

JOSÉ ROBERTO GONÇALVES

**POTENCIAL DE PARASITISMO DO ÁCARO *Acarophenax lacunatus* E SUA
INTERAÇÃO COM INSETICIDAS EM TRIGO ARMAZENADO**

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

**VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2001**

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

G635p
2001

Gonçalves, José Roberto, 1975-
Potencial de parasitismo do ácaro *Acarophenax
lacunatus* e sua interação com inseticidas em trigo
armazenado / José Roberto Gonçalves. – Viçosa : UFV,
2001.
89p. : il.

Orientador: Lêda Rita D'Antonino Faroni
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de
Viçosa

1. Pragas – Controle biológico. 2. Pragas – Manejo
integrado. 3. Inseticidas. 4. *Acarophenax lacunatus*. 5.
Rhizopertha dominica I. Universidade Federal de Viçosa.
II. Título.

CDD 19.ed.632.951

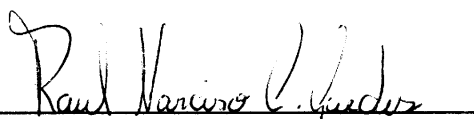
CDD 20.ed.632.951

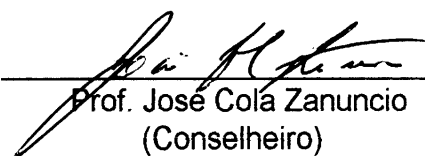
JOSÉ ROBERTO GONÇALVES

POTENCIAL DE PARASITISMO DO ÁCARO *Acarophenax lacunatus* E SUA
INTERAÇÃO COM INSETICIDAS EM TRIGO ARMAZENADO

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

APROVADA: 11 de julho de 2001


Prof. Raul Narciso Carvalho Guedes
(Conselheiro)


Prof. José Cola Zanuncio
(Conselheiro)


Prof. Dirceu Pratissoli


Prof. Mauri Martins Teixeira


Prof^a Leda Rita D'Antonino Faroni
(Orientadora)

“É bom saber que esta etapa foi
vencida e é desafiador perceber que
foi apenas o começo.”

(Marsau)

A Deus, fonte de toda sabedoria.
Aos meus pais, José Geraldo e Ana América.
A meu irmão Robson.
Às minhas amigas Adriana e Amanda.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro, e à Universidade Federal de Viçosa (UFV), pela oportunidade de realizar o curso.

À Professora Lêda Rita D'Antonino Faroni, pela orientação, pelas críticas, pela compreensão, pelas sugestões e pela confiança e amizade.

Ao Prof. Raul Narciso Carvalho Guedes, pelo incentivo e apoio nas horas mais difíceis do trabalho, e ao Prof. José Cola Zanuncio, por ter acreditado algum dia que eu poderia vencer essa nova etapa da minha vida.

Ao Prof. Dirceu Pratissoli, pela amizade e pelos ensinamentos anteriores, que serviram de base para o meu sucesso.

Aos amigos Romero, Claudia, Anderson e Cristina, pelo apoio e pela dedicação, que muito contribuíram para o êxito desta pesquisa.

Aos avós Amynthas (in memoriam), Lucy e Antonio (in memoriam) e Claudir, pelo apoio, pelo carinho e pela compreensão.

Ao amigo Harley, pelo companheirismo.

Aos irmãos de república, Marcos (Colatina), Fausto, Nelson (Gringo), André (Calouro José), Rodrigo (Pirangueiro), Luciano (Zumbi) e Gustavo (Pombo), pela convivência e amizade.

À minha Guria (Lili), que apareceu quando mais precisava de alguém para comemorar mais uma vitória.

A “**alguns**” parentes que acreditaram nessa vitória.

Ao primo Junior (in memoriam), pelo grande amigo e companheiro que nunca deixará de ser.

Aos amigos de Santa Leopoldina, Espírito Santo, que sempre acreditaram no meu potencial.

Aos amigos da área da Engenharia Agrícola, pelo apoio e pela dedicação, que muito contribuíram para o bom êxito desta pesquisa.

À secretária Maria Paula, pela paciência, dedicação e amizade.

Aos demais professores, colegas, funcionários e amigos, que, de alguma maneira, contribuíram para a realização deste trabalho.

Biografia

JOSÉ ROBERTO GONÇALVES, filho de José Geraldo Gonçalves e Ana América Gonoring Gonçalves, nasceu na cidade de Vila Velha, Estado do Espírito Santo, em 18 de fevereiro de 1975.

Em maio de 1999, graduou-se em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal do Espírito Santo, em Alegre, Espírito Santo, onde foi bolsista de iniciação científica, pelo CNPq, de abril de 1996 a março de 1999.

Em maio de 1999, foi bolsista de aperfeiçoamento, pela FAPEMIG, na Universidade Federal de Viçosa e, em agosto deste mesmo ano, iniciou o Curso de Mestrado em Entomologia nessa Universidade.

Índice

	Página
Resumo	VII
Abstract	IX
Introdução Geral	1
Literatura Citada	4
Artigo 1 – Parasitismo de <i>Acarophenax lacunatus</i> (Prostigmata: Acarophenacidae) em Ovos de <i>Rhyzopertha dominica</i> (Coleoptera: Bostrichidae)	
Resumo	8
Abstract	9
1. Introdução	10
2. Material e Métodos	12
3. Resultados e Discussão	13
4. Literatura Citada	16
Artigo 2 – Efeito de Piretróides sobre <i>Acarophenax lacunatus</i> (Prostigmata: Acarophenacidae) Parasitando <i>Rhyzopertha dominica</i> (Coleoptera: Bostrichidae)	
Resumo	25
Abstract	26
1. Introdução	27
2. Material e Métodos	29
3. Resultados	32
4. Discussão	34
5. Literatura Citada	39

Artigo 3 - Efeito de Organofosforados sobre *Acarophenax lacunatus* (Prostigmata: Acarophenacidae) Parasitando *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae)

Resumo	57
Abstract	58
1. Introdução	59
2. Material e Métodos	60
3. Resultados	64
4. Discussão	65
5. Literatura Citada	70
Conclusões Gerais	88

Resumo

Gonçalves, José Roberto, M.S. Universidade Federal de Viçosa, julho de 2001.

Potencial de parasitismo do ácaro *Acarophenax lacunatus* e sua interação com inseticidas em trigo armazenado. Orientadora: Lêda Rita D'Antonino Faroni. Conselheiros: Raul Narciso Carvalho Guedes e José Cola Zanuncio.

A utilização de inimigos naturais no manejo de pragas de grãos armazenados é ainda pouco estudada, embora seja freqüente a sua ocorrência na massa de grãos. O ácaro *Acarophenax lacunatus* (Prostigmata: Acarophenacidae) vem demonstrando ser importante agente na redução de populações de pragas de grãos devido ao fato de parasitar grande quantidade de ovos de *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae). Por isso, o objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial de parasitismo de *A. lacunatus* e sua integração com inseticidas utilizados no controle de pragas de grãos armazenados. Para tal, avaliou-se o efeito dos piretróides, bifentrina e deltametrina, e dos organofosforados, pirimifós metílico e fenitrotiom, sobre *A. lacunatus* nas doses que corresponderam a 0,00%, 6,25%, 12,50%, 25,00%, 50,00% e 100,00% da recomendada pelo fabricante, em câmara climática tipo B.O.D, a $30\pm 1^{\circ}\text{C}$, $65\pm 5\%$ de U.R. e escotofase de 24 horas. As unidades experimentais consistiram de placas de Petri de 140 x 10 mm, com 25 g de grãos de trigo com teor de umidade de 13% b.u., infestadas com 25 adultos de *R. dominica*, com idade entre três e sete dias. Sete dias após a infestação, foram inoculados zero, um, dois, três, quatro e oito ácaros, em quatro repetições por unidade experimental. O ácaro *A. lacunatus* mostrou-se eficiente na redução de populações de *R. dominica* em laboratório. Quando associado aos inseticidas piretróides e aos organofosforados, a redução das doses desses inseticidas e o aumento da densidade inoculada do ácaro levaram a um maior número de fêmeas fisogástricas desse inimigo natural. A taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) de *A. lacunatus* foi menor quando se aumentaram as doses dos inseticidas e as densidades inoculadas desse ácaro. A aplicação dos inseticidas piretróides bifentrina e deltametrina, nas doses recomendadas, em grãos armazenados não interferiu no parasitismo do ácaro *A. lacunatus*.

No entanto, devem-se reduzir as doses dos inseticidas organofosforados pirimifós metílico e fenitrotiom para se maximizar o potencial de parasitismo de *A. lacunatus*. Esse agente de controle biológico mostrou plena atividade (parasitando ovos de *R. dominica*) em todas as doses dos inseticidas testados, o que pode indicar tolerância a esses produtos.

Abstract

Gonçalves, José Roberto, M.S. Universidade Federal de Viçosa, July 2001.

Potential of parasitism of the mite *Acarophenax lacunatus* and its interaction with insecticides in stored wheat. Adviser: Lêda Rita D'Antonino Faroni. Committee Members: Raul Narciso Carvalho Guedes and José Cola Zanuncio.

The use of natural enemies in the integrated pest management of stored grains is still little studied despite their frequent presence in the grain mass. The mite species *Acarophenax lacunatus* (Prostigmata: Acarophenacidae) has been showing to be an important agent in reducing populations of stored grain pests due to the fact that it is able to parasitize large amount of eggs of *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae). The objective of the present work was to assess the parasitism potential of *A. lacunatus* and its integration with insecticides used for controlling stored grain pests. To achieve this, the effect of the pyrethroids bifenthrin and deltamethrin e the organophosphates pirimiphos-methyl and fenitrothion on *A. lacunatus* was assessed in doses corresponding to 0,00%, 6,25%, 12,50%, 25,00%, 50,00% and 100,00% of the manufacturer recommendation, in B.O.D. climatic chamber, at $30\pm 1^{\circ}\text{C}$, $65\pm 5\%$ R.H. and 24 hours scotophase. The experimental units consisted of Petri dishes (140 x 10 mm) containing 25 g of whole wheat grains (13% m.c.) infested with 25 adults of *R. dominica* three to seven days-old. Seven days after the infestation, zero, one, two, three, four or eight mites were inoculated in each experimental unit using four replicates per each treatment. The mite *A. lacunatus* was efficient in reducing laboratory populations of *R. dominica*. When associated with pyrethroids and organophosphate insecticides, their decrease in dose and increase in inoculated mite density led to a greater number of physogastric females of this natural enemy. The instantaneous rate of population increase (r_i) of *A. lacunatus* was smaller when the insecticide doses and mite densities used were higher. The application of the pyrethroids bifenthrin and deltamethrin at the recommended doses in stored grains did not affect the parasitism by the mite *A. lacunatus*. Nonetheless, the doses of the organophosphate insecticides pirimiphos-methyl and fenitrothion should be reduced to maximize the parasitism

potential of *A. lacunatus*. This biological control agent showed activity towards eggs of *R. dominica* in all of the insecticide doses tested which indicates tolerance to these compounds.

