com nicosulfuron apresentaram o menor comprimento do corpo, $1,95 \pm 0,04\text{mm}$ (Tabela 2).

A longevidade de fêmeas e machos de *P. elaeisis* foram semelhantes com os herbicidas tembotrione, $18,0 \pm 4,20$; $22,9 \pm 4,00$, nicosulfuron, $29,0 \pm 3,27$; $27,1 \pm 3,98$ e o controle com água, $28,0 \pm 3,01$; $26,0 \pm 3,46$, respectivamente (Tabela 2).

DISCUSSÃO

Os herbicidas atrazine e nicosulfuron podem ter provocado a rejeição de fêmeas de *P. elaeisis* pelas pupas de *T. molitor*, o que poderia explicar a falta do parasitismo nestes tratamentos. Isto também pode ter provocado menor gasto de energia metabólica das fêmeas de *P. elaeisis*. A maior reserva energética, permitiu às fêmeas de *P. elaeisis* apresentarem maior longevidade com esses herbicidas, comparado àqueles dos tratamentos com o tembotrione e água. O herbicida atrazine foi inócua (mortalidade inferior a 30%) a adultos do parasitoide de ovos *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) expostos durante seis dias a esse produto (Stefanello Júnior et al., 2008). A mistura de atrazine e nicosulfuron, no entanto, reduziu o número de indivíduos da classe Collembola (Arthropoda: Ellipura) e a de ácaros (Acari) e formigas (Hymenoptera) (Pereira et al., 2008; Vilma et al., 2007).

A menor longevidade de fêmeas de *P. elaeisis*, após a exposição a pupas de *T. molitor* tratadas com o herbicida paraquat, pode ser devido à toxicidade desse herbicida. O paraquat, em formulação simples (apenas o ingrediente ativo), ou em mistura (paraquat + diuron), causou a mortalidade e reduziu a taxa de parasitismo de adultos de *T. pretiosum* e a

Anisopteromalus calandrae Howard, 1881 (Hymenoptera: Pteromalidae) (Stefanello Júnior et al., 2008; Bastos et al., 2005; Lacoume et al., 2009).

A baixa seletividade dos herbicidas atrazine e paraquat a imaturos de *P. elaeisis* foi semelhante à da formulação comercial Gesaprim® GrDA e Gesaprim® 50 (atrazine) com mortalidade de 30 a 79% de adultos do parasitoide *Trichogramma cacoeciae* Marchal, 1927 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) (Hassan et al., 1988). No entanto, o herbicida paraquat foi seletivo ao *Telenomus remus* Nixon, 1937 (Hymenoptera: Scelionidae) parasitando ovos de *S. frugiperda* (Carmo et al., 2009). Isto mostrou que a suscetibilidade aos herbicidas atrazine e paraquat, varia de acordo com a espécie do parasitoide. O herbicida tembotrione e o controle com água foram inócuos a *P. elaeisis*, que apresentou parasitismo semelhante aos observados nesse mesmo hospedeiro sem tratamento (Zanuncio et al., 2008).

O herbicida nicosulfuron pode ser tóxico a *P. elaeisis* como foi para *T. pretiosum* e a organismos não alvos, como juvenis de *Carassius auratus* (Cyprinidae), inibindo a atividade de um metabólito no cérebro (Bretauda et al., 2000; Stefanello Júnior et al., 2008). O nicosulfuron afetou o metabolismo das algas *Chlorella vulgaris* (Chlorophyta), *Navicula accommoda* (Diatomophyta) e *Oscillatoria limnetica* (Cyanophyta) (Leboulanger et al., 2001).

Os maiores valores de emergência de adultos de *P. elaeisis* e de fêmeas produzidas por fêmeas nos tratamentos com tembotrione e água, foram semelhantes aos desse parasitoide com pupas desse hospedeiro sem tratamento (Zanuncio et al., 2008). No entanto, a razão sexual no tratamento com nicosulfuron pode afetar a dinâmica populacional de *P. elaeisis*, devido ao menor número de fêmeas para a reprodução comparado aos tratamentos com tembotrione e água, com razão sexual próximos aos dessa espécie (Zanuncio et al., 2008). *Melittobia clavicornis* Cameron, 1908, *Melittobia australica* Girault, 1912, e *Melittobia digitata* Dahms, 1984 (Hymenoptera: Eulophidae) apresentaram razão sexual de 0,97; 0,95 e 0,95, respectivamente (Silva-Torres e Matthews, 2003; Gonzáles e Matthews, 2004), sugerindo que essa taxa seja característica dessa família.

O menor comprimento do corpo de fêmeas de *P. elaeisis* no tratamento com nicosulfuron, deve-se a toxicidade desse herbicida, com menor número de adultos emergidos de *P. elaeisis*, o que reduziria a competição entre imaturos no interior do hospedeiro.

A longevidade de *P. elaeisis* nos tratamentos com nicosulfuron, tembotrione e água mostra que os herbicidas e o controle não afetaram a primeira geração, com números

semelhantes de fêmeas e machos desse parasitoide em pupas de *T. molitor*, 22.65 ± 1.13 e 28.3 ± 2.38 , respectivamente (Zanuncio et al., 2008).

CONCLUSÕES

Os herbicidas atrazine, paraquat e nicosulfuron foram tóxicos e reduziram o parasitismo e emergência de *P. elaeisis*. O herbicida nicosulfuron reduziu a razão sexual de *P. elaeisis* e, por isso, deve ser utilizado com cautela ou substituído por produtos mais seletivos. O herbicida tembotrione foi seletivo a *P. elaeisis* e pode ser indicado para programas de Manejo Integrado de Pragas na cultura do milho.

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) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBOTT, W.S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, v.18, p.265-267, 1925.
- ALBAJES, R.; LUMBIERRES, B.; PONS, X. Responsiveness of arthropod herbivores and their natural enemies to modified weed management in corn. **Environmental Entomology**, v.38, p.944-954, 2009.
- BASTOS, C.S.; ALMEIDA, R.P.; SUINAGA, F.A. Selectivity of pesticides used on cotton (*Gossypium hirsutum*) to *Trichogramma pretiosum* reared on two laboratory-reared hosts. **Pest Management Science**, v.62, p.91-98, 2005.
- BITTENCOURT, M.A.L.; BERTI FILHO, E. Desenvolvimento dos estágios imaturos de *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae) em pupas de Lepidoptera. **Revista Brasileira de Entomologia**, v.48, p.65-68, 2004a.
- BITTENCOURT, M.A.L.; BERTI FILHO, E. Exigências térmicas para o desenvolvimento de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) em pupas de cinco espécies de lepidópteros. **Iheringia Série Zoologia**, v.94, p.321-323, 2004b.
- BRETAUDA, S.; TOUTANTB, J.P.; SAGLIOA, P. Effects of carbofuran, diuron, and nicosulfuron next term on acetylcholinesterase activity in goldfish (*Carassius auratus*). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.47, p.117-124, 2000.

