

DOUGLAS SILVA PARREIRA

**ÓLEOS ESSENCIAIS SOBRE ADULTOS E IMATUROS DE *Trichogramma*
galloi E *Trichogramma pretiosum* (HYMENOPTERA:
TRICHOGRAMMATIDAE)**

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

**VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2014**

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

P258o
2014 Parreira, Douglas Silva, 1981-
Óleos essenciais sobre adultos e imaturos de *Trichogramma galloi* e *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera : Trichogrammatidae) : estudo da seletividade de óleos essenciais sobre *Trichogramma* / Douglas Silva Parreira. – Viçosa, MG, 2014.

xiii, 104f. : il. ; 29 cm.

Orientador: José Cola Zanúncio.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Plantas - Doenças e pragas - Controle. 2. Pragas - Controle biológico. 3. Óleos essenciais - Seleção. 4. Óleos essenciais - Toxicologia. 5. *Trichogramma galloi*. 6. *Trichogramma*. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Fitotecnia. Programa de Pós-graduação em Fitotecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 632.96

DOUGLAS SILVA PARREIRA

**ÓLEOS ESSENCIAIS SOBRE ADULTOS E IMATUROS DE *Trichogramma*
galloi E *Trichogramma pretiosum* (HYMENOPTERA:
TRICHOGRAMMATIDAE)**

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

APROVADA:

Marcus Alvarenga Soares

José Eduardo Serrão
Coorientador

Rosenilson Pinto

Gilberto Bernardo de Freitas

José Cola Zanuncio
(Orientador)

“A ciência nunca resolve um problema sem criar pelo menos outros dez ”.

George Bernard Shaw

“Gênio: 1% de inspiração e 99% de transpiração”

Thomas Alva Edison

Agradeço

*A Deus, fonte da vida e da sabedoria, por ter-me
concedido gratuitamente e na medida certa, ambas.*

Dedico

*Pai, Irmãos, parentes e amigos,
e em especial ao meu primo
Luciano Parreira (in memoriam).*

Ofereço

A minha Mãe, Maria Elisa, a quem tanto amo!!!

AGRADECIMENTOS

A Deus, que se fez presente em todos os momentos e por ter me concedido força, luz, humildade e sabedoria nas minhas tomadas de decisão.

À Universidade Federal de Viçosa, ao Departamento de Fitotecnia e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela oportunidade de realização desta pesquisa e pela concessão as bolsa de estudos.

Ao Professor Ph.D. José Cola Zanuncio, a quem admiro e respeito, pelos valiosos ensinamentos durante o curso de pós-graduação, exemplo de profissionalismo e eficiência na orientação desta pesquisa.

Aos Pesq. Dr. Lusinério Prezotti e Geraldo Andrade Carvalho, a quem devo a oportunidade única do egresso na pesquisa e formação profissional, eterna gratidão pela orientação na graduação e mestrado, amizade, estímulo, confiança, respeito e ensinamentos permanentes.

Aos colegas do Laboratório de Controle Biológico de Insetos: Ana Flavia, Ancidériton, Alexandre (Caju), Cícero Antonio, Daniela, Germano, Isabel, Francisco, Rafael Guanabens, Rafael Ribeiro, Robson Peluzio, Rodolfo, Rosenilson, Tiago, Julio Poderoso, Wagner pelo estímulo e companheirismo.

Aos funcionários do Laboratório de Controle Biológico de Insetos e do Insetário da UFV, em especial ao Srs. Moacir e Antonio pela amizade.

Aos funcionários do Departamento de Fitotecnia, em especial as Sras. Tatiane Gouvêa e Rafaela pelos serviços prestados com eficiência.

A todos os membros da minha família, em especial aos meus pais (Antonio Vicente Parreira Pintos e Maria Elisa Silva Parreira) e irmãos (Erica e Daniel) por sempre estarem ao meu lado apesar da distância.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste

trabalho.

BIOGRAFIA

DOUGLAS SILVA PARREIRA, filho de Maria Elisa Silva Parreira e Antonio Vicente Parreira Pinto, nasceu na cidade de Ponte Nova, Minas Gerais, Brasil, no dia 04 de janeiro de 1981.

Em fevereiro de 1999, ingressou no Curso de Agronomia na Universidade Vale do Rio Doce (UNIVALE) em Governador Valadares, Minas Gerais, concluindo-o em setembro de 2003.

Entre março 2001 e março de 2003, durante a graduação, foi estagiário e bolsista de Iniciação Científica do Laboratório de Entomologia da Universidade Vale do Rio Doce (UNIVALE) em Governador Valadares, Minas Gerais.

Em março de 2005, iniciou o Curso de Mestrado em Entomologia na Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras, Minas Gerais, defendendo a dissertação em março de 2007.

Em agosto de 2010, iniciou o Curso de Doutorado em Fitotecnia no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, Minas Gerais, submetendo-se a defesa de tese em agosto de 2014.

SUMÁRIO

RESUMO.....	x
ABSTRACT.....	xii
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
OBJETIVOS GERAIS.....	3
REFERÊNCIAS CITADAS	4

1º ARTIGO

ÓLEOS ESSENCIAIS E <i>Trichogramma pretiosum</i> (HYMENOPTERA: TRICHOGRAMMATIDAE) SÃO COMPATÍVEIS NO CONTROLE DE PRAGAS?	8
RESUMO	9
INTRODUÇÃO	10
MATERIAL E METODOS	11
RESULTADOS	13
DISCUSSÃO	14
CONCLUSÕES	18
AGRADECIMENTOS	18
REFERÊNCIAS CITADAS	19

2º ARTIGO

AÇÃO DE ÓLEOS ESSENCIAIS SOBRE ADULTO E PROGÊNIE DO PARASITOIDE DE OVOS <i>Trichogramma galloi</i> (HYMENOPTERA: TRICHOGRAMMATIDAE)	34
RESUMO.....	35
INTRODUÇÃO	36
MATERIAL E MÉTODOS	36
RESULTADOS	39

DISCUSSÃO	40
CONCLUSÕES	43
AGRADECIMENTOS	43
REFERÊNCIAS CITADAS	43

3º ARTIGO

ÓLEOS ESSENCIAIS PODEM AFETAR OS ESTÁGIOS IMATUROS DE <i>Trichogramma pretiosum</i> (HYMENOPTERA: TRICHOGRAMMATIDAE)?.....	56
RESUMO.....	57
INTRODUÇÃO	58
MATERIAL E METODOS	59
RESULTADOS	61
DISCUSSÃO	63
CONCLUSÕES	66
AGRADECIMENTOS	66
REFERÊNCIAS CITADAS	66

4º ARTIGO

PARÂMETROS BIOLÓGICOS DE IMATUROS DE <i>Trichogramma galloi</i> (HYMENOPTERA: TRICHOGRAMMATIDAE) COM ÓLEOS ESSENCIAIS	81
RESUMO	82
INTRODUÇÃO	83
MATERIAL E METODOS	84
RESULTADOS	86
DISCUSSÃO	87
CONCLUSÕES	90

AGRADECIMENTOS	90
REFERÊNCIAS CITADAS	91
CONCLUSÕES GERAIS	104

RESUMO

PARREIRA, Douglas Silva, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, Agosto, 2014
Óleos essenciais sobre adultos e imaturos de *Trichogramma galloi* e *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Orientador: José Cola Zanuncio.
Coorientadores: Germano Leão Demolin Leite, José Eduardo Serrão e Teresinha Vinha Zanuncio.

O manejo integrado de pragas prioriza o uso de táticas de controle que reduzam o impacto ambiental do uso maciço e incorreto de produtos químicos. Trichogrammatídeos são reconhecidos agentes de controle biológico de pragas agrícolas e florestais. No entanto, sua eficácia depende do uso em conjunto de produtos que não interfiram em seus aspectos biológicos. Óleos essenciais de plantas com efeitos inseticidas são uma alternativa para o controle de pragas, com rápida degradação no ambiente e menores impactos a organismos não-alvo. O objetivo desse estudo foi verificar o efeito letal e subletal de *Allium sativum*, *Carapa guianensis*, *Citrus sinensis*, *Mentha piperita*, *Origanum vulgare*, *Piper nigrum*, *Syzygium aromarticum*, *Thymus vulgaris*, *Zingiber officinale* e *Azadirachta indica* sobre os aspectos biológicos de adultos e imaturos de *Trichogramma pretiosum* Riley e *Trichogramma galloi* Zuch (Hymenoptera: Trichogrammatidae), nas gerações parentais, F₁ e F₂. O experimento foi realizado no Laboratório de Controle Biológico do Instituto de Biotecnologia Aplicada à Agropecuária (BIOAGRO) da Universidade Federal de Viçosa (UFV) em Viçosa, Minas Gerais, Brasil em câmaras tipo B.O.D. a 25 ± 2°C, 70 ± 10% de umidade relativa e fotofase de 12 horas. Indivíduos de *T. pretiosum* e *T. galloi* foram obtidos da criação massal do Laboratório de Controle Biológico da UFV. Adultos e imaturos das duas espécies de *Trichogramma* foram expostos a CL₅₀ dos óleos essenciais previamente obtidas em testes com ovos de *Anticarsia gemmatilis* Hubner (Lepidoptera: Noctuidae). *Zingiber officinale* foi o óleo mais tóxico a adultos e imaturos das duas espécies de *Trichogramma*, reduzindo a longevidade, parasitismo e emergência desses parasitoides

nas gerações parental, F₁ e F₂. A longevidade de *T. pretiosum* e *T. galloi* foi menor com *A. sativum* e *M. piperita* no experimento com adultos e a de *T. pretiosum* foi menor com todos os óleos essenciais aplicados no estágio de ovo-larva e com o de *T. vulgare* no estágio de pupa. *Allium sativum* e *C. guianensis* foram ligeiramente nocivos (classe 2 – 30 a 79%) ao parasitismo por fêmeas da geração parental de *T. pretiosum* e *T. galloi* no experimento com adultos. *Carapa guianensis* e *C. sinensis* foram ligeiramente nocivos (classe 2 – 30 a 79%) ao parasitismo da geração F₁ de *T. pretiosum* e *T. galloi* no estágio de ovo-larva e pré-pupa, *O. vulgare* ao parasitismo da geração F₁ de *T. pretiosum* e *T. galloi* no estágio de pré-pupa e *A. sativum* e *A. indica* ao parasitismo da geração F₁ de *T. galloi* no estágio de pré-pupa. *Carapa guianensis* reduziu a emergência de *T. pretiosum* e *A. sativum* reduziu de *T. galloi* na geração F₁ em mais de 30%. *Carapa guianensis* e *O. vulgare* foram ligeiramente nocivos (classe 2 – 30 a 79%) a emergência da geração F₁ de *T. pretiosum* quando aplicados no estágio de ovo-larva e pré-pupa e *M. piperita* e *A. indica* reduziram a emergência da geração F₂ no estágio de ovo-larva desse parasitoide. *Allium sativum*, *A. indica*, *C. guianensis*, *C. sinensis* e *S. aromaticum*, aplicados no estágio de pupa, foram ligeiramente nocivos (classe 2-30 a 79%) a emergência da geração F₁ de *T. galloi*. Os óleos essenciais não afetaram a razão sexual de adultos e imaturos de *T. pretiosum* e *T. galloi* nas gerações parental, F₁ e F₂. *Zingiber officinale* não foi seletivo a adultos e imaturos de *T. pretiosum* e *T. galloi*. *Allium sativum*, *A. indica*, *C. guianensis*, *C. sinensis*, *M. piperita*, *O. vulgare* e *S. aromaticum* apresentaram baixo impacto aos aspectos biológicos das duas espécies de *Trichogramma*, e *P. nigrum* e *T. vulgare* são compatíveis com *T. galloi* e *T. pretiosum*.

ABSTRACT

PARREIRA, Douglas Silva, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, August, 2014. **Essential oils on adult and immature of *Trichogramma galloi* and *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae).** Adviser: José Cola Zanuncio. Co-Advisers: Germano Leão Demolin Leite, José Eduardo Serrão and Teresinha Vinha Zanuncio.

The integrated pest management prioritizes the use of control tactics that reduce the environmental impact of the massive use and misuse of chemicals. Trichogrammatídeos are recognized agents of biological control of agricultural and forest pests. However, its effectiveness depends on the use suite of products that do not interfere with its biological aspects. Essential oils of plants with insecticides effects are an alternative for the control of pests, with rapid degradation in the lower atmosphere and impacts non-target organisms. The aim of this study was to investigate the lethal and sublethal effects of *Allium sativum*, *Carapa guianensis*, *Citrus sinensis*, *Mentha piperita*, *Origanum vulgare*, *Piper nigrum*, *Syzygium aromarticum*, *Thymus vulgaris*, *Zingiber officinale* and *Azadirachta indica* on the biological aspects of adult and immature *Trichogramma pretiosum* Riley and *T. galloi* Zuch (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in the parental generation, F₁ and F₂. The experiment was conducted on the Biological Control Laboratory of the Institute for Applied Biotechnology in Agriculture (BIOAGRO) of the Federal University of Viçosa (UFV), in Viçosa, Minas Gerais, Brazil, in chambers BOD at 25 ± 2° C, 70 ± 10% relative humidity and 12 hours. Individuals of *T. pretiosum* and *T. galloi* were obtained from the mass rearing of the Biological Control Laboratory of UFV. Adults and immatures of both species of *Trichogramma* were exposed to LC₅₀ of essential oils previously obtained in tests with eggs of *Anticarsia gemmatalis* Hubner (Lepidoptera: Noctuidae). *Zingiber officinale* oil was more toxic to adults and immatures of both species of *Trichogramma*, reducing longevity, parasitism and emergence of these parasitoids in the parental generation, F₁

and F₂. The longevity of *T. pretiosum* and *T. galloi* was lower with *A. sativum* and *M. piperita* in the experiment with adults, *T. pretiosum* was lower with all essential oils applied in the stage of egg-larva the *T. vulgare* in the pupal stage. *Allium sativum* and *C. guianensis* were slightly harmful (class 2-30 79%) to parasitism by females of the parental generation of *T. pretiosum* and *T. galloi* in the experiment with adults. *Carapa guianensis* and *C. sinensis* were slightly harmful (class 2-30 79%) to the parasitism of the F₁ generation of *T. pretiosum* and *T. galloi* in the egg stage, larval and pre-pupal parasitism of *O. vulgare* F₁ generation *T. pretiosum* and *T. galloi* at the stage of pre-pupa and *A. sativum* and *A. indica* F₁ generation parasitism of *T. galloi* the pre-pupal stage. *Carapa guianensis* reduced and emergence of the parasitoid *T. pretiosum* and *A. sativum* reduced F₁ generation of *T. galloi* by more than 30%. *Carapa guianensis* and *O. vulgare* were slightly harmful (class 2-30 79%) the emergence of the F₁ generation parasitoids when applied in the egg stage, larval and pre-pupal and *M. piperita* and *A. indica* indicates the emergence of F₂ generation in the egg stage of parasitoid larva. *Allium sativum*, *A. indica*, *C. guianensis*, *C. sinensis* and *S. aromaticum*, applied in the pupal stage were slightly harmful (class 2 30-79%) the emergence of the F₁ generation of *T. galloi*. Essential oils do not affect sex ratio of adults and immatures of *T. pretiosum* and *T. galloi* in the parental generation, F₁ and F₂. *Zingiber officinale* was not selective for adults and immatures of *T. pretiosum* and *T. galloi*. *Allium sativum*, *A. indica*, *C. guianensis*, *C. sinensis*, *M. piperita*, *O. vulgare* and *S. aromaticum* showed low biological impact of two species of *Trichogramma* aspects and *P. nigrum* and *T. vulgare* are compatible with *T. galloi* and *T. pretiosum*.

INTRODUÇÃO GERAL

A utilização de pesticidas como estratégia de controle de pragas na agricultura moderna tem contraposto a teoria do Manejo Integrado de Pragas (MIP), devido a maneira e a intensidade que tem sido utilizado. O uso de produtos de largo espectro de ação, além de afetar o desenvolvimento da dinâmica populacional de inimigos naturais, implicam em riscos ecológicos, toxicológicos e elevam os custos de produção (Youssef et al. 2004, Hegazi et al. 2007; Choung et al. 2010), o que torna necessário o desenvolvimento de outros métodos de controle (De Nardo et al. 2001).

Inimigos naturais são imprescindíveis nos agroecossistemas em programas de controle biológico. Estima-se que existem mais de 65.000 espécies de Hymenoptera que se desenvolvem como parasitoides. Tricogramatídeos constituem importante grupo de parasitoides de ovos, apresentam cerca de 210 espécies, com ampla distribuição geográfica (Parra & Zucchi 2004), e são utilizados em mais de 32 milhões de hectares como agentes biológicos de pragas agrícolas e florestais (Hou et al. 2006; Soares et al. 2007; Oliveira et al. 2011).

Na América do Sul, 38 espécies já foram encontradas, sendo que destas 25 espécies são registradas no Brasil (Vieira et al., 2014;). *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) e a mais abundante, sendo encontrada de norte ao sul do Brasil parasitando insetos-praga como *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) na cultura do tomate, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) e *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) (Lepidoptera: Noctuidae) na cultura do milho e *Anticarsia gemmatilis* Hubner, 1818 (Lepidoptera: Noctuidae) na cultura da Soja (Avanci et al. 2005).

Trichogramma galloi Zucchi, 1988 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) se destaca como um dos principais parasitoides de ovos de *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae) uma das mais importantes pragas da cultura

canaveira no Brasil, sendo, utilizado em programas de controle biológico desta praga em cerca de 300 mil hectares anualmente (Parra & Zucchi 2004).

Aliado aos parasitoides de ovos, as plantas com efeitos inseticidas são consideradas uma alternativa importante no controle de pragas, podendo reduzir os impactos econômicos e ambientais do uso de inseticidas sintéticos.

Plantas desenvolveram ao longo da sua evolução defesas indiretas, produzindo substâncias aleloquímicas que quando emitidas, podem atrair parasitoides e/ou predadores (Martine et al. 2011). A defesa direta envolve substâncias como sílica (Almeida et al. 2009), metabólitos secundários, enzimas e proteínas, além de estruturas como tricomas e espinhos, que afetam o desempenho do inseto. Metabólitos secundários sintetizados por plantas, frequentemente, apresentam propriedades inseticidas, incluindo toxicidade (Tavares et al. 2009, 2010), repelência (Sadek 2003), inibidores de crescimento (Zapata et al. 2009), deterrência de oviposição (Dimock & Renwick 1991; Zhao et al. 1998), modificações de comportamento (Khan & Saxana 1986), redução da fecundidade e fertilidade (Pavela 2005), bloqueio do metabolismo e interferência no desenvolvimento, sem necessariamente causar a morte do organismo (Souza et al. 2007).

Inseticidas botânicos têm como vantagens a rápida degradação no ambiente; ação rápida no organismo alvo; baixa a moderada toxicidade a mamíferos e às plantas cultivadas, nas dosagens recomendadas; menores impactos em organismos benéficos; menor custo e maior disponibilidade de material comparado a inseticidas sintéticos. No entanto, as limitações de inseticidas botânicos podem incluir a necessidade de sinergistas; possíveis danos a organismo não-alvo; baixa persistência no ambiente; raramente apresentam ação sistêmica e carência de pesquisa (Akhtar & Isman 2004; Vianna et al. 2009; Phillips & Throne 2010; Oliveira et al. 2011).

OBJETIVOS GERAIS

Avaliar o impacto letal e o efeito subletal dos óleos essenciais aos parasitoides, *Trichogramma pretiosum* Riley e *Trichogramma galloi* Zuchi (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em adultos e imaturos.

REFERÊNCIAS CITADAS

- AKHTAR, Y., AND ISMAN, M. B. 2004. Comparative growth inhibitory and antifeedant effects of plant extracts and pure allelochemicals on four phytophagous insect species. *J. Appl. Entomol.* 128: 32-38.
- ALMEIDA, G. D., PRATISSOLI, D., ZANUNCIO, J. C., VICENTINI, V. B., HOLTZ, A. M., AND SERRÃO, J. E. 2009. Calcium silicate and organic mineral fertilizer increase the resistance of tomato plants to *Frankliniella schultzei*. *Phytoparasitica* 37: 225-230.
- AVANCI, M. R. F., FOERSTER, L. A., AND CAÑETE, C. L. 2005. Natural parasitism in eggs of *Anticarsia gemmatalis* Hübner (Lepidoptera, Noctuidae) by *Trichogramma* spp. (Hymenoptera, Trichogrammatidae) in Brazil. *Rev. Bras. Entomol.* 49: 148-151.
- CHOUNG, C. B., HYNE, R. V., STEVENS, M. M., AND HOSE, G. C. 2010. A low concentration of atrazine does not influence the acute toxicity of the insecticide terbufos or its breakdown products to *Chironomus tepperi*. *Ecotoxicology* 19: 1536-1544.
- DE NARDO, E. A. B., MAIA, A. H. N., AND WATANABE, M. A. 2001. Effect of a formulation of *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae) nuclear polyhedrosis virus on the predator *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae: Asopinae), using the fertility life table parameters. *Environ. Entomol.* 30: 1164-1173.
- DIMOCK, M. B., AND RENWICK, J. A. A. 1991. Oviposition by flied populations of *Pieris rapae* (Lepidoptera: Pieridae) deterred by extract of a wild crucifer. *Environ. Entomol.* 20: 802-806.
- HEGAZI, E., HERZ, A., HASSAN, S. A., KHAFAGI, W. E., AGAMY, E., ZAITUN, A., EL-AZIZ, G. A., SHOWEIL, S., EL-SAID, S., AND KHAMIS, N. 2007.

- Field efficiency of indigenous egg parasitoids (Hymenoptera, Trichogrammatidae) to control the olive moth (*Prays oleae*, Lepidoptera, Yponomeutidae) and the jasmine moth (*Palpita unionalis*, Lepidoptera, Pyralidae) in an olive plantation in Egypt. *BioControl* 43: 171-187.
- HOU, M. L., WANG, F. L., WAN, F. G., AND ZHANG, F. 2006. Parasitism of *Helicoverpa assulta* Guenée (Lepidoptera: Noctuidae) eggs by *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae): implications for inundative release on tobacco plants. *Appl. Entomol. Zool.* 41: 577-584.
- KHAN, Z. R., AND SAXANA, R. C. 1986. Effect of steam distillate extracts of resistant and susceptible rice cultivars on behaviour of *Sogatella furcifera* (Homoptera: Delphacidae). *J. Econ. Entomol.* 79: 928-935.
- MARTINE, K. O. S., PATRICK, K., ROZEMARI, J. N. N., KOEN, H., LOUISE E. M. V., JOOP, J. A. V. L., AND MARCEL, D. 2011. Prey-mediated effects of glucosinolates on aphid predators. *Ecol. Entomol.* 36: 377-388.
- OLIVEIRA, H. N., ZANUNCIO, J. C., AND PEREIRA, F. F. 2011. *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) species as an agents of biological control of *Oxydia vesulia* (Lepidoptera: Geometridae). *Rev. Colomb. Entomol* 37: 238-239.
- PARRA, J. R. P., AND ZUCCHI, R. A. 2004. *Trichogramma* in Brazil: Feasibility of use after twenty years of research. *Neotrop. Entomol.* 33: 271-281.
- PAVELA, R. 2005. Insecticidal activity of some essential oils against larva of *Spodoptera littoralis*. *Fitoterapia* 76:691-696.
- SADEK, M. M. 2003. Antifeedant and toxic activity of *Adhatoda vasica* leaf extract against *Spodoptera littoralis* (Lep., Noctuidae). *J. Appl. Entomol.* 127: 396-404.
- SOARES, M. A., LEITE, G. L. D., ZANUNCIO, J. C., ROCHA, S. L., SÁ, V. G. M., AND SERRÃO, J. E. 2007. Flight capacity, parasitism and emergence of six

- Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) species from reforested areas with eucalyptus in Brazil. *Phytoparasitica* 35: 314-318.
- SOUZA, E. L., STAMFORD, T. L. M., LIMA, E. O., AND TRAJANO, V. N. 2007. Effectiveness of *Origanum vulgare* L. essential oil to inhibit the growth of food spoiling yeasts. *Food Control* 18: 409-413.
- TAVARES, W. S., CRUZ, I., PETACCI, F., ASSIS JÚNIOR, S. L., FREITAS, S. S., ZANUNCIO, J. C., AND SERRÃO, J. E. 2009. Potential use of Asteraceae extracts to control *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and selectivity to their parasitoids *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) and *Telenomus remus* (Hymenoptera: Scelionidae). *Ind. Crop. Prod.* 30: 384–388.
- TAVARES, W. S., CRUZ, I., FONSECA, F. G., GOUVEIA, N. L., SERRÃO, J. E., AND ZANUNCIO, J. C. 2010. Deleterious activity of natural products on postures of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Pyralidae). *Z. Naturforsch C* 65:412–418.
- VIANNA, U. R., PRATISSOLI, D., ZANUNCIO, J. C., LIMA, E. R., BRUNNER, J., PEREIRA, F. F., AND SERRÃO, J. E. 2009. Insecticide toxicity to *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) females and effect on descendant generation. *Ecotoxicology* 18: 180–186.
- VIEIRA, J. M., QUERINO, R. B., AND ZUCCHI, R. A. 2014. On the identity of *Trichogramma demoraesi* Nagaraja (Hymenoptera: Trichogrammatidae), with a checklist and a key to *Trichogramma* species associated with *Erinnyis ello* (L.) (Lepidoptera, Sphingidae) in Brazil. *Zootaxa* 3869: 83-89.
- YOUSSEF, A. I., NASR, F. N., STEFANOS, S. S., ELKHAIR, S. S. A., SHEHATA, W. A., AGAMY, E., HERZ, A., AND HASSAN, S. A. 2004. The side-effects of plant protection products used in olive cultivation on the hymenopterous egg

- parasitoid *Trichogramma cacoeciae* Marchal. J. Appl. Entomol. 128: 593-599.
- ZAPATA, N., BUDIA, F., VINUELA, E., AND MEDINA, P. 2009. Antifeedant and growth inhibitory effects of extracts and drimanes of *Drimys winteri* stem bark against *Spodoptera littoralis* (Lep., Noctuidae). Ind. Crop Prod. 30: 119-125.
- ZHAO, B., GRANT, G. G., LANGEVIN, D., AND MACDONALD, L. 1998. Deterring and inhibiting effects of quinolizidine alkaloids on spruce budworm (Lepidoptera: Tortricidae) oviposition. Environ. Entomol. 27: 984-992.

1º ARTIGO

ÓLEOS ESSENCIAIS E *Trichogramma pretiosum* (HYMENOPTERA: TRICHOGRAMMATIDAE) SÃO COMPATÍVEIS NO CONTROLE DE PRAGAS?

Óleos essenciais e *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) são compatíveis no controle de pragas?

RESUMO Trichogrammatidae são agentes de controle biológico de pragas agrícolas e florestais, mas produtos químicos podem afetar seus aspectos biológicos. Óleos essenciais são também, uma alternativa para o controle de pragas e seu efeito sobre agentes de controle biológicos devem ser estudados. O objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos de óleos essenciais de *Allium sativum*, *Carapa guianensis*, *Citrus sinensis*, *Mentha piperita*, *Origanum vulgare*, *Piper nigrum*, *Syzygium aromarticum*, *Thymus vulgaris*, *Zingiber officinale* e *Azadirachta indica* sobre a longevidade de fêmeas, capacidade de parasitismo, porcentagem de emergência e razão sexual de *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) nas gerações parental, F₁ e F₂. A longevidade de fêmeas de *T. pretiosum* nas gerações parental e F₁ foi afetada por *A. sativum* e *M. piperita*. Ovos de *Anagasta kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) tratados com *Z. officinale* não foram parasitados e óleos de *A. sativum* e *C. guianensis* foram ligeiramente nocivos (classe 2) ao parasitismo por fêmeas da geração parental de *T. pretiosum*. *Carapa guianensis* reduziu a emergência na geração F₁. Os óleos essenciais não reduziram a razão sexual de *T. pretiosum* nas gerações F₁ e F₂. *Zingiber officinale* é incompatível com *T. pretiosum*. *Allium sativum* e *M. piperita* são pouco compatíveis com esse parasitoide e os demais óleos essenciais são promissores para o manejo integrado de pragas com *T. pretiosum*.

PALAVRAS-CHAVE: Controle alternativo, MIP, parasitoides de ovos, seletividade

INTRODUÇÃO

Trichogrammatidae são importantes parasitoides de ovos, com cerca de 210 espécies e ampla distribuição geográfica (Parra & Zucchi 2004). Liberações de *Trichogramma* spp. são realizadas em mais de 32 milhões de hectares no mundo anualmente para o controle de pragas agrícolas e florestais (Hou et al. 2006; Soares et al. 2007; Oliveira et al. 2011).