Introdução Geral

O ácaro *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) (Prostigmata: Acarophenacidae) é um parasita de ovos, que vem recebendo maior atenção, nos últimos anos, no estudo do controle biológico de pragas de grãos armazenados. Os adultos desta espécie possuem coloração esbranquiçada, tamanho reduzido (0,14 x 0,09 mm) e um comportamento forético (utiliza a praga para facilitar seu deslocamento na massa de grãos). Desenvolvem-se na faixa de temperatura de 18 a 41°C, sendo 30°C a temperatura ótima. Os machos possuem a função de fecundar as fêmeas, as quais são responsáveis pelo parasitismo dos ovos. O número de ovos parasitados por fêmea é de apenas um, podendo, em alguns casos, mais de uma fêmea parasitar o mesmo ovo. Depois de se fixar no ovo e sugar o seu conteúdo, seu corpo se distende largamente, tornando-se de forma esférica e de brilho intenso, podendo aumentar em até cinco vezes ao seu tamanho inicial, o que caracteriza o desenvolvimento da progênie (fisogastria). Os indivíduos dessa progênie emergem na forma adulta. Em condições ótimas, uma fêmea fisogástrica produz um ácaro macho e 16 fêmeas em média. O macho, o primeiro a emergir, fecunda todas as fêmeas que, em seguida, saem em busca de novos hospedeiros. Normalmente, a morte do macho se dá logo após a fecundação e a das fêmeas, depois da reprodução. O tempo médio desde a fixação de *A. lacunatus* no hospedeiro até a emergência da progênie é de 56 horas e o número de gerações mensal é de, aproximadamente, doze (Faroni *et al.* 2000, 2001). A possibilidade de integrar esse parasita com controle químico poderá ser uma nova alternativa para o manejo de pragas.

Os inseticidas, em geral, apresentam a vantagem de terem atuação imediata. Por isso, quando a população de uma praga se aproxima do nível de dano econômico, o uso de inseticidas, na maioria das vezes, é a única opção disponível para os armazenadores de grãos (White & Leesch 1996, Corso *et al.* 1999). No entanto, pragas que atacam grãos armazenados estão desenvolvendo resistência aos principais inseticidas (organofosforados e piretróides) utilizados no seu controle (Zetter 1982, Attia & Frecker 1984, Collins 1986, Arthur *et al.* 1988, Collins 1990, Zettler & Cuperus 1990, Collins *et al.* 1993, Guedes *et al.* 1996, Guedes & Zhu 1998, Lorini & Galley 1999), o que pode inviabilizar seu uso, se métodos alternativos não forem implementados (Arthur 1996). Este fato gerou uma preocupação constante no setor responsável pela guarda dos grãos, pois poucos inseticidas estão registrados para a proteção desses grãos e o registro de novos produtos requer um longo período, a um custo, relativamente, elevado (White & Leesch 1996). Diante disso, têm-se buscado novas alternativas para o uso de inseticidas, como o uso integrado de inimigos naturais com esses produtos (King & Nordlund 1992).

O estudo do impacto de produtos químicos sobre inimigos naturais de pragas torna-se necessário para que seja possível associá-los ao manejo integrado de pragas (Baker 1995, Baker & Arbogast 1995).

Embora a maioria das espécies de ácaros associadas a produtos armazenados sejam consideradas pragas, alguns pesquisadores têm encontrado comunidades de ácaros atuando como inimigos naturais de pragas de grãos armazenados (Cross & Krantz 1964, Bruce & Lecato 1979). A eficácia, especificidade e aplicabilidade de ácaros em programas de manejo integrado de pragas têm aumentado devido ao fato de serem muito pequenos, com ciclo de

vida curto e alto potencial reprodutivo (Zdarkova 1991, Scholler *et al.* 1997, Faroni *et al.* 2000, 2001).

As pesquisas com ácaros no controle biológico de pragas, em ambientes de armazenamento, têm sido concentradas em poucas espécies, incluindo o ácaro parasita *A. lacunatus*. Tendo em vista a necessidade de desenvolver novas técnicas de controle de pragas de grãos armazenados, este trabalho teve como objetivo estudar o potencial de parasitismo do ácaro *A. lacunatus* no inseto praga *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae) em laboratório (Artigo 1), assim como sua integração com os inseticidas piretróides (bifentrina e deltametrina) (Artigo 2) e organofosforados (fenitrotiom e pirimifós metílico) (Artigo 3), que são os principais produtos utilizados no controle de pragas de grãos armazenados.

Literatura Citada

Arthur, F.H. 1996. Grain protectants: current status and prospects for the future.

J. Stored Prod. Res. 32: 293-302.

Arthur, F.H, J.L. Zetter & W.R. Halliday. 1988. Insecticide resistance among

populations of almond moth and Indian meal moth (Lepidoptera: Pyralidae) in

stored peanuts. J. Econ. Entomol. 81: 1283-1287.

Attia, F.I. & T. Frecker. 1984. Cross-resistance spectrum and synergism studies

in organophosphorous-resistant strains of *Oryzaephilus surinamensis* (L.)

(Coleoptera: Cucujidae) in Australia. J. Econ. Entomol. 77: 1367-1370.

Baker, J.E. 1995. Stability of malathion resistance in two hymenopterous

parasitoids. J. Econ. Entomol. 88: 232-236.

Baker, J.E. & R.T. Arbogast. 1995. Malathion resistance in field strains of the

warehouse pirate bug (Heteroptera: Anthracoridae) and a prey species

Tribolium castaneum (Coleoptera: Tenebrionidae). J. Econ. Entomol. 88: 241-

245.

Bruce, W.A. 1982. Mites as biological control agents of stored product pests. In:

Hoy, M.A., G.L. Cunningham & L. Knutson (eds.), Biological control of pests

by mites. University of California Agricultural Experiment Station. Special

Publication. p. 74-78.

- Bruce, W.A. & G.L. Lecato. 1979.** *Pyemotes tritici*. Potential biological control agent of stored product insects. Rec. Adv. Acarol. p. 213-220.
- Collins, P.J. 1986.** Genetic analysis of fenitrothion resistance in the sawtoothed grain beetle, *Oryzaephilus surinamensis* (Coleoptera: Cucujidae). J. Econ. Entomol. 79: 1196-1199.
- Collins, P.J. 1990.** New resistance to pyrethroids in *Tribolium castaneum* (Herbst.). Pestic. Sci. 28: 101-115.
- Collins, P.J., T.M. Lambkin, B.W. Bridgeman & C. Pulvirenti. 1993.** Resistance to grain-protectant insecticides in coleopterous pests of stored cereals in Queensland, Australia, J. Econ. Entomol. 86: 239-245.
- Corso, I.C., D.L. Gazzoni & M.E. Nery. 1999.** Efeito de doses de refúgio sobre a seletividade de inseticidas a predadores e parasitóides de pragas de soja. Pesq. Agropec. Bras. 34: 1529-1538.
- Cross, E.A. & G.W. Krantz. 1964.** Two new species of the genus *Acarophenax* Newstead and Durvall 1918 (Acarina: Pyemotidae). Acarologia. 6: 287-295.
- Faroni, L.R.D'A., R.N.C. Guedes & A.L. Matioli. 2000.** Potential of *Acarophenax lacunatus* (Prostigmata: Acarophenacidae) as a biological control agent of *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae). J. Stored Prod. Res. 36: 55-63.

Faroni, L.R. D'A., R.N.C. Guedes & A.L. Matioli. 2001. Effect of temperature on development and population growth of *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) (Prostigmata: Acarophenacidae) on *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae). *Bioc. Sci. Techn.* 11: 7-14.

Guedes, R.N.C., B.A. Dover & S. Kambhampati. 1996. Resistance to chlorpyrifos-methyl, pirimiphos-methyl, and malathion in Brazilian and U.S. population of *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae). *J. Econ. Entomol.* 89: 27-32.

Guedes, R.N.C. & K.Y. Zhu. 1998. Characterization of malathion resistance in a Mexican population of *Rhyzopertha dominica*. *Pestic. Sci.* 53:15-20.

King, E.G. & D.A. Nordlund. 1992. Propagation and augmentative releases of predators and parasitoids for control of arthropods pests. *Pesq. Agropec. Bras.* 27: 239-254.

Lorini, I. & D.J. Galley. 1999. Deltamethrin resistance in *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae), a pest of stored grain in Brazil. *J. Stored Prod. Res.* 35: 37-45.

Scholler, M., S. Prozell, A.G. Al-Kirshi & C. Reichmuth. 1997. Towards biological control as a major component of integrated pest management in stored product protection. *J. Stored Prod. Res.* 33: 81-97.

White, N.D.G. & J.G. Leesch. 1996. Chemical control. In: Subramanyam, B. & D.W. Hagstrum (eds.), *Integrated Management of Insects in Stored Products*. Marcel Dekker, New York, p. 287-330.

Zdarkova, E. 1991. Mites as pests of stored products: application of the bio-preparation "Cleyletin" in empty stores. In: Dusbábek, F. & V. Bukva (eds.), *Mod. Acarol.* p. 607-610.

Zetter, J.L. 1982. Insecticide resistance in selected stored-product insects infesting peanuts in the Southeastern United States. *J. Econ. Entomol.* 75: 359-362.

Zettler, J.L. & G.W. Cuperus. 1990. Pesticide resistance in *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) and *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae) in wheat. *J. Econ. Entomol.* 83: 677-1681.

Os Artigos da Tese estão formatados de acordo com as normas da revista Neotropical Entomology.

**Parasitismo de *Acarophenax lacunatus* (Prostigmata: Acarophenacidae)
em Ovos de *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae)**

JOSÉ ROBERTO GONÇALVES¹

¹ Departamento de Biologia Animal/Setor de Entomologia,
Universidade Federal de Viçosa
36571-000, Viçosa, Minas Gerais, Brasil
E-mail: roberto@alunos.ufv.br

RESUMO - O experimento foi conduzido com a finalidade de se estudar o potencial de parasitismo do ácaro *Acarophenax lacunatus* (Prostigmata: Acarophenacidae) em populações de *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae). As unidades experimentais consistiram de placas de Petri de 140 mm de diâmetro por 10 mm de altura, contendo 25 g de grãos de trigo com teor de umidade de 13% b.u. Esses grãos foram infestados com 25 adultos de *R. dominica*, com idade entre três e sete dias. Sete dias após a infestação, foram inoculados zero, um, dois, três, quatro, oito e dezesseis ácaros em quatro repetições. A perda de peso dos grãos e a redução do número de adultos de *R. dominica* não foram influenciadas pela densidade populacional desse ácaro. No entanto, o número de fêmeas fisogástricas, a taxa instantânea de crescimento da população (r_i) de *A. lacunatus* e a porcentagem de ovos de *R. dominica* parasitados demonstraram a eficiência desse ácaro como agente de controle biológico. Apenas quatro fêmeas de *A. lacunatus* reduziram em até 100% os ovos de *R. dominica*, em 23 dias após sua inoculação.

PALAVRAS-CHAVE: Ácaro, controle biológico, armazenamento de grãos.

Parasitism of *Acarophenax lacunatus* (Prostigmata: Acarophenacidae) on Eggs the *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae)

ABSTRACT - The experiment was carried out aiming to assess the parasitism of the biological control agent *Acarophenax lacunatus* (Prostigmata: Acarophenacidae) in populations of *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae). The experimental unit constituted of Petri dishes with 140 mm diameter by 10 mm high containing 25 g of wheat grains with a humidity grade of 13% b.u., infested with 25 adults of *R. dominica* with the ages between three and seven days. Seven days after infestation, zero, one, two, three, four, eight and sixteen mites were inoculated. Four replicates were used for each treatment. Grain weight losses and reduction of the number of adults of *R. dominica* were not influenced by population density of this mite. On the other hand, the number of physogastric females and the instantaneous rate of *A. lacunatus* population growth (r_i) besides the percentage of parasitized eggs of *R. dominica* showed the efficiency of this natural enemies. Only four female of *A. lacunatus* is enough to reduce the number of eggs of *R. dominica* in 100% in 23 days after its inoculation.