CARMO, E. L.; BUENO, A.F.; BUENO, R.C.O.F.; VIEIRA, S.S.; GOBBI, A.L.; VASCO, F.R. Seletividade de diferentes agrotóxicos usados na cultura da soja ao parasitoide de ovos *Telenomus remus*. **Ciência Rural**, v.39, p.2293-2300, 2009.

CLOUGH, Y.; KRUESS, A.; TSCHARNTKE, T. Local and landscape factors in differently managed arable fields affect the insect herbivore community of a non-crop plant species. **Journal of Applied Ecology**, v.44, p.22-28, 2007.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Acompanhamento de safra brasileira: Grãos, Terceiro levantamento, janeiro de 2011 / Brasília. Disponível em: <www.conab.gov.br>. Acesso em: 13 jan. 2012.

CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JR, R.S.I.; CAVALIERI, S.D.; ARANTES, J.G.Z.; ALONSO, D.G.; ROSO, A.C.; COSTA, J.M.V. Interação entre sistemas de manejo e de controle de plantas daninhas em pós-emergência afetando o desenvolvimento e a produtividade do milho. **Planta Daninha**, v.25, p.513-520, 2007.

DELVARE, G.; LaSALLE, J.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**, v.27, p.435-444, 1993.

FIGUEIREDO, M.L.C.; MARTINS-DIAS, A.M.P.; CRUZ, I. Relationship between fall armyworm larvae and its natural biological control agents in maize yield. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.1693-1698, 2006.

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

GONZÁLES, J.M; ABE, J.; MATTHEWS, R.W. Offspring production and development in the parasitoid wasp *Melittobia clavicornis* (Cameron) (Hymenoptera: Eulophidae) from Japan. **Entomological Science**, v.7, p.15-19, 2004.

HASSAN, S.A.; BIGLER, F.; BOGENSCHÜTZ, H.; BOLLER, E.; BRUN, J.; CHIVERTON, P.; EDWARDS, P.J.; MANSOUR, F.; NATON, E.; OOMEN, P.A.; OVERMEER, W.P.J.; POLGAR, L.; RIECKMANN, W.; SAMSOE-PETERSEN, L.; STÄUBLI, A.; STERK, G.; TAVARES, K.; TUSET, J.J.; VIGGIANI, G.; VIVAS, A.G. Results of the fourth joint pesticide testing programme carried out by the IOBC/WPRS - Working Group "Pesticides and Beneficial Organisms". **Zeitschrift für Angewandte Entomologie**, v.105, p.321-329, 1988.

JAMES, C. **Global status of commercialized biotech/GM crops**: ISAAA, brief no.37, 2007.

JONSSON, M.; WRATTEN, S.D.; LANDIS, D.A.; GURR, G.M. Recent advances in conservation biological control of arthropods by arthropods. **Biological Control**, v.45, p.172-175, 2008.

KOSTAROPOULOS, I.; PAPADOPOULOS, A.I.; METAXAKIS, A.; BOUKOUVALA, E.; PAPADOPOULOU-MOURKIDOU, E. The role of glutione S-transferases in the

detoxification of some organophosphorous insecticides in larvae and pupae of the yellow mealworm, *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). **Pest Management Science**, v.57, p.501-508, 2001.

LACOUME, S.; BRESSAC, C.; CHEVRIER, C. Male hypofertility induced by Paraquat consumption in the non-target parasitoid *Anisopteromalus calandrae* (Hymenoptera: Pteromalidae). **Biological Control**, v.49, p.214-218, 2009.

LEBOULANGER, C.; RIMET, F.; LACOTTE, M.H.; BÉRARD, A. Effects of atrazine and nicosulfuron next term on freshwater microalgae. **Environment International**, v.26, p.131-135, 2001.

MALKONES, H.P. Comparison of the effects of differently formulated herbicides on soil microbial activities a review. **Journal of Plant Diseases and Plant Protection**, v.8, p.781-789, 2000.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). Sistema Agrofit. Disponível em: http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso: 03 novembro 2011.

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

PEREIRA, F.F.; ZANUNCIO, J.C.; SERRÃO, J.E.; PASTORI, P.L.; RAMALHO, F.S. Reproductive performance of *Palmistichus elaeisis* Delvare and LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae) with previously refrigerated pupae of *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae). **Brazilian Journal of Biology**, v.69, p.865-869, 2009.

SERTKAYA, E.; BAYRAM, A.; KORNOSOR, S. Egg and larval parasitoids of the beet armyworm *Spodoptera exigua* on maize in Turkey. **Phytoparasitica**, v.32, p.305-312, 2004.

SILVA, E.B.; FRANCO, J.C.; VASCONCELOS, T.; BRANCO, M. Effect of ground cover vegetation on the abundance and diversity of beneficial arthropods in citrus orchards. **Bulletin of Entomological Research**, v.100, p.489-499, 2010.

SILVA-TORRES, C.S.A.; MATTHEWS R.W. Development of *Melittobia australica* Girault and *M. digitata* Dahms (Parker) (Hymenoptera: Eulophidae) parasiting *Neobellieria bullata* (Parker) (Diptera: Sarcophagidae) puparia. **Neotropical Entomology**, v.32, p.645-651, 2003.

SOARES, M.A.; GUTIERREZ, C.T.; ZANUNCIO, J.C.; PEDROSA, A.R.P.; LORENZON, A.S. Superparasitismo de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) y comportamiento de defensa de dos hospederos. **Revista Colombiana de Entomología**, v.35, p.62-65, 2009.

SOLTANI, N.; SOLTANI-MAZOUNI, N.; DELACHAMBRE, J. Evaluation of triflumuron, a benzoylphenylurea derivative, on *Tenebrio molitor* pupae (Col: Tenebrionidae): Effects on cuticle. **Journal of Applied Entomology**, v.120, p.627-629, 1996.

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

STEINBAUER, M.J.; SHORT, M.W.; SCHMIDT, S. The influence of architectural and vegetational complexity in eucalypt plantations on communities of native wasp parasitoids: Towards silviculture for sustainable pest management. **Forest Ecology and Management**, v.233, p.153-164, 2006.