No Brasil, *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) é a espécie mais abundante (Souza et al. 2013) parasitando insetos-praga como *Anticarsia gemmatilis* Hubner, 1818 (Lepidoptera: Noctuidae) na cultura da soja, *Grapholita molesta* (Busk, 1916) (Lepidoptera: Tortricidae) em pêssago, *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) e *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) no milho, *Trichoplusia ni* (Hubner, 1802) (Lepidoptera: Noctuidae) em Brássicas e *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) na cultura do tomate (Parra & Zuchi 2004; Avanci et al. 2005; Rodrigues et al. 2011; Altoé et al. 2012). No entanto, sua eficácia depende da utilização de inseticidas que não interfiram no parasitismo e no crescimento populacional desse parasitoide (Vianna et al. 2009).

Óleos essenciais de plantas apresentam substâncias biologicamente ativas contra insetos, com degradação mais rápida no ambiente e ação no organismo alvo, baixa a moderada toxicidade a mamíferos e menores impactos em organismos benéficos (Akhtar & Isman 2004; Cloyd et al. 2009), sendo uma alternativa para reduzir o impacto negativo dos inseticidas químicos sintéticos no ambiente. Seu modo de ação inclui toxicidade (Tavares et al. 2010, 2013; Almeida et al. 2014), repelência (Rajendran & Sriranjini 2008; Nerio et al. 2010; Kumar et al. 2011), inibição no crescimento, bloqueio do metabolismo e interferência no desenvolvimento dos organismos (Zapata et al. 2009), deterrência de oviposição (Isma 2006; Akhtar et al. 2012) e modificações do

comportamento e redução da fecundidade e fertilidade (Pavela 2005).

Metabólitos secundários de plantas podem causar impactos negativos em inimigos naturais, diretamente, ao se alimentarem de partes das plantas com esses compostos ou, indiretamente, devido à redução da quantidade ou qualidade da presa (Francis et al. 2001; Harvey 2005; Ode 2006; Almeida et al. 2010). Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar os efeitos de óleos essenciais na biologia de *T. pretiosum* em laboratório.

MATERIAL E METODOS

Local de condução dos experimentos

O trabalho foi realizado no Laboratório de Controle Biológico de Insetos (LCBI) do Instituto de Biotecnologia Aplicada à Agropecuária (BIOAGRO) da Universidade Federal de Viçosa (UFV) em Viçosa, Estado de Minas Gerais, Brasil. O experimento foi conduzido a $25 \pm 2^\circ\text{C}$, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h. Fêmeas de *T. pretiosum* foram obtidas da criação massal do LCBI. O óleo essencial de *Carapa guianensis* foi obtido da EMBRAPA Amazônia Oriental (CPATU) em Belém, Pará, Brasil. Os óleos essenciais de *Allium sativum*, *Citrus sinensis*, *Mentha piperita*, *Origanum vulgare*, *Piper nigrum*, *Syzygium aromarticum*, *Thymus vulgaris* e *Zingiber officinale* foram adquiridos da empresa Viessence Comércio de Produtos Naturais Ltda. (Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil), extraídos em escala industrial por hidrodestilação e arraste de vapor de água (Dapkevicius et al. 1998).

Concentrações dos óleos essenciais

A CL_{50} dos óleos foi obtida em teste piloto (Tabela 1) com ovos de *A. gemmatilis* de até 48 horas de idade aderidos em cartelas de papel (15 x 5 cm) expostos a 50 μL de cada óleo e etanol (testemunha) (Tavares et al. 2009) aplicados com micropipeta de precisão nas concentrações de 1, 5, 10, 15 e 20% (v/v) (testadas até a mortalidade entre 0 a 100%).

Bioensaios

Fêmeas recém-emergidas de *T. pretiosum* foram individualizadas em tubos de vidro (8cm de altura x 2cm de diâmetro) com gotículas de mel na parede interior, fechados com película de cloreto de polivinila (PVC) e submetidas aos tratamentos. Cento e vinte e cinco ovos de *Anagasta kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) com menos de 24h de idade foram colados em tira de papel (5cm de comprimento x 0,5 cm de largura) com 50% de goma arábica diluída em água destilada, imersos por cinco segundos nos óleos ou etanol (controle) e colocadas sobre papel toalha por 30 minutos para evaporação do solvente (Carvalho et al. 2010).

As tiras com os ovos de *A. kuehniella* tratados com os óleos essenciais e etanol foram expostas a fêmeas de *T. pretiosum*, durante 24h. Essas fêmeas foram mantidas no interior dos tubos e as tiras de papel com os ovos transferidas para novos recipientes em câmara climatizada até a geração F₁. Fêmeas recém-emergidas dessa geração, a partir de ovos tratados de *A. kuehniella*, foram individualizadas em tubos de vidro com gotículas de mel na parede interior e uma cartela de papel (5cm de comprimento x 0,5 cm de largura) com cerca de 125 ovos de *A. kuehniella* durante 24h. Após esse período, foram mantidas no interior dos tubos e as tiras de papel com os ovos transferidas para novos recipientes em câmara climatizada até a geração F₂.

A longevidade e o parasitismo por fêmeas da geração parental e da F₁ e a porcentagem de emergência e razão sexual de indivíduos das gerações F₁ e F₂ foram avaliados. A toxicidade dos óleos foi classificada de acordo com a redução do parasitismo por fêmeas parasitoides das gerações parental e da F₁ e da porcentagem de emergência de indivíduos das gerações F₁ e F₂: 1= inócuo (<redução de 30%), 2= ligeiramente nocivo (30-79% de redução), 3= moderadamente nocivo (80-99% de redução), e 4= prejudicial (redução > 99%), como recomendado pela "Organização Internacional para Controle Biológico e Integrado de Animais e Plantas Nocivas" (IOBC) (Sterk et al.

1999). A redução do parasitismo e da emergência foi calculada com a equação: % de redução = 100 - média [(% do tratamento óleo/% do tratamento de controle) x 100] (Carvalho et al. 2010).

Análise estatística

O experimento foi realizado em delineamento completamente casualizado com dez tratamentos (*A. indica*, *A. sativum*, *C. guianensis*, *C. sinensis*, *M. piperita*, *O. vulgare*, *P. nigrum*, *S. aromaticum*, *T. vulgare*, *Z. officinale* e o controle) e dezoito repetições (cada uma com uma fêmea parasitoide + uma cartela com ovos/por tubo). Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Student Newman Keuls a 5% de significância (Sampaio 2002).

RESULTADOS

Longevidade de fêmeas e razão sexual da geração parental e F₁ com óleos essenciais

A longevidade de fêmeas de *T. pretiosum* na geração parental e F₁ foi semelhante com os óleos de *P. nigrum* e *T. vulgare* e o controle. *Allium sativum*, *C. guianensis* e *M. piperita* foram os mais prejudiciais a longevidade de fêmeas da geração parental de *T. pretiosum*, 4,50, 4,83 e 5,06 dias, respectivamente.

A longevidade de fêmeas de *T. pretiosum* na geração F₁, foi menor que apresentaram maior redução da quando aquelas da geração parental foram expostas aos óleos *A. sativum* e *M. piperita* (Tabela 2).

A razão sexual de espécimes da geração F₁ e F₂ de *T. pretiosum* foi semelhante quando fêmeas da geração parental foram expostas a ovos tratados de *A. kuehniella* tratados com todos os óleos essenciais (Tabela 2).

Parasitismo de fêmeas da geração parental e F₁ com os óleos essenciais

Ovos de *A. kuehniella* tratados com *Z. officinale* não foram parasitadas por

fêmeas de *T. pretiosum* na geração parental. *Allium sativum* e *C. guianensis* foram ligeiramente nocivos (classe 2) ao parasitismo de fêmeas da geração parental de *T. pretiosum*, *Azadirachta indica*, *C. sinensis*, *M. piperita*, *O. vulgare*, *P. nigrum*, *S. aromaticum* e *T. vulgare* reduziram em menos de 30% (classe 1) o parasitismo por fêmeas geração parental de *T. pretiosum* (Tabela 3).

O parasitismo por fêmeas da geração F₁ foi menor para aquelas oriundas da geração parental expostas a ovos de *A. kuehniella* com os óleos de *A. indica*, *A. sativum* e *M. piperita* (Tabela 3), porém, com redução inferior a 30% (classe 1).

Emergência de indivíduos da geração F₁ e F₂ com os óleos essenciais

Carapa guianensis reduziu a emergência de indivíduos da geração F₁, quando fêmeas da geração parental de *T. pretiosum* foram expostas a ovos de *A. kuehniella* tratados. Nenhum dos óleos essenciais afetou a emergência de indivíduos da geração F₂ de *T. pretiosum*, quando fêmeas da geração parental foram expostas a ovos tratados (Tabela 4).

DISCUSSÃO

A menor longevidade de fêmeas de *T. pretiosum* nas gerações parental e F₁ pelo óleo essencial de *A. sativum* concorda com efeito tóxico e subletal desse óleo. *Allium sativum* contém compostos organosulfurados (Chung et al. 2012) que agem no sistema nervoso inibindo a ação da enzima acetilcolinesterase (Singh et al. 2001; Prischamann et al. 2005) causando elevada mortalidade de fêmeas de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) (Attia et al. 2012), *Delia radicum* (L.) (Diptera: Anthomyiidae) e *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae) (Prowse et al. 2006), *Ephestia kuehniella* Zeller 1879 (Lepidoptera: Pyralidae) e *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797) (Coleoptera: Tenebrionidae) (Mikhael 2011) nos primeiros dias após a exposição a esse óleo, o que provavelmente ocorreu a fêmeas de *T. pretiosum*. O efeito dos compostos

organosulfurados de *A. sativum* podem variar entre espécies e estágios de vida de insetos como relatado para *Sitophilus zeamais* Motschulsky 1885 (Coleoptera: Curculionidae) e *T. castaneum*, sendo esse fato relacionado a diferenças no tamanho, sensibilidade a vapores tóxicos, mecanismos de desintoxicação e ação de componentes minoritários de *A. sativum* (Huang et al. 2000; Kimbaris et al. 2010).

A redução da longevidade de fêmeas de *T. pretiosum* pelos óleos de *A. indica*, *C. guianensis*, *C. sinensis*, *M. piperita*, *O. vulgare* e *Z. officinale* provavelmente se deve a terpenóides (limonóide 2-5%, limoneno 94%, mentol 55%, azadirachtina, carvacrol 70% e zingibereno 33%, presentes nessas plantas, que inibem a acetilcolinesterase, colinesterase, receptores de octopamina, tiramina e redutores de níveis de Ca^{2+} ou tem ação em outros locais como no citocromo P450 dependente das monooxigenases (Lee et al. 2001; Enan 2001, 2005,a,b; Kostyukovsky et al. 2002; Lopez & Pascual-Villalobos 2010). *Carapa guianensis* inibiu o crescimento e causou a morte de *A. aegypti* (Mendonça et al. 2005) e *C. sinensis* foi tóxico a insetos em fumigação em período curto de tempo (Yang et al. 2005) para adultos de mosca doméstica (Palacios et al. 2009a,b), mosquitos (Michaelakis et al. 2009) e baratas (Ezeonu et al. 2001). Óleo de *M. piperita* reduziu a longevidade de adultos de *Acarapis woodi* (Rennie, 1921) (Acari: Tarsonemidae), *Mayetiola destructor* (Say, 1817) (Diptera: Cecidomyiidae) (Lamiri et al. 2001), *Culex quinquefasciatus* Linnaeus 1758 (Diptera: Culicidae) (Yang et al. 2005), *Tribolium confusum* Jacquelin du Val, 1868 (Coleoptera: Tenebrionidae) e *E. kuehniella* (Erler 2005) e seus constituintes tiveram efeito “knockdown” e mortalidade de fêmeas de *Cx. quinquefasciatus*, *A. aegypti* e *Anopheles tessellatus*, Theobald, 1901 (Diptera: Culicidae) (Samarasekera et al. 2008). Óleos de sementes de Nim (200µl/ml) e a 10% de concentração reduziram a longevidade e o parasitismo de fêmeas de *Uscana lariophaga* (Steffan, 1954) (Hymenoptera: Trichogrammatidae), *Dinarmus basalis* (Rondani, 1877) (Hymenoptera: Pteromalidae) (Boeke et al. 2003) e *T. pretiosum*

(Gonçalves-Gervásio 2004). *Origanum vulgare* causou mortalidade de 97,5% de larvas de *Alphitobius diaperinus* (Panzer , 1797) (Coleoptera: Tenebrionidae) e de ovos, imaturos e fêmeas de *Amblyomma cajennense* (Fabricius, 1787) e de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Canestrini, 1887) (Acari: Ixodidae) (Rozman et al. 2007; Mendes et al. 2011; Cruz et al. 2013). *Zingiber officinale* causou mortalidade superiores a 85% de larvas e adultos de *E. kuehniella* e *T. castaneum*, nas primeiras 24h de exposição, por via aplicação tópica (128µl/l) ou fumigação (i.e. 30) e para *Sitophilus orizae* (Linné, 1763) (Coleoptera: Corculionidae) via aplicação tópica (0,05 µl/ml) e fumigação (i.e. 4,0%) (Houghton et al. 2006; Franz et al. 2011; Mikhael 2011).

A baixa longevidade de fêmeas de *T. pretiosum* nas gerações parental e F₁ com *S. aromaticum* pode ser devido ao eugenol, composto fenólico altamente volátil, abundante nesse óleo essencial e com grande potencial inseticida (Jayaprakash & Rao 2011; Akhtar et al. 2012). Atividade inseticida de *S. aromarticum* e seus compostos minoritários foi relatada para *Spodoptera litura* (Fabricius, 1775) (Birah et al. 2010) e *Trichoplusia ni* (Hubner, 1803) (Lepidoptera: Noctuidae) (Akhtar et al. 2012), *Ectomyelois ceratoniae* (Zeller, 1839), *E. kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) (Bachrouch et al. 2010), *S. zeamais*, *Dermatophagoides farinae* Trouessart 1897, *D. pteronyssinus* Trouessart, 1897 (Acariformes: Pyroglyphidae) e *Psoroptes cuniculi* Delafond 1859 (Sarcoptiformes: Psoroptidae) (Chaeib et al. 2007). A mistura de componentes majoritários e minoritários pode aumentar a eficiência de óleos essenciais devido à sinergia com redução do desenvolvimento da resistência de pragas (Maurya et al. 2007).

A não interferência dos óleos essenciais na razão sexual de *T. pretiosum* se deve à manutenção da qualidade do hospedeiro. Modificações na razão sexual estão diretamente associados a deformações, redução na qualidade de recursos nutricionais do hospedeiro e morte do embrião em ovos de insetos por produtos químicos (Correia et al.

2013). Esses efeitos não foram observados nos ovos do hospedeiro *A. kuehniella*, pois, apenas o óleo essencial de *C. guianensis* reduziu a emergência de espécimes da geração F_1 de *T. pretiosum* comprovando baixa interferência dos óleos no desenvolvimento desse parasitoide.

A inibição de parasitismo em ovos de *A. kuehniella* pelo óleo de *Z. officinale* e a redução (classe 2 - 30 a 79%) pelos de *A. sativum* e *C. guianensis* se deve ao efeito repelente dos mesmos. Compostos bioativos de *Z. officinale* como gingerol, gingerone e zingiberene são voláteis com ação repelente e detectados pelas antenas ou tarsos de insetos (Balachandran et al. 2006). Esses compostos evitaram danos em farinha de trigo por *T. castaneum* e *E. kuehniella* em período superior a trinta dias (Houghton et al. 2006; Mikhael 2011) e repeliram *S. zeamais* em plantas de milho tratadas (Ukhe et al. 2009). Os α -curcumene, α -zingiberene, β -bisabolene, e β -sesquiphellandrene, constituintes do óleo de *Z. officinale* apresentaram efeito repelente a *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) (Diptera: Culicidae) em teste com eletroantenogra (Campbell et al. 2011).

O efeito repelente de *A. sativum* é atribuído a moléculas de alicina e lectinas, presentes em folhas e bulbos, eficazes contra o estabelecimento, fagoinibição e posturas de *Tetranychus urticae* Koch 1836 (Prostigmata: Tetranychidae) em plantas de feijão (Dabrowski & Seredynska 2007; Attia et al. 2012). Plantas transgênicas de arroz, expressando lectinas do alho, foram resistentes a *Spodoptera litura* (Fabricius, 1775) (Lepidoptera: Noctuidae) (Sadeghi et al. 2008) e *Myzus persicae* Sulzer, 1776 (Hemiptera: Aphididae) em tabaco e a cigarrinhas em folhas (Bharathi et al. 2011) e *Aphis craccivora* Koch, 1854 (Hemiptera: Aphididae) (Chakraborti et al. 2009) com atividade anti-alimentar e anti-postura.

Limmonoides (como andirobin, 6 α -acetoxiepoxiazadiradiona, 6 α -acetoxigedunina, 6 β -acetoxi gedunina, 11 β -acetoxigedunina, 6 α , 11 β -

diacetoxigedunina, 6 β , 11 β -diacetoxigedunina, 6 α -hidroxigedunina, e 7-desacetoxi-7-oxogedunin (Ambrozin et al. 2006) e tetranortripenóides do óleo essencial de *C. guianensis* repeliram mosquitos *Aedes* sp. (Prophiro et al. 2012a,b) e forídeos em colônias de abelhas (Freire et al. 2006).

A redução da emergência de espécimes da geração F₁ de *T. pretiosum* com o óleo essencial de *C. guianensis* se deve ao efeito letal desse óleo sobre estágios imaturos de insetos. *Carapa guianensis* pode ter se difundido através do córion do ovo e interrompido o desenvolvimento embrionário e das fases imaturas de *T. pretiosum* ou agindo no sistema nervoso causando apoptose estomática, tremores, convulsões seguidas por paralisia e morte como observado para *Aedes albopictus* (Skuse, 1894) e *A. aegypti* (Diptera: Culicidae) (Silva et al. 2004; Silva et al. 2006; Prophiro et al. 2012a,b), *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Canestrini) (Acari: Ixodidae), *S. zeamais* e de *T. castaneum* (Santos et al. 2012; Cruz et al. 2013).

CONCLUSÕES

Zingiber officinale não é compatível com *T. pretiosum*. O baixo impacto de *A. sativum*, *M. piperita* indica que estes apresentam certa restrição quanto ao uso em conjunto com esse parasitoide e devem ser usados de acordo com protocolos da seletividade ecológica. Os demais óleos essenciais são promissores para sistemas de Manejo Integrado de Pragas.

AGRADECIMENTOS

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

REFERÊNCIAS CITADAS

- AKHTAR, Y., AND ISMAN, M. B. 2004. Comparative growth inhibitory and antifeedant effects of plant extracts and pure allelochemicals on four phytophagous insect species. *J. Appl. Entomol.* 128: 32-38.
- AKHTAR, Y., PAGES, E., STEVENS, A., BRADBURY, R., CAMARA, C. A. G., AND ISMAN, M. B. 2012. Effect of chemical complexity of essential oils on feeding deterrence in larvae of the cabbage looper. *Phys. Entomol.* 37: 81-91.
- ALMEIDA, G. D., ZANUNCIO, J. C., PRATISSOLI, D., ANDRADE, G. S., CECON, P. R., AND SERRÃO J. E. 2010. Effect of azadirachtin on the control of *Anticarsia gemmatilis* and its impact on *Trichogramma pretiosum*. *Phytoparasitica* 38:413-419.
- ALMEIDA, G. D., ZANUNCIO, J. C., SENTHIL-NATHAN, S., PRATISSOLI, D., POLANCZYK, R. A., AZEVEDO, D. O., AND SERRÃO J. E. 2014. Cytotoxicity in the midgut and fat body of *Anticarsia gemmatilis* (Lepidoptera: Geometridae) larvae exerted by neem seeds extract. *Invertebr. S. J.* 11: 79-86.
- ALTOÉ, T. S., PRATISSOLI, D., CARVALHO, J. R., JUNIOR, H. J. G. S., PAES, J. P. P., BUENO, R. C. O. F., AND BUENO, A. F. 2012. *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) parasitism of *Trichoplusia ni* (Lepidoptera: Noctuidae) eggs under different temperatures. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 105: 82-89.
- AMBROZIN, A. R. P., LEITE, A. C., BUENO, F. C., VIEIRA, P. C., FERNADES, J. B., BUENO, O. C., SILVA, M. F. G. F., PAGNOCCA, F. C., HEBLING, M. J. A., AND BACCI Jr, M. 2006. Limonoids from andiroba oil and *Cedrela fissilis* and their insecticidal activity. *J. Brazil Chem. Soc.* 17: 542-547.
- AVANCI, M. R. F., FOERSTER, L. A., AND CAÑETE, C. L. 2005. Natural parasitism in eggs of *Anticarsia gemmatilis* Hübner (Lepidoptera, Noctuidae) by

- Trichogramma* spp. (Hymenoptera, Trichogrammatidae) in Brazil. Rev. Bras. Entomol. 49: 148-151.
- ATTIA, S., GRISSA, K. L., MAILLEUX, A. C., LOGNAY, G., HEUSKIN, S., MAYOUFI, S., AND HANCE, T. 2012. Effective concentrations of garlic distillate (*Allium sativum*) for the control of *Tetranychus urticae* (Tetranychidae). J. Appl. Entomol. 136: 302–312.
- BACHROUCH, O., JEMÂA, J. M. B., WISSEM, A. W., TALOU, T., MARZOUK, B., AND ABDERRABA, M. 2010. Composition and insecticidal activity of essential oil from *Pistacia lentiscus* L. against *Ectomyelois ceratoniae* Zeller and *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). J. Stored Prod. Res. 46: 242–247.
- BALACHANDRAN, S., KENTISH, S. E., AND MAWSON, R. 2006. The effects of both preparation method and season on the supercritical extraction of ginger. Sep. Purif. Technol. 48: 94–105.
- BHARATHI, Y., VIJAYAKUMAR, S., PASALU, I. C., BALACHANDRAN, S. M., REDDY, V. D., AND RAO, K. V. 2011. Pyramided rice lines harbouring *Allium sativum* (asal) and *Galanthus nivalis* (gna) lectin genes impart enhanced resistance against major sap-sucking pests. J. Biotechnol. 152: 63–71.
- BIRAH, A., SHARMA, T. V. R. S., SINGH, S., AND SRIVASTAVA, R. C. 2010. Effect of aqueous leaf extract of cloves (*Syzygium aromaticum*) on growth and development of tobacco caterpillar (*Spodoptera litura*). Indian J. Agr. Sc. 80: 534–537.
- BOEKE, S. J., SINZOGAN, A. A. C., ALMEIDA, R. P., BOER, P. W. M., JEONG, G., KOSSOU, D. K., AND VAN LOOM, J. J. A. 2003. Side-effects of cowpea treatment with botanical insecticides on two parasitoids of *Callosobruchus maculatus*. Entomol. Exp. Appl. 108:43-51.

- CAMPBELL, C., GRIES, R., KHASKIN, G., AND GRIES, G. 2011. Organosulphur constituents in garlic oil elicit antennal and behavioural responses from the yellow fever mosquito. *J. Appl. Entomol.* 135: 374–381.
- CARVALHO, G. A., GODOY, M. S., PARREIRA, D. S., LASMAR, O., SOUZA, J. R., AND MOSCARDINI, V. F. 2010. Selectivity of growth regulators and neonicotinoids for adults of *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Rev. Colomb. Entomol.* 36: 195-201.
- CHAIEIEB, K., HAJLAOUI, H., ZMANTAR, T., KAHLA-NAKBI, A. B., ROUABHIA, M., MAHDOUANI, K., AND BAKHROUF, A. 2007. The chemical composition and biological activity of clove essential oil, *Eugenia caryophyllata* (*Syzigium aromaticum* L. Myrtaceae): a short review. *Phytother. Res.* 21: 501-506.
- CHAKRABORTI, D., SARKAR, A., MONDAL, H. A., AND DAS, S. 2009. Tissue specific expression of *Allium sativum* leaf agglutinin (ASAL) in important pulse crop chickpea (*Cicer arietinum* L.) to resist the phloem feeding *Aphis craccivora*. *Transgenic Res.* 18: 529–544.
- CHUNG, R. J., HORNG, R. L., CHUNG, Y. C., AND SOONG, Y. K. 2012. Effect of allyl sulfides from garlic essential oil on intracellular Ca^{2+} levels in renal tubular cells. *J. Nat. Prod.* 75: 2101–2107.
- CLOYD, R. A., GALLE, C. L., KEITH, S. R., KALSCHEUR, N. A., AND KEMP, K. E. 2009. Effect of commercially available plant-derived essential oil products on arthropod pests. *J. Econ. Entomol.* 102: 1567-1579.
- CORREIA, A. A., WANDERLEY-TEIXEIRA, V., TEIXEIRA, A. A. C., OLIVEIRA, J. V., GONCALVES, G. G. A., CAVALCANTI, M. G. S., BRAYNER, F. A. AND ALVES, L. C. 2013. Microscopic analysis *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: noctuidae) embryonic development before and after treatment with

- azadirachtin, lufenuron, and deltamethrin. J. Econ. Entomol. 106: 747-755.
- CRUZ, E. M., COSTA-JUNIOR, L. M., PINTO, J. A., SANTOS, D. D., ARAUJO, A. S., ARRIGONI-BLANK, M. D., BACCI, L., ALVES, P. B., CAVALCANTI, S. C. AND BLANK, A. F. 2013. Acaricidal activity of *Lippia gracilis* essential oil and its major constituents on the tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. Vet. Parasitol. 47: 246-250.
- DABROWSKI, T. Z., AND SEREDYNSKA, U. S. 2007. Characterisation of the two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch, Acari: Tetranychidae) response to aqueous extracts from selected plant species. J. Plant Protect. Res. 47: 113–124.
- DAPKEVICIUS, A., VENSKUTONIS, R., VAN BEEK, T. A., AND LINSSEN, J. P. H. 1998. Antioxidant activity of extracts obtained by different isolation procedures from some aromatic herbs grown in Lithuania. J. Sci. Food Agr. 77: 140-146.
- ENAN, E. E. 2001. Insecticidal activity of essential oils: octopaminergic sites of action. Comp. Biochem. Phys. 130: 325–337.
- ENAN, E. E. 2005a. Molecular and pharmacological analysis of an octopamine receptor from American cockroach and fruit fly in response to plant essential oils. Arch. Insect Biochem. Phys. 59: 161–171.
- ENAN, E. E. 2005b. Molecular response of *Drosophila melanogaster* tyramine receptor cascade to plant essential oils. Insect Biochem. Molec. Biol. 35: 309–321.
- ERLER, F. 2005. Fumigant activity of six monoterpenoids from aromatic plants in Turkey against the two stored-product pests confused flour beetle, *Tribolium confusum*, and Mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella*. J. Plant Dis. Protect. 112: 602–611.
- EZEONU, F. C., CHIDUME, G. I., AND UDEDI, S. C. 2001. Insecticidal properties of

- volatile extracts of orange peels. *Bioresource Technol.* 76: 273–274.
- FRANCIS, F., HAUBRUGE, E., HASTIR, P., AND GASPAR, C. 2001. Effect of aphid host plant on development and reproduction of the third trophic level, the predator *Adalia bipunctata* (Coleoptera: Coccinellidae). *Environ. Entomol.* 30: 947-952.
- FRANZ, A. R., KNAAK, N., AND FIUZA, L. M. 2011. Toxic effects of essential plant oils in adult *Sitophilus oryzae* (Linnaeus) (Coleoptera, Curculionidae). *Rev. Bras. Entomol.* 5: 116-121.
- FREIRE, D. C. B., BRITO-FILHA, C. R. C., AND CARVALHO-ZILSE, G. A. 2006. Efeito dos óleos vegetais de andiroba (*Carapa* sp.) e copaíba (*Copaifera* sp.) sobre forídeos, pragas de colméias (Diptera: Phoridae) na Amazônia Central. *Acta Amazon.* 26: 365-368.
- GONÇALVES-GERVÁSIO, R. C. R., AND VENDRAMIM, J. D. 2004. Efeito de extratos de meliáceas sobre o parasitóide de ovos *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Neotrop. Entomol.* 33: 607-612.
- HARVEY, J. A. 2005. Factors affecting the evolution of development strategies in parasitoid wasps: the importance of functional constraints and incorporating complexity. *Entomol. Exp. Appl.* 117: 1-13.
- HOU, M. L., WANG, F. L., WAN, F. G., AND ZHANG, F. 2006. Parasitism of *Helicoverpa assulta* Guenée (Lepidoptera: Noctuidae) eggs by *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae): implications for inundative release on tobacco plants. *Appl. Entomol. Zool.* 41: 577-584.
- HOUGHTON, P. J., REN, Y., AND HOWES, M. J. 2006. Acetylcholinesterase inhibitors from plants and fungi. *Nat. Prod. Rep.* 23: 383-388.
- HUANG, Y., CHEN, S. X., AND HO, S. H. 2000. Bioactivities of methyl allyl disulfide and diallyl trisulfide from essential oil of garlic to two species of stored product