KEY WORDS: Mites, biological control, grain storage.

1. Introdução

O controle biológico é uma realidade no mundo moderno como parte de programas de manejo de pragas. Os maiores avanços nesta área ocorreram a partir da década de 60, com o desenvolvimento de técnicas para a produção de parasitóides e predadores para liberações inundativas (Parra & Zucchi 1997). Em depósitos de armazenamento de grãos, este método de controle apresenta muitas vantagens, destacando-se as estruturas armazenadoras, que protegem os inimigos naturais de condições adversas do ambiente externo, impedindo que o agente biológico leve resíduos químicos nocivos para o local de armazenamento, e o fato de a maioria das espécies desse grupo ser inofensiva ao homem (Brower *et al.* 1996).

A maioria dos ácaros associados aos produtos armazenados é considerada praga, mas algumas espécies desse grupo, associadas ao ecossistema de grãos armazenados, são agentes de controle biológico (Cross & Krantz 1964, Moser 1975, Bruce & Lecato 1979, Bruce 1982). O ácaro *Pyemotes tritici* (Lagreze-Fossat & Montagne) (Acari: Pyemotidae) parasita todos os estádios larvais de *Plodia interpunctella* (Hubner) (Lepidoptera: Pyralidae), *Cadra cautella* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae), *Oryzaephilus mercator* (Waltl) (Coleoptera: Silvanidae) e *Lasioderma serricorne* (F.) (Coleoptera: Anobiidae) (Bruce & Lecato 1979). Outras pragas como *Sitotroga cerealella* (Olivier) (Lepidoptera: Gelechiidae) e *Anagasta kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) também são parasitadas por *P. tritici* (Hoschele & Tanigoshi 1993). Outro ácaro, o predador *Cheyletus eruditus* (Schrank) (Prostigmata: Cheyletidae), merece destaque como inimigo natural de ácaros-praga das famílias Acaridae e Glycyphagidae (Astigmata), principalmente de

Acarus siro L., *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank) e *Lepidoglyphus destructor* (Schrank), além de atacar os primeiros estádios das principais pragas de grãos e sementes armazenadas (Bruce 1982, Zdarkova 1998).

Os inimigos naturais de pragas de produtos armazenados são geralmente pequenos, possuem ciclo curto de vida e alto potencial reprodutivo, o que tem despertado o interesse de pesquisadores por estudos de sua eficácia, especificidade e aplicabilidade em programas de manejo integrado de pragas (Zdarkova 1991, Scholler *et al.* 1997, Faroni *et al.* 2000, 2001).

Diante do exposto, observa-se que as pesquisas com ácaros no controle biológico de pragas em ambientes de armazenamento se concentraram em poucas espécies. Estudos recentes têm demonstrado que o ácaro parasita *Acarophenax lacunatus* (Cross e Krantz) (Prostigmata: Acarophenacidae) é uma espécie promissora. Este ácaro foi primeiramente observado em populações de *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) (Coleoptera: Cucujidae) por Cross & Krantz (1964). Posteriormente, Faroni (1992) encontrou esse parasita reduzindo populações de *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae), que é uma das principais pragas de produtos armazenados. O controle biológico dessa praga é importante pelo seu aparente desenvolvimento de resistência a vários pesticidas, incluindo o fumigante fosfina (Bell *et al.* 1977, Chaudhry & Price 1990, Zettler & Cuperus 1990, Guedes *et al.* 1996, Guedes & Zhu 1998). Em razão disso, este trabalho teve como principal objetivo avaliar o potencial de parasitismo do ácaro *A. lacunatus* em ovos de *R. dominica*.

2. Material e Métodos

As unidades experimentais consistiram de placas de Petri de 140 mm de diâmetro por 10 mm de altura, contendo 25 g de grãos de trigo com teor de umidade de 13% b.u. (base úmida). As placas foram infestadas com 25 adultos de *R. dominica*, com idade entre três a sete dias, e revestidas com filme plástico de PVC para evitar a fuga dos indivíduos e impedir possíveis contaminações com outros indivíduos, como ácaros predadores. Sete dias após a infestação com *R. dominica*, período suficiente para que a praga colocasse os primeiros ovos, foram inoculados zero, um, dois, três, quatro, oito e dezesseis fêmeas do ácaro *A. lacunatus* por placa de Petri, constituindo os tratamentos em quatro repetições (Faroni *et al.* 2000).

A praga *R. dominica* foi criada em câmara climática do tipo B.O.D., ajustada a uma temperatura de $30\pm 1^{\circ}\text{C}$, umidade relativa de $65\pm 5\%$ e escotofase de 24 horas, iguais às do experimento, enquanto o ácaro *A. lacunatus* foi criado em populações de *R. dominica* em salas diferentes, para evitar a contaminação daquelas isentas do ácaro.

As unidades experimentais, depois de infestadas, foram armazenadas por 30 dias, período suficiente para que não ocorresse a influência da segunda geração da praga, em câmara climática do tipo B.O.D. Após esse período, as populações de *R. dominica* inoculadas com o ácaro e a massa de grãos de trigo foram avaliadas. Inicialmente, contava-se o número de insetos adultos vivos e mortos de *R. dominica*. Para isso, a massa de grãos de cada placa foi passada em peneira de orifício de 1 mm de diâmetro, separando-se os insetos dos grãos e o resíduo (pó) com ovos de *R. dominica* e ácaros. O resíduo foi analisado com microscópio estereoscópio, para se obterem o número de ovos de *R. dominica*

parasitados por *A. lacunatus* e o de fêmeas em processo de fisogastria. A taxa instantânea de crescimento da população do ácaro (r_i) foi calculada com o número de ácaros fisogástricos através da seguinte equação usada por Walthall & Stark (1997):

$$r_i = \ln(N_f/N_0) / t;$$

em que N_f = número final de ácaros;

N_0 = número inicial de ácaros;

t = variação de tempo (número de dias em que o ensaio foi executado).

Em seguida, avaliou-se a perda de peso dos grãos em balança analítica da marca Gehaka, modelo BG 2000, com precisão de 0,01g. Conhecendo-se o peso inicial e o final de cada placa, obteve-se a porcentagem de perda de peso dos grãos das amostras.

Os dados avaliados foram submetidos à análise de regressão, utilizando-se o programa Table Curve 2D (SPSS Inc. 2000).

3. Resultados e Discussão

A perda de peso dos grãos e a redução do número de adultos de *R. dominica* (Fig. 1 e 2) não foram influenciadas pela densidade populacional de fêmeas de *A. lacunatus* no período estudado. Isto indica que esse inseto não é afetado durante sua fase adulta pelo ácaro, quando já está instalado na massa de grãos, o que demonstra que esse ácaro é específico de ovos dessa praga, podendo com isso reduzir possíveis reinfestações. Isso foi relatado por Faroni *et al.* (2000), quando observaram redução no incremento populacional de *R.*

dominica em torno de 40 a 94%, após 45 dias da inoculação de fêmeas fisogástricas de *A. lacunatus*.

A porcentagem de ovos de *R. dominica* parasitados por *A. lacunatus* mostrou tendência crescente do número de ácaros inoculados, chegando a quase 100% de parasitismo com quatro indivíduos, após 23 dias (Fig. 3), resultados esses semelhantes aos observado por Faroni *et al.* (2000), com valores próximos de 100% de parasitismo em 45 dias. Outro ácaro, *P. tritici*, também apresentou elevada eficiência ao parasitar 99% de uma população iniciada com 400 ovos de *A. kuehniella* (Hoschele & Tanigoshi 1993). Neste trabalho pesquisou-se com grande interesse o controle biológico de pragas de grãos armazenados com ácaros, demonstrando ser possível a redução da quantidade de pesticidas utilizada no controle de pragas nesses ecossistemas (Bruce 1982).

A porcentagem de parasitismo resultante da inoculação de um e dois ácaros por parcela apresentou resultados de 75 e 50%, respectivamente, o que pode, ainda, ser considerado aceitável, pois o tratamento sem o parasita apresentou uma média de 230 ovos não parasitados (Fig. 3).

Os tratamentos com inoculações de três, quatro e oito fêmeas de *A. lacunatus* apresentaram os maiores números de fêmeas fisogástricas desse ácaro, enquanto os menores valores foram registrados com um, dois e dezesseis indivíduos inoculados. Embora essas densidades tenham apresentado menores números de fêmeas em processo de fisogastria (Fig. 4), a taxa instantânea de crescimento (r_i) foi menor apenas com dezesseis ácaros (Fig. 5), indicando ter havido competição por alimento (ovos de *R. dominica*) entre indivíduos, pois, quando a concentração de presa começa a declinar, o número de inimigos naturais também diminui (Gause 1935). Isto também foi

observado para outros ácaros, como o predador *C. eruditus*, que, em baixas densidades da presa, *A. siro*, consumia maior número (Berreen 1984).

A taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) de *A. lacunatus* foi maior nas densidades de um e dois ácaros, 0,16 e 0,15 respectivamente (Fig. 5), indicando que um indivíduo desse parasita pode apresentar maior potencial biológico, porém em maior período. Estudos da biologia de *A. lacunatus*, realizados por Faroni *et al.* (2001), mostraram que o potencial biótico desse parasita é maior que o de *R. dominica*, sendo capaz de, em curto período de tempo, desenvolver-se mais rapidamente do que seu hospedeiro. Isto também é comum para outros ácaros, como o *P. tritici*, que desenvolve quatro a cinco gerações por uma de seu hospedeiro *A. kuehniella* (Hoschele & Tanigoshi 1993).

Quatro fêmeas de *A. lacunatus* podem parasitar quase 100% dos ovos de uma população de 25 adultos de *R. dominica*, em 23 dias, o que mostra a importância de se desenvolverem pesquisas visando o uso deste ácaro em programas de manejo integrado de pragas de produtos armazenados.

4. Literatura Citada

Bell, C.H., B.D. Hole & P.H. Evans. 1977. The occurrence of resistance to phosphine in adult end egg stages of strains of *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae). J. Stored Prod. Res. 13: 91-94.

Berreen, J.M. 1984. The functional response of *Cheyletus eruditus* (Schrank) to changes in the density of its prey *Acarus siro* L. In: Griffiths, D.L. & C.E. Bowman (eds.), Acarol. 6: 980-986.

Brower, J.H., L. Smith, P.V. Vail & P.W. Flinn. 1996. Biological control. Integrated management of insects in stored products. Marcel Dekker, Inc. New York. p.223-286.

Bruce, W.A. 1982. Mites as biological control agents of stored product pests. In: Hoy, M.A., G.L. Cunningham & L. Knutson (eds.), Biological control of pests by mites. University of California Agricultural Experiment Station, Special Publication, p.74-78.

Bruce, W.A. & G.L. Lecato. 1979. *Pyemotes tritici*. Potential biological control agent of stored product insects. Rec. Adv. Acarol. 1: 213-220.

Chaudhry, M.Q. & N.R. Price. 1990. Insect mortality at doses of phosphine which produce equal uptake in susceptible and resistant strains of *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae). J. Stored Prod. Res. 26: 101-107.