VIEIRA, A.; OLIVEIRA, L.; GARCIA, P. Effects of conventional pesticides on the preimaginal developmental stages and on adults of *Trichogramma cordubensis* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Biocontrol Science and Technology**, v.11, p.527-534, 2001.

VILMA, S.L.; SANTOS, H.R.; GONÇALVES, M.C. The effect of the glyphosate, 2,4-D, atrazine e nicosulfuron herbicides upon the edaphic Collembola (Arthropoda: Ellipura) in a no tillage system. **Neotropical Entomology**, v.36, p.261-267, 2007.

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

Tabela 1 - Características técnicas de herbicidas registrados para a cultura do milho no Brasil

Formulações comerciais ¹ (Fabricante)	Ingrediente ativo; i.a. (Concentração)	Dose por hectare i.a (g.L ⁻¹)	Dose por pupa i.a (µL)	Grupo Químico	Toxicologia ² e Formulação ³
Primoleo (Syngenta)	Atrazine (400 g/L)	2400	18,72	Triazinas	CT=IV; CA=II; SC
Sanson 40 (Ishihara)	Nicosulfuron (4g/L)	6	0,05	Sulfoniluréia	CT=IV; CA=II; SC
Gramoxone 200 (Syngenta)	Paraquat (200g/L)	600	4,68	Bipiridílios	CT=II; CA=II; SC
Soberan (Bayer S.A)	Tembotrione (420g/L)	100	0,78	Benzoilciclohexanodiona	CT=III; CA=III; SC

¹Marca registrada do fabricante ®; ²CT = 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); ³SC = suspensão concentrada.

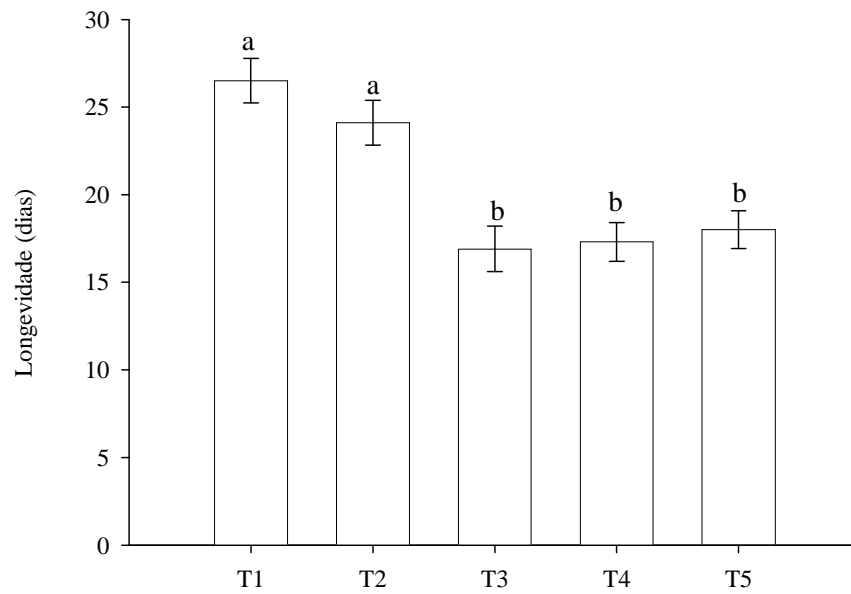


Figura 1 - Longevidade (média \pm desvio padrão) de fêmeas de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) após exposição a pupas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) tratadas com herbicidas registrados para a cultura do milho. T1- atrazine, T2- nicosufuron, T3- paraquat, T4- tembotrione e T5- água. Médias seguidas de mesma letra, não diferem pelo teste de Tukey a $P = 0,05$.

Tabela 2 - Variáveis reprodutivas (média \pm desvio padrão) da primeira geração de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae), provenientes de pupas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) tratadas com herbicidas registrados para a cultura do milho

Variáveis reprodutivas	Atrazine	Nicosulfuron	Paraquat	Tembotrione	Água
Duração do ciclo de vida (dias)	-	21,0 \pm 2,82a	-	21,3 \pm 2,13a	23,0 \pm 1,81a
Parasitismo (%) ²	30,0 b	50,0ab	40,0ab	80,0 a	90,0a
Emergência (%) ²	-	20,0 b	-	80,0 a	90,0a
Número de indivíduos	-	5,70 \pm 3,70b	-	56,6 \pm 17,5a	80,9 \pm 23,0a
Fêmeas produzidas por fêmea	-	0,80 \pm 0,05b	-	8,30 \pm 0,30a	11,9 \pm 0,40a
Cápsula cefálica de fêmeas (mm)	-	0,43 \pm 0,03a	-	0,45 \pm 0,03a	0,59 \pm 0,03a
Cápsula cefálica de machos (mm)	-	0,37 \pm 0,03a	-	0,40 \pm 0,02a	0,40 \pm 0,02a
Comprimento de fêmeas (mm)	-	1,95 \pm 0,04b	-	2,10 \pm 0,10a	2,07 \pm 0,11a
Comprimento de machos (mm)	-	1,78 \pm 0,04a	-	1,58 \pm 0,08 b	1,60 \pm 0,10b
Longevidade de fêmeas (dias)	-	29,0 \pm 3,27a	-	18,0 \pm 4,20a	28,0 \pm 3,01a
Longevidade de machos (dias)	-	27,1 \pm 3,98a	-	22,9 \pm 4,00a	26,0 \pm 3,46a
Razão sexual	-	0,20 \pm 0,03b	-	0,80 \pm 0,05a	0,90 \pm 0,02a

Médias seguidas de mesma letra, por linha, não diferem pelo teste de Tukey a $P = 0.05$. ²Médias seguidas de mesma letra, por linha, não diferem pelo teste de Kruskal-Wallis a $P = 0,05$.

ARTIGO CIENTÍFICO III

Weed Research

***Versão on line* ISSN 1365-3180**

MENEZES, C.W.G.; SOARES, M.A.; SANTOS, J.B.; ASSIS JÚNIOR, S.L.; FONSECA, A.J.; ZANUNCIO, J.C. Impactos reprodutivos e toxicológicos de herbicidas utilizados na cultura de *Eucalyptus* no Brasil sobre o parasitoide *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae). **Weed Research**, 2012 (in press).