- pests, *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). J. Econ. Entomol. 93: 537-543.
- ISMAN, M. B. 2006. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. Annu. Rev. Entomol. 51: 45-66.
- JAYAPRAKASHA, G. K., AND RAO, L. J. M. 2011. Chemistry, biogenesis, and biological activities of *Cinnamomum zeylanicum*. Crit. Rev. Food Sci. 5: 547–562.
- KIMBARIS, A. C., PAPACHRISTOS, D. P., MICHAELAKIS, A., MARTINO, A. F., AND POLISSIOU, M. G. 2010. Toxicity of plant essential oil vapours to aphid pests and their coccinellid predators. Biocontrol Sci. Tech. 20: 411–422.
- KUMAR, P., MISHRA, S., MALIK, A., AND SATYA, S. 2011. Repellency, larvicidal and pupicidal activity of essential oils and their formulation against house fly (*Musca domestica* L.). Med. Vet. Entomol. 25: 302-310.
- KOSTYUKOVSKY, M., RAFAELI, A., GILEADI, C., DEMCHENKO, N., AND SHAAYA, E. 2002. Activation of octopaminergic receptors by essential oil constituents isolated from aromatic plants: possible mode of action against insect pests. Pest Manag. Sci. 58: 1101–1106.
- LEE, S. E., LEE, B. H., CHOI, W. S., PARK, B. S., KIM, J. G., AND CAMPBELL, B. C. 2001. Fumigant toxicity of volatile natural products from Korean spices and medicinal plants towards the rice weevil *Sitophilus oryzae* (L.). Pest Manag. Sci. 57: 548–553.
- LÓPEZ, M. D., AND PASCUAL-VILLALOBOS, M. J. 2010. Mode of inhibition of acetylcholinesterase by monoterpenoids and implications for pest control. Ind. Crop. Prod. 31: 284-288.
- MAURYA, P., MOHAN, L., SHARMA, P., BATBYAL, L., AND SRIVASTAVA, C. N. 2007. Larvicidal efficacy of *Aloe barbadensis* and *Cannabis sativa* against

- the malaria vector *Anopheles stephensi* (Diptera: Culicidae). Entomol. Res. 37:153–156.
- MENDES, A. S., DAEMON, E., MONTEIRO, C. M.O., MATURANO, R., BRITO, F. C., AND MASSONI, T. 2011. Acaricidal activity of thymol on larvae and nymphs of *Amblyomma cajennense* (Acari: Ixodidae). Vet. Parasitol. 183: 136–139.
- MENDONÇA, F. A. C., SILVA, K. F. S., SANTOS, K. K., RIBEIRO JUNIOR, K. A. L., AND SANTANA, A. E. G. 2005. Activities of some Brazilian plants against larvae of the mosquito *Aedes aegypti*. Fitoterapia 76: 629-636.
- MICHAELAKIS, A., PAPACHRISTOS, D., KIMBARIS, A., KOLIOPOULOS, G., GIATROPOULOS, A., AND POLISSIOU, M. G. 2009. Citrus essential oils and four enantiomeric pinenes against *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae). Parasitol. Res. 105:769–773.
- MIKHAIEL, A. A. 2011. Potential of some volatile oils in protecting packages of irradiated wheat flour against *Ephestia kuehniella* and *Tribolium castaneum*. J. Stored Prod. Res. 47: 357-364.
- NERIO, L. S., OLIVERO-VERBEL, J., AND STASHENKO, E. E. 2010. Repellent activity of essential oils: a review. Bioresource Technol. 101: 372-378.
- ODE, P. J. 2006. Plant chemistry and natural enemy fitness: effects on herbivore and natural enemy interactions. Ann. Rev. Entomol. 51: 163-185.
- OLIVEIRA, H. N., ZANUNCIO, J. C., AND PEREIRA, F. F. 2011. *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) species as an agents of biological control of *Oxydia vesulia* (Lepidoptera: Geometridae). Rev. Colomb. Entomol 37: 238-239.
- PALACIOS, S. M., BERTONI, A., ROSSI, Y., SANTANDER, R., AND URZÚA, A. 2009a. Insecticidal activity of essential oils from native medicinal plants of

- Central Argentina against the housefly, *Musca domestica* (L.). *Parasitol. Res.* 106:207–212).
- PALACIOS, S. M., BERTONI, A., ROSSI, Y., SANTANDER, R., AND URZÚA, A. 2009b. Efficacy of essential oils from edible plants as insecticides against the house fly, *Musca domestica* L. *Molecules* 14:1938–1947.
- PARRA, J. R. P., AND ZUCCHI, R. A. 2004. *Trichogramma* in Brazil: Feasibility of use after twenty years of research. *Neotrop. Entomol.* 33: 271-281.
- PAVELA, R. 2005. Insecticidal activity of some essential oils against larva of *Spodoptera littoralis*. *Fitoterapia* 76: 691–696.
- PRISCHAMANN, D. A., JAMES, D. G., WRIGHT, L. C., TENEYCK, R. D., AND SNYDER, W. E. 2005. Effects of chlopyrifos and sulphur on spider mites (Acari: Tetranychidae) and their natural enemies. *Biol. Control* 33: 324–334.
- PROPHIRO, J. S., SILVA, M. A. N., KANIS, L., NOGARED-ROCHA, L. C. B. P., DUQUE-LUNA, J. E., AND SILVA, O. S. 2012a. First report on susceptibility of wild *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) using *Carapa guianensis* (Meliaceae) and *Copaifera* sp. (Leguminosae). *Parasitol. Res.* 110: 699–705.
- PROPHIRO, J. S., SILVA, M. A. N., KANIS, L., NOGARED-ROCHA, L. C. B. P., DUQUE-LUNA, J. E. AND SILVA, O. S. 2012b. Evaluation of time toxicity, residual effect, and growth-inhibiting property of *Carapa guianensis* and *Copaifera* sp. in *Aedes aegypti*. *Parasitol. Res.* 110: 713–719.
- PROWSE, G. M., GALLOWAY, T. S., AND FOGGO, A. 2006. Insecticidal activity of garlic juice in two dipteran pests. *Agr. Forest. Entomol.* 8: 1-6.
- RAJENDRAN, S., AND SRIRANJINI, V. 2008. Plant products as fumigants for stored-product insect control. *J. Stored Prod. Res.* 44: 126-135.
- RODRIGUES, M. L., GARCIA, M. S., NAVA, D. E., BOTTON, M., PARRA, J. R. P., AND GUERRERO, M. 2011. Selection of *Trichogramma pretiosum* lineages for

- control of *Grapholita molesta* in Peach. Fla. Entomol. 94: 398-403.
- ROZMAN, V., KALINOVIC, I., AND KORUNIC, Z. 2007. Toxicity of naturally occurring compounds of Lamiaceae and Lauraceae to three stored-product insects. J. Stored Prod. Res. 43: 349–355.
- SADEGHI, A., SMAGGHE, G., BROEDERS, S., HERNALSTEENS, J. P., DEGREVE, H., PEUMANS, W. J. AND VANDAMME, E. J. 2008. Ectopically expressed leaf and bulb lectins from garlic (*Allium sativum* L.) protect transgenic tobacco plants against cotton leafworm (*Spodoptera littoralis*). Transgenic Res. 17: 9-18.
- SAMARASEKERA, R., WEERASINGHE, I. S., AND HEMALAL, K. D. P. 2008. Insecticidal activity of menthol derivatives against mosquitoes. Pest Manag. Sci. 64: 290–295.
- SAMPAIO, I. B. M. 2002. Estatística aplicada à experimentação animal. 2ª.ed. Belo Horizonte: Fundação de Estudo e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia, 265p.
- SANTOS, N. D. L., MOURA, K. S., NAPOLEÃO, T. H., SANTOS, G. K. N., COELHO, L. C. B. B., NAVARRO, D. M. A. F., AND PAIVA, P. M. G. 2012. Oviposition-stimulant and ovicidal activities of *Moringa oleifera* lectin on *Aedes aegypti*. PLoS ONE 7: 44840.
- SILVA, O. S., ROMÃO, P. R. T., BLAZIUS, R. D. AND PHOHIRO, J. S. 2004. The use of andiroba *Carapa guianensis* as larvicide against *Aedes albopictus*. J. Am. Mosquito Control Assoc. 20: 456-457.
- SILVA, O. S., PHOHIRO, J. S., NOGARED, J. C., KANIS, L., EMERICK, S., BLAZIUS, R. D., AND ROMÃO, P. R. T. 2006. Larvicidal effect of andiroba oil, *Carapa guianensis* (Meliaceae), against *Aedes aegypti*, J. Am. Mosquito Control Assoc. 22: 699-701.

- SINGH, U. P., PRITHIVIRAJ, B., SARMA, B. K., SINGH, M., AND RAY, A. B. 2001. Role of garlic (*Allium sativum* L.) in human and plant diseases. Indian J. Exp. Biol. 39: 310-322.
- SOARES, M. A., LEITE, G. L. D., ZANUNCIO, J. C., ROCHA, S. L., SÁ, V. G. M., AND SERRÃO, J. E. 2007. Flight capacity, parasitism and emergence of six *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) species from reforested areas with eucalyptus in Brazil. Phytoparasitica 35: 314-318.
- SOUZA, J. R., CARVALHO, G. A., MOURA, A. P., COUTO, M. H. G., AND MAIA, J. B. 2013. Impact of insecticides used to control *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) in corn on survival, sex ratio, and reproduction of *Trichogramma pretiosum* Riley offspring. Chil. J. Agr. Res. 73: 122-127.
- STERK, G., HASSAN, S. A., BAILLOD, M., BAKKER, F., BIGLER, F., BLÜMEL, S., BOGENSCHÜTZ, H., BOLLER, E., BROMAND, B., BRUN, J., CALIS, J. N. M., COREMAN SPELSENEER, J., DUSO, C., GARRIDO, A., GROVE, A., HEIMBACH, U., HOKKANEN, H., JACAS, J., LEWIS, L., MORETH, L., POLGAR, L., ROVERSTI, L., SAMSØE-PETERSEN, L., SAUPHANOR, B., SCHAUB, L., STÄUBLI, A., TUSET, J.J., VAINIO, M., VAN DE VEIRE, M., VIGGIANI, G., VIÑUELA, E., AND VOGT, H. 1999. Results of the seventh joint pesticide testing programme carried out by the iobc/wprsworking group 'pesticides and beneficial organisms'. Biocontrol 44: 99-117.
- TAVARES, W. S., CRUZ, I., PETACCI, F., ASSIS JÚNIOR, S. L., FREITAS, S. S., ZANUNCIO, J. C., AND SERRÃO, J. E. 2009. Potential use of Asteraceae extracts to control *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and selectivity to their parasitoids *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) and *Telenomus remus* (Hymenoptera: Scelionidae). Ind. Crop Prod. 30: 384-388.

- TAVARES, W. S., CRUZ, I., FONSECA, F. G., GOUVEIA, N. L., SERRÃO, J. E., AND ZANUNCIO, J. C. 2010. Deleterious activity of natural products on postures of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Pyralidae). Z. Naturforsch. C. 65: 412-418.
- TAVARES, W. S., FREITAS, S. S., GRAZZIOTTI, G. H., PARENTE, L. M. L., LIÃO, L. M., AND ZANUNCIO, J. C. 2013. Ar-turmerone from *Curcuma longa* (Zingiberaceae) rhizomes and effects on *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) and *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). Ind. Crop Prod. 46: 158-164.
- VIANNA, U. R., PRATISSOLI, D., ZANUNCIO, J. C., LIMA, E. R., BRUNNER, J., PEREIRA, F. F., AND SERRÃO, J. E. 2009. Insecticide toxicity to *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) females and effects on descendant generation. Ecotoxicology 18: 180-186.
- YANG, P., AND MA, Y. 2005. Repellent effect of plant essential oils against *Aedes albopictus*. J. Vector Ecol. 30: 231–234.
- ZAPATA, N., BUDIA, F., VINUELA, E., AND MEDINA, P. 2009. Antifeedant and growth inhibitory effects of extracts and drimanes of *Drimys winteri* stem bark against *Spodoptera littoralis* (Lep., Noctuidae). Ind. Crop Prod. 30: 119-125.

Tabela 1. Nome científico (NCIENT.), ingrediente ativo (i.a) ou componente majoritário (Comp. Maj.), e CL50 (µl/ml) nos testes com ovos de *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae) em laboratório

NCIENT.	Comp. Maj. (%)	CL ₅₀ (µL/mL)
<i>Allium sativum</i>	Dialil dissulfeto (40%), Dialil trissulfeto (30%), Dialil sulfeto (8%), metil alil dissulfeto (4%) e metil alil trissulfeto (10%)	0,06 (0,079 - 0,16)
<i>Carapa guianensis</i>	Limmonoids (2-5%), como andirobin, 6α-acetoxiepoxiazadiradiona, 6α-acetoxigedunina, 6β-acetoxigedunina, 11β-acetoxigedunina, 6α, 11β-diacetoxigedunina, 6β, 11β-diacetoxigedunina, 6α-hidroxigedunina, e 7-desacetoxi-7-oxogedunin	16,33 (13,90 - 19,01)
<i>Syzygium aromarticum</i>	Eugenol (92,3%) e β-cariofileno (5,50%)	1,88 (0,36 - 4,44)
<i>Zingiber officinale</i>	Zingibereno (33%), beta-sesquifelandreno (12%), β-bisaboleno (10%), canfeno (8%), mirceno (7%)	54,79 (39,21 - 80,33)
<i>Citrus sinensis</i>	Limoneno (95,48%), mirceno (2,10%)	14,91 (12,14-17,9)
<i>Mentha piperita</i>	Mentol (55%), mentona (25%), acetato de metilo (10%)	4,18 (2,05 - 5,70)
<i>Origanum vulgare</i>	Carvacrol (70%), p-cimeno (15%), timol (4,3%)	16,54 (13,52-20,09)
<i>Piper nigrum</i>	α- Pineno (30%), cariofileno (30%), limoneno (10%), e-nerolidol (6%)	40,21 (32,85-64,75)
<i>Thymus vulgaris</i>	Timol (50%), p-cimeno (40%), linalool (6,0%)	2,05 (0,27-3,27)
<i>Azadirachta indica</i>	Azadirachitina	0,17 (0,07 - 0,80)

Tabela 2. Longevidade (dias) (média $\pm$ EP) de fêmeas e razão sexual (RS) de *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) nas gerações parental e F₁ em ovos de *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) tratados com óleos essenciais

Tratamento	Geração Parental		Geração F ₁	
	Long. ¹	RS ¹	Long.	RS
Testemunha	10,11 $\pm$ 0,43a	0,69 $\pm$ 0,02a	10,44 $\pm$ 0,75ab	0,57 $\pm$ 0,05ab
<i>Allium sativum</i>	4,50 $\pm$ 0,52e	0,67 $\pm$ 0,03a	4,83 $\pm$ 0,61e	0,48 $\pm$ 0,06ab
<i>Carapa guianensis</i>	4,83 $\pm$ 0,81e	0,68 $\pm$ 0,04a	7,55 $\pm$ 0,94cd	0,40 $\pm$ 0,06b
<i>Citrus sinensis</i>	5,56 $\pm$ 0,64de	0,59 $\pm$ 0,05a	7,50 $\pm$ 0,77cd	0,53 $\pm$ 0,05ab
<i>Mentha piperita</i>	5,06 $\pm$ 0,52e	0,59 $\pm$ 0,06a	4,89 $\pm$ 0,55e	0,61 $\pm$ 0,04ab
<i>Azadirachta indica</i>	5,94 $\pm$ 0,88cde	0,66 $\pm$ 0,04a	5,50 $\pm$ 0,67de	0,63 $\pm$ 0,06a
<i>Origanum vulgare</i>	7,00 $\pm$ 0,91bcde	0,59 $\pm$ 0,06a	9,22 $\pm$ 0,71bc	0,54 $\pm$ 0,04ab
<i>Piper nigrum</i>	9,28 $\pm$ 0,50ab	0,57 $\pm$ 0,05a	11,55 $\pm$ 0,58a	0,49 $\pm$ 0,06ab
<i>Syzygium aromaticum</i>	8,00 $\pm$ 0,65bcd	0,69 $\pm$ 0,04a	8,89 $\pm$ 0,81bc	0,64 $\pm$ 0,03a
<i>Thymus vulgare</i>	8,39 $\pm$ 0,33abc	0,57 $\pm$ 0,06a	8,89 $\pm$ 0,68bc	0,53 $\pm$ 0,05ab
<i>Zingiber officinale</i>	6,28 $\pm$ 0,63cde	--	--	--
CV%	58,61	32,63	59,30	40,63

¹Médias seguidas de mesma letra por coluna não diferem pelo teste de Student Newman Keuls (p>0,05).

Tabela 3. Número de ovos parasitados (EP±), redução (%) e classificação (IOBC) das fêmeas da geração parental e F₁ de *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) expostos a ovos de *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) tratados com óleos essenciais

Tratamento	Geração Parental			Geração F ₁		
	Média ¹	Redução	Clas. ²	Média ¹	Redução	Clas. ²
Testemunha	31,11±1,62a	--	--	36,67±1,71ab	--	--
<i>Allium sativum</i>	20,94±2,31d	32,7	2	27,61±2,75c	24,7	1
<i>Carapa guianensis</i>	9,39±1,92e	69,8	2	2,50±1,56bc	11,4	1
<i>Citrus sinensis</i>	23,33±1,94bcd	25,0	1	32,94±2,92bc	10,2	1
<i>Mentha piperita</i>	23,17±1,67bcd	25,5	1	27,83±2,66c	25,3	1
<i>Azadirachta indica</i>	22,5±1,70cd	27,7	1	28,67±2,24c	21,8	1
<i>Origanum vulgare</i>	23,05±1,96bcd	25,9	1	38,28±1,17ab	0,0	1
<i>Piper nigrum</i>	26,28 ±1,59abcd	16,1	1	37,78±1,24ab	0,0	1
<i>Syzygium aromaticum</i>	30,17±1,66ab	3,4	1	9,61±1,62±ab	0,0	1
<i>Thymus vulgare</i>	29,05±1,92abc	6,6	1	41,83±1,24a	0,0	1
<i>Zingiber officinale</i>	0,00±0,00f	100,0	4	--	--	1
CV(%)	56,52			42,19		

¹Médias seguidas de mesma letra por coluna não diferem pelo teste de Student Newman Keuls (p>0,05). ²Índice de toxicidade estabelecido pela IOBC/WPRS (1999), em que: classe 1= inócuo; classe 2= ligeiramente nocivo; classe 3= moderadamente nocivo; classe 4= prejudicial.

Tabela 4. Porcentagem e redução (%) da emergência (EP±) de espécimes da geração F₁ e F₂ de fêmeas de *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) expostas a ovos de *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) tratados com óleos essenciais e classificação (IOBC) (Clas.) dos mesmos

Tratamento	Geração F ₁			Geração F ₂		
	Média ¹	Redução	Clas. ²	Média ¹	Redução	Clas. ²
Testemunha	94,12±1,24a	--	--	99,58±0,31a	--	--
<i>Allium sativum</i>	0,91±5,44ab	3,4	1	90,15±5,71a	9,5	1
<i>Carapa guianensis</i>	8,04±10,46b	27,3	1	84,87±5,65a	14,8	1
<i>Citrus sinensis</i>	9,14±6,15ab	5,3	1	91,05±5,51a	8,6	1
<i>Mentha piperita</i>	6,97±6,05ab	7,6	1	84,79±6,18a	13,1	1
<i>Azadirachta indica</i>	0,11±5,54ab	4,3	1	90,93±5,51a	8,7	1
<i>Origanum vulgare</i>	9,05±6,13ab	5,4	1	96,27±0,96a	3,3	1
<i>Piper nigrum</i>	94,89±1,94a	0,0	1	97,61±0,84a	2,0	1
<i>Syzygium aromaticum</i>	0,56±5,18ab	14,4	1	93,80±1,23a	5,8	1
<i>Thymus vulgare</i>	94,41±1,84a	0,0	1	96,31±0,94a	3,3	1
<i>Zingiber officinale</i>	0,00±0,00c	100,0	4	--	--	--
CV(%)	44,22			36,02		

¹Médias seguidas de mesma letra por coluna não diferem pelo teste de Student Newman Keuls (p>0,05). ²Índice de toxicidade estabelecido pela IOBC/WPRS (1999), em que: classe 1= inócuo; classe 2= ligeiramente nocivo; classe 3= moderadamente nocivo; classe 4= prejudicial.

2º ARTIGO

AÇÃO DE ÓLEOS ESSENCIAIS SOBRE ADULTO E PROGÊNIE DO PARASITOIDE DE OVOS *Trichogramma galloi* (HYMENOPTERA: TRICHOGRAMMATIDAE)

Ação de óleos essenciais sobre adulto e progênie do parasitoide de ovos

***Trichogramma galloi* (Hymenoptera: Trichogrammatidae)**

RESUMO A agricultura ambientalmente segura busca técnicas de controle de pragas, como parasitoides e produtos naturais de plantas, para reduzir o uso de químicos sintéticos e o impacto ao meio ambiente. A longevidade de fêmeas, capacidade de parasitismo, porcentagem de emergência e razão sexual de *Trichogramma galloi* (Zucchi, 1988) (Hymenoptera: Trichogrammatidae) com os óleos de *Azadirachta indica*, *Allium sativum*, *Carapa guianensis*, *Citrus sinensis*, *Mentha piperita*, *Origanum vulgare*, *Piper nigrum*, *Syzygium aromarticum*, *Thymus vulgaris* e de *Zingiber officinale* foram avaliadas em laboratório nas gerações parental, F₁ e F₂. *Allium sativum* foi mais prejudicial à longevidade de fêmeas da geração parental e F₁ de *T. galloi*. *Zingiber officinale* evitou o parasitismo e *A. sativum* e *C. guianensis* reduziu este parâmetro na geração parental de *T. galloi* em mais de 30%. *Allium sativum* reduziu em mais de 30% a emergência de *T. galloi* na geração F₁, mas a razão sexual desse parasitoide não foi reduzida com os óleos essenciais na geração F₁ e F₂. *Allium sativum* e *Z. officinale* não foram seletivos a *T. galloi*, mas os demais óleos essenciais são promissores para uso com esse parasitoide em programas de Manejo Integrado de Pragas.

PALAVRAS CHAVE: Controle biológico, produtos naturais, parasitoides de ovos, seletividade

INTRODUÇÃO

Parasitoides do gênero *Trichogramma*, com 210 espécies descritas, podem controlar insetos-praga de cerca de 400 espécies, preferencialmente lepidópteros, mas parasitam também coleópteros, dípteros, hemípteros, himenópteros e neurópteros (Hou et al. 2006; Soares et al. 2007; Ayvaz et al. 2008; Oliveira et al. 2011).

No Brasil, *Trichogramma galloi* Zucchi, 1988 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) é utilizado em programas de controle biológico de *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1974) (Lepidoptera: Crambidae), uma das pragas mais importantes da cana de açúcar, com liberações anuais desse parasitoide, em cerca de 300 mil hectares. (Parra & Zucchi 2004).

Substancias inseticidas de plantas podem controlar pragas com menor custo e impacto ambiental que inseticidas sintéticos. Esses compostos, com dezenas de substâncias bioativas, podem matar e repelir insetos (Tavares et al. 2011; 2013; Almeida et al. 2014) e reduzir o potencial de resistência de pragas (Isman 2006).

O efeito de inseticidas botânicos em organismos benéficos precisa ser estudado, pois estes organismos podem apresentar maior suscetibilidade a inseticidas sintéticos que seus hospedeiros ou presas (Mahdian et al. 2007; Vianna et al. 2009). Além disso, podem ser afetados, direta ou indiretamente, ao se alimentarem ou terem contato com o hospedeiro ou com superfícies tratadas com inseticidas naturais (Muller & Brakefield 2003).

O objetivo desse trabalho foi avaliar a toxicidade de óleos essenciais sobre *T. galloi* em laboratório.

MATERIAL E MÉTODOS

Local de condução dos experimentos

O trabalho foi realizado em câmara climatizada (BOD) à temperatura de $25 \pm$

2°C, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h no Laboratório de Controle Biológico de Insetos (LCBI) do Instituto de Biotecnologia Aplicada à Agropecuária (BIOAGRO) da Universidade Federal de Viçosa (UFV) em Viçosa, Estado de Minas Gerais, Brasil

Fêmeas de *T. galloi* foram obtidas da criação massal do BIOAGRO. O óleo essencial de *C. guianensis* foi obtido da EMBRAPA Amazônia Oriental (CPATU) em Belém, Pará, Brasil e os de *Allium sativum*, *Citrus sinensis*, *Mentha piperita*, *Origanum vulgare*, *Piper nigrum*, *Syzygium aromarticum*, *Thymus vulgaris* e *Zingiber officinale* da empresa Viessence Comércio de Produtos Naturais Ltda. (Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil) extraídos em escala industrial por hidrodestilação e arraste de vapor de água (Dapkevicius et al. 1998).

Doses e concentrações dos óleos essenciais

A CL₅₀ dos óleos foi obtida em teste piloto (Tabela 1) com ovos de *Anticarsia gemmatilis* Hubner, 1818 (Lepidoptera: Noctuidae), com até 48 horas de idade, colados em cartelas de papel (15 x 5 cm) e expostos a cinquenta microlitros de cada óleo ou ao etanol (testemunha) aplicados com micropipeta de precisão nas concentrações de 1, 5, 10, 15 e 20% (v/v) (testadas até a mortalidade entre 0 a 100%).

Bioensaios

Fêmeas recém-emergidas de *T. galloi* foram individualizadas em tubos de vidro (8cm de altura x 2cm de diâmetro) com gotículas de mel na parede interna, fechados com película de cloreto de polivinila (PVC) e submetidas aos tratamentos. Cerca de 125 ovos de *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879) (Lepidoptera, Pyralidae), com idade inferior a 24h, foram colados por tira de papel (5cm de comprimento x 0,5 cm de largura) com 50% de goma arábica diluída em água destilada, imersos por cinco segundos nos óleos ou nas soluções dos inseticidas naturais ou etanol (controle) e colocadas sobre papel toalha por 30 minutos para evaporação do solvente (Tavares et al. 2009; Carvalho et al.

2010).

As tiras com os ovos de *A. kuehniella*, tratados com os óleos essenciais ou etanol, foram expostas a fêmeas de *T. galloi*, durante 24h. Essas fêmeas foram mantidas no interior dos tubos e as tiras de papel, com os ovos, transferidas para novos recipientes em câmara climatizada até a geração F₁. Fêmeas recém-emergidas dessa geração, a partir de ovos tratados de *A. kuehniella*, foram individualizadas em tubos de vidro com gotículas de mel na parede interior e expostas a cartelas de papel (5cm de comprimento x 0,5 cm de largura) com cerca de 125 ovos não tratados de *A. kuehniella* durante 24h. Após esse período, essas fêmeas foram mantidas no interior dos tubos e as tiras de papel, com os ovos, transferidas para novos recipientes em câmara climatizada até a geração F₂.

A longevidade e a capacidade de parasitismo de fêmeas de *T. galloi* da geração parental e da F₁ e a porcentagem de emergência e razão sexual de indivíduos da geração F₁ e F₂ foram avaliados. A toxidade dos óleos essenciais foi classificada de acordo com a redução da capacidade de parasitismo de fêmeas parasitoides da geração parental e F₁ e da porcentagem de emergência de indivíduos das gerações F₁ e F₂: 1= inócuo (<redução de 30%), 2= ligeiramente nocivo (30-79% de redução), 3= moderadamente nocivo (80-99% de redução), e 4= (redução > 99%) prejudiciais, como recomendado pela "Organização International para Controle Biológico e Integrado de Animais e Plantas Nocivas" (IOBC) (Sterk et al. 1999). A redução do parasitismo e da emergência foi calculada com a equação: % de redução= 100 - média [(% geral do óleo/% geral do controle) x 100] (Carvalho et al. 2010).

Análise estatística

O experimento foi realizado em delineamento completamente casualizado com dez tratamentos (*A. indica*, *A. sativum*, *C. guianensis*, *C. sinensis*, *M. piperita*, *O. vulgare*, *P. nigrum*, *S. aromaticum*, *T. vulgare*, *Z. officinale* e o controle) e dezoito

repetições (uma fêmea + uma cartela com ovos/por tubo). Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Student Newman Keuls a 5% de significância (Sampaio 2002).

RESULTADOS

Longevidade de fêmeas e razão sexual da geração parental e F₁ com óleos essenciais

Allium sativum reduziu a longevidade de fêmeas da geração parental de *T. galloi* e o óleo dessa planta e de *P. nigrum* causaram maior redução desse parâmetro na geração F₁ para fêmeas desse parasitoide, 5,89 e 5,61 dias respectivamente. *Azadirachta indica*, *Citrus sinensis*, *M. piperita*, *O. vulgare* e *T. vulgare* reduziram levemente a longevidade de fêmeas da geração F₁ de *T. galloi* (Tabela 2).

Nenhum dos óleos essenciais afetou a razão sexual de *T. galloi* nas gerações F₁ e F₂ quando fêmeas da geração parental foram expostas aos produtos (Tabela 2).

Capacidade de parasitismo de fêmeas da geração parental e F₁ com os óleos essenciais.