Cross, E.A. & G.W. Krantz. 1964. Two new species of the genus *Acarophenax* Newstead and Durvall 1918 (Acarina: Pyemotidae). *Acarol.* 6: 287-295.

Faroni, L.R.D'A. 1992. Biological y control del gorgojo de los granos *Rhyzopertha dominica* (F.). Universidade Politécnica de Valencia, Valencia, Spain. 134p. (Tese de Doutorado)

Faroni, L.R.D'A., R.N.C. Guedes & A.L. Matioli. 2000. Potential of *Acarophenax lacunatus* (Prostigmata: Acarophenacidae) as a biological control agent of *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae). *J. Stored Prod. Res.* 36: 55-63.

Faroni, L.R.D'A., R.N.C. Guedes & A.L. Matioli. 2001. Effect of temperature on development and population growth of *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) (Prostigmata: Acarophenacidae) on *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae). *Biocontrol Sci. Technol.* 11: 7-14.

Gause, G.F. 1935. Vérifications expérimentales de la théorie mathématique de la lutte pour la vie. *Actual. Sci. Indust.* 277: 1-63.

Guedes, R.N.C. & K.Y. Zhu. 1998. Characterization of malathion resistance in a Mexican population of *Rhyzopertha dominica*. *Pestic. Sci.* 53: 15-20.

- Guedes, R.N.C., B.A. Dover & S. Kambhampati. 1996.** Resistance to chlorpyrifos-methyl, pirimiphos-methyl, and malathion in Brazilian and U.S. population of *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae). J. Econ. Entomol. 89: 27-32.
- Hoschele, W. & L.K. Tanigoshi. 1993.** *Pyemotes tritici* (Acari: Pyemotidae), a potential biological control agent of *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae). Exp. Appl. Acarol. 17: 781-792.
- Moser, J.C. 1975.** Biosystematics of the straw itch mite with special reference to nomenclature and dermatology. Trans. R. Ent. Soc. Lond. 2: 185-191.
- Parra, J.R.P. & R.A. Zucchi. 1997.** *Trichogramma* e o controle biológico aplicado. Piracicaba: FEALQ, 324p.
- Scholler, M., S. Prozell, A.G. Al-Kirshi & C. Reichmuth. 1997.** Towards biological control as a major component of integrated pest management in stored product protection. J. Stored Prod. Res. 33: 81-97.
- SPSS Inc. 2000.** Table curve 2D – automated curve fitting and equation discovery. SPSS Science, Chicago, USA.
- Walthall, W.K. & J.D. Stark. 1997.** Comparison of two population level ecotoxicological endpoints: The intrinsic (r_m) and instantaneous (r_i) rates of increase. Environ. Toxicol. Chem. 16: 1068-1073.

Zdarkova, E. 1991. Mites as pests of stored products: application of the bio-preparation "Cleyletin" in empty stores. In: Dusbábek, F. & V. Bukva (eds.), Mod. Acarol. p.607-610.

Zdarkova, E. 1998. Biological control of storage mites by *Cheyletus eruditus*. Integ. Pest Manag. Rev. 3: 111-116.

Zettler, J.L. & G.W. Cuperus. 1990. Pesticide resistance in *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) and *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae) in wheat. J. Econ. Entomol. 83: 677-1681.

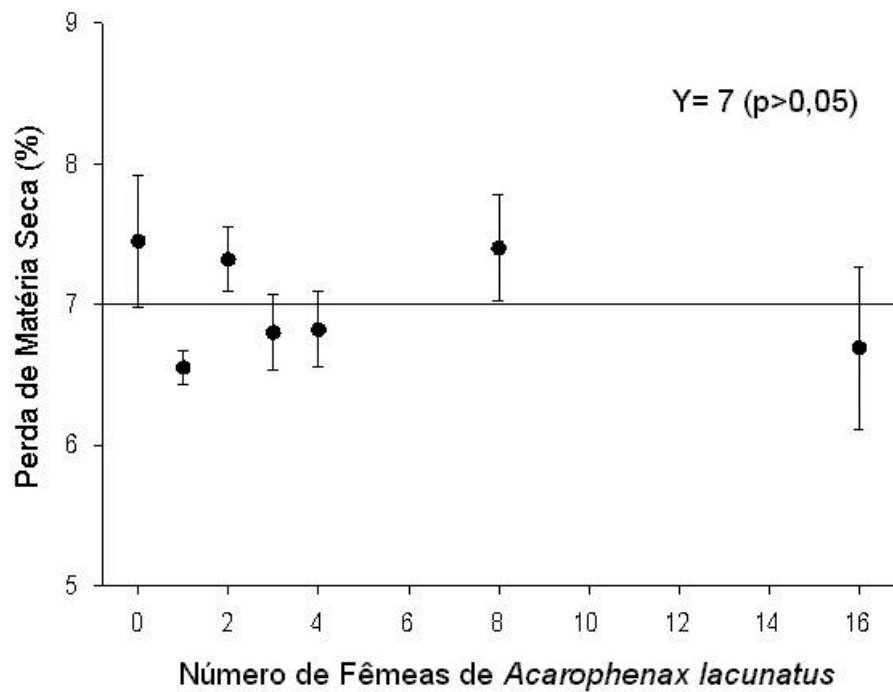


Figura 1. Efeito do número de fêmeas de *Acarophenax lacunatus* (Prostigmata: Acarophenacidae), inoculadas em populações de *Rhizopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae), na perda de peso de grãos de trigo, a $30\pm 1^{\circ}\text{C}$, U.R. $65\pm 5\%$ e escotofase de 24 horas.

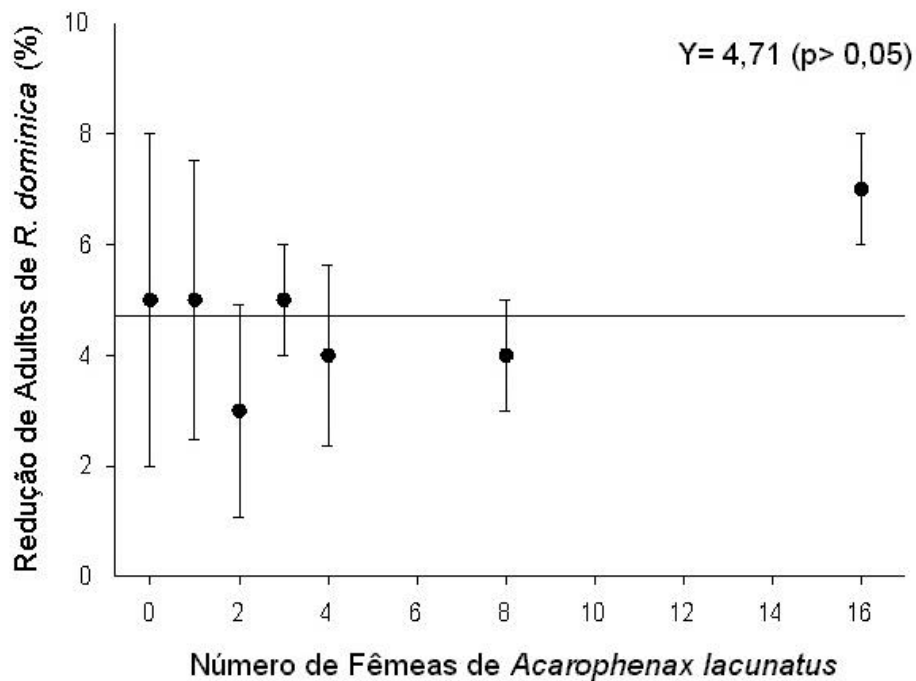


Figura 2. Efeito do número de fêmeas de *Acarophenax lacunatus* (Prostigmata: Acarophenacidae) na redução do número de adultos de *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae), a $30\pm 1^{\circ}\text{C}$, U.R. $65\pm 5\%$ e escotofase de 24 horas.

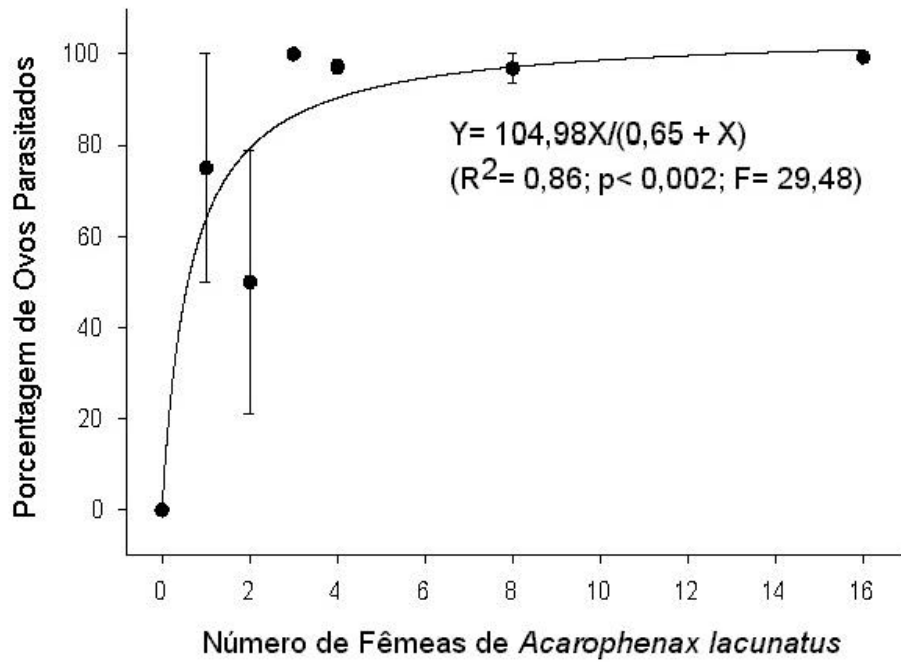


Figura 3. Porcentagem de ovos de *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) parasitados em função do número de fêmeas de *Acarophenax lacunatus* (Prostigmata: Acarophenacidae), a $30 \pm 1^\circ\text{C}$, U.R. $65 \pm 5\%$ e escotofase de 24 horas.

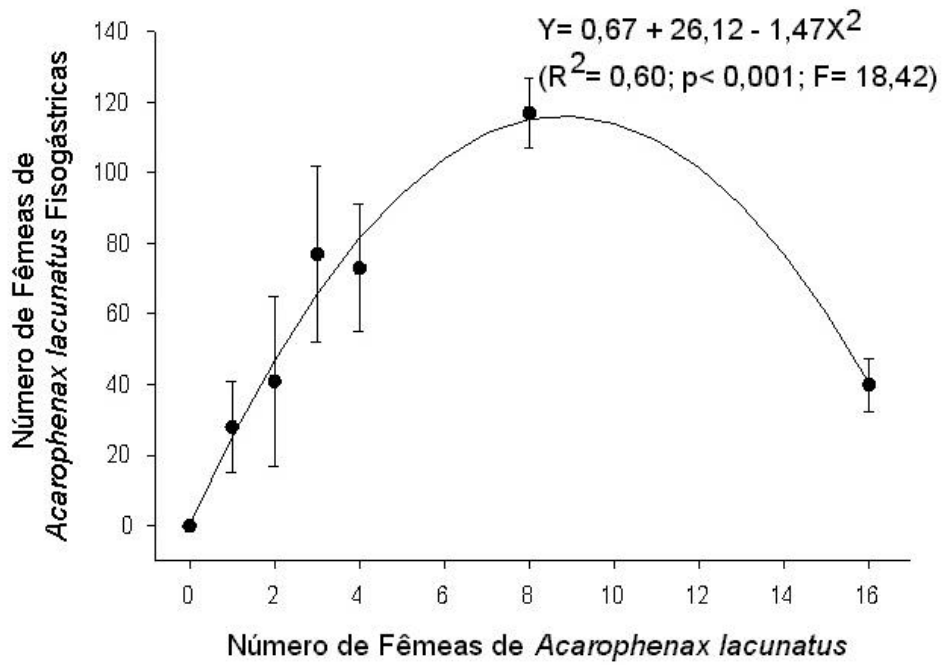


Figura 4. Número de fêmeas fisogástricas, após 23 dias de inoculação de diferentes densidades populacionais do ácaro *Acarophenax lacunatus* (Prostigmata: Acarophenacidae), a 30±1°C, U.R. 65±5% e escotofase de 24 horas.