RESUMO

A expansão do cultivo do eucalipto no Brasil aumentou a preocupação com o controle de pragas e plantas daninhas. Herbicidas utilizados no manejo dessa cultura podem atingir organismos não alvos. A seletividade de herbicidas, usados na cultura do eucalipto, foi avaliada para o parasitoide de lepidópteros desfolhadores *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle, 1993 (Hymenoptera: Eulophidae). Os tratamentos constaram das doses comerciais dos herbicidas sulfentrazone, oxyfluorfen, glyphosate, glufosinato sal de amônio e isoxaflutole, além do controle, apenas com água. Os herbicidas foram aspergidos em pupas do hospedeiro alternativo *Tenebrio molitor* Linnaeus, 1758 (Coleoptera: Tenebrionidae), as quais foram expostas ao parasitismo por seis fêmeas de *P. elaeisis*. Os herbicidas glufosinato e oxyfluorfen foram menos seletivos às fêmeas de *P. elaeisis*, e reduziram o parasitismo e a emergência desse parasitoide. O número de indivíduos e fêmeas produzidas por fêmea foram maiores com isoxaflutole e pode ser utilizado em programas de manejo integrado de pragas na cultura do eucalipto.

Palavras-chave: Controle biológico, Plantas daninhas, Manejo Integrado de Pragas, Organismos não-alvos.

MENEZES, C.W.G.; SOARES, M.A.; SANTOS, J.B.; ASSIS JÚNIOR, S.L.; FONSECA, A.J.; ZANUNCIO, J.C. Reproductive and toxicological impacts of herbicides used in *Eucalyptus* culture in Brazil on the parasitoid *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae). **Weed Research**, 2012 (in press).

ABSTRACT

The expansion of cultivation of eucalyptus in Brazil increased concern for the control of pests and weeds. The use of herbicides is common practice in the management of this culture, reaching non-target organisms and compromise the environment. The selectivity of herbicides used in the cultivation of eucalyptus to the parasitoid of Lepidoptera defoliators *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle, 1993 (Hymenoptera: Eulophidae) was evaluated. The treatments were the recommended rate of sulfentrazone, oxyfluorfen, glyphosate, glufosinate ammonium salt and isoxaflutole beyond the control treatment with water. The herbicides were sprayed in pupae of the alternate host *Tenebrio molitor* Linnaeus, 1758 (Coleoptera: Tenebrionidae) and those exposed to parasitism by six females of *P. elaeisis*. The glufosinate herbicide and oxyfluorfen had a lower selectivity to the females of *P. elaeisis* reducing parasitism and emergence of this parasitoid. The herbicides glyphosate and isoxaflutole showed higher numbers of individuals and females produced per female, and were selective with *P. elaeisis* therefore can be used in IPM programs in the culture of eucalyptus.

Keywords: Biological control, Integrated Pest Management, Non-target organisms, Weed competition.

INTRODUÇÃO

Eucalyptus spp. L' Her, (Myrtaceae) são cultivadas no Brasil para obtenção de óleos essenciais, madeira, celulose e uso na indústria (Moreira et al., 2009; Zanuncio et al., 2010). Plantas daninhas e insetos pragas desfolhadores são problemas fitossanitários importantes em plantios de eucalipto, devido à competição, surtos frequentes e danos a essa cultura (Zanuncio et al., 2009). Agrotóxicos para proteção dessa cultura podem reduzir as populações de inimigos naturais, intoxicar plantas e animais, e causar contaminação ambiental (Zanuncio et al., 1998; Taylor et al., 2006; Soares et al., 2009a).

Espécies de eucalipto apresentam rápido crescimento e competitividade no campo, mas, a competição com plantas daninhas reduz a quantidade e a qualidade de madeira dessa cultura (Tuffi Santos et al., 2005). Essas plantas daninhas são, normalmente, controladas com herbicidas, devido à elevada eficiência, menor custo e facilidade de aplicação. No entanto, riscos de contaminação e impacto em organismos não alvos por esses produtos, foram relatados em ecossistemas aquáticos, microrganismos e insetos do solo (Santos et al., 2004; Reis et al., 2008; Botelho et al., 2009).

O endoparasitoide *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle, 1993 (Hymenoptera: Eulophidae) é generalista e gregário em pupas de lepidópteros e coleópteros. Esse parasitoide foi relatado em pragas de *Eupseudosoma involuta* (Sepp, 1852) (Lepidoptera: Arctiidae), *Euselasia eucerus* Hewitson, 1872 (Lepidoptera: Riodinidae), *Sabulodes* sp., *Thyrinteina arnobia* Stoll, 1782, *Thyrinteina leucoceraea* Rindge, 1961 (Lepidoptera: Geometridae) e *Hylesia* sp. (Lepidoptera: Saturniidae) encontradas em povoamentos de eucalipto e em insetos criados em laboratório como *Zophobas confusa* Gebien, 1906 (Coleoptera: Tenebrionidae) e *Tenebrio molitor* Linnaeus, 1758 (Coleoptera: Tenebrionidae) (Delvare e LaSalle, 1993; Bittencourt e Berti Filho, 1999; Pereira et al., 2008; Zanuncio et al., 2008; Soares et al., 2009b). Herbicidas aplicados em pulverização convencional ou em pós-emergência podem atingir adultos de *P. elaeisis* por contato direto ou indireto. Além disso, ingredientes ativos ou inertes de formulações comerciais de herbicidas podem causar impacto diferenciado sobre organismos benéficos (Giolo et al., 2005; Carmo et al., 2009).

A variedade de plantas em agroecossistemas favorece a diversidade e o estabelecimento de inimigos naturais, oferecendo refúgio, abrigo e alimento (Zanuncio et al., 1998; Rodríguez et al., 2006; Clough et al., 2007; Lundgren et al., 2009). A cultura do eucalipto abriga populações endêmicas de inimigos naturais, o que contribui para o controle

biológico de pragas (Steinbauer et al., 2006). Portanto, práticas de manejo sustentável de plantas daninhas devem ser estudadas no manejo integrado de pragas e a avaliação do impacto de herbicidas sobre organismos não alvos pode contribuir para um manejo mais sustentável na agricultura.

O objetivo dessa pesquisa foi avaliar a seletividade de herbicidas, registrados para a cultura do eucalipto, na reprodução e desenvolvimento do parasitoide *P. elaeisis*.

MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em sala climatizada (25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotoperíodo de 12 horas) do laboratório de Entomologia da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM) em Diamantina, Minas Gerais, Brasil.

Mil larvas de *T. molitor* foram colocadas em uma bandeja de poliestireno com farelo de trigo e gomos de cana-de-açúcar até a obtenção das pupas utilizadas no experimento. Esse hospedeiro alternativo pode ser criado em laboratório com baixo custo, e *P. elaeisis* apresenta alta reprodução nesse hospedeiro alternativo (Zanuncio et al., 2008).