Ovos tratados com o óleo essencial de *Z. officinale* não foram parasitados por fêmeas de *T. galloi* na geração parental, classificando esse produto como prejudicial (classe 4 = > 99% de redução). *Allium sativum* foi o segundo óleo mais prejudicial ao parasitismo por fêmeas da geração parental de *T. galloi* e *C. guianensis* o terceiro, ambos ligeiramente nocivos (classe 2 = 30 a 79% de redução). *Azadirachta indica* causou pequena redução no parasitismo de *T. galloi*. Os demais óleos não afetaram esse parasitismo e, por isto, foram classificados como classe 1 (< 30% de redução). Nenhum dos óleos essenciais afetou o parasitismo de fêmeas da geração F₁ de *T. galloi* (Tabela 3).

Emergência de indivíduos da geração F₁ e F₂ com os óleos essenciais

A emergência de *T. galloi* na geração F₁, foi menor quando fêmeas da geração

parental foram expostas à ovos de *A. kuehniella* tratados com o óleo essencial de *A. sativum*. Esse óleo foi classificado como ligeiramente tóxicos (30 a 79% de redução). Na geração F₂, os óleos essenciais não reduziram a emergência de *T. galloi* (Tabela 4).

DISCUSSÃO

A menor longevidade de fêmeas de *T. galloi* (gerações parental e F₁) com o óleo essencial de *A. sativum* pode estar relacionada a uma mistura de monoterpenos, fenóis, sesquiterpenos (Jiang et al. 2009) e componentes organosulfurados (Chung et al. 2012), como o dialil dissulfeto (40%), dialil trissulfeto (30%), dialil sulfeto (8%), metil alil trissulfeto (10%) e metil alil dissulfeto (4%) desse óleo e que inibem a ação da enzima acetilcolinesterase (Singh et al. 2001; Prischmann et al. 2005). Esses compostos, presentes nos extratos de *A. sativum*, foram tóxicos à dípteros (Prowse et al. 2006), fêmeas de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) (Attia et al. 2012) e a adultos de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) e *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) (Huang et al. 2000). Porém, o efeito de componentes organosulfurados pode variar entre espécies e estágios de vida de insetos, dependendo do tamanho, taxa de percepção de vapores tóxicos, mecanismos de desintoxicação e componentes minoritários de *A. sativum* (Huang et al. 2000; Kimbaris et al. 2010).

Os efeitos subletais de *P. nigrum* sobre a longevidade de fêmeas da geração F₁ de *T. galloi*, provavelmente, se devem a moléculas bifuncionais de piperamidas (piperina, piperettine, tricostacine) com ação neurotóxica inibindo a mono-oxigenase, desativando enzimas de desintoxicação e causando a morte de insetos como relatada para *Musca domestica* Linnaeus, 1758 (Diptera: Mucidae), *Culex pipiens* Linnaeus, 1758 (Diptera: Culicidae), *Sitophilus oryzae* (Linnaeus) (Coleoptera, Curculionidae), *Anthonomus grandis* Boheman, 1843 (Coleoptera: Curculionidae), *Callosobruchus chinensis* Linnaeus, 1758 e *Zabrotes subfasciatus* (Bohemann, 1833) (Coleoptera:

Bruchidae) (Scott et al. 2002, 2003).

A não interferência dos óleos essenciais na razão sexual de *T. galloi* se deve à manutenção da qualidade do hospedeiro. Deformações, redução na qualidade de recursos nutricionais do hospedeiro e morte do embrião em ovos de insetos por produtos químicos podem modificar a razão sexual de insetos (Correia et al. 2013), os quais não foram observados em ovos de *A. kuehniella*. Como, apenas, o óleo essencial de *A. sativum* reduziu a emergência de espécimes da geração F₁ de *T. galloi*, isto comprova a baixa interferência dos óleos no desenvolvimento desse parasitoide em ovos do hospedeiro.

A redução ou inibição do parasitismo de ovos de *A. kuehniella* por fêmeas de *T. galloi* pelo óleo de *A. sativum* e *Z. officinale* se deve, principalmente, ao efeito repelente do mesmos. Compostos bioativos de *Z. officinale* como gingerol, gingerone e zingiberene e de *A. sativum* como methyl allyl dissulfeto, dialil trissulfeto e lectinas repeliram *E. kuehniella*, *T. castaneum* e *S. zeamais* e protegeram grãos armazenados por período superior a trinta dias (Huang et al. 2000; Houghton et al. 2006; Mikhael 2011). Zingiberene, presente em tricomas foliares de tomateiros, é responsável por altos níveis de resistência dessa planta ao ácaro *Tetranychus evansi* Baker and Pritchard, 1960 (Acari: Tetranychide) (Maluf et al. 2001), à mosca-branca *Bemisia argentifolii* Bellows & Perring, 1994 (Hemiptera: Aleyrodidae) (Freitas et al. 2002) e a *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) (Maluf et al. 2010) com ação repelente, anti-alimentar e anti-postura. Plantas transgênicas, expressando lectinas do alho, foram resistentes a *Spodoptera litura* (Fabricius, 1775) (Lepidoptera: Noctuidae) (Sadeghi et al. 2008) e *Myzus persicae* Sulzer, 1776 (Hemiptera: Aphididae) e cigarrinhas em folhas de tabaco (Bharathi et al. 2011) e *Aphis craccivora* Koch, 1854 (Hemiptera: Aphididae) em grãos ou plantas de arroz (Chakraborti et. 2009) com atividade anti-alimentar e anti-postura.

A menor taxa de parasitismo de *T. galloi* com o óleo essencial de *A. indica* e *C. guianensis* se deve principalmente a limonoides (2-5%) com efeito repelente, como andirobin, 6 α -acetoxiepoxiazadiradiona, 6 α -acetoxigedunina, 6 β -acetoxi gedunina, 11 β -acetoxigedunina, 6 α , 11 β -diacetoxigedunina, 6 β , 11 β -diacetoxigedunina, 6 α -hidroxigedunina, e 7-desacetoxi-7-oxogedunin e tetranortripenóides (Ambrozin et al. 2006). *Carapa guianensis* tem ação larvicida e repelente para *Aedes* sp. (Miot et al. 2004; Prophiro et al. 2012a,b) e à Phoridae em colônias de abelhas (Freire et al. 2006). Óleos de sementes de Nim (200 μ l/ml) a 10% reduziram o parasitismo por fêmeas de *Uscana lariophaga* (Steffan) (Hymenoptera: Trichogrammatidae), *Dinarmus basalis* (Rondani) (Hymenoptera: Pteromalidae) (Boeke et al. 2003) e deformaram ovos de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) mesmo nas menores concentrações, resultando em baixo parasitismo por fêmeas de *T. pretiosum* (Correia et al. 2013). Extratos de *Melia azedarach* L (Meliaceae) reduziram o parasitismo de *Bemisia argentifolii* Bellows & Perring (Hemiptera: Aleyrodidae) por *Eretmocerus rui* (Hymenoptera: Aphelinidae) (Hammad & McAuslane 2006). Entretanto, o extrato aquoso de Nim não reduziu a longevidade de fêmeas de *T. pretiosum*, *Trichogramma annulata* De Santis 1972 e *Trichogramma minutum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) (Lyons et al. 2003; Hohmann et al. 2010). De forma semelhante, produtos comerciais de azadiractina (Azamax[®], Organic neem[®], Natune em[®]) foram inócuos à longevidade de adultos de *T. pretiosum* (Almeida et al. 2010). Variações no efeito do *Azadirachta indica* estão relacionadas a formulação do produto, concentrações e tempo de aplicação desse óleo e a espécie do inseto (Hohmann et al. 2010).

A menor emergência de *T. galloi* com o óleo essencial de *A. sativum* se deve ao seu efeito ovicida e larvicida como relatado para *Earias vittella* (F.), *Dysdercus koenigii* (F.), *S. litura* e *Helicoverpa armigera* (Hubner). Compostos sulfetos desse óleo podem

interromper o desenvolvimento do embrião, alterar a sobrevivência e reduzir a eclosão de lagartas (Santos et al. 2012). Além disso, se difundem através da quitina e bloqueiam o processo de incubação e ruptura do córion dos ovos (Moreira et al. 2007), reduzindo a viabilidade daqueles de *Triatoma infestans* (Klug) (Hemiptera: Reduviidae) (Sainz et al. 2013), *Amblyomma cajennense* (Fabricius), *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Canestrini) (Acari: Ixodidae), *S. zeamais* e de *T. castaneum* (Rozman et al. 2007; Mendes et al. 2011; Cruz et al. 2013). Lectinas, moléculas proteicas de *A. sativum* agem em receptores bucais de larvas reduzindo a capacidade de detecção de alimentos, e, no interior do lúmen do intestino, interagem com diferentes proteínas causando distúrbios fisiológicos e a morte de insetos por inanição (Upadhyay and Singh 2012).

CONCLUSÕES

O óleo de *Z. officinale* não foi seletivo a *T. galloi* e o de *A. sativum* afetou a longevidade, capacidade de parasitismo e emergência desse parasitoide e, por isto devem ser recomendados, apenas, quando os protocolos de seletividade ecológica forem adotados. Os demais óleos essenciais apresentaram baixo impacto e são promissores para uso no Manejo Integrado de Pragas.

AGRADECIMENTOS

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

REFERÊNCIAS CITADAS

ALMEIDA, G. D., ZANUNCIO, J. C., PRATISSOLI, D., ANDRADE, G. S., CECON, P. R., AND SERRÃO, J. E. 2010. Effect of azadirachtin on the control of

- Anticarsia gemmatalis* and its impact on *Trichogramma pretiosum*.
Phytoparasitica 38: 413–419.
- ALMEIDA, G. D., ZANUNCIO, J. C., SENTHIL-NATHAN, S., PRATISSOLI, D.,
POLANCZYK, R. A., AZEVEDO, D. O., AND SERRÃO J. E. 2014.
Cytotoxicity in the midgut and fat body of *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera:
Geometridae) larvae exerted by neem seeds extract. Invertebr. S. J. 11: 79-86.
- AMBROZIN, A. R. P., LEITE, A. C., BUENO, F. C., VIEIRA, P. C., FERNADES, J.
B., BUENO, O. C., SILVA, M. F. G. F., PAGNOCCA, F. C., HEBLING, M. J.
A., AND BACCI, J. R. M. 2006. Limonoids from andiroba oil and *Cedrela*
fissilis and their insecticidal activity. J. Braz. Chem. Soc. 17: 542-547.
- ATTIA, S., GRISSA, K. L., MAILLEUX, A. C., LOGNAY, G., HEUSKIN, S.,
MAYOUFI, S., AND HANCE, T. 2012. Effective concentrations of garlic
distillate (*Allium sativum*) for the control of *Tetranychus urticae*
(Tetranychidae). J. Appl. Entomol. 136: 302–312.
- AYVAZ, A., KARASU, E., KARABORKLU, S., AND YILMAZ, S. 2008. Dispersal
ability and parasitization performance of egg parasitoid *Trichogramma*
evanescens Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in field and storage
conditions. Turk. J. Biol. 32: 1-7.
- BHARATHI, Y., VIJAYAKUMAR, S., PASALU, I. C., BALACHANDRAN, S. M.,
REDDY, V. D. AND RAO, K. V. 2011. Pyramided rice lines harbouring *Allium*
sativum (asal) and *Galanthus nivalis* (gna) lectin genes impart enhanced
resistance against major sap-sucking pests. J. Biotechnol. 152: 63–71.
- BOEKE, S. J., SINZOGAN, A. A. C., ALMEIDA, R. P., BOER, P. W. M., JEONG, G.,
KOSSOU, D. K., AND VAN LOOM, J. J. A. 2003. Side-effects of cowpea
treatment with botanical insecticides on two parasitoids of *Callosobruchus*
maculatus. Entomol. Exp. Appl. 108: 43-51.

- CARVALHO, G. A., GODOY, M. S., PARREIRA, D. S., LASMAR, O., SOUZA, J. R., AND MOSCARDINI, V. F. 2010. Selectivity of growth regulators and neonicotinoids for adults of *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Rev. Colomb. Entomol. 36: 195-201.
- CHAKRABORTI, D., SARKAR, A., MONDAL, H. A., AND DAS, S. 2009. Tissue specific expression of *Allium sativum* leaf agglutinin (ASAL) in important pulse crop chickpea (*Cicer arietinum* L.) to resist the phloem feeding *Aphis craccivora*. Transgenic Res. 18: 529–544.
- CHUNG, R. J., HORNG, R. L., CHUNG, Y. C., AND SOONG, Y. K. 2012. Effect of allyl sulfides from garlic essential oil on intracellular Ca^{2+} levels in renal tubular cells. J. Nat. Prod. 75: 2101–2107.
- CORREIA, A. A., WANDERLEY-TEIXEIRA, V., TEIXEIRA, A. A. C., OLIVEIRA, J. V., GONCALVES, G. G. A., CAVALCANTI, M. G. S., BRAYNER, F. A., AND ALVES, L. C. 2013. Microscopic analysis *Spodoptera frugiperda* (lepidoptera: noctuidae) embryonic development before and after treatment with azadirachtin, lufenuron, and deltamethrin. J. Econ. Entomol. 106: 747-755.
- CRUZ, E. M., COSTA-JUNIOR, L. M., PINTO, J. A., SANTOS, D. D., ARAUJO, S. A., ARRIGONI-BLANK, M. D., BACCI, L., ALVES, P. B., CAVALCANTI, S. C., AND BLANK, A. F. 2013. Acaricidal activity of *Lippia gracilis* essential oil and its major constituents on the tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. Vet. Parasitol. 47: 246–250.
- DAPKEVICIUS, A., VENSKUTONIS, R., VAN BEEK, T. A., AND LINSSEN, J. P. H. 1998. Antioxidant activity of extracts obtained by different isolation procedures from some aromatic herbs grown in Lithuania. J. Sci. Food Agr. 77: 140-146.
- FREIRE, D. C. B., BRITO-FILHA, C. R. C., AND CARVALHO-ZILSE, G. A. 2006.

- Efeito dos óleos vegetais de andiroba (*Carapa* sp.) e copaíba (*Copaifera* sp.) sobre forídeos, pragas de colméias (Diptera: Phoridae) na Amazônia Central. *Acta Amazon* 26: 365-368.
- FREITAS, J. A., MALUF, W. R., CARDOSO, M. G., GOMES, L. A. A., AND BEARZOTTI, E. 2002. Inheritance of foliar zingiberene contents and their relationship to trichome densities and whitefly resistance in tomatoes. *Euphytica* 127: 275-287.
- HAMMAD, E. A., AND MCAUSLANE, H. J. 2006. Effect of *Melia azedarach* L. extract on *Bemisia argentifolii* (Hemiptera: Aleyrodidae) and its Biocontrol Agent *Eretmocerus rui* (Hymenoptera: Aphelinidae). *Environ. Entomol.* 35: 740-745.
- HOHMANN, C. L., SILVA, F. A. C., AND DE NOVAES, T. G. 2010. Selectivity of Neem to *Trichogramma pretiosum* Riley and *Trichogrammatoidea annulata* De Santis (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Neotrop. Entomol.* 39: 985-990.
- HOU, M., WANG, F., WAN F., AND ZHANG, F. 2006. Parasitism of *Helicoverpa assulta* Guenée (Lepidoptera: Noctuidae) eggs by *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae): Implications for inundative release on tobacco plants. *Appl. Entomol. Zool.* 41: 577-584.
- HOUGHTON, P. J., REN, Y., AND HOWES, M. J. 2006. Acetylcholinesterase inhibitors from plants and fungi. *Nat. Prod. Rep.* 23: 383-388.
- HUANG, Y., CHEN, S. X. AND HO, S. H. 2000. Bioactivities of methyl allyl disulfide and diallyl trisulfide from essential oil of garlic to two species of stored product pests, *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). *J. Econ. Entomol.* 93: 537-543.
- ISMAN, M. B. 2006. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annu. Rev. Entomol.* 51: 45-66.

- JIANG, Z., AKTHAR, Y., BRADBURY, R., ZHANG, X., AND ISMAN, M. B. 2009. Comparative toxicity of essential oils of *Litsea pungens* and *Litsea cubeba* and blends of their major constituents against the cabbage looper, *Trichoplusia ni*. J. Agric. Food Chem. 57: 4833-4837.
- KIMBARIS, A. C., PAPACHRISTOS, D. P., MICHAELAKIS, A., MARTINO, A. F., AND POLISSIOU, M. G. 2010. Toxicity of plant essential oil vapours to aphid pests and their coccinellid predators. Biocontrol Sci. Tech. 20: 411–422.
- LYONS, D. B., HELSON, B. V., BOURCHIER, R. S., JONES, G. C., AND MCFARLANE, J. W. 2003. Effects of azadirachtin-based insecticides on the egg parasitoid *Trichogramma minutum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Can. Entomol. 135: 685-695.
- MAHDIAN, K., LEEUWEN, T. V., TIRRY, L., AND CLERCQ, P. 2007. Susceptibility of the predatory stinkbug *Picromerus bidens* to selected insecticides. BioControl 52: 765-774.
- MALUF, W. R., CAMPOS, G. A., AND CARDOSO, M. G. 2001. Relationships between trichome types and spider mite (*Tetranychus evansi*) repellence in tomatoes with respect to foliar zingiberene contents. Euphytica 121: 73–80.
- MALUF, W. R., SILVA, V. F., CARDOSO, M. G., GOMES, L. A. A., NETO, A. C. G., MACIEL, G. M. AND NIZIO, D. A. C. 2010. Resistance to the South American tomato pinworm *Tuta absoluta* in high acylsugar and/or high zingiberene tomato genotypes. Euphytica 176:113-123.
- MENDES, A. S., DAEMON, E., MONTEIRO, C. M. O., MATURANO, R., BRITO, F. C., AND MASSONI, T. 2011. Acaricidal activity of thymol on larvae and nymphs of *Amblyomma cajennense* (Acari: Ixodidae). Vet. Parasitol. 183: 136-139.
- MIKHAIEL, A. A. 2011. Potential of some volatile oils in protecting packages of

- irradiated wheat flour against *Ephestia kuehniella* and *Tribolium castaneum*. J. Stored Prod. Res. 47: 357-364.
- MIOT, H. A., BATISTELLA, R. F., BATISTA, K. A., VOLPATO, D. E. C., AUGUSTO, L. S., MADEIRA, N. G., HADDAD, V., AND MIOT, L. D. B. 2004 Comparative study of the tropical effectiveness of the andiroba oil (*Carapa guianensis*) and DEET 50% as repellent for *Aedes* sp. Rev. Inst. Med. Trop. SP 46, 253-256.
- MOREIRA, M. F., DOS SANTOS, A. S., MAROTTA, H. R., MANSUR, J. F., RAMOS, I. B., MACHADO, E. A., SOUZA, G. H., EBERLIN, M. N., KAISER, C. R., KRAMER, K. J., MUTHUKRISHNAN, S., AND VASCONCELLOS, A. M. 2007. A chitin-like component in *Aedes aegypti* eggshells, eggs and ovaries. Insect Biochem. Molec. Biol. 37: 1249-1261.
- MOREIRA, M. D., MARIA, S. C. F., BESERRA, E. B., TORRES, J. B. AND ALMEIDA, R. P. 2009. Parasitismo e superparasitismo de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em ovos de *Sitotroga cerealella* (Oliver) (Lepidoptera: Gelechiidae). Neotrop. Entomol. 38: 237- 242.
- MULLER, C., AND BRAKEFIELD, P.M. 2003. Analysis of a chemical defense in sawfly larvae: easy bleeding targets predatory wasps in late summer. J. Chem. Ecol. 29: 2683-2694.
- OLIVEIRA, H. N., ZANUNCIO, J. C., AND PEREIRA, F. F. 2011. *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) species as an agents of biological control of *Oxydia vesulia* (Lepidoptera: Geometridae). Rev. Colomb. Entomol 37: 238-239.
- PARRA, J. R. P., AND ZUCCHI, R. A. 2004. *Trichogramma* in Brazil: Feasibility of use after twenty years of research. Neotrop. Entomol. 33: 271-281.
- PINTO J. D. 2006. A review new world genera of Trichogrammatidae (Hymenoptera).

J. Hymenopt. Res 15: 38-163.

PRISCHAMANN, D. A., JAMES, D. G., WRIGHT, L. C., TENEYCK, R. D., AND SNYDER, W. E. 2005. Effects of chlopyrifos and sulphur on spider mites (Acari: Tetranychidae) and their natural enemies. Biol. Control. 33: 324-334.

PROPHIRO, J. S., SILVA, M. A. N., KANIS, L., NOGARED-ROCHA, L. C. B. P., DUQUE-LUNA, J. E., AND SILVA, O. S. 2012a. First report on susceptibility of wild *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) using *Carapa guianensis* (Meliaceae) and *Copaifera* sp. (Leguminosae). Parasitol. Res. 110: 699-705.

PROPHIRO, J. S., SILVA, M. A. N., KANIS, L., NOGARED-ROCHA, L. C. B. P., DUQUE-LUNA, J. E., AND SILVA, O. S. 2012b. Evaluation of time toxicity, residual effect, and growth-inhibiting property of *Carapa guianensis* and *Copaifera* sp. in *Aedes aegypti*. Parasitol. Res. 110: 713-719.

PROWSE, G. M., GALLOWAY, T. S., AND FOGGO, A. 2006. Insecticidal activity of garlic juice in two dipteran pests. Agr. Forest Entomol. 8: 1-6.

ROZMAN, V., KALINOVIC, I., AND KORUNIC, Z. 2007. Toxicity of naturally occurring compounds of Lamiaceae and Lauraceae to three stored-product insects. J. Stored Prod. Res. 43: 349-355.

SADEGHI, A., SMAGGHE, G., BROEDERS, S., HERNALSTEENS, J. P., DEGREVE, H., PEUMANS, W. J., AND VANDAMME, E. J. 2008. Ectopically expressed leaf and bulb lectins from garlic (*Allium sativum* L.) protect transgenic tobacco plants against cotton leafworm (*Spodoptera littoralis*). Transgenic Res. 17: 9-18.

SAINZ, P., SANZ, J., BURILLO, J., COLOMA, A. G., BAILÉN, M., AND MARTÍNEZ-DÍAZ, R. A. 2013. Essential oils for the control of reduviid insects. Phytochem. Rev. 11: 361-369.

SAMPAIO, I. B. M. 2002. Estatística aplicada à experimentação animal. 2ª.ed. Belo

Horizonte: Fundação de Estudo e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia, 265p.

- SANTOS, N. D. L., MOURA, K. S., NAPOLEÃO, T. H., SANTOS, G. K. N., COELHO, L. C. B. B., NAVARRO, D. M. A. F., AND PAIVA, P. M. G. 2012. Oviposition-stimulant and ovicidal activities of *Moringa oleifera* lectin on *Aedes aegypti*. PLoS ONE 7: 44840.
- SCOTT, I. M., PUNIANI, E., DURST, T., PHELPS, D., MERALI, S., ASSABGUI, R. A., SANCHEZ-VINDAS, P., POVEDA, L., PHILOGENE, B. J. R., AND ARNASON, J. T. 2002. Insecticidal activity of *Piper tuberculatum* Jacq. extracts: synergistic interaction of piperamides. Agr. Forest Entomol. 4: 137-144.
- SCOTT, I. M., JENSEN, H., SCOTT, J. G., ISMAN, M. B., ARNASON, J. T., AND PHILOGENE, B. J. R. 2003. Botanical insecticides for controlling agricultural pests: piperamides and the Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera: Chrysomelidae). Arch. Insect Biochem. Physiol. 54: 212-225.
- SINGH, U. P., PRITHIVIRAJ, B., SARMA, B. K., SINGH, M., AND RAY, A. B., 2001. Role of garlic (*Allium sativum* L.) in human and plant diseases. Indian J. Exp. Biol. 39: 310–322.
- SOARES, M. A., LEITE, G. L. D., ZANUNCIO, J. C., ROCHA, S. L., SÁ, V. G. M., AND SERRÃO, J. E. 2007. Flight capacity, parasitism and emergence of six *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) species from reforested areas with eucalyptus in Brazil. Phytoparasitica 35: 314-318.
- TAVARES, W. S., CRUZ, I., PETACCI, F., ASSIS JÚNIOR, S. L., FREITAS, S. S., ZANUNCIO, J. C., AND SERRÃO, J. E. 2009. Potential use of Asteraceae extracts to control *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and selectivity to their parasitoids *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera:

- Trichogrammatidae) and *Telenomus remus* (Hymenoptera: Scelionidae). Ind. Crop Prod. 30: 384-388.
- TAVARES, W. S., CRUZ, I., PETACCI, F., FREITAS, S. S., SERRÃO, J. E., AND ZANUNCIO, J. C. 2011. Insecticide activity of piperine: Toxicity to eggs of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Pyralidae) and phytotoxicity on several vegetables. J .Med. Plant. Res. 5: 5301-5306.
- TAVARES, W. S., FREITAS, S. S., GRAZZIOTTI, G. H., PARENTE, L. M. L., LIÃO, L. M., AND ZANUNCIO, J. C. 2013. *Ar*-turmerone from *Curcuma longa* (Zingiberaceae) rhizomes and effects on *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) and *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). Ind. Crop Prod. 46: 158-164.
- UPADHYA, Y. S. K., AND SINGH, P. K. 2012. Receptors of garlic (*Allium sativum*) lectins and their role in insecticidal action. Protein J. 31: 439-446.
- VIANNA, U. R., PRATISSOLI, D., ZANUNCIO, J. C., LIMA, E. R., BRUNNER, J., PEREIRA, F. F., AND SERRÃO, J. E. 2009. Insecticide toxicity to *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) females and effects on descendant generation. Ecotoxicology 18: 180-186.

Tabela 1. Nome científico (NCIENT.), ingrediente ativo (i.a) ou componente majoritário (Comp. Maj.), e CL50 (µl/ml) nos testes com ovos de *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae) em laboratório

NCIENT.	Comp. Maj. (%)	CL ₅₀ (µL/mL)
<i>Allium sativum</i>	Dialil dissulfeto (40%), Dialil trissulfeto (30%), Dialil sulfeto (8%), metil alil dissulfeto (4%) e metil alil trissulfeto (10%)	0,06 (0,079 - 0,16)
<i>Carapa guianensis</i>	Limmonoids (2-5%), como andirobin, 6α-acetoxiepoxiazadiradiona, 6α-acetoxigedunina, 6β-acetoxigedunina, 11β-acetoxigedunina, 6α, 11β-diacetoxigedunina, 6β, 11β-diacetoxigedunina, 6α-hidroxigedunina, e 7-desacetoxi-7-oxogedunin	16,33 (13,90 - 19,01)
<i>Syzygium aromarticum</i>	Eugenol (92,3%) e β-cariofileno (5,50%)	1,88 (0,36 - 4,44)
<i>Zingiber officinale</i>	Zingibereno (33%), beta-sesquifelandreno (12%), β-bisaboleno (10%), canfeno (8%), mirceno (7%)	54,79 (39,21 - 80,33)
<i>Citrus sinensis</i>	Limoneno (95,48%), mirceno (2,10%)	14,91 (12,14-17,9)
<i>Mentha piperita</i>	Mentol (55%), mentona (25%), acetato de metilo (10%)	4,18 (2,05 - 5,70)
<i>Origanum vulgare</i>	Carvacrol (70%), p-cimeno (15%), timol (4,3%)	16,54 (13,52-20,09)
<i>Piper nigrum</i>	α- Pineno (30%), cariofileno (30%), limoneno (10%), e-nerolidol (6%)	40,21 (32,85-64,75)
<i>Thymus vulgaris</i>	Timol (50%), p-cimeno (40%), linalool (6,0%)	2,05 (0,27-3,27)
<i>Azadirachta indica</i>	Azadirachitina	0,17 (0,07 - 0,80)

Tabela 2. Longevidade (dias) (média $\pm$ EP) de fêmeas e razão sexual (RS) de *Trichogramma galloi* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) nas gerações parental e F₁ em ovos de *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) tratados com óleos essenciais

Tratamento	Geração Parental		Geração F ₁	
	Long. ¹	RS ¹	Long.	RS
Testemunha	8,56 $\pm$ 0,85a	0,67 $\pm$ 0,04a	9,83 $\pm$ 0,67a	0,64 $\pm$ 0,06a
<i>Allium sativum</i>	4,72 $\pm$ 0,63b	0,50 $\pm$ 0,07a	5,89 $\pm$ 0,77c	0,61 $\pm$ 0,05a
<i>Carapa guianensis</i>	5,28 $\pm$ 0,77ab	0,59 $\pm$ 0,07a	8,44 $\pm$ 0,64ab	0,64 $\pm$ 0,08a
<i>Citrus sinensis</i>	7,22 $\pm$ 0,93ab	0,47 $\pm$ 0,09a	7,67 $\pm$ 0,49bc	0,62 $\pm$ 0,06a
<i>Mentha piperita</i>	6,05 $\pm$ 0,89ab	0,49 $\pm$ 0,07a	6,28 $\pm$ 0,56bc	0,46 $\pm$ 0,08a
<i>Azadirachta indica</i>	5,61 $\pm$ 0,74ab	0,48 $\pm$ 0,08a	6,72 $\pm$ 0,64bc	0,58 $\pm$ 0,07a
<i>Origanum vulgare</i>	7,33 $\pm$ 0,91ab	0,52 $\pm$ 0,07a	6,55 $\pm$ 0,57bc	0,58 $\pm$ 0,05a
<i>Piper nigrum</i>	6,89 $\pm$ 0,66ab	0,42 $\pm$ 0,09a	5,61 $\pm$ 0,37c	0,57 $\pm$ 0,07a
<i>Syzygium aromaticum</i>	7,89 $\pm$ 0,60ab	0,34 $\pm$ 0,09a	8,61 $\pm$ 0,47ab	0,65 $\pm$ 0,04a
<i>Thymus vulgare</i>	7,89 $\pm$ 0,72ab	0,54 $\pm$ 0,09a	6,50 $\pm$ 0,89bc	0,41 $\pm$ 0,09a
<i>Zingiber officinale</i>	7,00 $\pm$ 0,60ab	--	--	--
CV%	50,73	66,12	58,20	45,43

¹Médias seguidas de mesma letra por coluna não diferem pelo teste de Student Newman Keuls (p>0,05).