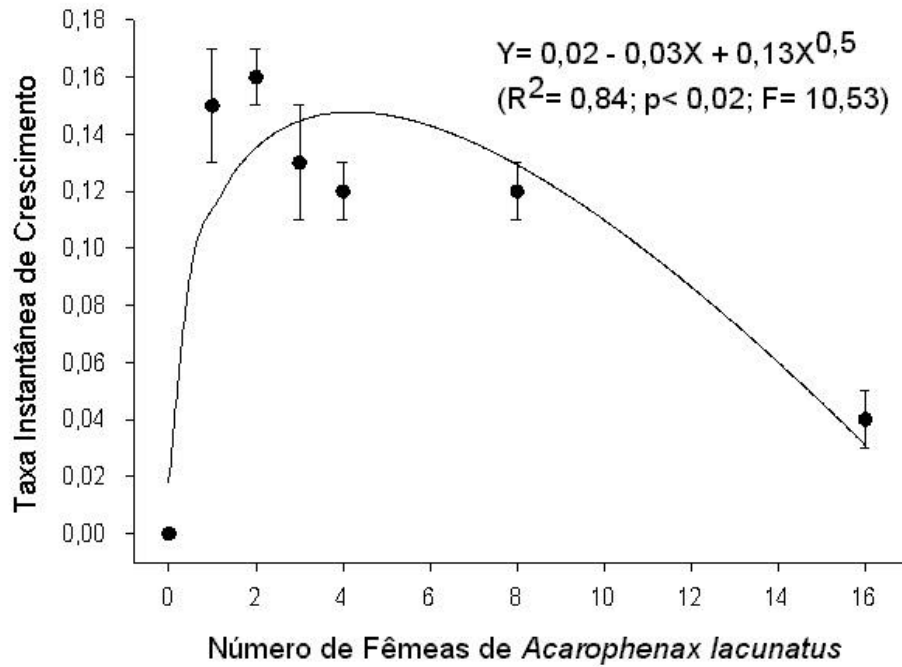


Figura 5. Taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) do ácaro *Acarophenax lacunatus* (Prostigmata: Acarophenacidae), após 23 dias da inoculação de diferentes densidades populacionais desse parasita, a $30 \pm 1^\circ\text{C}$, U.R. $65 \pm 5\%$ e escotofase de 24 horas.

Efeito de Piretróides sobre *Acarophenax lacunatus* (Prostigmata: Acarophenacidae) Parasitando *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae)

JOSÉ ROBERTO GONÇALVES¹

¹ Departamento de Biologia Animal/Setor de Entomologia,
Universidade Federal de Viçosa
36571-000, Viçosa, Minas Gerais, Brasil
E-mail: roberto@alunos.ufv.br

RESUMO - Avaliou-se o efeito dos piretróides bifentrina e deltametrina sobre o ácaro *Acarophenax lacunatus* (Prostigmata: Acarophenacidae), parasita de ovos de *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae), nas doses de 0,00, 0,03, 0,05, 0,10, 0,20, 0,40 ppm e 0,00, 0,03, 0,06, 0,13, 0,25, 0,50 ppm, respectivamente, de cada inseticida. As unidades experimentais consistiram de placas de Petri de 140 x 10 mm, com 25 g de grãos de trigo com teor de umidade de 13% b.u., infestadas com 25 adultos de *R. dominica*, com idade entre três e sete dias. Sete dias após a infestação, foram inoculados zero, um, dois, três, quatro e oito ácaros em quatro repetições por unidade experimental. Embora *A. lacunatus* tenha sobrevivido a todos os tratamentos, este parasita apresentou menores taxas instantâneas de crescimento populacional nas doses mais elevadas dos inseticidas. A presença de *A. lacunatus* em todas as doses dos inseticidas sugere a sua tolerância a esses produtos. Este ácaro apresentou maior taxa de parasitismo de ovos de *R. dominica* com o uso do inseticida bifentrina, o que pode estar relacionado à maior seletividade deste produto em favor desse agente de controle biológico.

PALAVRAS-CHAVE: Manejo integrado de pragas, ácaros, bifentrina, deltametrina.

**Effect of Pyrethroids on *Acarophenax lacunatus* (Prostigmata:
Acarophenacidae) Parasitising *Rhyzopertha dominica*
(Coleoptera: Bostrichidae)**

ABSTRACT - The effect of the pyrethroids bifenthrin and deltamethrin on *Acarophenax lacunatus* (Prostigmata: Acarophenacidae), an egg parasite of *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae), was evaluated at the doses 0.00, 0.03, 0.05, 0.10, 0.20, and 0.40 ppm and at 0.00, 0.03, 0.06, 0.13, 0.25, and 0.50 ppm for each insecticide respectively. The experimental unit was constituted by 140 x 10 mm Petri dishes containing 25 g of wheat grains (13 % m.c.) infested with 25 adults three to seven days old *R. dominica*. Seven days after the pest infestation, zero, one, two, three, four and eight mites were released per experimental unit, with four replications. Although this mite was presented with all doses of the insecticides the lowest instantaneous rates of increase in this mite was recorded with highest doses of insecticides. The presence of *A. lacunatus* with all doses of both insecticides suggests its tolerance to these compounds. *A. lacunatus* showed higher parasitism rate with bifenthrin than with deltamethrin. This indicates a higher selectivity of the first compound in to this biological control agent.

KEY WORDS: Integrated pest management, mites, bifenthrin, deltamethrin.

1. Introdução

A forma de controle mais utilizada no manejo de pragas de grãos armazenados tem sido o controle químico (White & Leesch 1996), pela eficácia, fácil manipulação e pelo custo reduzido (Harein & Davis 1992). Em contrapartida, sua utilização tem apresentado aspectos negativos, como o desenvolvimento de resistência de insetos, a contaminação de produtos alimentícios e os efeitos negativos sobre agentes de controle biológico (Zettler & Cuperus 1990, Brower *et al.* 1996, Guedes *et al.* 1996, Guedes & Zhu 1998, Lorini & Galley 1999).

Os organofosforados e piretróides têm sido empregados com frequência na prevenção de danos por pragas em grãos armazenados durante o armazenamento e a comercialização. No entanto, esses produtos devem ser eficientes contra as pragas e seletivos em favor dos inimigos naturais, para serem utilizados em programas de manejo integrado de pragas, visando à preservação desses agentes de controle biológico (White & Leesch 1996, Gonring *et al.* 1999).

Testes dos efeitos colaterais de produtos químicos sobre inimigos naturais são obrigatórios em vários países. No entanto, é necessária a criação de normas internacionais e métodos-padrão de avaliação para que resultados possam ser comparados entre países (Hassan *et al.* 1994).

Em geral, o controle biológico não é considerado compatível com protetores químicos, devido ao seu impacto sobre os agentes de controle biológico (Baker 1995, Baker & Arbogast 1995). No entanto, esta incompatibilidade pode ser reduzida com formulações seletivas, mais tóxicas

às pragas que aos agentes de controle biológico (Press *et al.* 1981). Zdarkova (1994) observou, em laboratório, que *Cheyletus eruditus* (Schrank) (Prostigmata: Cheyletidae) é menos suscetível a organofosforados que suas presas. Isto mostra a importância de se estudarem medidas de controle químico com o controle biológico (Hoy 1991), mesmo que este último seja limitado em sistemas de armazenamento de grãos (Arthur 1996).

Ácaros como *Pyemotes tritici* (Lagreze-Fossat & Montagne) (Acari: Pyemotidae), *C. eruditus* e *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) (Prostigmata: Acarophenacidae) são inimigos naturais de pragas de grãos armazenados (Bruce 1982, Zdarkova 1991, Faroni *et al.* 2000, 2001), mas sua eficácia, especificidade e aplicabilidade em programas de manejo integrado de pragas têm sido pouco estudadas (Hagstrum & Flinn 1996, Scholler *et al.* 1997).

O ácaro *A. lacunatus* foi relatado como inimigo natural de *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae) em produtos armazenados (Faroni 1992), com grande potencial de parasitismo de ovos desse hospedeiro (Faroni *et al.* 2000, 2001). Entretanto, é importante conhecer a suscetibilidade desse ácaro a inseticidas utilizados sobre os grãos em relação à de pragas de produtos armazenados, para que possa ser incluído em programas de manejo integrado de pragas em armazéns (Burkholder & Faustini 1991, Hassan *et al.* 1994). Com isso, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito dos inseticidas bifentrina e deltametrina sobre o ácaro parasita *A. lacunatus* em grãos armazenados.

2. Material e Métodos

2.1. Criação massal do hospedeiro *R. dominica*

A praga *R. dominica* foi criada em câmara climática tipo B.O.D., à temperatura de $30\pm 1^{\circ}\text{C}$, $65\pm 5\%$ U.R. e escotofase de 24 horas, a partir de adultos criados em laboratório em câmaras semelhantes. Esta criação foi iniciada com 50 adultos de *R. dominica* em placas de Petri, com grãos de trigo triturado, não tratado, com teor de umidade de 13% b.u. (base úmida). Os ovos dessa praga foram coletados com peneira de orifícios de 1 mm de diâmetro sete dias depois, tempo suficiente para que a praga iniciasse a oviposição. Em seguida, os ovos foram colocados em outras placas com a mesma dieta. Esses ovos foram coletados de acordo com um calendário para que houvesse disponibilidade de insetos adultos de *R. dominica* com idade conhecida (Faroni *et al.* 2000).

2.2. Criação massal do parasita *A. lacunatus*

O ácaro *A. lacunatus* foi obtido de criações de *R. dominica* infestadas por esse parasita, há mais de quatro anos, no Laboratório de Grãos do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais. Este ácaro foi criado em populações de *R. dominica* e mantido em condições semelhantes da criação desse hospedeiro em salas diferentes para se evitar a contaminação de populações isentas do ácaro (Faroni *et al.* 2000).

2.3. Inseticidas utilizados

Os piretróides avaliados foram o bifentrina (Prostore 25 CE) e o deltametrina (K-Obiol 25 CE) nas doses de 0,00, 0,03, 0,05, 0,10, 0,20, 0,40 ppm e 0,00, 0,03, 0,06, 0,13, 0,25, 0,50 ppm, respectivamente, de cada inseticida.