Palmistichus elaeisis foi criado em tubos de ensaio de vidro (14 x 2,2 cm), tampados com chumaço de algodão, e com uma gota de mel no interior de cada tubo para alimentação desses insetos. Pupas de *T. molitor*, com 24 a 72 horas de idade e criadas em laboratório, foram expostas ao parasitismo por seis fêmeas desse parasitoide por 48 horas em sala climatizada. Os parasitoides oriundos dessa criação foram utilizados no experimento.

Sessenta pupas de *T. molitor* com 48 horas de idade e peso médio de 102,33 mg foram pulverizadas com pulverizador eletrônico de pressão, simulando uma aplicação em campo. Os tratamentos foram representados pelas caldas herbicidas: sulfentazona (Solara®), oxyfluorfen (Goal®), glyphosate (Scout®), glufosinato - sal de amônio (Finale®), isoxaflutole (Fordor®), registrados para a cultura do eucalipto, e o controle (água deionizada). As caldas foram diluídas de acordo com a dose comercial recomendada pelo fabricante (Tabela 1) (MAPA, 2011). Cada tratamento teve dez repetições, com uma pupa de *T. molitor* e seis fêmeas de 72 horas de idade de *P. elaeisis* cada uma. Essas fêmeas foram sexadas de acordo com as características morfológicas da antena e abdômen (Delvare e LaSalle, 1993). As pupas de *T. molitor* expostas ao parasitismo foram retiradas dos tubos após 48 horas e colocadas em potes plásticos de 250 mL, até a emergência dos adultos de *P. elaeisis*. O

experimento foi encerrado 30 dias após o parasitismo das pupas, e aquelas sem emergência do parasitoide foram descartadas.

A longevidade de fêmeas adultas de *P. elaeisis* expostas às pupas de *T. molitor* pulverizadas com herbicidas foi avaliada diariamente. 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, número de indivíduos emergidos, número de machos e fêmeas, razão sexual, o tamanho da cápsula cefálica e o comprimento do corpo foram obtidos das pupas de *T. molitor* parasitadas. A largura da cápsula cefálica de *P. elaeisis* foi obtida com microscópio estereoscópio integrado com câmera digital e *software* de medição micrométrica (DCM-Series: Nova). A razão sexual foi calculada pela equação $RS = (\text{número de fêmeas} / \text{número total de indivíduos})$.

Os dados foram submetidos aos testes e pressuposições do modelo matemático (normalidade e homogeneidade das variâncias) e à análise de variância ANOVA. As médias significativas foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Dados não paramétricos foram submetidos ao teste de Kruskal - Wallis, a 5% de probabilidade com o programa computacional *Sistema para Análises Estatísticas* - SAEG, Versão 9.1 (Fornecedor: Universidade Federal de Viçosa).

RESULTADOS

O herbicida glufosinato - sal de amônio foi menos seletivo às fêmeas com três dias de idade de *P. elaeisis* a partir de 24 horas da exposição às pupas de *T. molitor* tratadas com esse produto (Tabela 2). O parasitismo dessas fêmeas em pupas desse hospedeiro sofreu redução de 70%, quando tratadas e expostas por 48h a esse parasitoide (Tabela 3). A sobrevivência de fêmeas desse parasitoide foi maior até 96h com o oxyfluorfen (Tabela 2), porém, o parasitismo e a emergência da progênie, foram menores nesse tratamento, 30% e 20%, respectivamente (Tabela 3).

O número de indivíduos de *P. elaeisis* por pupas de *T. molitor* variou de $19,5 \pm 6,4$ a $95,3 \pm 38,1$, com $2,30 \pm 0,60$ a $12,9 \pm 0,55$ fêmeas produzidas por fêmea nos tratamentos com oxyfluorfen (T2) e no controle (T6), e os maiores valores de indivíduos por pupa e fêmeas por fêmea, $91,1 \pm 35,1$; $95,3 \pm 38,1$ e $12,1 \pm 0,60$; $12,9 \pm 0,55$, para isoxaflutole e água, respectivamente (Tabela 3). O parasitismo de *P. elaeisis* em pupas de *T. molitor* foi semelhante com sulfentrazone, glyphosate, isoxaflutole e com água, com valores igual ou

superior a 80% (Tabela 3). Esse valor foi o mesmo, 30%, para o oxyfluorfen e glufosinate, mostrando toxicidade e reduzindo a capacidade de parasitismo de *P. elaeisis*. A emergência desse parasitoide variou de 20%, a 100%, com diferença entre os tratamentos. O parasitismo e emergência de *P. elaeisis* foram semelhantes em pupas de *T. molitor* para os tratamentos com sulfentrazone, glyphosate, isoxaflutole e água, e mostra que esses herbicidas não afetaram a reprodução desse parasitoide. A razão sexual de *P. elaeisis*, foi menor com o herbicida oxyfluorfen.

A largura da cápsula cefálica de machos e fêmeas de *P. elaeisis* foi menor com água e a de machos semelhante com glyphosate e isoxaflutole e com água, $0,40 \pm 0,01$; $0,40 \pm 0,03$ e $0,39 \pm 0,02$ mm, respectivamente.

O comprimento do corpo de fêmeas de *P. elaeisis* foi menor nos tratamentos com isoxaflutole e água em fêmeas, $1,92 \pm 0,06$ e $1,96 \pm 0,07$ mm, e o de machos para glyphosate, isoxaflutole e água, de $1,50 \pm 0,10$; $1,39 \pm 0,07$ e $1,43 \pm 0,04$ mm, respectivamente. A cápsula cefálica de machos de *P. elaeisis* foi maior nos tratamentos com sulfentrazone, oxyfluorfen e glufosinate, $0,45 \pm 0,02$; $0,44 \pm 0,02$; $0,52 \pm 0,01$ mm, respectivamente. A longevidade de fêmeas e machos de *P. elaeisis* foi menor no tratamento com água, $24,2 \pm 2,49$ e $19,4 \pm 3,21$ dias, respectivamente (Tabela 3).