Tabela 3. Número de ovos parasitados (EP±), redução (%) e classificação (IOBC) das fêmeas da geração parental e F₁ de *Trichogramma galloi* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) expostos a ovos de *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) tratados com óleos essenciais.

Tratamento	Geração Parental			Geração F ₁		
	Média ¹	Redução	Clas. ²	Média ¹	Redução	Clas. ²
Testemunha	24,78±2,06ab	--	--	32,11±1,10a	--	--
<i>Allium sativum</i>	10,55±1,99d	57,4	2	27,72±2,40a	13,5	1
<i>Carapa guianensis</i>	14,11±2,15cd	43,0	2	30,22±2,47a	6,2	1
<i>Citrus sinensis</i>	20,78±2,37abc	16,1	1	32,33±1,77a	0,0	1
<i>Mentha piperita</i>	21,11±2,38abc	14,8	1	30,11±1,68a	6,1	1
<i>Azadirachta indica</i>	17,83±2,50bc	28,0	1	28,78±3,19a	12,0	1
<i>Origanum vulgare</i>	24,11±1,32ab	2,7	1	33,00±1,36a	0,0	1
<i>Piper nigrum</i>	25,22±2,42ab	0,0	1	32,39±2,67a	0,0	1
<i>Syzygium aromaticum</i>	24,61±2,09ab	0,7	1	34,55±2,44a	0,0	1
<i>Thymus vulgare</i>	28,78±2,61a	0,0	1	27,67±2,42a	13,7	1
<i>Zingiber officinale</i>	0,00±0,00e	100,0	4	--	--	--
CV(%)	67,30			52,65		

¹Médias seguidas de mesma letra por coluna não diferem pelo teste de Student Newman Keuls (p>0,05). ²Índice de toxicidade estabelecido pela IOBC/WPRS (1999), em que: classe 1= inócuo; classe 2= ligeiramente nocivo; classe 3= moderadamente nocivo; classe 4= prejudicial.

Tabela 4. Porcentagem e redução (%) da emergência (EP±) de espécimes da geração F₁ e F₂ de fêmeas de *Trichogramma galloi* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) expostas a ovos de *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) tratados com óleos essenciais e classificação (IOBC) (Clas.) dos mesmos

Tratamento	Geração F ₁			Geração F ₂		
	Média ¹	Redução	Clas. ²	Média ¹	Redução	Clas. ²
Testemunha	93,25±5,55a	--	--	98,78±0,53a	--	--
<i>Allium sativum</i>	62,68±10,81b	32,8	2	88,50±7,31a	10,4	1
<i>Carapa guianensis</i>	77,40±8,59a	17,0	1	89,02±5,45a	9,9	1
<i>Citrus sinensis</i>	79,47±7,02a	14,8	1	92,51±1,37a	6,3	1
<i>Mentha piperita</i>	81,78±7,57a	12,3	1	96,45±1,15a	2,4	1
<i>Azadirachta indica</i>	79,69±8,78a	14,6	1	81,50±7,43a	17,5	1
<i>Origanum vulgare</i>	91,36±2,26a	2,0	1	95,38±1,74a	3,4	1
<i>Piper nigrum</i>	81,33±7,34a	12,8	1	92,52±5,49a	6,3	1
<i>Syzygium aromaticum</i>	87,93±5,49a	5,7	1	92,21±7,55a	6,7	1
<i>Thymus vulgare</i>	87,81±5,54a	5,8	1	95,08±2,19a	3,7	1
<i>Zingiber officinale</i>	--	--	--	--	--	--
CV(%)	51,31			45,49		

¹Médias seguidas de mesma letra por coluna não diferem pelo teste de Student Newman Keuls (p>0,05). ²Índice de toxicidade estabelecido pela IOBC/WPRS (1999), em que: classe 1= inócuo; classe 2= ligeiramente nocivo; classe 3= moderadamente nocivo; classe 4= prejudicial.

3º ARTIGO

**ÓLEOS ESSENCIAIS PODEM AFETAR OS ESTÁGIOS IMATUROS DE
Trichogramma pretiosum (HYMENOPTERA: TRICHOGRAMMATIDAE)?**

Óleos essenciais podem afetar os estágios imaturos de *Trichogramma pretiosum*
(Hymenoptera: Trichogrammatidae)?

RESUMO Óleos essenciais representam uma alternativa sustentável a inseticidas químicos sintéticos para o manejo de pragas por poderem apresentar baixo risco ao meio ambiente e a saúde humana. No entanto, o impacto desses óleos em insetos benéficos é pouco estudado. Este estudo avaliou o efeito de óleos de *Allium sativum*, *Carapa guianensis*, *Citrus sinensis*, *Mentha piperita*, *Azadirachta indica*, *Origanum vulgare*, *Piper nigrum*, *Syzygium aromarticum*, *Thymus vulgaris* e de *Zingiber officinale* aplicados nos estágios iniciais de imaturos do parasitoide *Trichogramma pretiosum* (Riley, 1879) (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em laboratório. *Carapa guianensis*, *O. vulgare* e *Z. officinale* foram ligeiramente nocivos (classe 2 – 30 a 79%) a emergência da geração F₁ de *T. pretiosum* quando aplicados no estágio de ovo-larva e pré-pupa e *M. piperita* e *A. indica* a da geração F₂ no estágio de ovo-larva desse parasitoide. A longevidade de fêmeas de *T. pretiosum* na geração F₁ foi menor com todos os óleos essenciais aplicados no estágio de ovo-larva e com os de *T. vulgare* e *Z. officinale* no de pupa. *Carapa guianensis* foi ligeiramente nocivo (classe 2 – 30 a 79%) ao parasitismo da geração F₁ de *T. pretiosum* no estágio de ovo-larva e pré-pupa e *O. vulgare* ao parasitismo da geração F₁ no estágio de pré-pupa. Os óleos essenciais não afetaram a razão sexual de *T. pretiosum* das gerações F₁ e F₂. Os óleos de *C. guianensis*, *M. piperita*, *Nim*, *O. vulgare* e *Z. officinale* apresentaram leve efeito tóxico aos estágios imaturos de *T. pretiosum* e, por isto, seu uso deve seguir os padrões da seletividade ecológica. Os demais óleos essenciais podem ser indicados para o MIP, pois não apresentaram toxicidade ao parasitoide *T. pretiosum*.

PALAVRAS-CHAVE: Controle biológico, óleos de plantas, parasitoides de ovos, seletividade

INTRODUÇÃO

Plantas produzem metabólitos secundários com propriedades inseticidas como defesa química contra insetos herbívoros (Jiang et al. 2009; Akhtar et al. 2010), com efeitos subletais na oviposição, atividade alimentar (Akhtar et al. 2010; Alzogaray et al. 2011), repelência (Isman 2006) e atração de inimigos naturais (Hilker & Meiners 2006; Usha Rani & Lakshminarayana 2008).

Óleos essenciais são misturas complexas dos metabólitos secundários constituídos por monoterpenos e sesquiterpenos e compostos oxigenados (álcoois, éteres, aldeídos, cetonas, lactonas e fenóis) (Nerio et al. 2009) e obtidos de sementes, caules, folhas e flores (Santuriu et al. 2007; Nerio et al. 2010).

Hidrocarbonetos monoterpenos como alfa-pineno, beta-pineno, limoneno, monoterpeno e terpineno e oxigenados como carvacrol, 1,8 cineol, eugenol, fenchone, linaloon, menthone, terpineol e timol têm mostrado eficiência contra Diptera, Coleoptera, Lepidoptera e Hemiptera (Chang et al. 2009; Mann et al. 2009; Kaufman et al. 2010; Petacci et al. 2012).

Na Europa e Estados óleos essenciais são registrados para o controle de pragas Unidos, incluem o timol para duas espécies de ácaros parasitas de abelha (*Apis mellifera*) (Rice et al. 2002) e o eugenol, ingrediente ativo de largo espectro inseticida (EcoPCO ® D) (Wilson & Isman 2006). Os óleos essenciais de cravo, tomilho e canela estão isentos das exigências de toxicidade da Agência de Proteção Ambiental dos EUA e listados como seguros pela FDA dos Estados Unidos da América (2004).

Parasitoides do gênero *Trichogramma* estão entre os agentes de controle biológico mais importantes no mundo e utilizados em mais de 50 países contra pragas no milho, cana-de-açúcar, algodão, vegetais, frutas e florestais (Oliveira et al. 2011; Pratisoli et al. 2005; Soares et al. 2007). No Brasil, *Trichogramma pretiosum* Riley 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) é a espécie mais abundante (Parra & Zuchi

2004; Rodrigues et al. 2011; Altoé et al. 2012). No entanto, sua eficácia depende da utilização de inseticidas e produtos naturais que não interfiram no parasitismo e no crescimento populacional desse parasitoide.

Óleos essenciais podem ser sequestrados por herbívoros especialistas impactando o terceiro nível trófico (Bridges et al. 2002; Muller & Brakefield 2003). A longevidade e o parasitismo de fêmeas de *Dinarmus basalis* (Rondani, 1877) (Hymenoptera: Pteromalidae) foram menores com óleos essenciais de *Cymbopogon nardus* (L.), *Cymbopogon schoenanthus* (L.) e *Ocimum basilicum* (Ketho et al. 2002) e a emergência de *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 e *Telenomus remus* Nixon, 1937 (Hymenoptera: Scelionidae) de ovos de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) com extratos de Asteraceae (Tavares et al. 2009).

O objetivo desse trabalho foi avaliar a toxicidade de óleos essenciais quando aplicados sobre os estágios imaturos de *T. pretiosum* em laboratório.

MATERIAL E METODOS

Local de condução dos experimentos

O trabalho foi realizado no Laboratório de Controle Biológico de Insetos (LCBI) do Instituto de Biotecnologia Aplicada à Agropecuária (BIOAGRO) da Universidade Federal de Viçosa (UFV) em Viçosa, Estado de Minas Gerais, Brasil a $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h. Fêmeas de *T. pretiosum* foram obtidas da criação massal do LCBI. O óleo essencial de *Carapa guianensis* foi obtido da EMBRAPA Amazônia Oriental (CPATU) em Belém, Pará, Brasil. Os óleos essenciais de *Allium sativum*, *Azadirachta indica*, *Citrus sinensis*, *Mentha piperita*, *Origanum vulgare*, *Piper nigrum*, *Syzygium aromarticum*, *Thymus vulgaris* e *Zingiber officinale* foram adquiridos da empresa Viessence Comércio de Produtos Naturais Ltda. (Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil) extraídos em escala industrial por hidrodestilação e

arraste de vapor de água (Dapkevicius et al. 1998).

Doses e concentrações dos óleos essenciais

A CL₅₀ dos óleos foi obtida em teste piloto (Tabela 1) com ovos de *A. gemmatilis* de até 48 horas de idade colados em cartelas de papel (15 x 5 cm) e expostos a 50 µL de cada óleo ou etanol (testemunha) aplicados com micropipeta de precisão nas concentrações de óleo:etanol 1, 5, 10, 15 e 20% (v/v) (testadas até a mortalidade entre 0 a 100%).

Bioensaios

Fêmeas recém-emergidas de *T. pretiosum* foram individualizadas em tubos de vidro (8cm de altura x 2cm de diâmetro) com gotículas de mel na parede interior e fechados com película de cloreto de polivinila (PVC). Ovos ($\pm$ 125) de *Anagasta kuehniella* (Zeller 1879) (Lepidoptera: Pyralidae), colados em uma tira de papel (5cm de comprimento x 0,5 cm de largura) com 50% de goma arábica diluído em água destilada, foram expostos às fêmeas por 24h. Os ovos de *A. kuehniella* supostamente parasitados (parasitoides nos estádios de ovo-larva, pré-pupa e pupa; 0-24 h, 72-96 h, e 168-192 h depois do parasitismo, respectivamente) foram imersos em soluções de óleos essenciais ou de etanol (testemunha) durante 5 s, secos à temperatura ambiente por 30 min para evaporação do solvente (Tavares et al. 2009; Carvalho et al. 2010) e colocados em câmara climatizada até a geração F₁. Quinhentas e noventa e quatro fêmeas recém-emergidas foram individualizadas em tubos de vidro com gotículas de mel na parede interior e expostas a cartela de papel (5 cm de comprimento x 0,5 cm de largura) com cerca de 125 ovos de *A. kuehniella* durante 24h. Após esse período, essas fêmeas foram mantidas no interior dos tubos de vidro (8 cm de altura x 2 cm de diâmetro) e as tiras de papel com os ovos transferidas para novos recipientes em câmara climatizada até a geração F₂.

A emergência, capacidade de parasitismo e razão sexual de fêmeas da geração

F₁ e F₂ e a longevidade daquelas da F₁ foram avaliados.

A toxicidade dos óleos foi classificada de acordo com a redução da porcentagem de emergência e do parasitismo de espécimes das gerações F₁ e F₂: 1= inócuo (redução <30%), 2= ligeiramente nocivo (30-79% de redução), 3= moderadamente nocivo (80-99% de redução), e 4= (redução >99%), como recomendado pela “Organização Internacional para o Controle Biológico e Integrado de Animais e Plantas Nocivas” (IOBC) (Sterk et al. 1999). A redução do parasitismo e da emergência foi calculada com a equação: % de redução= 100 - média [(% geral do tratamento com a média inseticida /% geral do tratamento de controle) x 100] (Carvalho et al. 2010).

Análise estatística

Cada tratamento (*A. indica*, *A. sativum*, *C. guianensis*, *C. sinensis*, *M. piperita*, *O. vulgare*, *P. nigrum*, *S. aromaticum*, *T. vulgare*, *Z. officinale* e o controle), teve 18 repetições (um parasitoide fêmea + uma cartela com ovos do hospedeiro parasitado/por tubo). Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Student Newman Keuls a 5% de significância (Sampaio 2002).

RESULTADOS

Emergência de parasitoides em F₁ e F₂

A imersão de ovos do hospedeiro *A. kuehniella* com *T. pretiosum* no estágio de ovo-larva nos óleos essenciais não afetou a emergência desse parasitoide na geração F₁ (Tabela 2).

Óleos essenciais de *C. guianensis*, *O. vulgare* e *Z. officinale* aplicados em ovos de *A. kuehniella* contendo imaturos de *T. pretiosum* nos estágios de pré-pupa e pupa reduziram a emergência da geração F₁ desse parasitoide em mais de 30% (classe 2) (Tabela 2).

Mentha piperita e *A. indica* reduziram a emergência da geração F_2 de *T. pretiosum*, sendo enquadrados na classe 2 (30 a 79% de redução), quando o parasitoide se encontrava no estágio de ovo-larva nos ovos de *A. kuehniella*. Os demais óleos essenciais não afetaram a emergência de *T. pretiosum* quando aplicados durante os estágios imaturos desse inimigo natural (Tabela 2).

Longevidade de fêmeas da geração F_1

Os óleos essenciais, aplicados nos ovos de *A. kuehniella* com o parasitoide no estágio de ovo-larva, reduziram a longevidade de fêmeas de *T. pretiosum* da geração F_1 . No entanto, a longevidade dessas fêmeas não foi afetada em ovos de *A. kuehniella* expostos aos óleos essenciais com os parasitoides no estágio de pré-pupa (Tabela 3). Os óleos essenciais de *T. vulgare* e *Z. officinale* reduziram a longevidade de fêmeas da geração F_1 de *T. pretiosum* em ovos de *A. kuehniella* com o parasitoide no estágio de pupa, especialmente, aqueles tratados com o controle e com óleo de *A. sativum* (Tabela 3).

Parasitismo de fêmeas das gerações F_1 e F_2

O parasitismo por fêmeas da geração F_1 de *T. pretiosum* foi reduzido em mais de 30% (classe 2) com a aplicação dos óleos de *C. guianensis* e de *O. vulgare* em ovos de *A. kuehniella* com o parasitoide nos estágios de ovo-larva e pré-pupa e de fêmeas da geração F_1 . Os óleos essenciais não afetaram o parasitismo de fêmeas da geração F_1 no estágio de pupa e daquelas da geração F_2 nos estágios de ovo-larva, pré-pupa e pupa (Tabela 4).

Razão sexual nas gerações F_1 e F_2

A razão sexual de *T. pretiosum* nas gerações F_1 e F_2 foi semelhante com todos os óleos essenciais aplicados em ovos de *A. kuehniella* com o parasitoide nos estágios de ovo-larva e pré-pupa (Tabela 5).

DISCUSSÃO

A menor emergência de espécimes de *T. pretiosum*, na geração F₁ de ovos de *A. kuehniella*, com o parasitoide nas fases de pré-pupa e pupa, tratados com óleos essenciais de *C. guianensis*, *O. vulgare* e *Z. officinale* concorda com a alta mortalidade e má formação de larvas, ninfas maduras e pupas de *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762), *Aedes albopictus* (Skuse, 1894) (Diptera: Culicidae), *Ephestia kuehniella* (Guenée, 1845) (Lepidoptera: Pyralidae), *Nezara viridula* (Linnaeus, 1758) (Hemiptera: Pentatomidae) e *Spilosoma obliqua* (Walker, 1855) (Lepidoptera: Arctiidae) (Silva et al. 2006; Prophiro et al. 2011; González et al. 2011) com exposição de *C. guianensis*, *O. vulgare* e *T. vulgare*. A redução de emergência de *T. pretiosum* pode ser devido a ação reguladora de crescimento de compostos como 6a-acetoxiepoxiazadiradiona, 6a-acetoxigedunina, 6b-acetoxi gedunina, 11b-acetoxigedunina, 6a,11b-diacetoxigedunina, 6b,11b-diacetoxigedunina, 6a-hidroxigedunina, e 7-desacetoxi-7-oxogedunin presentes em *C. guianensis* (Ambrozin et al. 2006), carvacrol e *p*-cymene em *O. vulgare* (Khalfi et al. 2008) e dehydrozingerone, dehydroshogaol e a mistura de zingerone e dihydrozingerone em *Z. officinale* (Agarwal et al. 2001), esses compostos agem no sistema nervoso causando movimentos involuntários, convulsões seguidos por paralisia e morte pela inibição da enzima acetilcolinesterase ou interferindo no ácido gama-aminobutírico (GABA) (Agarwal et al. 2001; González et al. 2011).

O efeito sub-letal dos óleos de *M. piperita* e *A. indica* na geração F₂ de *T. pretiosum* oriundas de ovos do hospedeiro tratado com esses compostos, reforça o efeito de reguladores de crescimento agindo no período de desenvolvimento, crescimento e emergência de adultos desse inimigo natural (Regnault-Roger et al. 2004; Malik et al. 2007; Tavares et al. 2010). Isto foi relatado para a maior duração dos ínstar e do período pupal de *A. gemmatilis* e *T. pretiosum* por inibição da muda, anormalidades morfológicas e mortalidade, especialmente durante a muda (Almeida et al. 2010, 2014;

Mourão et al. 2014). Voláteis desses óleos, podem reduzir a emergência devido a toxicidade de vapores que se difundem em ovos, afetando processos vitais associados ao desenvolvimento embrionário (Papachristos & Stamopoulos 2004). O óleo de *M. piperita*, aplicado em larvas, impediu a emergência de *Callosobruchus chinensis* (Linnaeus, 1758) (Coleoptera: Bruchidae) e de *Musca domestica* Linnaeu, 1758 (Diptera: Mucidae) (Kumar et al. 2011) e reduziu em 32% a emergência de *Acanthoscelides obtectus* (Say, 1831) (Coleoptera: Bruchidae) (Regnault-Roger & Hamraoui 1993). O extrato aquoso de Nim a 10% de concentração, aplicado em ovos de *A. kuehniella* reduziu em 48% a emergência de *T. pretiosum* e o formulações de Neemazal reduziram em 33,76 e 73,30 % a emergência de *Trichogramma cacoeciae* Marchal, 1927 (Hymenoptera: Trichogrammatidae), em ovos de *Cydia pomonella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Tortricidae) e *Sitotroga cerealella* (Olivier, 1789) (Lepidoptera: Gelechiidae) (Gonçalves-Gervázio & Vendramim 2004; Saber et al. 2004).

A menor longevidade de fêmeas da geração F₁ de *T. pretiosum* de ovos de *A. kuehniella* com todos os óleos essenciais no estágio de ovo-larva e com *Z. officinale* no de pupa mostram, também, efeitos sub-letais sobre esse parasitoide. Os parasitoides estão mais protegidos dentro do hospedeiro (Raguraman & Singh 1999; Gonçalves-Gervásio & Vendramin 2004), mas os óleos essenciais podem penetrar no ovo e nos estágios imaturos pelo tegumento ou serem ingeridos pelo embrião do parasitoide (Desneux et al. 2006). O óleos não impediram que *T. pretiosum* completasse o ciclo, mas reduziu a longevidade de suas fêmeas como observado para *A. aegypti* (Prophiro et al. 2011), *Spodoptera litura* (Fabricius, 1775) (Lepidoptera: Noctuidae) (Packiam & Ignamuthu 2012), *Sitophilus zeamais* Motschulsky 1885 (Coleoptera: Curculionidae) e *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797) (Coleoptera: Tenebrionidae) (Huang et al. 2000). O efeito subletal pode ser devido aos terpenoides e sulfetos desses óleos agindo no

sistema nervoso inibindo a acetilcolinesterase, o sistema neuromuscular ou causando deformações nos estágios imaturos (Agarwal et al. 2001; Kumar et al. 2012; Prophiro et al. 2012). *Azadirachtina*, um tetraterpenoide componente majoritário do óleo de Nim, pode não matar imediatamente os insetos, mas aumenta os períodos larval e ninfal, provoca má formação em adultos e, conseqüentemente, reduz a longevidade dos mesmos (Morgan 2009).

A redução no parasitismo de fêmeas da geração F₁ de *T. pretiosum* de ovos de *A. kuehniella* expostos aos óleos essenciais de *C. guianensis* e *O. vulgare* confirma efeitos sub-letais na emergência e longevidades dessas fêmeas com esses óleos. Substâncias de óleos essenciais e inseticidas afetam os estágios imaturos (Regnault-Roger et al. 2004; Malik et al. 2007) causa má-formação em adultos (Shaalán et al. 2005; Kumar et al. 2011) e reduz a fecundidade de insetos como observado para *T. pretiosum* (Consoli et al. 1998), *Hyposoter didymator* (Thunberg 1824) (Hymenoptera: Ichneumonidae) (Schneider et al. 2004), *M. domestica* (Pavela et al. 2007) e *Rhynocoris kumarii* Ambrose & Livingstone, 1986 (Hemiptera: Reduviidae) (George & Ambrose 2004). Óleos essenciais e inseticidas podem competir com receptores de ecdiesteroides desorganizando a reprodução (vitelogênese, ovulação e espermatogênese). Além disso, podem causar anormalidades nos testículos e ovários nas células espermáticas do epitélio e vacuolização folicular defeituosa do germário nos ovários, reduzindo a capacidade das fêmeas de produzir descendentes (Schneider et al. 2004).

A razão sexual de *T. pretiosum* nas gerações F₁ e F₂ acima de 0,5 é aceitável para programas de controle biológico (Vianna et al. 2009; Altoé et al. 2012), comprovando a não interferência dos óleos nesse aspecto biológico. Efeitos na razão sexual estão relacionados à deformação do ovário durante a metamorfose ou à menor qualidade do hospedeiro (George & Ambrose 2004; Schneider et al. 2004; Correia et al 2013).

CONCLUSÕES

Óleos essenciais de *C. guianensis*, *O. vulgare* e *Z. officinale* foram mais prejudiciais a emergência, longevidade e parasitismo de *T. pretiosum* tratados em seus estágios imaturos.

Mentha piperita e *A. indica* reduziram a emergência da geração F₂ em mais de 30%, mas os óleos essenciais de *A. sativum*, *S. aromaticum*, *C. sinensis* e *T. vulgare* apresentaram baixo impacto sobre *T. pretiosum* tratados em seus estágios imaturos, por isto, podem ser indicados para programas de Manejo Integrado de Pragas.

AGRADECIMENTOS

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

REFERÊNCIAS CITADAS

- AGARWAL, M., WALIA, S., DHINGRA, S. AND KHAMBAY, B. P. S. 2001. Insect growth inhibition, antifeedant and antifungal activity of compounds isolated/derived from *Zingiber officinale* Roscoe (ginger) rhizomes. Pest Manag. Sci. 57:289-300.
- AKHTAR, Y., YANG, Y., ISMAN, M. B., AND PLETTNER E. 2010. Dialkoxybenzene and dialkoxy-allylbenzene feeding and oviposition deterrents against the cabbage looper, *Trichoplusia ni*: potential insect behavior control agents. J. Agr. Food Chem. 58: 4983-4991.
- ALMEIDA, G. D., ZANUNCIO, J. C., PRATISSOLI, D., ANDRADE, G. S., CECON, P. R., AND SERRÃO J. E. 2010. Effect of azadirachtin on the control of *Anticarsia gemmatilis* and its impact on *Trichogramma pretiosum*.

- ALMEIDA, G. D., ZANUNCIO, J. C., SENTHIL-NATHAN, S., PRATISSOLI, D., POLANCZYK, R. A., AZEVEDO, D. O., AND SERRÃO J. E. 2014. Cytotoxicity in the midgut and fat body of *Anticarsia gemmatilis* (Lepidoptera: Geometridae) larvae exerted by neem seeds extract. *Invertebr. S. J.* 11: 79-86.
- ALZOGARAY, R. A., LUCIA, A., ZEBRA, E. N., AND MASUH, H. M. 2011. Insecticidal activity of essential oils from eleven *Eucalyptus* spp. and two hybrids: lethal and sublethal effects of their major components on *Blattella germanica*. *J. Econ. Entomol.* 104: 595-600.
- AMBROZIN, A. R. P., LEITE, A. C., BUENO, F. C., VIEIRA, P. C., FERNADES, J. B., BUENO, O. C., SILVA, M. F. G. F., PAGNOCCA, F. C., HEBLING, M. J. A., AND BACCI Jr, M. 2006. Limonoids from andiroba oil and *Cedrela fissilis* and their insecticidal activity. *J. Brazil Chem. Soc.* 17: 542-547.
- ALTOÉ, T. S., PRATISSOLI, D., CARVALHO, J. R., JUNIOR, H. J. G. S., PAES, J. P. P., BUENO, R. C. O. F., AND BUENO, A.F. 2012. *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) parasitism of *Trichoplusia ni* (Lepidoptera: Noctuidae) eggs under different temperatures. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 105: 82-89.
- BRIDGES, M., JONES, A. M. E., BONES, A. M., HODGSON, C., COLE, R., BARTLET, E., WALLSGROVE, R., KARAPAPA, V.K., WALLTS, N., AND ROSSITER, J.T. 2002. Spatial organization of the glucosinolate–myrosinase system in brassica specialist aphids is similar to that of the host plant. *Proc. R. Soc. B.* 269: 187-191.
- CARVALHO, G. A., GODOY, M. S., PARREIRA, D. S., LASMAR, O., SOUZA, J. R., AND MOSCARDINI, V. F. 2010. Selectivity of growth regulators and neonicotinoids for adults of *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera:

- Trichogrammatidae). Rev. Colomb. Entomol. 36: 195-201.
- CHANG, C. L., CHO, I. K., AND LI, Q. X. 2009. Insecticidal activity of basil oil, transanethole, estragole, and linalool to adult fruit flies of *Ceratitis capitata*, *Bactrocera dorsalis*, and *Bactrocera cucurbitae*. J. Econ. Entomol. 102: 203-209.
- CÔNSOLI, F. L., PARRA, J. R. P., AND HASSAN, S. A. 1998. Side effects of insecticides used in tomato fields on the egg parasitoid *Trichogramma pretiosum* Riley (Hym., Trichogrammatidae), a natural enemy of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep., Gelechiidae). J. Appl. Entomol. 122: 43-47.
- CORREIA, A. A., WANDERLEY-TEIXEIRA, V., TEIXEIRA, A. A. C., OLIVEIRA, J. V., GONCALVES, G. G. A., CAVALCANTI, M. G. S., BRAYNER, F. A. AND ALVES, L. C. 2013. Microscopic analysis *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) embryonic development before and after treatment with azadirachtin, lufenuron, and deltamethrin. J. Econ. Entomol. 106: 747-755.
- DAPKEVICIUS, A., VENSKUTONIS, R., VAN BEEK, T. A., AND LINSSEN, J. P. H. 1998. Antioxidant activity of extracts obtained by different isolation procedures from some aromatic herbs grown in Lithuania. J. Sci. Food Agr. 77: 140-146.
- GEORGE, P. J. E., AND AMBROSE, D. P. 2004. Toxic effects of insecticides in the histomorphology of alimentary canal, testis and ovary in a reduviid *Rhynocoris kumarii* Ambrose and Livingstone (Hemiptera: Reduviidae). J. Adv. Zool. 25: 46-50.
- GONÇALVES-GERVÁSIO, R. C., AND VENDRAMIN, J. D. 2004. Efeito de extratos de meliáceas sobre o parasitóide de ovos *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Neotrop. Entomol. 33: 607-612.
- GONZÁLEZ, J. O. W., GUTIÉRREZ, M. M., MURRAY, A., AND FERRERO, A. A.