2.4. Aplicação dos produtos

Os inseticidas foram dissolvidos em água destilada e suas doses corresponderam a 6,25%, 12,50%, 25,00%, 50,00% e 100,00% da dose recomendada pelo fabricante. Essas doses foram pulverizadas com atomizador manual, com o bico voltado para baixo, a 20 cm de altura da massa de 1 kg de grãos de trigo em cada aplicação, em local protegido do vento, semelhante a uma torre de pulverização. O volume de solução aplicado foi de 1 mL por massa de grãos, correspondendo a 1 L de solução por 1.000 kg de grãos. Os atomizadores foram calibrados, em testes preliminares, em uma superfície de 1 m² de área com 10 kg de grãos de trigo, ajustando-se com isso o volume correspondente a 1 mL de solução para cada kg de grãos de trigo. Foi utilizado um atomizador por produto, principalmente para a testemunha, que foi pulverizada com água destilada, para evitar a contaminação com resíduos de outros produtos. A seguir, aguardaram-se um período de 30 minutos para a infestação de *R. dominica* e de sete dias para a do ácaro *A. lacunatus*.

O procedimento experimental foi realizado com as normas padronizadas pelo IOBC/WPRS *International Organization for Biological Control/ West Palearctic Regional Section* para testes de laboratório em estágios suscetíveis de artrópodes (Hassan *et al.* 1994), ou seja, testando-se o produto na maior

dosagem recomendada; utilizando ácaros com idade uniforme; em período de exposição adequado antes da avaliação do efeito do inseticida (23 dias); com ventilação adequada; pulverizando a testemunha com água destilada; e fazendo avaliação da redução na capacidade benéfica do ácaro (parasitismo).

2.5. Avaliação do efeito dos inseticidas sobre o ácaro parasita *A. lacunatus*

As unidades experimentais consistiram de placas de Petri de 140 mm de diâmetro por 10 mm de altura, contendo 25 g de grãos de trigo com teor de umidade de 13% b.u., tratados com uma das doses dos inseticidas e, posteriormente, infestadas com 25 adultos não-sexados de *R. dominica*, com idade entre três e sete dias (Faroni *et al.* 2000). As placas infestadas foram revestidas com filme plástico de PVC para evitar a fuga dos indivíduos e impedir possíveis contaminações com outros indivíduos, como ácaros predadores. Sete dias após a infestação, período este suficiente para o início da oviposição da praga, foram inoculados zero, um, dois, três, quatro e oito fêmeas não fisogástricas do ácaro *A. lacunatus* por inseticida e dose, em quatro repetições. A seguir, as unidades experimentais foram armazenadas por 23 dias, período suficiente para que não ocorresse interferência da segunda geração da praga, em câmara climática tipo B.O.D., à temperatura de $30\pm 1^{\circ}\text{C}$, $65\pm 5\%$ U.R. e escotofase de 24 horas. Após este período, a massa de grãos de cada placa foi passada em peneira de orifícios de 1 mm de diâmetro, separando-se os insetos dos grãos e os resíduos do trigo (pó) com ovos de *R. dominica* e os ácaros. Inicialmente, contava-se o número de insetos vivos e mortos. O número de ovos de *R. dominica* parasitados por *A. lacunatus* e o de

ácaros em processo de fisogastria, nos resíduos do trigo, foram contados com auxílio de um microscópio estereoscópico. A taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) do parasita foi calculada através da equação usada por Walthall & Stark (1997):

$$r_i = \ln(N_f/N_0) / t;$$

em que N_f = número final de ácaros;

N_0 = número inicial de ácaros;

t = variação de tempo (número de dias em que o ensaio foi executado).

Além da taxa instantânea de crescimento populacional de *A. lacunatus*, avaliou-se a perda de peso dos grãos de trigo, que foram pesados no início e no final do experimento, em balança analítica, com precisão de 0,01g. Conhecendo os pesos inicial e final de cada placa, obteve-se a porcentagem de perda das amostras.

2.6. Análise dos dados

Os dados foram submetidos à análise de covariância e, eventualmente, à análise de regressão (SAS Institute 1989).

3. Resultados

O número de fêmeas fisogástricas do parasita *A. lacunatus* (Tabela 1) apresentou diferenças significativas com o uso dos inseticidas bifentrina e deltametrina e na interação doses x densidades do parasita. O número de fêmeas fisogástricas decresceu com o aumento das doses dos inseticidas e

com a diminuição da densidade inoculada deste parasita. Embora isto tenha sido observado para os dois inseticidas, os maiores números de fêmeas fisogástricas foram encontrados nos tratamentos com bifentrina (Fig. 1).

A taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) do parasita *A. lacunatus* apresentou diferença significativa na interação inseticida x doses x densidades do parasita (Tabela 2), mostrando diminuição com o aumento da dose dos inseticidas e da densidade do parasita. A variação da r_i foi menor com as diferentes doses de bifentrina, mas o deltametrina, nas maiores doses, causou redução mais acentuada desta taxa (Fig. 2).

A porcentagem de parasitismo de *A. lacunatus* mostrou diferenças significativas com o uso dos inseticidas bifentrina e deltametrina e com as densidades inoculadas do parasita (Tabela 3). Este ácaro apresentou aumento exponencial da taxa de parasitismo em função das densidades inoculadas tanto com bifentrina quanto com deltametrina (Fig. 3). Entretanto, observou-se maior porcentagem de parasitismo com o bifentrina na densidade de um ácaro, que foi maior que 80%, com estabilização desse valor nas maiores densidades. Embora a porcentagem de parasitismo tenha sido menor com deltametrina, este parasitismo teve aumento exponencial até o maior número de parasitas inoculados.

A porcentagem de redução de adultos de *R. dominica* mostrou diferenças significativas nas interações inseticidas x doses e doses x densidades do parasita (Tabela 4). Observa-se que houve aumento dessa redução com as maiores doses dos inseticidas, sendo esta maior com deltametrina que com bifentrina (Fig. 4).

A perda de matéria seca dos grãos de trigo mostrou diferenças significativas com o uso dos inseticidas bifentrina e deltametrina e as doses desses inseticidas (Tabela 5), observando-se um maior efeito das doses de deltametrina. No entanto, à medida que se aumentava a dose de ambos os inseticidas, as perdas diminuíaam (Fig. 5).

4. Discussão

A presença do parasita *A. lacunatus* em todas as doses de bifentrina e deltametrina pode indicar tolerância desse inimigo natural a esses inseticidas. Resultados semelhantes foram relatados para ácaros predadores com outros inseticidas e acaricidas utilizados no manejo de pragas de produtos armazenados (Zdarkova & Horak 1984, White & Sinha 1990) e no campo (Hoy *et al.* 1980, Croft *et al.* 1982). Zdarkova & Horak (1984), utilizando oito acaricidas, não observaram nenhum caso de 100% de mortalidade do predador *C. eruditus*. No entanto, o inseticida clorpirifós metílico, a 6 ppm, reduziu significativamente o número dos predadores *Androlaelaps casalis* (Berl.), *Blattisocius keegani* Fox. e *C. eruditus* (White & Sinha 1990). Mas os autores não relacionaram a maior suscetibilidade dos predadores ao inseticida ou à redução do número de presas para sustentar as populações desses inimigos naturais.

Ácaros predadores não encontrados em sistemas de armazenamento, como *Metaseiulus occidentalis* (Nesbitt), mostraram resistência aos inseticidas azinphos-metil, diazinon e dimethoate. Já o predador *Amblyseius fallacis* (Garman) apresentou resistência ao permetrina, cipermetrina e a decametrina.

Isto mostra que esses inimigos naturais podem ser usados em programas de manejo integrado de pragas, associado a esses inseticidas (Hoy *et al.* 1980, Croft *et al.* 1982).

O maior número de fêmeas fisogástricas de *A. lacunatus* com a bifentrina pode estar relacionado à maior seletividade desse inseticida para esse ácaro. Isto concorda com resultados encontrados para os ácaros *Tetranychus urticae* Koch e *Penthaleus falcatus*, que apresentaram tolerância ao bifentrina, e para *T. urticae*, que apresentou tolerância a esse inseticida misturado com os sinergistas amitraz e butóxido piperonila (Bynum *et al.* 1997, Umina & Hoffmann 1999).

A taxa instantânea de crescimento (r_i) de uma população é importante para se avaliar o efeito de inseticidas à espécie exposta (Stark *et al.* 1997). A r_i de *A. lacunatus* decresceu com o aumento das doses dos inseticidas, chegando a índices de crescimento populacional próximo de zero. Há duas hipóteses para este decréscimo: os inseticidas nas maiores doses não foram seletivos para o inimigo natural, assim como pode ter ocorrido competição intraespecífica desse parasita por alimento (ovos de *R. dominica*), pois a concentração de inimigos naturais diminui quando a de sua presa declina (Gause 1935).

O uso do ácaro *A. lacunatus* mostrou-se satisfatório com os inseticidas bifentrina e deltametrina, pois esse inimigo natural apresentou altas taxas de parasitismo. No entanto, isto não deve ser feito com altas doses de deltametrina, pois este causou redução significativa da população do ácaro. Entretanto, a associação de *A. lacunatus* com o bifentrina é adequada, pois embora este inseticida tenha causado uma baixa redução do número de adulto

de *R. dominica*, o parasita reduziu o número de ovos dessa praga em quase 100%. Resultados semelhantes foram obtidos em liberações do *C. eruditus*, após tratamento químico, com redução das populações de insetos e ácaros-praga em ambientes de armazenamento de grãos (Zdarkova 1994). No entanto, o controle biológico requer maior período para ser efetivo e os insetos sobreviventes do controle químico não são controlados de imediato (Scholler *et al.* 1997).

A redução do número de adultos de *R. dominica* foi semelhante nas diferentes densidades do ácaro *A. lacunatus*. Isto devido ao fato de esse inimigo natural não atacar o inseto adulto, mas sim os ovos dessa praga. Tal fato torna-o importante na redução de formação de novas populações dessa praga, desfavorecendo a reinfestação dos grãos armazenados. Já em relação aos inseticidas, as maiores doses de deltametrina resultaram em maior redução de *R. dominica*, mas essa praga apresentou resistência ao bifentrina, mesmo nas maiores doses deste inseticida. Essa resistência é comum, pois *R. dominica* tem também apresentado resultados semelhantes quando são usados outros piretróides como bioresmetrina, fenotrina, fenvalerate (Collins *et al.* 1993), deltametrina (Collins *et al.* 1993, Lorini & Galley 1999, 2000) e os organofosforados malation, pirimifós metílico e clorpirifós metílico (Guedes *et al.* 1996, Guedes & Zhu 1998). Outras pragas de grãos armazenados, como *Sitophilus oryzae* (L.), *Sitophilus zeamais* Motschulsky e *Tribolium castaneum* (Herbst.), têm também apresentado resistência aos piretróides (Heather 1986, Collins 1990, Perez-Mendoza 1999).

A resistência de *R. dominica* aos inseticidas vem trazendo sérios problemas para os armazenadores de grãos, devido ao reduzido número de

produtos registrados para o controle dessa praga. Isto mostra a importância de se utilizarem métodos alternativos de controle, como o biológico para maximizar o controle dessa praga (Hagstrum & Flinn 1996).