DISCUSSÃO

A menor seletividade do glufosinate para *P. elaeisis* concorda com o relato desse herbicida ter sido moderadamente tóxico para *Trichogramma atopovirilia* Oatman & Platner, 1983 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) e *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae), com redução do parasitismo em 95,78% e 95,59%, respectivamente (Manzoni et al., 2006; Giolo et al., 2007). Por outro lado, a maior redução do parasitismo por *P. elaeisis* indica que a suscetibilidade dos parasitoides a esse produto difere com a espécie. O herbicida oxyfluorfen, provavelmente, causou rejeição de fêmeas de *P. elaeisis* ao hospedeiro tratado e, por isso, não se reproduziram e gastaram menos energia metabólica. A economia de energia favoreceu a longevidade de fêmeas desse parasitoide comparado aos demais tratamentos com 80% a 100% de parasitismo (exceto o tratamento com glufosinate), cujas fêmeas apresentaram menor longevidade. O oxyfluorfen foi considerado ao fungo *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin, 1912 (Hypocreales: Cordycipitaceae), importante agente de controle biológico de insetos (Andaló et al., 2004).

A maior seletividade de isoxaflutole a *P. elaeisis*, com valores semelhantes ao do controle, mostra a inocuidade desse herbicida para adultos do parasitoide *T. pretiosum* e seu impacto no parasitismo de suas fêmeas (Stefanello Júnior et al., 2008). O herbicida glyphosate foi seletivo a *P. elaeisis* com valores entre o isoxaflutole (maior seletividade) e oxyfluorfen e glufosinate - sal de amônio (menor seletividade). O glyphosate foi seletivo aos inimigos naturais, *Euseius victoriensis* Womersley, 1954 (Acari: Phytoseiidae), *Microctonus hyperodae* Loan, 1974 (Hymenoptera: Braconidae) e ao parasitoide de ovos *Telenomus remus* Nixon, 1937 (Hymenoptera: Scelionidae), porém, formulações comerciais desse herbicida foram levemente nocivas na fase de pupa de *T. remus* e de *T. pretiosum*, sugerindo que a diferenciação entre o tipo de sal presente e ingredientes inertes constitui um fator de toxicidade para parasitoides (Addison & Backer, 2006; Noemberg et al., 2008; Carmo et al., 2009; Bernard et al., 2010).

Os tratamentos sulfentrazone, glyphosate, isoxaflutole e água comprovam a eficiência de parasitismo de *P. elaeisis* em pupas de *T. molitor* tratados com herbicidas como relatado para esse parasitoide (Zanuncio et al., 2008). No entanto, a menor razão sexual no tratamento com oxyfluorfen, pode afetar a dinâmica populacional desse parasitoide. Os demais valores de razão sexual foram semelhantes entre tratamentos e próximos aos desse parasitoide com pupas de *T. molitor* (Zanuncio et al., 2008), e de outro parasitoide Eulophidae como o *Melittobia clavicornis* Cameron, 1908 (González et al., 2004), sugerindo que essa taxa seja característica dessa família.

A menor largura da cápsula cefálica e do comprimento do corpo de *P. elaeisis* nos tratamentos com glyphosate, isoxaflutole e água pode ser explicada pelo maior número de indivíduos desse parasitoide por pupa, o que aumenta a competição intra-específica e reduz a oferta de alimento por imaturos e causa a produção de indivíduos menores (Pereira et al., 2009). Por outro lado, o maior comprimento do corpo e da largura da cápsula cefálica nos tratamentos com sulfentrazone, oxyfluorfen e glufosinate deve-se ao menor número de indivíduos por pupa, com menor competição entre suas larvas e a maior disponibilidade de recursos por indivíduos de *P. elaeisis*.

O menor número de parasitoides por hospedeiro pode ser devido à repelência dos herbicidas o que pode ter causado a morte de fêmeas durante a oviposição ou a mortalidade de ovos ou larvas de *P. elaeisis* dentro dessas pupas. No entanto, o comprimento do corpo e a largura da cápsula cefálica (mm) de *P. elaeisis* em todos os tratamentos foram próximos aos da progênie desse parasitoide em pupas de *T. molitor*, $2,00 \pm 0,03$; $0,58 \pm 0,01$ e $1,34 \pm 0,02$;

0,45 ± 0,01 para fêmeas e machos, respectivamente (Zanuncio et al., 2008). A longevidade de *P. elaeisis* foi semelhante à desse parasitoide em pupas de *T. molitor*, 22,65 a 28,3 dias, para fêmeas e machos, respectivamente, mostrando que os herbicidas não afetaram esse parâmetro (Zanuncio et al., 2008).

CONCLUSÕES

Os herbicidas glufosinato - sal de amônio e oxyfluorfen mostraram toxicidade a *P. elaeisis* pela redução do parasitismo e emergência. O oxyfluorfen reduziu a razão sexual de *P. elaeisis*, o que pode afetar a dinâmica populacional em gerações consecutivas e, portanto, deve ser utilizado com cautela, ou substituído por herbicidas mais seletivos a esse parasitoide. Os herbicidas sulfentrazone, glyphosate e isoxaflutole não ofereceram risco a *P. elaeisis* e podem ser utilizados em programas de MIP com esse parasitoide.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo suporte financeiro e concessão das bolsas que tornaram viáveis a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBOTT, W.S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, v.18, p.265-267, 1925.
- ADDISON, P.J.; BARKER, G.M. Effect of various pesticides on the non-target species *Microctonus hyperodae*, a biological control agent of *Listronotus bonariensis*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.119, p.71-79, 2006.
- ANDALO, V.; MOINO JR, A.; SANTA-CECILIA, L.V.C.; SOUZA, G.C. Compatibilidade de *Beauveria bassiana* com agrotóxicos visando o controle da cochonilha-da-raiz-do-cafeeiro *Dysmicoccus texensis* Tinsley (Hemiptera: Pseudococcidae). **Neotropical Entomology**, v.33, p.463-467, 2004.
- BERNARD, M.B.; COLE, P.; KOBELT, A.; HORNE, P.A.; ALTMANN, J.; WRATTEN, S.D.; YEN, A.L. Reducing the impact of pesticides on biological control in Australian vineyards: pesticide mortality and fecundity effects on an indicator species, the predatory mite *Euseius victoriensis* (Acari: Phytoseiidae). **Journal of Economic Entomology**, v.103, p.2061-2071, 2010.

BITTENCOURT, M.A.L.; BERTI FILHO, E. Preferência de *Palmistichus elaeisis* por pupas de diferentes lepidópteros praga. **Scientia Agricola**, v.56, p.1281-1283,1999.

BOTELHO, R.G.; SANTOS, J.B.; OLIVEIRA, T.A.; BRAGA, R.R.; e BYRRO, E.C.M. Toxicidade aguda de herbicidas a tilápia (*Oreochromis niloticus*). **Planta Daninha**, v.27, p.621-626, 2009.