2011. Composition and biological activity of essential oils from Labiatae against *Nezara viridula* (Hemiptera: Pentatomidae) soybean pest. *Pest Manag. Sci.* 67: 948-955.
- HILKER, M., AND MEINERS, T. 2006. Early herbivore alert: insect eggs induce plant defense. *J. Chem. Ecol.* 32: 1379-1397.
- HUANG, Y., CHEN, S. X., AND HO, S. 2000. Bioactivities of methyl allyl disulfide and diallyl trisulfide from essential oil of garlic to two species of stored-product pests, *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). *J. Econ. Entomol.* 93: 537-543.
- ISMAN, M.B. 2006. The role of botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annu. Rev. Entomol.* 51: 45-66.
- JIANG, Z. L., AKHTAR, Y., BRADBURY, R., ZHANG, X., AND ISMAN, M. B. 2009. Comparative toxicity of essential oils of *Litsea pungens* and *Litsea cubeba* and blends of their major constituents against the cabbage looper *Trichoplusia ni*. *J. Agr. Food Chem.* 57: 4833-4837.
- KAUFMAN, P. E., MANN, R. S., AND BUTLER, J. F. 2010. Evaluation of semiochemical toxicity to *Aedes aegypti*, *Ae. albopictus* and *Anopheles quadrimaculatus* (Diptera: Culicidae). *Pest Manag. Sci.* 66: 497-504.
- KETOH, K. G., ADOLE, I., GLITHO, I. A., AND HUIGNARD, J. 2002. Susceptibility of the Bruchid *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) and its parasitoid *Dinarmus basalis* (Hymenoptera: Pteromalidae) to three essential oils. *J. Econ. Entomol.* 95: 174-182.
- KHALFI, O., SAHRAOUI, N., BENTAHAR, F., AND BOUTEKEDJIRET, C. 2008. Chemical composition and insecticidal properties of *Origanum glandulosum* (Desf.) essential oil from Algeria. *J. Sci. Food Agr.* 88: 1562-1566.

- KUMAR, P., MISHRA, S., MALIK, A., AND SATYA, S., 2011. Repellent, larvicidal and pupicidal properties of essential oils and their formulations against the housefly, *Musca domestica*. Med. Vet. Entomol. 25: 302–310.
- KUMAR, P., MISHRA, S., MALIK, A., AND SATYA, S. 2012. Insecticidal Evaluation of essential oils of *Citrus sinensis* L. (Myrtales: Myrtaceae) against housefly, *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae). Parasitol. Res. 110:1929–1936
- MALIK, A., SINGH, N., AND SATYA, S. 2007. *Musca domestica* (housefly): a challenging pest and the control strategies. J. Environ. Sci. Health Part B 42: 453-469.
- MANN, R. S., KAUFMAN, P. E., AND BUTLER, J. F. 2009. Evaluation of semiochemical toxicity to houseflies and stable flies (Diptera: Muscidae) Pest Manag. Sci. 66: 816-824.
- MORGAN, E. D. 2009. Azadirachtin, a scientific gold mine. Bioorg. Med. Chem, 17: 4096-4105.
- MOURÃO, S.A., ZANUNCIO, J. C., TAVARES, W. S., WILCKEN, C.F., LEITE, G. L. D., AND SERRAO, J. E. 2014. Mortality of *Anticarsia gemmatilis* (Lepidoptera: Noctuidae) caterpillars post exposure to a commercial neem (*Azadirachta indica*, Meliaceae) oil formulation. Fla. Entomol. 97: 555-561.
- MULLER, C., AGERBIRK, N., OLSEN, C. E., BOEVE, J. L., SCHAFFNER, U., AND BRAKEFIELD, P. M. 2001. Sequestration of host plant glucosinolates in the defensive hemolymph of the sawfly *Athalia rosae*. J. Chem. Ecol. 27: 2505-2516.
- MULLER, C., AND BRAKEFIELD, P. M. 2003. Analysis of a chemical defense in sawfly larvae: easy bleeding targets predatory wasps in late summer. J. Chem. Ecol. 29: 2683-2694.

- NERIO, L. S., OLIVEIRO-VERBEL, J., AND STASHENKO, E. E. 2009. Repellent activity of essential oils from seven aromatic plants grown in Colombia against *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera). J. Stored Prod. Res. 45: 212-214.
- NERIO, L. S., OLIVEIRO-VERBEL, J., AND STASHENKO, E. E. 2010. Repellent activity of essential oils: a review. Bioresource Technol. 101: 372-378.
- OLIVEIRA, H. N., ZANUNCIO, J. C., AND PEREIRA, F. F. 2011. *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) species as an agents of biological control of *Oxydia vesulia* (Lepidoptera: Geometridae). Rev. Colomb. Entomol. 37: 238-239.
- PACKIAM, S. M., AND IGNACIMUTHU, S. 2012. Effect of PONNEEM# on *Spodoptera litura* (Fab.) and Its compatibility with *Trichogramma chilonis* Ishii. Braz. Arch. Biol. Technol. 55: 291-298
- PAPACHRISTOS, D.P., AND STAMOPOULOS, D.C. 2004. Fumigant toxicity of three essential oils on the eggs of *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae). J. Stored Prod. Res. 40: 517-525.
- PAVELA, R. 2007. Lethal and sublethal effects of thyme oil (*Thymus vulgaris* L.) on the house fly (*Musca domestica* Lin.). J. Essent. Oil Bearing Plants 10: 346-356.
- PARRA, J. R. P., AND ZUCCHI, R. A. 2004. *Trichogramma* in Brazil: Feasibility of use after twenty years of research. Neotrop. Entomol. 33: 271-281.
- PETACCI, F., TAVARES, W. S., FREITAS, S. S., TELES, A. M., SERRÃO, J. E. AND ZANUNCIO, J. C. 2012. Phytochemistry and quantification of polyphenols in extracts of the Asteraceae weeds from Diamantina, Minas Gerais State, Brazil. Plant D. 30: 9-15.
- PRATISSOLI, D., ZANUNCIO, J. C., VIANNA, U. R., ANDRADE, J. S., ZANOTTI, L. C. M., AND SILVA, A. F. 2005 Biological characteristics of *Trichogramma pretiosum* and *Trichogramma acacioi* (Hym.: Trichogrammatidae), parasitoids of the avocado defoliator *Nipteria panacea* (Lep.: Geometridae), on eggs of

- Anagasta kuehniella* (Lep.: Pyralidae). Braz. Arch. Biol. Technol. 48: 7-13.
- PROPHIRO, J. S., SILVA, O. S., LUNA, J. E., PICCOLI, C. F., KANIS, L. A., AND SILVA, M. A. 2011. *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae): coexistence and susceptibility to temephos, in municipalities with occurrence of dengue and differentiated characteristics of urbanization. Rev. Soc. Bras. Med. Trop. 44: 300-3005.
- PROPHIRO, J. S., SILVA, M. A. N., KANIS, L. A., SILVA, B. M., DUQUE-LUNA, J. E., AND SILVA, O. S. 2012. Evaluation of time toxicity, residual effect, and growth-inhibiting property of *Carapa guianensis* and *Copaifera* sp. in *Aedes aegypti*. Parasitol. Res. 110: 713-719.
- RAGURAMAN, S., AND SINGH, R. P. 1999. Biological effects of neem (*Azadirachta indica*) seed oil on an egg parasitoid, *Trichogramma chilonis*. Ecotoxicology 92: 1274-1280.
- REGNAULT-ROGER, C., RIBODEAU, M., HAMRAOUI, A., BAREAU, I., BLANCHAR, P., GIL-MUNOZ, M.I., AND BARBERAN, F.T. 2004. Polyphenolic compounds of Mediterranean Lamiaceae and investigation of orientational effects on *Acanthoscelides obtectus* (Say). J. Stored Prod. Res. 40: 395-408.
- RODRIGUES, M. L., GARCIA, M. S., NAVA, D. E., BOTTON, M., PARRA, J. R. P., AND GUERRERO, M. 2011. Selection of *Trichogramma pretiosum* lineages for control of *Grapholita molesta* in Peach. Fla. Entomol. 94: 398-403.
- RICE, N. D., WINSTON, M. L., WHITTINGTON, R., AND HIGO, H. A. 2002. Comparison of release mechanisms for botanical oils to control *Varroa destructor* (Acari: Varroidae) and *Acarapic woodi* (Acari: Tarsonemidae) in colonies of honey bees (Hymenoptera: Apidae). J. Econ. Entomol. 95: 221-226.
- SABER, M., HEJAZI, M. J., AND HASSAN, S. A. 2004 Effects of

- Azadirachtin/Neemazal on different stages and adult life table parameters of *Trichogramma cacoeciae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). J. Econ. Entomol. 97: 905-910.
- SAMPAIO, I. B. M. 2002. Estatística aplicada à experimentação animal. 2ª.ed. Belo Horizonte: Fundação de Estudo e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia, 265p.
- SANTURIO, J. M., SANTURIO, D. F., POZZATTI, P., MORAES, C., FRANCHIN, P. R., AND ALVES, S. H. 2007. Atividade antimicrobiana dos óleos essenciais de orégano, tomilho e canela frente a sorovares de *Salmonella enterica* de origem avícola. Ciênc. Rural 37: 803-808.
- SCHNEIDER, M. I., SMAGGHE, G., PINEDA, S., AND VINUELA, E. 2004. Action of insect growth regulator insecticides and spinosad on life history parameters and absorption in third-instar larvae of the endoparasitoid *Hyposoter didymator*. Biol. Control 31: 189-98.
- SHAALAN, E.A.S., CANYON, D., YOUNES, M.W.F., ABDEL-WAHAB, H., AND MANSOUR, A.H. 2005. A review of botanical phytochemicals with mosquitocidal potential. Environ. Int. 31: 1149-1166.
- SILVA, O. S., PROPHIRO, J. S., NOGARED, J. C., KANIS, L., EMERICK, S., BLAZIUS, R. D., AND ROMÃO, P. R. T. 2006. Larvicidal effect of andiroba oil, *Carapa guianensis* (Meliaceae), against *Aedes aegypti*. J. Am. Mosq. Control Assoc. 22: 699-701.
- SOARES, M. A., LEITE, G. L. D., ZANUNCIO, J. C., ROCHA, S. L., SÁ, V. G. M., AND SERRÃO, J. E. 2007. Flight capacity, parasitism and emergence of six *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) species from reforested areas with eucalyptus in Brazil. Phytoparasitica 35: 314-318.
- SUKONTASON, K. L., BOONCHU, N., SUKONTASON, K., AND CHOOCHOTE,

- W. 2004. Effects of eucalyptol on house fly (Diptera: Muscidae) and blow fly (Diptera: Calliphoridae). Rev. Inst. Med. Trop. S. Paulo 46:97-101.
- STERK, G., HASSAN, S. A., BAILLOD, M., BAKKER, F., BIGLER, F., BLÜMEL, S., BOGENSCHÜTZ, H., BOLLER, E., BROMAND, B., BRUN, J., CALIS, J. N. M., COREMANSPELSENEER, J., DUSO, C., GARRIDO, A., GROVE, A., HEIMBACH, U., HOKKANEN, H., JACAS, J., LEWIS, L., MORETH, L., POLGAR, L., ROVERSTI, L., SAMSØE-PETERSEN, L., SAUPHANOR, B., SCHAUB, L., STÄUBLI, A., TUSET, J.J., VAINIO, M., VAN DE VEIRE, M., VIGGIANI, G., VIÑUELA, E., AND VOGT, H. 1999. Results of the seventh joint pesticide testing programme carried out by the iobc/wprsworking group 'pesticides and beneficial organisms'. Biocontrol 44: 99-117.
- TAVARES, W. S., CRUZ, I., PETACCI, F., ASSIS JÚNIOR, S. L., FREITAS, S. S., ZANUNCIO, J. C., AND SERRÃO, J. E. 2009. Potential use of Asteraceae extracts to control *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and selectivity to their parasitoids *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) and *Telenomus remus* (Hymenoptera: Scelionidae). Ind. Crop Prod. 30: 384-388.
- TAVARES, W. S., CRUZ, I., FONSECA, F. G., GOUVEIA, N. L., SERRÃO, J. E. AND ZANUNCIO, J. C. 2010. Deleterious Activity of Natural Products on Postures of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Pyralidae). Z. Naturforsch. 65: 412- 418.
- [U.S. EPA] U.S. Environmental Protection Agency. 2004. Biopesticides–25b Minimum risk pesticides. [WWW document]. URL http://www.epa.gov/opbpbpd1/biopesticides/regtools/25b_list.htm.
- USHA RANI, P., AND LAKSHMINARAYANA, M. 2008. Defense mechanisms in plants – Their use in biotechnological approach for the management of insect

- pests. Pest Res. J. 20: 33–38.
- VARMA, G. C., AND SINGH, P. P. 1987. Effect of insecticides on the emergence of *Trichogramma brasiliensis* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) from parasitized host eggs. Entomophaga 32: 443-448.
- VIANNA, U. R., PRATISSOLI, D., ZANUNCIO, J. C., LIMA, E. R., BRUNNER, J., PEREIRA, F. F., AND SERRÃO, J. E. 2009. Insecticide toxicity to *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) females and effects on descendant generation. Ecotoxicology 18: 180-186.
- WANG, J., LI, Y., AND LEI, C. L. 2009. Evaluation of monoterpenes for the control of *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Sitophilus zeamais* Motschulsky. Nat. Prod. Res. 23: 1080-1088.
- WILSON, J. A., AND ISMAN, M. B. 2006. Influence of essential oils on toxicity and pharmacokinetics of the plant toxin thymol in the larvae of *Trichoplusia ni*. Can. Entomol. 138: 578–589.

TABELA 1. Nome científico (NCIENT.), ingrediente ativo (I.A) ou componente majoritário (ING. AT. OU MAJ.), e CL50 (µL/ML) nos testes com ovos de *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae) em laboratório

NCIENT.	Ing. At. (i.a)/comp. Maj. (%)	CL ₅₀ (µL/mL)
<i>Allium sativum</i>	Dialil dissulfeto (40%), Dialil trissulfeto (30%), Dialil sulfeto (8%), metil alil dissulfeto (4%) e metil alil trissulfeto (10%)	0,06 (0,079 - 0,16)
<i>Carapa guianensis</i>	Limmonoids (2-5%), como andirobin, 6α-acetoxiepoxiazadiradiona, 6α-acetoxigedunina, 6β-acetoxigedunina, 11β-acetoxigedunina, 6α, 11β-diacetoxigedunina, 6β, 11β-diacetoxigedunina, 6α-hidroxigedunina, e 7-desacetoxi-7-oxogedunin	16,33 (13,90 - 19,01)
<i>Syzygium aromaticum</i>	Eugenol (92,3%) e β-cariofileno (5,50%)	1,88 (0,36 - 4,44)
<i>Zingiber officinale</i>	Zingibereno (33%), beta-sesquifelandreno (12%), β-bisaboleno (10%), canfeno (8%), mirceno (7%)	54,79 (39,21 - 80,33)
<i>Citrus sinensis</i>	Limoneno (95,48%), mirceno (2,10%)	14,91 (12,14-17,9)
<i>Mentha piperita</i>	Mentol (55%), mentona (25%), acetato de metilo (10%)	4,18 (2,05 - 5,70)
<i>Origanum vulgare</i>	Carvacrol (70%), p-cimeno (15%), timol (4,3%)	16,54 (13,52-20,09)
<i>Piper nigrum</i>	α- Pineno (30%), cariofileno (30%), limoneno (10%), e-nerolidol (6%)	40,21 (32,85-64,75)
<i>Thymus vulgaris</i>	Timol (50%), p-cimeno (40%), linalool (6,0%)	2,05 (0,27-3,27)
<i>Azadirachta indica</i>	Azadirachitina	0,17 (0,07 - 0,80)

TABELA 2. Porcentagem de emergência ($\pm$ EP) da geração F₁ e F₂ de *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) de ovos de *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) tratados com parasitoides em diferentes estágios imaturos

Tratamentos	Geração F ₁					
	Ovo-larva ¹	Clas. 2	Pré-pupa ¹	Clas. ²	Pupa ¹	Clas. ²
Testemunha	95,78 $\pm$ 1,60Aa	--	97,17 $\pm$ 0,98Aa	--	89,67 $\pm$ 3,19Aa	--
<i>Allium sativum</i>	89,74 $\pm$ 3,66Aa	1	90,19 $\pm$ 2,09ABa	1	78,19 $\pm$ 6,07Aba	1
<i>Carapa guianensis</i>	78,91 $\pm$ 5,92Aa	1	55,84 $\pm$ 7,41Cb	2	58,38 $\pm$ 6,63Bb	2
<i>Citrus sinensis</i>	83,59 $\pm$ 7,35Aa	1	90,53 $\pm$ 5,55ABa	1	76,30 $\pm$ 6,87Aba	1
<i>Mentha piperita</i>	79,11 $\pm$ 8,69Aa	1	79,93 $\pm$ 7,28ABa	1	74,74 $\pm$ 7,95Aba	1
<i>Azadirachta indica</i>	74,74 $\pm$ 10,15Aa	1	69,86 $\pm$ 9,53ABa	1	70,46 $\pm$ 7,24Aba	1
<i>Origanum vulgare</i>	67,38 $\pm$ 9,48Aa	1	55,45 $\pm$ 9,18Ca	2	57,64 $\pm$ 5,99Ba	2
<i>Piper nigrum</i>	81,82 $\pm$ 7,16Aa	1	77,13 $\pm$ 5,52ABa	1	68,13 $\pm$ 8,88Aba	1
<i>Syzygium aromaticum</i>	88,23 $\pm$ 2,22Aa	1	85,31 $\pm$ 5,30ABa	1	75,35 $\pm$ 5,67Aba	1
<i>Thymus vulgare</i>	90,30 $\pm$ 2,81Aa	1	84,20 $\pm$ 5,66ABa	1	83,00 $\pm$ 2,90Aba	1
<i>Zingiber officinale</i>	84,25 $\pm$ 5,37Aa	1	65,97 $\pm$ 4,38BCb	2	26,20 $\pm$ 5,78Cc	2
CV (%) = 35,33						
Tratamentos	Geração F ₂					
	Ovo-larva ¹	Clas. 2	Pré-pupa ¹	Clas. ²	Pupa ¹	Clas. ²
Testemunha	97,08 $\pm$ 1,33Aa	--	96,73 $\pm$ 1,29Aa	--	96,84 $\pm$ 1,53Aa	--
<i>Allium sativum</i>	80,08 $\pm$ 8,73ABa	1	86,43 $\pm$ 7,45ABa	1	86,43 $\pm$ 3,39Aa	1
<i>Carapa guianensis</i>	70,20 $\pm$ 10,22ABa	1	83,78 $\pm$ 8,83ABa	1	74,41 $\pm$ 7,46Aa	1
<i>Citrus sinensis</i>	66,19 $\pm$ 11,36ABa	1	78,34 $\pm$ 8,69ABa	1	74,91 $\pm$ 9,77Aa	1
<i>Mentha piperita</i>	55,96 $\pm$ 11,05BCb	2	74,33 $\pm$ 9,75ABab	1	86,88 $\pm$ 7,52Aa	1
<i>Azadirachta indica</i>	47,82 $\pm$ 11,66Ca	2	58,77 $\pm$ 11,40Ba	1	73,68 $\pm$ 9,68Aa	1
<i>Origanum vulgare</i>	72,00 $\pm$ 9,45ABa	1	79,28 $\pm$ 8,70ABa	1	83,47 $\pm$ 7,27Aa	1
<i>Piper nigrum</i>	83,80 $\pm$ 7,44ABa	1	77,35 $\pm$ 8,54ABa	1	90,58 $\pm$ 5,47Aa	1
<i>Syzygium aromaticum</i>	89,99 $\pm$ 5,46ABa	1	79,86 $\pm$ 8,15ABa	1	85,84 $\pm$ 7,44Aa	1
<i>Thymus vulgare</i>	87,74 $\pm$ 5,41ABa	1	84,95 $\pm$ 6,79ABa	1	78,84 $\pm$ 8,64Aa	1
<i>Zingiber officinale</i>	70,20 $\pm$ 9,28ABa	1	83,78 $\pm$ 5,67ABa	1	74,41 $\pm$ 8,41Aa	1
CV (%) = 44,35						

¹Médias seguidas de mesma letra maiúscula por coluna ou minúsculas por linha não diferem pelo teste de Student Newman Keuls (P<0,05). ²Índice de toxicidade (Sterk et al. 1999), em que: classe 1= inócuo; classe 2= ligeiramente nocivo; classe 3= moderadamente nocivo; classe 4= prejudicial.

TABELA 3. Longevidade (média $\pm$ EP) de fêmeas da geração F₁ de *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) expostas a óleos essenciais em seus estágios imaturos

Tratamentos	Ovo-larva ¹	Pré-pupa ¹	Pupa ¹
Testemunha	11,05 $\pm$ 0,79Aa	9,72 $\pm$ 0,94Aa	10,44 $\pm$ 0,67Aa
<i>Allium sativum</i>	6,56 $\pm$ 0,98Ba	7,72 $\pm$ 0,73Aa	7,89 $\pm$ 0,91Aa
<i>Carapa guianensis</i>	6,33 $\pm$ 1,13Ba	6,88 $\pm$ 1,06Aa	8,83 $\pm$ 0,83ABa
<i>Citrus sinensis</i>	8,11 $\pm$ 0,98Ba	8,05 $\pm$ 0,99Aa	7,94 $\pm$ 0,74ABa
<i>Mentha piperita</i>	6,67 $\pm$ 0,86Ba	7,39 $\pm$ 0,77Aa	7,00 $\pm$ 0,86ABa
<i>Azadirachta indica</i>	7,00 $\pm$ 0,91Ba	7,17 $\pm$ 1,00Aa	6,89 $\pm$ 0,79ABa
<i>Origanum vulgare</i>	7,33 $\pm$ 0,80Ba	7,17 $\pm$ 0,67Aa	7,78 $\pm$ 0,79ABa
<i>Piper nigrum</i>	6,94 $\pm$ 0,78Ba	6,56 $\pm$ 1,13Aa	7,83 $\pm$ 0,77ABa
<i>Syzygium aromaticum</i>	6,94 $\pm$ 1,17Ba	7,22 $\pm$ 0,86Aa	8,78 $\pm$ 0,79ABa
<i>Thymus vulgare</i>	5,50 $\pm$ 0,71Ba	6,72 $\pm$ 0,76Aa	5,28 $\pm$ 0,95Ba
<i>Zingiber officinale</i>	6,33 $\pm$ 0,91Ba	6,28 $\pm$ 0,68Aa	2,83 $\pm$ 0,65Cb
CV% = 50,55			

¹Médias seguidas de mesma letra maiúscula por coluna ou minúscula por linha não diferem pelo teste de Student Newman Keuls (P <0,05).

TABELA 4. Número de ovos de *Anagasta kuehniella* parasitados (média $\pm$ EP) por fêmea da geração F₁ e F₂ de *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) tratadas em seus estágios imaturos

Tratamentos	Geração F ₁					
	Ovo-larva ¹	Clas. ²	Pré-pupa ¹	Clas. ²	Pupa ¹	Clas. ²
Testemunha	28,16 $\pm$ 1,35ABa	--	31,00 $\pm$ 1,53Aba	--	34,83 $\pm$ 2,73Aba	--
<i>Allium sativum</i>	26,11 $\pm$ 1,57ABa	1	28,72 $\pm$ 2,08Aba	1	29,44 $\pm$ 2,25Aba	1
<i>Carapa guianensis</i>	15,55 $\pm$ 2,54Cb	2	19,38 $\pm$ 2,22CDb	2	27,00 $\pm$ 1,94Aba	1
<i>Citrus sinensis</i>	27,16 $\pm$ 2,73ABa	1	27,11 $\pm$ 2,19Aba	1	31,83 $\pm$ 3,15Aba	1
<i>Mentha piperita</i>	23,44 $\pm$ 2,69ABb	1	26,55 $\pm$ 2,76ABab	1	31,83 $\pm$ 2,46Aba	1
<i>Azadirachta indica</i>	24,94 $\pm$ 3,99ABab	1	23,50 $\pm$ 3,50BCb	1	31,50 $\pm$ 2,78Aba	1
<i>Origanum vulgare</i>	20,55 $\pm$ 2,96BCb	1	17,38 $\pm$ 2,34Db	2	28,77 $\pm$ 2,12Aba	1
<i>Piper nigrum</i>	23,83 $\pm$ 2,57ABa	1	25,89 $\pm$ 2,20ABa	1	26,17 $\pm$ 2,10Ba	1
<i>Syzygium aromaticum</i>	29,22 $\pm$ 0,96ABa	1	26,61 $\pm$ 2,08ABa	1	30,94 $\pm$ 2,34Aba	1
<i>Thymus vulgare</i>	31,67 $\pm$ 1,34Aa	1	34,94 $\pm$ 2,82Aa	1	37,38 $\pm$ 1,83Aa	1
<i>Zingiber officinale</i>	25,83 $\pm$ 2,68ABa	1	29,89 $\pm$ 1,14ABa	1	25,50 $\pm$ 2,81Ba	1
CV (%) = 37,49						
Tratamentos	Geração F ₂					
	Ovo-larva ¹	Clas. ²	Pré-pupa ¹	Clas. ²	Pupa ¹	Clas. ²
Testemunha	31,78 $\pm$ 1,19Aa	--	32,33 $\pm$ 1,58Aa	--	32,05 $\pm$ 1,87Aa	--
<i>Allium sativum</i>	24,89 $\pm$ 3,59Aa	1	26,28 $\pm$ 3,41Aa	1	22,61 $\pm$ 3,39Aa	1
<i>Carapa guianensis</i>	24,94 $\pm$ 3,57Aa	1	22,94 $\pm$ 2,95Aa	1	28,55 $\pm$ 2,62Aa	1
<i>Citrus sinensis</i>	25,33 $\pm$ 4,05Aa	1	27,05 $\pm$ 3,60Aa	1	23,33 $\pm$ 3,49Aa	1
<i>Mentha piperita</i>	23,72 $\pm$ 3,79Aa	1	26,55 $\pm$ 3,94Aa	1	31,38 $\pm$ 2,73Aa	1
<i>Azadirachta indica</i>	23,44 $\pm$ 4,12Aa	1	23,00 $\pm$ 3,36Aa	1	24,67 $\pm$ 3,43Aa	1
<i>Origanum vulgare</i>	27,94 $\pm$ 1,68Aa	1	32,00 $\pm$ 1,55Aa	1	26,11 $\pm$ 2,93Aa	1
<i>Piper nigrum</i>	25,83 $\pm$ 1,72Aa	1	24,61 $\pm$ 2,71Aa	1	23,61 $\pm$ 1,22Aa	1
<i>Syzygium aromaticum</i>	27,00 $\pm$ 3,12Aa	1	24,39 $\pm$ 2,34Aa	1	27,00 $\pm$ 2,65Aa	1
<i>Thymus vulgare</i>	27,28 $\pm$ 2,66Aa	1	30,83 $\pm$ 3,18Aa	1	23,28 $\pm$ 3,10Aa	1
<i>Zingiber officinale</i>	25,50 $\pm$ 3,08Aa	1	25,94 $\pm$ 2,07Aa	1	23,67 $\pm$ 2,46Aa	1
CV (%) = 47,83						

¹Médias seguidas de mesma letra maiúscula por coluna ou minúscula por linha não diferem pelo teste de Student Newman Keuls (P<0,05). ²Índice de toxicidade (Sterk et al. 1999), em que: classe 1= inócuo; classe 2= ligeiramente nocivo; classe 3= moderadamente nocivo; classe 4= prejudicial.