A estratégia de se utilizarem baixas doses de inseticidas no controle de pragas de grãos armazenados visa reduzir possíveis impactos do controle químico, como a resistência de pragas (Zettler & Cuperus 1990, Guedes *et al.* 1996, Guedes & Zhu 1998, Lorini & Galley 1999), a presença de resíduos químicos nos produtos alimentícios e os efeitos negativos sobre agentes de controle biológico (Croft 1990, Brower *et al.* 1996). Isto permite a maximização do potencial do controle biológico, pois ocorre a preservação dos inimigos naturais das pragas de produtos armazenados, os quais, são em sua maioria, mais suscetíveis a esses compostos (Croft & Brown 1975, Mullin & Croft 1985, Croft 1990). No entanto, menores doses de inseticidas podem reduzir a eficiência desses produtos e deixar os grãos armazenados mais vulneráveis à perda de qualidade se métodos alternativos de controle, como o biológico, não estiverem disponíveis (Tabashnik & Croft 1982). Isso foi demonstrado pela maior perda de matéria seca de grãos de trigo e a menor redução dos adultos de *R. dominica* com menores doses dos inseticidas, o que mostra a necessidade de se ajustar a faixa de dose do inseticida que possa reduzir as populações da praga e manter seus inimigos naturais.

O ácaro parasita *A. lacunatus* é um agente importante de controle biológico de *R. dominica*, devido à possibilidade de sua utilização com o controle químico. Embora, haja informações adicionais sobre o ácaro *A. lacunatus*, novas pesquisas devem ser realizadas com o objetivo de integrar esse inimigo natural a protetores químicos de grãos armazenados e associá-lo a

outros inimigos naturais, encontrados com frequência em sistemas de armazenamento de grãos.

5. Literatura Citada

Arthur, F.H. 1996. Grain protectants: current status and prospects for the future.

J. Stored Prod. Res. 32: 293-302.

Baker, J.E. 1995. Stability of malathion resistance in two hymenopterous parasitoids. J. Econ. Entomol. 88: 232-236.

Baker, J.E. & R.T. Arbogast. 1995. Malathion resistance in field strains of the warehouse pirate bug (Heteroptera: Anthocoridae) and a prey species *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). J. Econ. Entomol. 88: 241-245.

Brower, J.H., L. Smith, P.V. Vail & P.W. Flinn. 1996. Biological control. In: Subramanyam, B. & D.W. Hagstrum (eds.), Integrated Management of Insects in Stored Products. Marcel Dekker, New York, p. 223-286.

Bruce, W.A. 1982. Mites as biological control agents of stored product pests. In: Hoy, M.A., G.L. Cunningham & L. Knutson (eds.), Biological control of pests by mites. University of California Agricultural Experiment Station. Special Publication. p. 74-78.

Burkholder, W.E. & L.D. Faustini. 1991. Biological methods of survey and control. In: Gorham, J. (ed.), Ecology and Management of Food-Industry Pest. AOAC Press. p. 361-372.

Bynum Jr., E.D., T.L. Archer & F.W. Plapp Jr. 1997. Comparison of banks grass mite and twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae): responses to insecticides alone and in synergistic combinations. *J. Econ. Entomol.* 90: 1125-1130.

Collins, P.J. 1990. New resistance to pyrethroids in *Tribolium castaneum* (Herbst.). *Pestic. Sci.* 28: 101-115.

Collins, P.J., T.M. Lambkin, B.W. Bridgeman & C. Pulvirenti. 1993. Resistance to grain-protectant insecticides in coleopterous pests of stored cereals in Queensland, Australia. *J. Econ. Entomol.* 86: 239-245.

Croft, B.A. 1990. Management of pesticide resistance in arthropod pests. In: Green, M.B., W.K. Moberg & H. Lebaron, (eds.), *Managing resistance to agrochemicals: from fundamental research to practical strategies.* Am. Chem. Soc. p. 149-168.

Croft, B.A. & A.W.A. Brown. 1975. Responses of arthropod natural enemies to insecticides. *Annu. Rev. Entomol.* 20: 285-355.

Croft, B.A., S.W. Wagner & J.G. Scott. 1982. Multiple and cross-resistance to insecticides in pyrethroid resistant strains of the predatory mite, *Amblyseius fallacis*. *Environ. Entomol.* 11: 161-164.

Faroni, L.R.D'A. 1992. Biología y control del gorgojo de los granos *Rhyzopertha dominica* (F.), Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, Spain. 134p.
(Tese de Doutorado)

Faroni, L.R.D'A., R.N.C. Guedes & A.L. Matioli. 2000. Potential of *Acarophenax lacunatus* (Prostigmata: Acarophenacidae) as a biological control agent of *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae). J. Stored Prod. Res. 36: 55-63.

Faroni, L.R.D'A., R.N.C. Guedes & A.L. Matioli. 2001. Effect of temperature on development and population growth of *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) (Prostigmata: Acarophenacidae) on *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae). Biocontrol Sci. Technol. 11: 7-14.

Gause, G.F. 1935. Vérifications expérimentales de la théorie mathématique de la lutte pour la vie. Actual. Sci. Indust. 277: 1-63.

Gonring, A.H.R., M. Picanço, M.F. de Moura, L. Bacci & C.H. Bruckner. 1999. Seletividade de inseticidas, utilizados no controle de *Grapholita molesta* (Busch) (Lepidoptera: Olethreutidae) em pêssago, a Vespidae predadores. An. Soc. Entomol. Brasil. 28: 301-306.

Guedes, R.N.C., B.A. Dover & S. Kambhampati. 1996. Resistance to chlorpyrifos-methyl, pirimiphos-methyl, and malathion in Brazilian and U.S. population of *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae). J. Econ. Entomol. 89: 27-32.

Guedes, R.N.C. & K.Y. Zhu. 1998. Characterization of malathion resistance in a Mexican population of *Rhyzopertha dominica*. Pestic. Sci. 53:15-20.

Hagstrum, D.W. & P.W. Flinn. 1996. Integrated pest management. In: Subramanyam, B. & D.W. Hagstrum (eds.), Integrated Management of Insects in Stored Products. Marcel Dekker, New York, p. 399-408.

Harein, P.K.M. & R. Davis. 1992. Control of stored-grain insects. In: Storage of cereal grain and their products. St. Paul: American Association of Cereal Chemists. p.491-534.

Hassan, S.A., F. Bigler, H. Bogenschutz, E. Boller, J. Brun, J.N.M. Calis, J. Coremans-Pelseneer, C. Duso, A. Grove, U. Heimbach, N. Helyer, H. Hokkanen, G.B. Lewis, F. Mansour, L. Moreth, L. Polgar, L. Samsoe-Petersen, B. Sauphanor, A. Staubli, G. Sterk, A. Vainio, M. Van de Veire, G. Viggiani & H. Vogt. 1994. Results of the Sixth Joint Pesticide Testing Programme of the IOBC/WPRS- Working Group «Pesticides and Beneficial Organisms». Entomophaga. 39: 107-119.

- Heather, N.W. 1986.** Sex-linked resistance to pyrethroids in *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). J. Stored Prod. Res. 22: 15-20.
- Hoy, M.A. 1991.** Genetic improvement of a parasitoid: response of *Trioxys pallidus* to laboratory selection with azinphosmethyl. Biocontrol Sci. Technol. 1: 31-41.
- Hoy, M.A., N.F. Knop & J.L. Ojos. 1980.** Pyrethroid resistance persists in spider mite predator. Calif. Agric. p.11-12.
- Lorini, I. & D.J. Galley. 1999.** Deltamethrin resistance in *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae), a pest of stored grain in Brazil. J. Stored Prod. Res. 35: 37-45.
- Lorini, I. & D.J. Galley. 2000.** Estimation of realized heritability of resistance to deltamethrin insecticide in selected strains fo *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae). J. Stored Prod. Res. 36: 119-124.
- Mullin, C.A. & B.A. Croft. 1985.** An update on development of selective pesticides favoring arthropod natural enemies. In: Hoy, M.A., D.C. Herzog (eds.), Biological control of agricultural integrated pest management systems. Academic Press. Ney York. p. 123-150.

- Perez-Mendoza, J. 1999.** Survey of insecticide resistance in Mexican populations of maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). J. Stored Prod. Res. 35: 107-115.
- Press, J.W., B.R. Flaherty & L.C. McDonald. 1981.** Survival and reproduction of *Bracon hebetor* on insecticide-treated *Ephestia cautella* larvae. J. Ga. Entomol. Soc., 16: 231-234.
- SAS Institute. 1989.** SAS/STAT User's guide for personal computers, version 6. SAS Institute, Cary, N.C, USA.
- Scholler, M., S. Prozell, A.G. Al-Kirshi & C. Reichmuth. 1997.** Towards biological control as a major component of integrated pest management in stored product protection. J. Stored Prod. Res. 33: 81-97.
- Stark, J.D., L. Tanigoshi, M. Bounfour & A. Antonelli. 1997.** Reproductive potential: its influence on the susceptibility of a species to pesticides. Ecotox. Environ. Saf. 37: 273-279.
- Tabashnik, B.E. & B.A. Croft. 1982.** Managing pesticide resistance on crop-arthropod complexes: integrations between biological and operational factors. Environ. Entomol. 11: 1137-1144.

Umina, P.A. & A.A. Hoffmann. 1999. Tolerance of cryptic species of blue oat mites *Penthaleus* spp. and the redlegged earth mite *Halotydeus destructor* to pesticides. Aust. J. Exp. Agric. 39: 621-628.

Walthall, W.K. & J.D. Stark. 1997. Comparison of two population level ecotoxicological endpoints: The intrinsic (r_m) and instantaneous (r_i) rates of increase. Environ. Toxicol. Chem. 16: 1068-1073.

White, N.D.G. & R.N. Sinha. 1990. Effect of chlorpyrifos-methyl on oat ecosystems in farm granaries. J. Econ. Entomol. 83: 1128-1134.

White, N.D.G. & J.G. Leesch. 1996. Chemical control. In: Subramanyam, B. & D.W. Hagstrum (eds.), Integrated Management of Insects in Stored Products. Marcel Dekker, New York, p. 287-330.

Zdarkova, E. 1991. Mites as pests of stored products: application of the bio-preparation "Cleyletin" in empty stores. In: Dusbábek, F. & V. Bukva (eds.), Mod. Acarol. p. 607-610.

Zdarkova, E. 1994. The effectiveness of organophosphate acaricides on stored product mites interacting in biological control. Exp. Appl. Acarol. 18: 747-51.

Zdarkova, E. & E. Horak. 1984. Resistance of predator *Cheyletus eruditus* (Schrank) to organophosphates and its use for biological control. Proc. IX Czechosl. Plant. Prot. Conf. Brno. p. 311-312.

Zettler, J.L. & G.W. Cuperus. 1990. Pesticide resistance in *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) and *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae) in wheat. J. Econ. Entomol. 83: 677-1681.

Tabela 1. Análise de covariância do número de fêmeas fisogástricas de *Acarophenax lacunatus* (Prostigmata: Acarophenacidae), em diferentes doses dos piretróides bifentrina e deltametrina e em diferentes densidades desse parasita, a $30\pm 1^{\circ}\text{C}$, $65\pm 5\%$ U.R. e escotofase de 24 horas

FV	GL	SQ	F	p
Modelo	7	142464,72	11,19	0,0001 ^{**}
Resíduo	280	509297,53		
Piretróides (X)	1	7202,99	3,96	0,0476 [*]
Dose (Y)	5	68301,22	37,55	0,0001 ^{**}
Densidade (Z)	5	46643,43	25,64	0,0001 ^{**}
X*Y	5	198,27	0,11	0,7415 ^{ns}
X*Z	5	25,21	0,01	0,9064 ^{ns}
Y*Z	25	7857,72	4,32	0,0386 [*]
X*Y*Z	25	1376,19	0,76	0,3851 ^{ns}

(**) valores significativos a 1% de probabilidade;

(*) valores significativos a 5% de probabilidade;

(ns) valores não-significativos.