CARMO, E.L.; BUENO, A.F.; BUENO, R.C.O.F.; VIEIRA, S.S.; GOBBI, A.L.; VASCO, F.R. Seletividade de diferentes agrotóxicos usados na cultura da soja ao parasitoide de ovos *Telenomus remus*. **Ciência Rural**, v.39, p.2293-2300, 2009.

CLOUGH, Y.; KRUESS, A.; TSCHARNTKE, T. Local and landscape factors in differently managed arable fields affect the insect herbivore community of a non-crop plant species. **Journal of Applied Ecology**, v.44, p.22-28, 2007.

DELVARE, G.; LASALLE, J.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**, v.27, p.435-444, 1993.

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

GIOLO, F.P.; GRUTZMACHER, A.D.; MANZONI, C.G.; HARTER, W.R.; CASTILHOS, R.V.; MULLER, C. Toxicidade de agrotóxicos utilizados na cultura do pessegueiro sobre o parasitóide de ovos *Trichogramma atopovirilia* Oatman & Platner, 1983 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Ciência Rural**, v.37, p.308-314, 2007.

GONZÁLES, J.M; ABE, J.; MATTHEWS, R.W. Offspring production and development in the parasitoid wasp *Melittobia clavicornis* (Cameron) (Hymenoptera: Eulophidae) from Japan. **Entomological Science**, v.7, p.15-19, 2004.

LUNDGREN, J.G.; GASSMANN, A.J.; BERNAL, J.; DUAN, J.J.; RUBERSON, J. Ecological compatibility of GM crops and biological control. **Crop Protection**, v.28, p.1017-1030, 2009.

MANZONI, C.G.; GRÜTZMACHER, A.D.; GIOLO, F.P.; HÄRTER, W.R.; MÜLLER, C. Seletividade de agrotóxicos usados na produção integrada de maçã para adultos de *Trichogramma pretiosum*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.1461-1467, 2006.

MOREIRA, F.J.C.; SANTOS, C.D.G.; INNECCO, R. Ecloração e mortalidade de juvenis J2 de *Meloidogyne incognita* raça 2 em óleos essenciais. **Revista Ciência Agrônômica**, v.40, p.441-448, 2009.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). Sistema Agrofit. Acesso: 03 novembro 2011, http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons.

NOERNBERG, S.D.; GRUETZMACHER, A.D.; GIOLO, F.P. Selectivity of glyphosate formulations applied on miniature stages of *Trichogramma pretiosum*. **Planta Daninha**, v.26, p.611-617, 2008.

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

PEREIRA, F.F.; ZANUNCIO, J.C.; SERRÃO, J.E.; PASTORI, P.L.; RAMALHO, F.S. Reproductive performance of *Palmistichus elaeisis* Delvare and LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae) with previously refrigerated pupae of *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae). **Brazilian Journal of Biology**, v.69, p.865-869, 2009.

REIS, M.R.; SILVA, A.A.; COSTA, M.D.; GUIMARÃES, A.A.; FERREIRA, E.A.; SANTOS, J.B.; CECON, P.R. Atividade microbiana em solo cultivado com cana-de-açúcar após aplicação de herbicidas. **Planta Daninha**, v.26, p.323-331, 2008.

RODRIGUEZ E.; FERNANDEZ-ANERO, F.J.; RUIZ, P.; CAMPOS, M. Soil arthropod abundance under conventional and no tillage in a Mediterranean climate. **Soil & Tillage Research**, v.85, p.229-233, 2006.

SANTOS, J.B.; JACQUES, R.J.S.; PROCÓPIO, S.O.; KASUYA, M.C.M.; SILVA, A.A.; SANTOS, E.A. Efeitos de diferentes formulações comerciais de glyphosate sobre estirpes de *Bradyrhizobium*. **Planta Daninha**, v.22, p.293-299, 2004.

SOARES, M.A.; ZANUNCIO, J.C.; LEITE, G.L.D.; WERMELINGER, E.D.; SERRÃO, J.E. Does *Thyrintina arnobia* (Lepidoptera: Geometridae) use different defense behaviours against predators? **Journal of Plant Diseases and Protection**, v.116, p.30-33, 2009a.

SOARES, M.A.; GUTIERREZ, C.T.; ZANUNCIO, J.C.; PEDROSA, A.R.P.; LORENZON, A.S. Superparasitismo de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) y comportamiento de defensa de dos hospederos. **Revista Colombiana de Entomología**, v.35, p.62-65, 2009b.

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

STEINBAUER, M.J.; SHORT, M.W.; SCHMIDT, S. The influence of architectural and vegetational complexity in eucalypt plantations on communities of native wasp parasitoids: Towards silviculture for sustainable pest management. **Forest Ecology and Management**, v.233, p.153-164, 2006.

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

TUFFI SANTOS, L.D.; FERREIRA, F.A.; MEIRA, R.M.S.A.; BARROS, N.F.; FERREIRA, L.R.; MACHADO, A.F.L. Crescimento e morfoanatomia foliar de eucalipto sob efeito de deriva do glyphosate. **Planta Daninha**, v.23, p.133-142, 2005.

ZANUNCIO, J.C.; MEZZOMO, J.A.; GUEDES, R.N.C.; OLIVEIRA, A.C. Influence of strips of native vegetation on Lepidoptera associated with *Eucalyptus cloeziana* in Brazil. **Forest Ecology and Management**, v.108, p.85-90, 1998.

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

ZANUNCIO, J.C.; TORRES, J.B.; SEDIYAMA, C.A.Z.; PEREIRA, F.F.; PASTORI, P.L.; WERMELINGER, E.D.; RAMALHO, F.S. Mortality of the defoliator *Euselasia eucerus* (Lepidoptera: Riodinidae) by biotic factors in an *Eucalyptus urophylla* plantation in Minas Gerais State, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.81, p.61-66, 2009.

ZANUNCIO, A.J.V.; PASTORI, P.L.; KIRKENDALL, L.R.; LINO-NETO, J.; SERRÃO, J.E.; ZANUNCIO, J.C. *Megaplatypus mutatus* (Chapuis) (Coleoptera: Curculionidae: Platypodinae) attacking hybrid *Eucalyptus* clones in southern Espírito Santo, Brazil. **The Coleopterists Bulletin**, v.64, p.81-83, 2010.