TABELA 5. Razão sexual (média $\pm$ EP) da geração F₁ e F₂ de *Trichogramma pretiosum* oriundos de ovos de *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) tratados com os parasitoides em seus estágios imaturos

Tratamentos	Geração F ₁		
	Ovo-larva ¹	Pré-pupa ¹	Pupa ¹
Testemunha	0,59 $\pm$ 0,07Aa	0,59 $\pm$ 0,07ABa	0,58 $\pm$ 0,07Aa
<i>Allium sativum</i>	0,45 $\pm$ 0,07Aa	0,48 $\pm$ 0,07ABa	0,42 $\pm$ 0,08Aa
<i>Carapa guianensis</i>	0,46 $\pm$ 0,09Aa	0,41 $\pm$ 0,09ABa	0,61 $\pm$ 0,07Aa
<i>Citrus sinensis</i>	0,64 $\pm$ 0,03Aa	0,62 $\pm$ 0,04Aa	0,51 $\pm$ 0,07Aa
<i>Mentha piperita</i>	0,47 $\pm$ 0,06Aa	0,60 $\pm$ 0,03Aa	0,54 $\pm$ 0,05Aa
Nim	0,46 $\pm$ 0,06Aa	0,36 $\pm$ 0,07ABa	0,58 $\pm$ 0,06Aa
<i>Origanum vulgare</i>	0,52 $\pm$ 0,07Aa	0,40 $\pm$ 0,09ABa	0,55 $\pm$ 0,07Aa
<i>Piper nigrum</i>	0,44 $\pm$ 0,06Aab	0,40 $\pm$ 0,07ABa	0,52 $\pm$ 0,07Aa
<i>Syzygium aromaticum</i>	0,49 $\pm$ 0,06Aa	0,41 $\pm$ 0,07ABa	0,54 $\pm$ 0,06Aa
<i>Thymus vulgare</i>	0,50 $\pm$ 0,06Aa	0,48 $\pm$ 0,07ABa	0,58 $\pm$ 0,06Aa
<i>Zingiber officinale</i>	0,57 $\pm$ 0,06Aa	0,58 $\pm$ 0,06ABa	0,45 $\pm$ 0,08Aa
CV (%) = 56,18			
Tratamentos	Geração F ₂		
	Ovo-larva ¹	Pré-pupa ¹	Pupa ¹
Testemunha	0,65 $\pm$ 0,04Aa	0,57 $\pm$ 0,07Aa	0,56 $\pm$ 0,07Aba
<i>Allium sativum</i>	0,56 $\pm$ 0,07Aa	0,65 $\pm$ 0,06Aa	0,55 $\pm$ 0,05Aba
<i>Carapa guianensis</i>	0,61 $\pm$ 0,06Aa	0,54 $\pm$ 0,07Aa	0,66 $\pm$ 0,04Aa
<i>Citrus sinensis</i>	0,48 $\pm$ 0,07Aa	0,65 $\pm$ 0,03Aa	0,62 $\pm$ 0,03Aa
<i>Mentha piperita</i>	0,59 $\pm$ 0,04Aa	0,55 $\pm$ 0,07Aa	0,55 $\pm$ 0,05Aba
Nim	0,58 $\pm$ 0,04Aab	0,65 $\pm$ 0,07Aa	0,55 $\pm$ 0,03Aab
<i>Origanum vulgare</i>	0,50 $\pm$ 0,07Aa	0,54 $\pm$ 0,05Aa	0,49 $\pm$ 0,06Aba
<i>Piper nigrum</i>	0,66 $\pm$ 0,05Aa	0,50 $\pm$ 0,07Aa	0,51 $\pm$ 0,07Aba
<i>Syzygium aromaticum</i>	0,54 $\pm$ 0,07Aa	0,56 $\pm$ 0,06Aa	0,54 $\pm$ 0,06Aba
<i>Thymus vulgare</i>	0,5 $\pm$ 0,07Aa	0,66 $\pm$ 0,05Aa	0,49 $\pm$ 0,06Aba
<i>Zingiber officinale</i>	0,48 $\pm$ 0,08Aa	0,54 $\pm$ 0,07Aa	0,53 $\pm$ 0,08Aba
CV (%) = 46,43			

¹Médias seguidas de mesma letra maiúscula por coluna ou minúscula por linha não diferem pelo teste de Student Newman Keuls (P <0,05).

4º ARTIGO

PARÂMETROS BIOLÓGICOS DE IMATUROS DE *Trichogramma galloi* (HYMENOPTERA: TRICHOGRAMMATIDAE) COM ÓLEOS ESSENCIAIS

**Parâmetros biológicos de imaturos de *Trichogramma galloi* (Hymenoptera:
Trichogrammatidae) com óleos essenciais**

RESUMO Óleos essenciais podem controlar insetos, mas sua escolha deve ser baseada na eficiência e impacto em inimigos naturais. O objetivo foi avaliar o efeito de *Azadirachta indica*, *Allium sativum*, *Carapa guianensis*, *Citrus sinensis*, *Mentha piperita*, *Origanum vulgare*, *Piper nigrum*, *Syzygium aromarticum*, *Thymus vulgaris* e *Zingiber officinale* sobre imaturos de *Trichogramma galloi* Zucchi, 1988 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Zingiber officinale*, aplicado no estágio de pupa, foi ligeiramente nocivo (classe 2 - 30 a 79%) a emergência da geração F₁ de *T. galloi* e nos estágios de ovo-larva, pré-pupa e pupa naquela da geração F₂. *Azadirachta indica*, *A. sativum*, *C. guianensis*, *C. sinensis* e *S. aromaticum*, aplicados no estágio de pupa, foram ligeiramente nocivos (classe 2 – 30 a 79%) a emergência da geração F₁. A longevidade de *T. galloi* na geração F₁ foi menor com *Z. officinale* aplicado no estágio de pré-pupa e pupa. *Zingiber officinale* foi ligeiramente nocivo (classe 2 – 30 a 79%) ao parasitismo da geração F₁ e F₂ de *T. galloi* quando aplicado no estágio de ovo-larva e pré-pupa e moderadamente nocivo (classe 3 – 80 a 99%) no estágio de pupa. *Carapa guianensis* e *C. sinensis* foram ligeiramente nocivos (classe 2 – 30 a 79%) ao parasitismo da geração F₁ de *T. galloi* quando aplicado no estágio de ovo-larva e pré-pupa e *A. indica*, *A. sativum* e *O. vulgare* ao parasitismo da geração F₁ no estágio de pré-pupa. Os óleos essenciais, aplicados sobre imaturos, não afetaram a razão sexual de *T. galloi* das gerações F₁ e F₂. Os óleos de *A. indica*, *A. sativum*, *C. guianensis*, *C. sinensis*, *O. vulgare*, *S. aromaticum* e *Z. officinale* não foram seletivos a *T. galloi*. Óleos essenciais de *M. piperita* e *T. vulgare* podem ser indicados para o MIP, com liberações.

PALAVRAS-CHAVE: estágios imaturos, produtos naturais, parasitoides, seletividade

INTRODUÇÃO

Trichogramma spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) parasitam ovos de insetos-pragas em sistemas agrícolas e florestais, preferencialmente de Lepidoptera (Hou et al. 2006; Soares et al. 2007; Ayvaz et al. 2008). O parasitismo por *Trichogramma* em ovos é uma das principais vantagens de seu emprego, por impedir que seus hospedeiros atinjam a fase larval e danifiquem plantas (Olson & Andow 2006, Witting et al. 2007). Além disso, a ampla distribuição geográfica e a facilidade de criação em laboratório, propiciam o uso desses inimigos naturais em programas de controle biológico (Parra & Zucchi 2004).

Trichogramma galloi Zucchi, 1988 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) e *Cotesia flavipes* (Cameron, 1891) (Hymenoptera: Braconidae) são agentes de controle biológico de *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae) mais utilizados (Lima-Filho & Lima 2001; Parra & Zucchi 2004) na cultura da cana-de-açúcar, mas produtos químicos aplicados podem afetar a eficiência desses inimigos naturais (Parra & Zucchi 2004). Isto mostra a necessidade de se desenvolver alternativas ecologicamente corretas, como o uso de óleos essenciais para o controle de insetos-praga, com vantagem de ter baixo poder residual e menor impacto em organismos não alvo (Rajendran & Sriranjini 2008; Cosimi et al. 2009; Nerio et al. 2009).

Produtos botânicos podem ser compatíveis com outras táticas de manejo, principalmente, com o controle biológico. Entretanto, respostas de *Trichogramma* spp. à esses produtos, incluindo a taxa de parasitismo e porcentagem de emergência, precisam ser mais bem estudadas (Thuler et al. 2008; Tavares et al. 2009; Hohmann 2010).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de óleos essenciais de dez plantas sobre parâmetros biológicos de *T. galloi* em laboratório.

MATERIAL E METODOS

Local de condução dos experimentos

O trabalho foi realizado no Laboratório de Controle Biológico de Insetos (LCBI) do Instituto de Biotecnologia Aplicada à Agropecuária (BIOAGRO) da Universidade Federal de Viçosa (UFV) em Viçosa, Estado de Minas Gerais, Brasil em câmara climatizada (BOD) à temperatura de $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h. Fêmeas de *T. galloi* foram obtidas da criação massal do LCBI. O óleo essencial de *Carapa guianensis* foi obtido da EMBRAPA Amazônia Oriental (CPATU) em Belém, Pará, Brasil. Os óleos essenciais de *Allium sativum*, *Citrus sinensis*, *Mentha piperita*, *Origanum vulgare*, *Piper nigrum*, *Syzygium aromarticum*, *Thymus vulgaris* e *Zingiber officinale* foram adquiridos da empresa Viessence Comércio de Produtos Naturais Ltda. (Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil), extraídos em escala industrial por hidrodestilação e arraste de vapor de água (Dapkevicius et al. 1998).

Doses e concentrações dos óleos essenciais

A CL50 dos óleos foi obtida em teste piloto (Tabela 1) com ovos de *A. gemmatalis* de até 48 horas de idade colados em cartelas de papel (15 x 5 cm) expostos a cinquenta microlitros de cada óleo e etanol (testemunha) aplicados com micropipeta de precisão nas concentrações de 1, 5, 10, 15 e 20% (v/v) (testadas até a mortalidade entre 0 a 100%).

Bioensaios

Fêmeas recém-emergidas de *T. galloi* foram individualizadas em tubos de vidro (8cm de altura x 2cm de diâmetro) com gotículas de mel na parede interior e fechados com película de cloreto de polivinila (PVC). Ovos de *Anagasta kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) (± 125) colados em tiras de papel (5cm de comprimento x 0,5 cm de largura) com goma arábica diluída em água destilada (50:50), foram expostos à fêmeas de *T. galloi* por 24h. Os cartões de papel com ovos de *A. kuehniella*

supostamente parasitados (parasitoides nos estádios de ovo-larva, pré-pupa e pupa; 0-24 h, 72-96 h, e 168-192 h após o parasitismo, respectivamente) foram imersos em soluções de óleos essenciais e etanol (testemunha) durante 5s, secos à sombra por 30 min para evaporação do solvente (Tavares et al. 2009; Carvalho et al. 2010) e colocados em câmara climatizada até a geração F₁. Quinhentas e noventa e quatro fêmeas recém-emergidas dessa geração foram individualizadas em tubos de vidro com gotículas de mel na parede interior e expostas a cartela de papel (5cm de comprimento x 0,5 cm de largura) com 125 ovos de *A. kuehniella* durante 24h. Após esse período, essas fêmeas foram mantidas no interior dos tubos de vidro (8cm de altura x 2cm de diâmetro) e as tiras de papel com os ovos transferidas para novos recipientes em câmara climatizada até a geração F₂. A emergência, longevidade, capacidade de parasitismo e razão sexual de fêmeas da geração F₁ e a emergência, capacidade de parasitismo e razão sexual de indivíduos da geração F₂ foram avaliados.

A toxicidade dos óleos foi classificada de acordo com a redução da porcentagem de emergência e do parasitismo de espécimes da geração F₁ e F₂: 1= inócuo (<redução de 30%), 2= ligeiramente nocivo (30-79% de redução), 3= moderadamente nocivo (80-99% de redução), e 4= (redução > 99%) prejudiciais (Organização Internacional para o Controle Biológico e Integrado de Animais e Plantas Nocivas -IOBC) (Sterk et al. 1999). A redução do parasitismo e emergência foi calculada com a equação: % de redução= 100 - média [(% geral do tratamento com a média inseticida/% geral do tratamento de controle) x 100] (Carvalho et al. 2010).

Análise estatística

Cada tratamento foi repetido dezoito vezes, com a parcela experimental representada por uma fêmea e uma cartela com ovos parasitados por tubo. O delineamento foi completamente casualizado com onze tratamentos (*A. indica*, *A. sativum*, *C. guianensis*, *C. sinensis*, *M. piperita*, *O. vulgare*, *P. nigrum*, *S. aromaticum*,

T. vulgare, *Z. officinale* e o controle). Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Student Newman Keuls a 5% de significância (Sampaio 2002).

RESULTADOS

Emergência de parasitoides em F₁ e F₂

A emergência da geração F₁ de *T. galloi* foi menor com os óleos de *A. indica*, *A. sativum*, *C. guianensis*, *C. sinensis* e *S. aromarticum* aplicados no estágio de pupa desse parasitoide e, por isto, enquadrados na classe 2 (30 a 79%) e *Z. officinale* na 3 (80 a 99%) de redução. A emergência da geração F₁ de *T. galloi* foi levemente reduzida por *C. guianensis* no estágio de ovo-larva e pré-pupa e pupa; *C. sinensis* no estágio de ovo-larva, e *A. sativum*, *O. vulgare* e *Z. officinale* no estágio de pré-pupa, ambos enquadrados na classe 1 (> 30% de redução). Na geração F₂, *Z. officinale* foi o óleo essencial mais prejudicial com reduções superiores a 30% na emergência de espécimes de *T. galloi* quando aplicado em ovo-larva, pré-pupa e pupa desse inseto (Tabela 2).

Longevidade de fêmeas da geração F₁

A longevidade de fêmeas da geração F₁ foi reduzida por *Z. officinale*, quando ovos de *A. kuehniella* contendo o parasitoide nos estágio de pré-pupa e pupa foram imersos nesse óleo (Tabela 3).

Parasitismo de fêmeas das gerações F₁ e F₂

Fêmeas da geração F₁ de *T. galloi*, que emergiram de ovos de *A. kuehniella* com o parasitoide no estágio de pré-pupa tratados com os óleos, tiveram menor capacidade de parasitismo. *Carapa guianensis*, *C. sinensis* e *Z. officinale* reduziram em mais de 30% (classe 2 – 30 a 70% de redução) o parasitismo por fêmeas de *T. galloi* que emergiram de ovos de *A. kuehniella* tratados com o parasitoide no estágio de ovo-larva e pré-pupa, e *A. indica*, *A. sativum* e *O. vulgare* com esse inimigo natural no estágio de pré-pupa. Na geração F₂, apenas *Z. officinale* reduziu o parasitismo por fêmeas de *T.*

galloi, sendo mais prejudicial na fase de pupa (classe 3 – 80 a 99% de redução) que nas de ovo-larva e pré-pupa (classe 2 – 30 a 79% de redução) (Tabela 4).

Razão sexual nas gerações F₁ e F₂

A razão sexual de espécimes da geração F₁ e F₂ de *T. galloi* não foi reduzida, quando ovos de *A. kuehniella* com o parasitoide nos estágios de ovo-larva, pré-pupa e pupa foram imersos nos óleos essenciais (Tabela 5).

DISCUSSÃO

A redução na emergência da progênie da geração F₁ de *T. galloi* com *A. indica*, *A. sativum*, *C. guianensis*, *C. sinensis*, *O. vulgare*, *S. aromaticum* e *Z. officinale*, principalmente, quando aplicados no estágio de pupa, assemelha-se ao relatado para pupas de *T. pretiosum* (Consoli et al. 1998), *Aphidius uzbekistanicus* Luzhetskii, 1960 (Hymenoptera: Aphidiidae) (Krespi et al. 1991), *Hyposoter didymator* (Thunberg 1824) (Hymenoptera: Ichneumonidae) (Schneider et al. 2003) e *Trissolcus grandis* (Thomson, 1861) (Hymenoptera: Scelionidae) (Saber et al. 2005) em pupas hospedeiras após imersão em inseticidas e produtos naturais. Essa redução deve-se ao efeito letal desses óleos sobre os imaturos de *T. galloi*, como observado para *D. saccharalis* e *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) com Nim (Tavares et al. 2010); *Ephestia kuehniella* Zeller 1879 (Lepidoptera: Pyralidae), *Sitophilus zeamais* Motschulsky 1885 (Coleoptera: Curculionidae) e *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797) (Coleoptera: Tenebrionidae) com *A. sativum* e *Z. officinale* (Huang et al. 2000; Mikhaïel 2011), *Alphitobius diaperinus* Panzer, 1797 (Coleoptera: Tenebrionidae), *Amblyomma cajennense* (Fabricius, 1787) e *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Canestrini, 1887) (Acari: Ixodidae) com *O. vulgare* (Rozman et al. 2007; Mendes et al. 2011; Cruz et al. 2013), por penetrarem pelo corion do hospedeiro, agirem no sistema nervoso inibindo a enzima acetilcolinesterase e causando movimentos involuntários, convulsões seguidos

por paralisia e morte (Huang et al. 2000; Agarwal et al. 2001; González et al. 2011). A ação reguladora de crescimento de compostos como 6a-acetoxiepoxiazadiradiona, 6a-acetoxigedunina, 6b-acetoxi gedunina, 11b-acetoxigedunina, 6a,11b-diacetoxigedunina, 6b,11b-diacetoxigedunina, 6a-hidroxigedunina, e 7-desacetoxi-7-oxogedunin em *C. guianensis* (Ambrozin et al. 2006), carvacrol e *p*-cymene em *O. vulgare* (Khalfi et al. 2008) e dehydrozingerone, dehydroshogaol e a mistura de zingerone e dihydrozingerone em óleos de *Z. officinale* (Agarwal et al. 2001) é outra possível causa da redução na emergência de espécimes da geração F₁ de *T. galloi*. Esses compostos aumentam a duração de cada ínstar e da fase pupal, além de inibirem a muda da larva e causarem anormalias morfológicas e mortalidade, especialmente durante a muda (Almeida et al. 2010, 2014; Mourão et al. 2014). Isto foi observado para *A. aegypti* (Linnaeus, 1762) (Diptera: Culicidae) com *C. guianensis* (Prophiro et al. 2012), *Musca domestica* Linnaeus, 1758 (Diptera: Mucidae) com *C. sinensis* e *M. piperita* (Kumar et al. 2012ab) e *Spodoptera litura* (Fabricius, 1775) (Lepidoptera: Noctuidae) com nim (Packiam & Ignacimuthu 2012).

A menor longevidade de fêmeas da geração F₁ de *T. galloi* com *Z. officinale* concorda com a menor emergência desse parasitoide tratado nos estágios de pré-pupa e pupa. Terpenóides como hidrocarbonetos sesquiterpene (50-60%), sesquiterpenes oxigenados (17%), hidrocarbonetos monoterpenos e monoterpenos oxigenados de *Z. officinale*, quando não matam, causam efeito subletal agindo no sistema nervoso e neuromuscular ou deformações nos estágios imaturos e adultos de insetos. Isto pode alterar características morfológicas e fisiológicas, incluindo redução no tamanho do parasitoide *Cotesia plutellae* (Kurdjumov, 1912) (Hymenoptera: Braconidae) (Charleston et al. 2005), deformidades em *Coccinella septempunctata* (Linnaeus, 1758) (Coleoptera: Coccinellidae) e *Chrysoperla carnae* (Stephens, 1836) (Neuroptera: Chrysopidae) (Ahmad et al. 2003) ou anormalidades no tubo digestivo de adultos de

Rhynocoris kumarii Ambrose e Livingstone, 1986 (George & Ambrose 2004), o que poderia comprometer a longevidade de fêmeas de *T. galloi* (Agarwal et al. 2001; Kumar et al. 2012a; Prophiro et al. 2012).

A redução no parasitismo por fêmeas de *T. galloi* na geração F₁ com todos os óleos essenciais, aplicados na fase de pré-pupa desse parasitoide; com *A. indica*, *A. sativum*, *C. guianensis*, *C. sinensis*, *O. vulgare* e *Z. officinale* na fase de ovo-larva, e com *Z. officinale* nos estágios de ovo-larva, pré-pupa e pupa na geração F₂, resulta de efeitos subletais sobre os estágios imaturos desse parasitoide. Para *Z. officinale*, a baixa emergência e longevidade das fêmeas nas duas gerações foi o fator mais importante para reduzir a capacidade de parasitismo das mesmas. Compostos como gingerols, dehydroshogaol e alkenones fenólicos de *Z. officinale* causam perturbação no metabolismo da membrana epitelial afetando a produção de ecdizônio dependente de P450 e a atividade de monooxygenases. Isto interrompe os níveis de hormônio juvenil, inibe a síntese de quitina e o sistema de enzima anti-oxidante e, conseqüentemente causa disfunção do intestino e do sistema endócrino afetando o crescimento e reprodução dos insetos (Sahayaraj 1998; Agarwal et al. 2001). *Carapa guianensis*, *C. sinensis* e *O. vulgare* tem ação ovicida, larvicida e causam má formação em adultos de *A. aegypti*, *M. domestica* e *A. cajennense* (Mendes et al. 2011; Kumar et al. 2012b; Prophiro et al. 2012), respectivamente, reduzindo a postura e aumentando o número de ovos inférteis desses artrópodes. Malformação em insetos adultos reduzem a eficiência, a condição física e a capacidade de reprodução, especialmente anormalidades nas estruturas reprodutivas como observado para *R. kumarii* (George & Ambrose 2004; Dapkevicius et al. 2007). Azadirachina, presente no óleo de Nim, age como regulador do crescimento de insetos (Mancebo et al. 2002) e interfere em funções bioquímicas e fisiológicas (Carpinella et al. 2003) reduzindo o parasitismo de fêmeas de *Uscana lariophaga* (Steffan) (Hymenoptera: Trichogrammatidae), *Dinarmus basalis* (Rondani)

(Hymenoptera: Pteromalidae) (Boeke et al. 2003), *Eretmocerus rui* Zolnerowich & Rose, 2004 (Hymenoptera: Aphelinidae) (Hammad & McAuslane 2006) e *T. pretiosum* (Gonçalves-Gervásio, 2004, Correia et al. 2013).

A razão sexual semelhante nas gerações F₁ e F₂ de *T. galloi* concorda com o fato de este parâmetro ser, mais comumente, alterado em parasitoides do gênero *Trichogramma* pela baixa qualidade do hospedeiro ou pela presença da bactéria *Wolbachia* (Heimpel & Boer 2008). A razão sexual acima de 0,5 para fêmeas da geração F₁ e F₂ de *T. galloi* é importante para a conservação de *Trichogramma* spp. em programas de controle biológico clássico (Delpuech & Meyet 2003; Vianna et al. 2009; Pratissoli et al. 2010).

CONCLUSÕES

Zingiber officinale foi o óleo essencial mais prejudicial aos estágios imaturos de *T. galloi*, reduzindo a longevidade de fêmeas da geração F₁ e da emergência e capacidade de parasitismo daquelas da geração F₁ e F₂ entre 30 a 99%. *Azadirachta indica*, *A. sativum*, *C. guianensis*, *C. sinensis*, *O. vulgare* e *S. aromaticum* reduziram entre 30 e 79% a emergência e o parasitismo de fêmeas da geração F₁, e, com *Z. officinale*, não são compatíveis com *T. galloi* no Manejo integrado de Pragas. *Mentha piperita* e *T. vulgare* apresentaram baixo impacto nos aspectos biológicos de imaturos de *T. galloi* e podem ser indicados para o uso no MIP.

AGRADECIMENTOS

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

REFERÊNCIAS CITADAS

- AGARWAL, M., WALIA, S., DHINGRA, S. AND KHAMBAY, B. P. S. 2001. Insect growth inhibition, antifeedant and antifungal activity of compounds isolated/derived from *Zingiber officinale* Roscoe (ginger) rhizomes. Pest Manag. Sci. 57:289-300.
- AHMAD, M., OSSIEWATSCH, H. R., AND BASEDOW, T. 2003. Effects of neem-treated aphids as food/hosts on their predators and parasitoids. J. Appl. Entomol. 127:458-64
- ALMEIDA, G. D., ZANUNCIO, J. C., PRATISSOLI, D., ANDRADE, G. S., CECON, P. R., AND SERRÃO J. E. 2010. Effect of azadirachtin on the control of *Anticarsia gemmatilis* and its impact on *Trichogramma pretiosum*. Phytoparasitica 38:413-419.
- ALMEIDA, G. D., ZANUNCIO, J. C., SENTHIL-NATHAN, S., PRATISSOLI, D., POLANCZYK, R. A., AZEVEDO, D. O., AND SERRÃO J. E. 2014. Cytotoxicity in the midgut and fat body of *Anticarsia gemmatilis* (Lepidoptera: Geometridae) larvae exerted by neem seeds extract. Invertebr. S. J. 11: 79-86.
- AMBROZIN, A. R. P., LEITE, A. C., BUENO, F. C., VIEIRA, P. C., FERNADES, J. B., BUENO, O. C., SILVA, M. F. G. F., PAGNOCCA, F. C., HEBLING, M. J. A., AND BACCI Jr, M. 2006. Limonoids from andiroba oil and *Cedrela fissilis* and their insecticidal activity. J. Brazil Chem. Soc. 17: 542-547.
- AYVAZ, A., KARASU, E., KARABORKLU, S., AND YILMAZ, S. 2008. Dispersal ability and parasitization performance of egg parasitoid *Trichogramma evanescens* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in field and storage conditions. Turk. J. Biol. 32: 1-7.
- BOEKE, S. J., SINZOGAN, A. A. C., ALMEIDA, R. P., BOER, P. W. M., JEONG, G., KOSSOU, D. K., AND VAN LOOM, J. J. A. 2003. Side-effects of cowpea

- treatment with botanical insecticides on two parasitoids of *Callosobruchus maculatus*. Entomol. Exp. Appl. 108: 43-51.
- CARPINELLA, M. C., DEFAGO, M. T., VALLADARES, G., AND PALACIOS, M. S. 2003. Antifeedant and insecticide properties of a limonoid from *Melia azedarach* (Meliaceae) with potential use for pest management. J. Agr. Food Chem. 51: 369-374.
- CARVALHO, G. A., GODOY, M. S., PARREIRA, D. S., AND RESENDE, D. T. 2010. Effect of chemical insecticides used in tomato crops on immature *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Rev. Colomb. Entomol. 36: 10-15.
- CHARLESTON, D. S., KFIR, R., DICKE, M., AND VET, L. E. M. 2005. Impact of botanical pesticides derived from *Melia azedarach* and *Azadirachta indica* on the biology of two parasitoid species of the diamondback moth. Biol. Control 33:131–42.
- CÔNSOLI, F. L., PARRA, J. R. P., AND HASSAN, S. A. 1998. Side effects of insecticides used in tomato fields on the egg parasitoid *Trichogramma pretiosum* Riley (Hym., Trichogrammatidae), a natural enemy of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep., Gelechiidae). J. Appl. Entomol. 122: 43–47.
- CORREIA, A. A., WANDERLEY-TEIXEIRA, V., TEIXEIRA, A. A. C., OLIVEIRA, J. V., GONCALVES, G. G. A., CAVALCANTI, M. G. S., BRAYNER, F. A. AND ALVES, L. C. 2013. Microscopic analysis *Spodoptera frugiperda* (lepidoptera: noctuidae) embryonic development before and after treatment with azadirachtin, lufenuron, and deltamethrin. J. Econ. Entomol. 106: 747-755.
- COSIMI, S., ROSSI, E., CIONI, P. L., AND CANALE, A. 2009. Bioactivity and qualitative analysis of some essential oils from Mediterranean plants against stored-product pests: Evaluation of repellency against *Sitophilus zeamais*

- Motschulsky, *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) and *Tenebrio molitor* (L.). J. Stored Prod. Res. 45(2):125–132.
- CRUZ, E. M., COSTA-JUNIOR, L. M., PINTO, J. A., SANTOS, D. D., ARAUJO, A. S., ARRIGONI-BLANK, M. D., BACCI, L., ALVES, P. B., CAVALCANTI, S. C. AND BLANK, A. F. 2013. Acaricidal activity of *Lippia gracilis* essential oil and its major constituents on the tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. Vet. Parasitol. 47: 246-250.
- DAPKEVICIUS, A., VENSKUTONIS, R., VAN BEEK, T. A., AND LINSSEN, J. P. H. 1998. Antioxidant activity of extracts obtained by different isolation procedures from some aromatic herbs grown in Lithuania. J. Sci. Food Agr. 77: 140-146.
- DELPUECH, J. M., AND MEYET, J. 2003. Reduction in the sex ratio of the progeny of a parasitoid wasp (*Trichogramma brassicae*) surviving the insecticide chlorpyrifos. Arch. Environ. Con. Tox. 45: 203-208.
- GEORGE, P. J. E., AND AMBROSE, D. P. 2004. Toxic effects of insecticides in the histomorphology of alimentary canal, testis and ovary in a reduviid *Rhynocoris kumarii* Ambrose and Livingstone (Hemiptera: Reduviidae). J. Adv. Zool. 25: 46-50.
- GONÇALVES-GERVÁSIO, R. C. R., AND VENDRAMIM, J. D. 2004. Efeito de extratos de meliáceas sobre o parasitóide de ovos *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Neotrop. Entomol. 33: 607-612.
- GONZÁLEZ, J. O. W., GUTIÉRREZ, M. M., MURRAY, A., AND FERRERO, A. A. 2011. Composition and biological activity of essential oils from Labiatae against *Nezara viridula* (Hemiptera: Pentatomidae) soybean pest. Pest Manag. Sci. 67: 948-955.
- HAMMAD, E. A., AND MCAUSLANE, H. J. 2006. Effect of *Melia azedarach* L.

- extract on *Bemisia argentifolii* (Hemiptera: Aleyrodidae) and its biocontrol agent *Eretmocerus rui* (Hymenoptera: Aphelinidae). Environ. Entomol. 35: 740-745.
- HEIMPEL, G. E., AND BOER, J. G. 2008. Sex determination in the Hymenoptera. Annu. Rev. Entomol. 53: 209-230.
- HUANG, Y., CHEN, S. X., AND HO, S. 2000. Bioactivities of methyl allyl disulfide and diallyl trisulfide from essential oil of garlic to two species of stored-product pests, *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). Journal Econ. Entomol. 93: 537-543.
- HOU, M., WANG, F., WAN F., AND ZHANG, F. 2006. Parasitism of *Helicoverpa assulta* Guenée (Lepidoptera: Noctuidae) eggs by *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae): Implications for inundative release on tobacco plants. Appl. Entomol. Zool. 41: 577-584.
- KHALFI, O., SAHRAOUI, N., BENTAHAR, F., AND BOUTEKEDJIRET, C. 2008. Chemical composition and insecticidal properties of *Origanum glandulosum* (Desf.) essential oil from Algeria. J. Sci. Food Agr. 88: 1562-1566.
- KRESPI, L., RABASSE, J. M., DEDRYVER, C. A., AND NENON, J. P. 1991. Effect of three insecticides on the life cycle of *Aphidius uzbekistanicus* Luz. (Hym., Aphidiidae). J. Appl. Entomol. 111: 113–19.
- KUMAR, P., MISHRA, S., MALIK, A., AND SATYA, S. 2012a. Efficacy of *Mentha piperita* and *Mentha citrata* essential oils against housefly, *Musca domestica* L. Ind. Crop Prod. 39: 106– 112.
- KUMAR, P., MISHRA, S., MALIK, A., AND SATYA, S. 2012b. Insecticidal Evaluation of essential oils of *Citrus sinensis* L. (Myrtales: Myrtaceae) against housefly, *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae). Parasitol. Res. 110:1929-1936.
- LIMA FILHO, M., AND LIMA, J. O. G. 2001. Massas de ovos de *Diatraea saccharalis*

- (Fabr.) (Lepidoptera: Pyralidae) em cana-de-açúcar: número de ovos e porcentagem de parasitismo por *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em condições naturais. Neotrop. Entomol. 30: 483-488.
- MANCERO, F., HILJE, L., MORA, G. A., AND SALAZAR, R. 2002. Biological activity of two neem (*Azadirachta indica* A. Juss., Meliaceae) products on *Hypsipyla grandella* (Lepidoptera: Pyralidae) larvae. Crop Prot. 21: 107-112.
- MENDES, A. S., DAEMON, E., MONTEIRO, C. M.O., MATURANO, R., BRITO, F. C., AND MASSONI, T. 2011. Acaricidal activity of thymol on larvae and nymphs of *Amblyomma cajennense* (Acari: Ixodidae). Vet. Parasitol. 183: 136-139.
- MOURÃO, S. A., ZANUNCIO, J. C., TAVARES, W. S., WILCKEN, C. F., LEITE, G. L. D., AND SERRÃO, J. E. 2014. Mortality of *Anticarsia gemmatilis* (Lepidoptera: Noctuidae) caterpillars post exposure to a commercial neem (*Azadirachta indica*, Meliaceae) oil formulation. Fla. Entomol. 97: 555-561.
- MIKHAIEL, A. A. 2011. Potential of some volatile oils in protecting packages of irradiated wheat flour against *Ephestia kuehniella* and *Tribolium castaneum* J. Stored Prod. Res. 47: 357-364.
- NERIO, L. S., OLIVERO-VERBEL J., AND STASHENKO, E. E. 2009. Repellent activity of essential oils from seven aromatic plants grown in Colombia against *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera). J. Stored Prod. Res. 45: 212-214.
- OLSON, D. M., AND ANDOW, D. A. 2006. Walking pattern of *Trichogramma nubilale* Ertle & Davis (Hymenoptera, Trichogrammatidae) on various surfaces. Biol. Control 39: 329-335.
- PACKIAM, S. M., AND IGNACIMUTHU, S. 2012. Effect of PONNEEM# on *Spodoptera litura* (Fab.) and its compatibility with *Trichogramma chilonis* Ishii. Braz. Arch. Biol. Technol. 55: 291-298

- PARRA, J. R. P., AND ZUCCHI, R. A. 2004. *Trichogramma* in Brazil: feasibility of use after twenty years of research. *Neotrop. Entomol.* 33: 271-281.
- PRATISSOLI, D., MILANEZ, A. M., BARBOSA, W. F., CELESTINO, F. N., POLANCZYK, R. A., AND ANDRADE, G. S. 2010. Side effects of fungicides to cucurbitaceous crops on *Trichogramma atopovirilia* Oatman & Platner (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Chil. J. Agr. Res.* 70: 323-327.
- PROPHIRO, J. S., SILVA, M. A. N., KANIS, L. A., SILVA, B. M., DUQUE-LUNA, J. E., AND SILVA, O. S. 2012. Evaluation of time toxicity, residual effect, and growth-inhibiting property of *Carapa guianensis* and *Copaifera* sp. in *Aedes aegypti*. *Parasitol. Res.* 110: 713-719.
- RAJENDRAN, S., AND SRIRANJINI, V. 2008. Plant products as fumigants for stored product insect control. *J. Stored Prod. Res.* 43(2):126–135.
- ROZMAN, V., KALINOVIC, I., AND KORUNIC, Z. 2007. Toxicity of naturally occurring compounds of Lamiaceae and Lauraceae to three stored-product insects. *J. Stored Prod. Res.* 43: 349–355.
- SABER, M., HEJAZI, M. J., KAMALI, K., AND MOHARRAMIPOUR, S. 2005. Lethal and sublethal effects of fenitrothion and deltamethrin residues on the egg parasitoid *Trissolcus grandis* (Hymenoptera: Scelionidae). *J. Econ. Entomol.* 98: 35-40.
- SAHAYARAJ, K. 1998. Antifeedant effect of some plant extracts on the Asian armyworm, *Spodoptera litura* (Fabricius). *Current Sci.* 74: 523-525.
- SAMPAIO, I. B. M. 2002. Estatística aplicada à experimentação animal. 2ª.ed. Belo Horizonte: Fundação de Estudo e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia, 265p.
- SCHNEIDER, M. I., SMAGGHE, G., GOBBI, A., AND VINUELA, E. 2003. Toxicity and pharmacokinetics of insect growth regulators and other novel insecticides on

- pupae of *Hyposoter didymator* (Hymenoptera: Ichneumonidae), a parasitoid of early larval instars of lepidopteran pests. J. Econ. Entomol. 96: 1054–65.
- SOARES, M. A., LEITE, G. L. D., ZANUNCIO, J. C., ROCHA, S. L., SÁ, V. G. M., AND SERRÃO, J. E. 2007. Flight capacity, parasitism and emergence of six *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) species from reforested areas with eucalyptus in Brazil. Phytoparasitica 35: 314-318.
- STERK, G., HASSAN, S. A., BAILLOD, M., BAKKER, F., BIGLER, F., BLÜMEL, S., BOGENSCHÜTZ, H., BOLLER, E., BROMAND, B., BRUN, J., CALIS, J. N. M., COREMANSPELSENEER, J., DUSO, C., GARRIDO, A., GROVE, A., HEIMBACH, U., HOKKANEN, H., JACAS, J., LEWIS, L., MORETH, L., POLGAR, L., ROVERSTI, L., SAMSØE-PETERSEN, L., SAUPHANOR, B., SCHAUB, L., STÄUBLI, A., TUSET, J.J., VAINIO, M., VAN DE VEIRE, M., VIGGIANI, G., VIÑUELA, E., AND VOGT, H. 1999. Results of the seventh joint pesticide testing programme carried out by the iobc/wprsworking group ‘pesticides and beneficial organisms’. Biocontrol 44: 99-117.
- TAVARES, W. S., CRUZ, I., PETACCI, F., ASSIS JÚNIOR, S. L., FREITAS, S. S., ZANUNCIO, J. C., AND SERRÃO, J. E. 2009. Potential use of Asteraceae extracts to control *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and selectivity to their parasitoids *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) and *Telenomus remus* (Hymenoptera: Scelionidae). Ind. Crop Prod. 30: 384-388.
- TAVARES, W. S., CRUZ, I., FONSECA, F. G., GOUVEIA, N. L., SERRÃO, J. E. AND ZANUNCIO, J. C. 2010. Deleterious activity of natural products on postures of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Pyralidae). Z. Naturforsch. 65: 412- 418.
- THULER, R. T., BORTOLI, S. A., GOULART, R. M., VIANA, C. L. T. P., AND

- PRATISSOLI, D. 2008. Interação tritrófica e influência de produtos químicos e vegetais no complexo: brássicas x traça-das crucíferas x parasitóides de ovos. Ciênc. Agrotec. 32: 1154-1160.
- VIANNA, U. R., PRATISSOLI, D., ZANUNCIO, J. C., LIMA, E. R., BRUNNER, J., PEREIRA, F. F., AND SERRÃO, J. E. 2009. Insecticide toxicity to *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) females and effects on descendant generation. Ecotoxicology 18: 180-186.
- WITTING, B. E., ORR, D.B., AND LINKER, H. M. 2007. Attraction of insect natural enemies to habitat plantings in North Carolina. J. Entomol. Sci. 42: 439-456.

TABELA 1. Nome científico (NCIENT.), ingrediente ativo (I.A) ou componente majoritário (ING. AT. OU MAJ.), e CL50 (µL/ML) nos testes com ovos de *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae) em laboratório

NCIENT.	Ing. At. (i.a)/comp. Maj. (%)	CL ₅₀ (µL/mL)
<i>Allium sativum</i>	Dialil dissulfeto (40%), Dialil trissulfeto (30%), Dialil sulfeto (8%), metil alil dissulfeto (4%) e metil alil trissulfeto (10%)	0,06 (0,079 - 0,16)
<i>Carapa guianensis</i>	Limmonoids (2-5%), como andirobin, 6α-acetoxiepoxiazadiradiona, 6α-acetoxigedunina, 6β-acetoxigedunina, 11β-acetoxigedunina, 6α, 11β-diacetoxigedunina, 6β, 11β-diacetoxigedunina, 6α-hidroxigedunina, e 7-desacetoxi-7-oxogedunin	16,33 (13,90 - 19,01)
<i>Syzygium aromarticum</i>	Eugenol (92,3%) e β-cariofileno (5,50%)	1,88 (0,36 - 4,44)
<i>Zingiber officinale</i>	Zingibereno (33%), beta-sesquifelandreno (12%), β-bisaboleno (10%), canfeno (8%), mirceno (7%)	54,79 (39,21 - 80,33)
<i>Citrus sinensis</i>	Limoneno (95,48%), mirceno (2,10%)	14,91 (12,14-17,9)
<i>Mentha piperita</i>	Mentol (55%), mentona (25%), acetato de metilo (10%)	4,18 (2,05 - 5,70)
<i>Origanum vulgare</i>	Carvacrol (70%), p-cimeno (15%), timol (4,3%)	16,54 (13,52-20,09)
<i>Piper nigrum</i>	α- Pineno (30%), cariofileno (30%), limoneno (10%), e-nerolidol (6%)	40,21 (32,85-64,75)
<i>Thymus vulgaris</i>	Timol (50%), p-cimeno (40%), linalool (6,0%)	2,05 (0,27-3,27)
<i>Azadirachta indica</i>	Azadirachitina	0,17 (0,07 - 0,80)

TABELA 2. Porcentagem de emergência ($\pm$ EP) da geração F₁ e F₂ de *Trichogramma galloi* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) de ovos de *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) tratados com parasitoides em diferentes estágios imaturos

Tratamento	Geração F ₁					
	Ovo-larva ¹	Clas. ²	Pré-pupa ¹	Clas. ²	Pupa ¹	Clas. ²
Testemunha	98,24 $\pm$ 1,22Aa	--	97,48 $\pm$ 1,28Aa	--	98,89 $\pm$ 1,62Aa	--
<i>Allium sativum</i>	84,02 $\pm$ 2,05Aba	1	74,97 $\pm$ 1,87Ba	1	61,94 $\pm$ 2,22BCb	2
<i>Carapa guianensis</i>	76,44 $\pm$ 1,71BCa	1	74,88 $\pm$ 1,22Ba	1	55,65 $\pm$ 1,46Cb	2
<i>Citrus sinensis</i>	69,26 $\pm$ 2,91Bc	1	88,18 $\pm$ 1,78Aba	1	56,18 $\pm$ 2,03Cc	2
<i>Mentha piperita</i>	93,61 $\pm$ 1,24ABa	1	84,07 $\pm$ 2,02ABab	1	76,44 $\pm$ 1,81Bb	1
<i>Azadirachta indica</i>	88,62 $\pm$ 1,38ABa	1	82,28 $\pm$ 1,80Aba	1	53,84 $\pm$ 2,03Cb	2
<i>Origanum vulgare</i>	88,54 $\pm$ 2,21ABa	1	73,41 $\pm$ 1,65Bb	1	72,22 $\pm$ 1,40BCb	1
<i>Piper nigrum</i>	91,90 $\pm$ 1,24ABa	1	86,94 $\pm$ 2,59Aba	1	73,68 $\pm$ 1,41BCb	1
<i>Syzygium aromaticum</i>	92,93 $\pm$ 2,03ABa	1	79,45 $\pm$ 2,05ABb	1	65,01 $\pm$ 1,58BCc	2
<i>Thymus vulgare</i>	93,67 $\pm$ 1,10ABa	1	89,03 $\pm$ 1,46Aba	1	70,11 $\pm$ 1,98BCb	1
<i>Zingiber officinale</i>	81,40 $\pm$ 1,73ABa	1	73,11 $\pm$ 2,24Ba	1	17,31 $\pm$ 1,30Db	3
CV (%) = 25,22						
Tratamento	Geração F ₂					
	Ovo-larva ¹	Clas. ²	Pré-pupa ¹	Clas. ²	Pupa ¹	Clas. ²
Testemunha	99,07 $\pm$ 1,26Aa	--	99,09 $\pm$ 1,23Aa	--	99,73 $\pm$ 1,50Aa	--
<i>Allium sativum</i>	88,55 $\pm$ 1,20Aa	1	92,62 $\pm$ 1,87Aa	1	84,63 $\pm$ 2,20Aba	1
<i>Carapa guianensis</i>	92,63 $\pm$ 1,64Aa	1	93,42 $\pm$ 1,43Aa	1	85,65 $\pm$ 2,04Aba	1
<i>Citrus sinensis</i>	86,71 $\pm$ 2,07Aa	1	82,78 $\pm$ 2,21Aa	1	75,01 $\pm$ 2,39Aba	1
<i>Mentha piperita</i>	85,71 $\pm$ 1,88Aa	1	81,45 $\pm$ 2,33Aa	1	90,18 $\pm$ 3,31Aba	1
<i>Azadirachta indica</i>	84,83 $\pm$ 1,31Aa	1	84,62 $\pm$ 1,98Aa	1	92,53 $\pm$ 1,61Aba	1
<i>Origanum vulgare</i>	90,29 $\pm$ 2,29Aa	1	86,72 $\pm$ 2,23Aab	1	70,11 $\pm$ 3,65Bb	1
<i>Piper nigrum</i>	86,27 $\pm$ 3,10Aa	1	89,78 $\pm$ 2,10Aa	1	97,64 $\pm$ 1,49Aa	1
<i>Syzygium aromaticum</i>	90,15 $\pm$ 2,67Aa	1	75,29 $\pm$ 3,20Aa	1	80,69 $\pm$ 3,51Aba	1
<i>Thymus vulgare</i>	83,48 $\pm$ 2,33Aa	1	90,27 $\pm$ 2,17Aa	1	85,88 $\pm$ 2,39Aba	1
<i>Zingiber officinale</i>	53,07 $\pm$ 2,54Ba	2	58,45 $\pm$ 2,67Ba	2	26,46 $\pm$ 2,56Cb	2
CV (%) = 30,58						

¹Médias seguidas de mesma letra maiúscula por coluna ou minúsculas por linha não diferem pelo teste de Student Newman Keuls (P<0,05). ²Índice de toxicidade (Sterk et al. 1999), em que: classe 1= inócuo; classe 2= ligeiramente nocivo; classe 3= moderadamente nocivo; classe 4= prejudicial.

TABELA 3. Longevidade média ($\pm$ EP) de fêmeas da geração F₁ de *Trichogramma galloi* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) expostas a óleos essenciais em seus estágios imaturos

Tratamentos	Ovo-larva	Pré-pupa	Pupa
	Média	Média	Média
Testemunha	10,83 $\pm$ 0,50Aa	10,94 $\pm$ 0,56Aa	9,11 $\pm$ 0,52Aa
<i>Allium sativum</i>	9,94 $\pm$ 0,53Aa	10,27 $\pm$ 0,64Aa	10,33 $\pm$ 0,56Aa
<i>Carapa guianensis</i>	9,22 $\pm$ 0,89Aa	9,89 $\pm$ 0,58Aa	9,72 $\pm$ 0,85Aa
<i>Citrus sinensis</i>	7,44 $\pm$ 0,82Aa	8,67 $\pm$ 0,76Aa	6,94 $\pm$ 0,96Aa
<i>Mentha piperita</i>	8,67 $\pm$ 0,86Aa	7,50 $\pm$ 1,08Aa	7,00 $\pm$ 0,96Aa
<i>Azadirachta indica</i>	10,33 $\pm$ 0,62Aa	10,11 $\pm$ 0,87Aa	10,27 $\pm$ 0,90Aa
<i>Origanum vulgare</i>	9,22 $\pm$ 0,83Aa	9,06 $\pm$ 0,61Aa	7,78 $\pm$ 0,95Aa
<i>Piper nigrum</i>	9,17 $\pm$ 0,57Aa	7,55 $\pm$ 0,83Aa	7,44 $\pm$ 0,68Aa
<i>Syzygium aromaticum</i>	10,33 $\pm$ 0,53Aa	9,72 $\pm$ 0,80Aa	7,88 $\pm$ 0,62Aa
<i>Thymus vulgare</i>	7,28 $\pm$ 0,94Aa	8,17 $\pm$ 0,78Aa	7,05 $\pm$ 0,79Aa
<i>Zingiber officinale</i>	8,39 $\pm$ 0,94Aa	4,72 $\pm$ 1,24Bb	3,00 $\pm$ 0,99Bb
CV (%) = 39,26			

¹Médias seguidas de mesma letra maiúscula por coluna ou minúsculas por linha não diferem pelo teste de Student Newman Keuls (P <0,05).

TABELA 4. Número de ovos de *Anagasta kuehniella* parasitados ($\pm$ EP) por fêmeas da geração F₁ e F₂ de *Trichogramma galloi* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) tratadas em seus estágios imaturos

Tratamento	Geração F ₁					
	Ovo-larva ¹	Clas. ²	Pré-pupa ¹	Clas. ²	Pupa ¹	Clas. ²
Testemunha	29,89 $\pm$ 1,25ABa	--	33,67 $\pm$ 1,25Aa	--	34,17 $\pm$ 1,632Aa	--
<i>Allium sativum</i>	22,17 $\pm$ 2,34BCb	1	22,67 $\pm$ 2,01Bb	2	29,22 $\pm$ 2,07Aa	1
<i>Carapa guianensis</i>	16,38 $\pm$ 1,81Db	2	22,39 $\pm$ 1,76Ba	2	26,50 $\pm$ 1,55Aa	1
<i>Citrus sinensis</i>	19,06 $\pm$ 3,00CDB	2	21,89 $\pm$ 2,03Bb	2	27,78 $\pm$ 2,78Aa	1
<i>Mentha piperita</i>	24,94 $\pm$ 1,30Aba	1	24,61 $\pm$ 1,72Ba	1	25,67 $\pm$ 2,13Aa	1
<i>Azadirachta indica</i>	22,94 $\pm$ 1,35BCa	1	23,44 $\pm$ 1,76Ba	2	27,78 $\pm$ 1,92Aa	1
<i>Origanum vulgare</i>	22,39 $\pm$ 2,45BCb	1	22,05 $\pm$ 2,10Bb	2	27,89 $\pm$ 1,45Aab	1
<i>Piper nigrum</i>	31,00 $\pm$ 1,07Aa	1	24,72 $\pm$ 2,72Ba	1	29,78 $\pm$ 1,01Aa	1
<i>Syzygium aromaticum</i>	25,89 $\pm$ 2,12ABab	1	23,95 $\pm$ 2,41Bb	1	30,39 $\pm$ 1,71Aa	1
<i>Thymus vulgare</i>	26,00 $\pm$ 0,99Aba	1	26,06 $\pm$ 1,42Ba	1	27,11 $\pm$ 2,23Aa	1
<i>Zingiber officinale</i>	18,89 $\pm$ 1,74CDB	2	23,27 $\pm$ 2,12Bab	2	26,17 $\pm$ 2,16Aa	1
CV (%) = 32,12						
Tratamento	Geração F ₂					
	Ovo-larva ¹	Clas. ²	Pré-pupa ¹	Clas. ²	Pupa ¹	Clas. ²
Testemunha	31,06 $\pm$ 1,25Aa	--	32,38 $\pm$ 1,29Aa	--	32,28 $\pm$ 1,53Aa	--
<i>Allium sativum</i>	29,50 $\pm$ 1,61Aa	1	28,78 $\pm$ 1,93Aa	1	27,56 $\pm$ 2,34Aa	1
<i>Carapa guianensis</i>	31,00 $\pm$ 1,48Aa	1	26,56 $\pm$ 1,28Aa	1	27,17 $\pm$ 2,16Aa	1
<i>Citrus sinensis</i>	30,89 $\pm$ 1,94Aa	1	27,94 $\pm$ 2,66Aa	1	26,00 $\pm$ 2,62Aa	1
<i>Mentha piperita</i>	28,83 $\pm$ 1,92Aa	1	25,94 $\pm$ 2,30Aa	1	25,27 $\pm$ 3,39Aa	1
<i>Azadirachta indica</i>	30,50 $\pm$ 1,78Aa	1	28,78 $\pm$ 2,21Aa	1	27,56 $\pm$ 1,63Aa	1
<i>Origanum vulgare</i>	24,94 $\pm$ 2,42Aa	1	30,00 $\pm$ 2,30Aa	1	23,44 $\pm$ 3,77Aa	1
<i>Piper nigrum</i>	26,28 $\pm$ 3,23Aa	1	28,83 $\pm$ 2,08Aa	1	32,89 $\pm$ 1,51Aa	1
<i>Syzygium aromaticum</i>	32,33 $\pm$ 2,57Aa	1	24,89 $\pm$ 3,32Aa	1	27,94 $\pm$ 2,89Aa	1
<i>Thymus vulgare</i>	29,39 $\pm$ 2,55Aa	1	29,78 $\pm$ 1,88Aa	1	24,17 $\pm$ 2,48Aa	1
<i>Zingiber officinale</i>	16,27 $\pm$ 3,00Ba	2	14,33 $\pm$ 2,66Ba	2	6,67 $\pm$ 2,64Bb	3
CV (%) = 47,83						

¹Médias seguidas de mesma letra maiúscula por coluna ou minúsculas por linha não diferem pelo teste de Student Newman Keuls (P<0,05). ²Índice de toxicidade (Stern et al. 1999), em que: classe 1= inócuo; classe 2= ligeiramente nocivo; classe 3= moderadamente nocivo; classe 4= prejudicial.

TABELA 5. Razão sexual média ($\pm$ EP) da geração F₁ e F₂ de espécimes de *Trichogramma galloi* oriundos de ovos de *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) tratados com os parasitoides em seus estágios imaturos

Tratamentos	Geração F ₁		
	Ovo-larva ¹	Pré-pupa ¹	Pupa ¹
Testemunha	0,67 $\pm$ 0,07Aa	0,69 $\pm$ 0,07Aa	0,67 $\pm$ 0,08Aa
<i>Allium sativum</i>	0,48 $\pm$ 0,07ABa	0,51 $\pm$ 0,08Aa	0,47 $\pm$ 0,08Aa
<i>Carapa guianensis</i>	0,45 $\pm$ 0,07ABa	0,47 $\pm$ 0,08Aa	0,46 $\pm$ 0,09Aa
<i>Citrus sinensis</i>	0,47 $\pm$ 0,06ABa	0,43 $\pm$ 0,08Aa	0,48 $\pm$ 0,08Aa
<i>Mentha piperita</i>	0,48 $\pm$ 0,09ABa	0,44 $\pm$ 0,09Aa	0,45 $\pm$ 0,08Aa
<i>Azadirachta indica</i>	0,48 $\pm$ 0,07ABa	0,44 $\pm$ 0,08Aa	0,43 $\pm$ 0,09Aa
<i>Origanum vulgare</i>	0,69 $\pm$ 0,05Aa	0,57 $\pm$ 0,07Aa	0,52 $\pm$ 0,07Aa
<i>Piper nigrum</i>	0,41 $\pm$ 0,07ABa	0,45 $\pm$ 0,08Aa	0,48 $\pm$ 0,08Aa
<i>Syzygium aromaticum</i>	0,49 $\pm$ 0,07ABa	0,50 $\pm$ 0,07Aa	0,52 $\pm$ 0,07Aa
<i>Thymus vulgare</i>	0,42 $\pm$ 0,08ABa	0,48 $\pm$ 0,08Aa	0,47 $\pm$ 0,08Aa
<i>Zingiber officinale</i>	0,45 $\pm$ 0,08ABa	0,47 $\pm$ 0,08Aa	0,51 $\pm$ 0,09Aa
CV (%) = 77,64			
Tratamentos	Geração F ₂		
	Ovo-larva ¹	Pré-pupa ¹	Pupa ¹
Testemunha	0,50 $\pm$ 0,08ABa	0,56 $\pm$ 0,07Aa	0,51 $\pm$ 0,08Aa
<i>Allium sativum</i>	0,61 $\pm$ 0,06ABa	0,61 $\pm$ 0,05Aa	0,48 $\pm$ 0,08Aa
<i>Carapa guianensis</i>	0,63 $\pm$ 0,06Aa	0,52 $\pm$ 0,08Aa	0,63 $\pm$ 0,05Aa
<i>Citrus sinensis</i>	0,46 $\pm$ 0,09ABa	0,50 $\pm$ 0,07Aa	0,46 $\pm$ 0,07Aa
<i>Mentha piperita</i>	0,55 $\pm$ 0,06ABa	0,40 $\pm$ 0,07Aa	0,46 $\pm$ 0,06Aa
<i>Azadirachta indica</i>	0,60 $\pm$ 0,04ABa	0,49 $\pm$ 0,07Aa	0,46 $\pm$ 0,08Aa
<i>Origanum vulgare</i>	0,45 $\pm$ 0,08ABa	0,63 $\pm$ 0,06Aa	0,45 $\pm$ 0,06Aab
<i>Piper nigrum</i>	0,47 $\pm$ 0,07ABa	0,45 $\pm$ 0,07Aa	0,46 $\pm$ 0,08Aa
<i>Syzygium aromaticum</i>	0,41 $\pm$ 0,08ABa	0,49 $\pm$ 0,08Aa	0,65 $\pm$ 0,04Aa
<i>Thymus vulgare</i>	0,53 $\pm$ 0,06ABa	0,55 $\pm$ 0,06Aa	0,56 $\pm$ 0,06Aa
<i>Zingiber officinale</i>	0,48 $\pm$ 0,06ABa	0,61 $\pm$ 0,07Aa	0,43 $\pm$ 0,05Aa
CV (%) = 58,31			

¹Médias seguidas de mesma letra maiúscula por coluna ou minúscula por linha não diferem pelo teste de Student Newman Keuls (P <0,05).

CONCLUSÕES GERAIS

- *Zingiber officinale* foi o óleo mais prejudicial a adultos e imaturos de *T. galloi* e *T. pretiosum*, tanto para, reduzindo a longevidade, parasitismo e emergência desse parasitoide;

- *Allium sativum* foi o segundo óleo essencial mais prejudicial, classificado como ligeiramente tóxico (classe 2 - 30 a 79% de redução), por ter reduzido a emergência, parasitismo e a longevidade de fêmeas de *T. pretiosum* e *T. galloi*, quando exposto aos seus adultos e imaturos.

- *Carapa guianensis* reduziu a longevidade de fêmeas de *T. pretiosum* quando exposta a esse parasitoide no estágio de ovo-larva e foi classificado como ligeiramente nocivo (classe 2 -30 a 79% de redução) a emergência e parasitismo de *T. galloi* e *T. pretiosum*, quando exposto a adultos e imaturos.

Azadirachta indica, *C. sinensis*, *M. piperita*, *O. vulgare* e *S. aromaticum* apresentaram baixo impacto aos aspectos biológicos das duas espécies de *Trichogramma*, e *P. nigrum* e *T. vulgare* são compatíveis com *T. galloi* e *T. pretiosum* em programas de Manejo Integrado ou Ecológico de Pragas.