Tabela 1- Características técnicas dos herbicidas registrados para a cultura do eucalipto no Brasil

Formulações comerciais ¹ (Fabricante)	Ingrediente ativo; i.a. (Concentração)	Dose por hectare i.a (g.L ⁻¹)	Dose por pupa i.a (µL)	Grupo Químico	Toxicologia ² e Formulação ³
Solara 500 (FMC)	Sulfentrazone (500 g.L ⁻¹)	500	3,90	Triazolone	CT=IV CA=III SC
Goal BR (Dow AgroSciences)	Oxyfluorfen (240g.L ⁻¹)	960	7,48	Diphenyl ether	CT=III CA=II CE
Scout ⁴ (Monsanto)	Glyphosate (720g.kg ⁻¹)	720	5,61	Glycine substituída	CT=IV CA=II WG
Finale (Bayer S.A)	Glufosinate-sal de amônio (200g.L ⁻¹)	800	6,24	Homoalanina substituída	CT=I CA=II SL
Fordor 750 WG ⁵ (Bayer S.A)	Isoxaflutole (750g.kg ⁻¹)	150	1,17	Isoxazol	CT=I CA=II WG

¹Marca registrada do fabricante ®; ²CT = 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); ³SC = suspensão concentrada; ³SL = solúvel concentrado; CE = emulsionable concentrated; WG = grânulos dispersíveis; SC = solução concentrada; ⁴ Ácido equivalente.

Tabela 2: Sobrevivência (%) de adultos de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) de 0 a 96 horas, após exposição por 48 horas a pupas tratadas com herbicidas registrados para a cultura do eucalipto

Tratamentos	0	24	48	72	96
Sulfentrazone	100,0Aa	94,9Aa	94,9Aa	94,9Aab	94,9Aab
Oxyfluorfen	100,0Aa	100,0Aa	100,0Aa	100,0Aa	98,3Aa
Glyphosate	100,0Aa	100,0Aa	98,0Aa	96,6Aa	96,6Aa
Glufosinate	100,0Aa	93,0ABa	89,0Ba	85,0Bc	85,0Bc
Isoxaflutole	100,0Aa	96,7Aa	96,7Aa	96,7Aa	96,7Aa
Água	100,0Aa	100,0Aa	96,0Aa	95,0Aab	95,0Aab

Médias seguidas de mesma letra maiúscula por linha ou minúsculas por coluna, não diferem, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 3: Parâmetros reprodutivos da primeira geração de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae), provenientes de pupas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) tratadas com herbicidas registrados para a cultura do eucalipto e o controle com água

Variáveis reprodutivas	sulfentrazone	oxyfluorfen	glyphosate	glufosinate	isoxaflutole	água
Duração do ciclo de vida (dias)	28,5±1,70A	27±0,70A	27,5±0,88A	27,6±1,15A	27,3±0,85A	27,0±0,80A
Parasitismo (%) ²	80,0A	30,0B	90,0A	30,0B	100,0A	100,0A
Emergência (%) ²	80,0A	20,0B	90,0A	30,0B	100,0A	100,0A
Número de indivíduos por pupa	38,6±12,9B	19,5±6,4B	60,3±24,7AB	13,8±1,56B	91,1±35,1A	95,3±38,1A
Fêmeas produzidas por fêmea	5,30±0,40B	2,30±0,60B	8,20±0,40AB	2,00±0,50B	12,1±0,60A	12,9±0,55A
Cápsula cefálica de fêmeas (mm)	0,63±0,02A	0,60±0,06AB	0,62±0,02A	0,60±0,01AB	0,59±0,01AB	0,57±0,01B
Cápsula cefálica de machos (mm)	0,45±0,02B	0,44±0,02B	0,40±0,01C	0,52±0,01A	0,40±0,03C	0,39±0,02C
Comprimento de fêmeas (mm)	2,14±0,14A	2,10±0,16AB	2,17±0,15A	2,10±0,07AB	1,92±0,06C	1,96±0,07B
Comprimento de machos (mm)	1,62±0,06A	1,58±0,04AB	1,50±0,10BC	1,63±0,09A	1,39±0,07D	1,43±0,04C
Longevidade de fêmeas (dias)	28,1±2,42AB	31,8±2,50AB	28,0±3,64AB	32,6±2,39A	30,1±3,78AB	24,2±2,49B
Longevidade de machos (dias)	32,1±4,03A	34,4±2,34A	28,8±4,38AB	28,6±4,69AB	27,8±3,50AB	19,4±3,21B
Razão sexual	0,81±0,11A	0,70±0,05B	0,83±0,07A	0,87±0,02A	0,81±0,09A	0,80±0,08A

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

CONCLUSÃO GERAL

Podisus nigrispinus e *P. elaeisis* apresentaram respostas variadas à exposição dos diferentes herbicidas utilizados nas culturas do milho e do eucalipto. Os ovos e juvenis de *P. nigrispinus* são sensíveis aos herbicidas atrazine, nicosulfuron e a mistura destes. A aplicação desses agrotóxicos na cultura do milho, principalmente a mistura de atrazine e nicosulfuron, poderá diminuir o controle biológico de pragas por *P. nigrispinus*.

Palmistichus elaeisis foi sensível aos herbicidas atrazine e paraquat, onde esses produtos apresentaram toxicidade a esse parasitoide. O herbicida nicosulfuron reduziu a razão sexual de *P. elaeisis*, o que pode comprometer as gerações subsequentes desse inseto. No entanto, o herbicida tembotrione foi seletivo a *P. elaeisis* e pode ser recomendado em programas de Manejo Integrado de Plantas Daninhas na cultura do milho.

Os herbicidas glufosinato-sal de amônio e oxyfluorfen, utilizados na cultura do eucalipto, tiveram baixa seletividade a *P. elaeisis*, mas reduziram o parasitismo e a emergência de novos indivíduos desse parasitoide. Já os herbicidas isoxaflutole e glyphosate foram seletivos a *P. elaeisis* e podem ser utilizados em programas de manejo integrado de pragas na cultura do eucalipto.

ANEXOS

Artigo científico I

PUBLICADO NA REVISTA PLANTA DANINHA (Viçosa)

Artigo científico II

SUBMETIDO PARA PUBLICAÇÃO NA REVISTA ECOTOXICOLOGY (Londres)

Artigo científico III

ACEITO PARA PUBLICAÇÃO NA REVISTA WEED RESEARCH (Oxford)

A formatação dessa dissertação segue os termos estabelecidos para as “Normas para redação e apresentação de Teses e Dissertações”, ANEXO DA RESOLUÇÃO N°.11-CONSEPE, DE 16 DE MAIO DE 2008. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.