Tabela 2. Análise de covariância da taxa instantânea de crescimento (r_i) do ácaro *Acarophenax lacunatus* (Prostigmata: Acarophenacidae), em diferentes doses dos piretróides bifentrina e deltametrina e em diferentes densidades desse parasita, a $30\pm 1^\circ\text{C}$, $65\pm 5\%$ U.R. e escotofase de 24 horas

FV	GL	SQ	F	p
Modelo	7	0,4331	53,66	0,0001 **
Resíduo	224	0,2583		
Piretróides (X)	1	0,0044	3,81	0,0522 ^{ns}
Dose (Y)	5	0,1790	155,25	0,0001 **
Densidade (Z)	5	0,1729	149,93	0,0001 **
X*Y	5	0,0232	20,15	0,0001 **
X*Z	5	0,0005	0,41	0,5213 ^{ns}
Y*Z	25	0,0035	3,06	0,0814 ^{ns}
X*Y*Z	25	0,0081	7,00	0,0087 **

(**) valores significativos a 1% de probabilidade;

(ns) valores não-significativos.

Tabela 3. Análise de covariância do parasitismo do ácaro *Acarophenax lacunatus* (Prostigmata: Acarophenacidae), em diferentes doses dos piretróides bifentrina e deltametrina e em diferentes densidades desse parasita, a $30\pm 1^{\circ}\text{C}$, $65\pm 5\%$ U.R. e escotofase de 24 horas

FV	GL	SQ	F	p
Modelo	7	143460,21	14,69	0,0001 **
Resíduo	280	390502,88		
Piretróides (X)	1	6584,85	4,72	0,0306 *
Dose (Y)	5	4698,67	3,37	0,0675 ^{ns}
Densidade (Z)	5	120550,79	86,44	0,0001 **
X*Y	5	2652,57	1,90	0,1690 ^{ns}
X*Z	5	831,22	0,60	0,4408 ^{ns}
Y*Z	25	1336,24	0,96	0,3285 ^{ns}
X*Y*Z	25	971,77	0,70	0,4046 ^{ns}

(**) valores significativos a 1% de probabilidade;

(*) valores significativos a 5% de probabilidade;

(ns) valores não-significativos.

Tabela 4. Análise de covariância da redução do número de adultos de *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) em dieta de grãos de trigo, tratados com diferentes doses dos piretróides bifentrina e deltametrina e submetidos a diferentes densidades do parasita *Acarophenax lacunatus* (Prostigmata: Acarophenacidae), a $30\pm 1^{\circ}\text{C}$, $65\pm 5\%$ U.R. e escotofase de 24 horas

FV	GL	SQ	F	p
Modelo	7	105677,77	215,84	0,0001 **
Resíduo	280	19584,23		
Piretróides (X)	1	8104,74	115,88	0,0001 **
Dose (Y)	5	51727,30	739,56	0,0001 **
Densidade (Z)	5	227,60	3,25	0,0723 ^{ns}
X*Y	5	20276,07	289,89	0,0001 **
X*Z	5	17,54	0,25	0,6169 ^{ns}
Y*Z	25	471,95	6,75	0,0099 **
X*Y*Z	25	14,91	0,21	0,6447 ^{ns}

(**) valores significativos a 1% de probabilidade;

(ns) valores não-significativos.

Tabela 5. Análise de covariância da perda de matéria seca de grãos de trigo tratados com diferentes doses dos piretróides bifentrina e deltametrina infestados com *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) e com diferentes densidades do ácaro *Acarophenax lacunatus* (Prostigmata: Acarophenacidae), a $30\pm 1^{\circ}\text{C}$, $65\pm 5\%$ U.R. e escotofase de 24 horas

FV	GL	SQ	F	p
Modelo	7	769,25	163,35	0,0001 **
Resíduo	280	188,37		
Piretróides (X)	1	6,46	9,60	0,0021 **
Dose (Y)	5	706,28	1049,83	0,0001 **
Densidade (Z)	5	0,04	0,06	0,7992 ^{ns}
X*Y	5	0,20	0,30	0,5865 ^{ns}
X*Z	5	0,29	0,43	0,5121 ^{ns}
Y*Z	25	2,19	3,25	0,0725 ^{ns}
X*Y*Z	25	1,70	2,53	0,1128 ^{ns}

(**) valores significativos a 1% de probabilidade;

(ns) valores não-significativos.

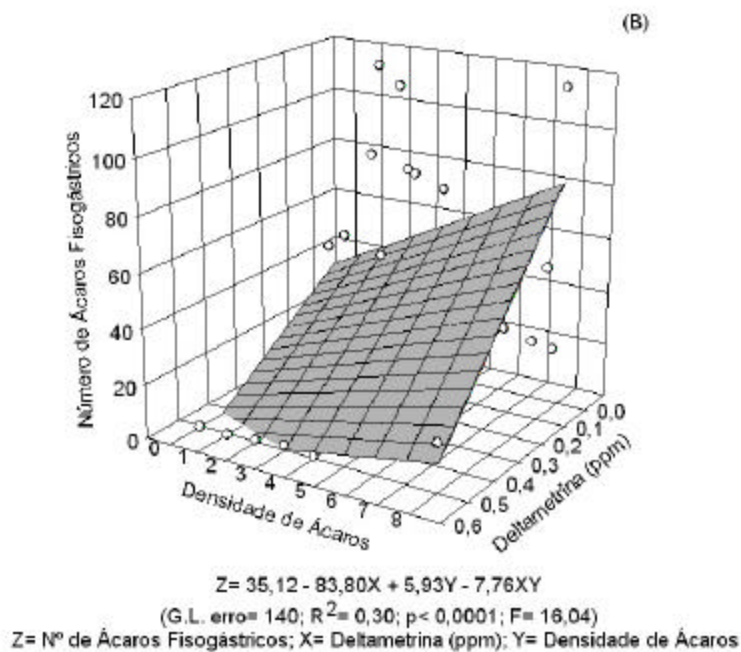
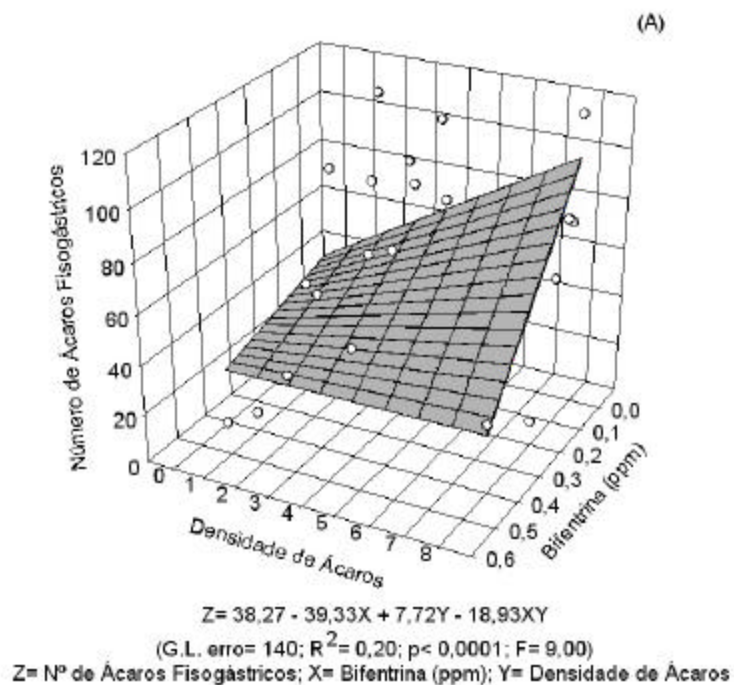
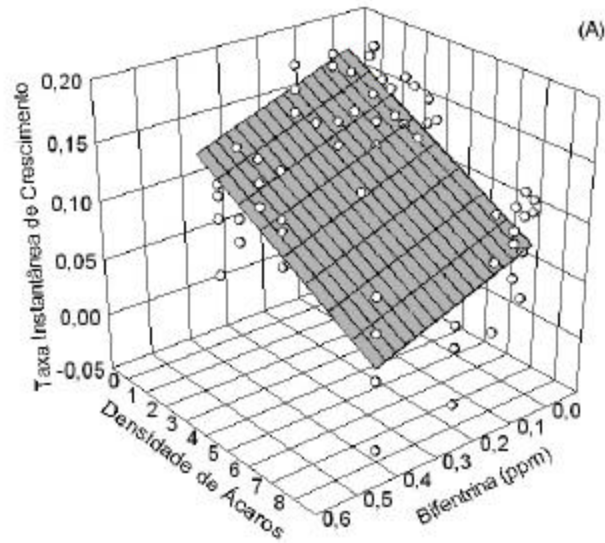


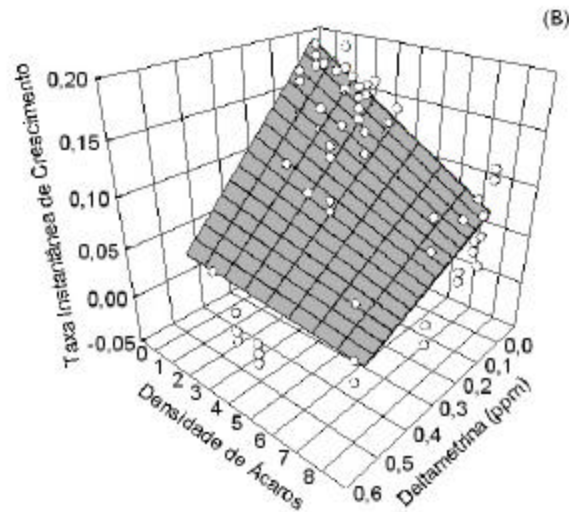
Figura 1. Efeito de diferentes doses de bifentrina (A) e deltametrina (B) no número de fêmeas fisogástricas do ácaro *Acarophenax lacunatus* (Prostigmata: Acarophenacidae), após 23 dias da inoculação de diferentes densidades populacionais desse parasita, a $30 \pm 1^\circ\text{C}$, $65 \pm 5\%$ U.R. e escotofase de 24 horas.



$$Z = 0,18 - 0,01X - 0,13Y$$

(G.L. erro= 117; $R^2 = 0,50$; $p < 0,0001$; $F = 51,71$)

Z = Taxa Instantânea de Crescimento; X = Densidade de Ácaros; Y = Bifentrina



$$Z = 0,20 - 0,01X - 0,35Y + 0,03XY$$

(G.L. erro= 108; $R^2 = 0,74$; $p < 0,0001$; $F = 100,61$)

Z = Taxa Instantânea de Crescimento; X = Densidade de Ácaros; Y = Deltametrina

Figura 2. Efeito de diferentes doses de bifentrina (A) e deltametrina (B) na taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) do ácaro *Acarophenax lacunatus* (Prostigmata: Acarophenacidae), após 23 dias da inoculação de diferentes densidades populacionais desse parasita, a $30 \pm 1^\circ\text{C}$, $65 \pm 5\%$ U.R. e escotofase de 24 horas.

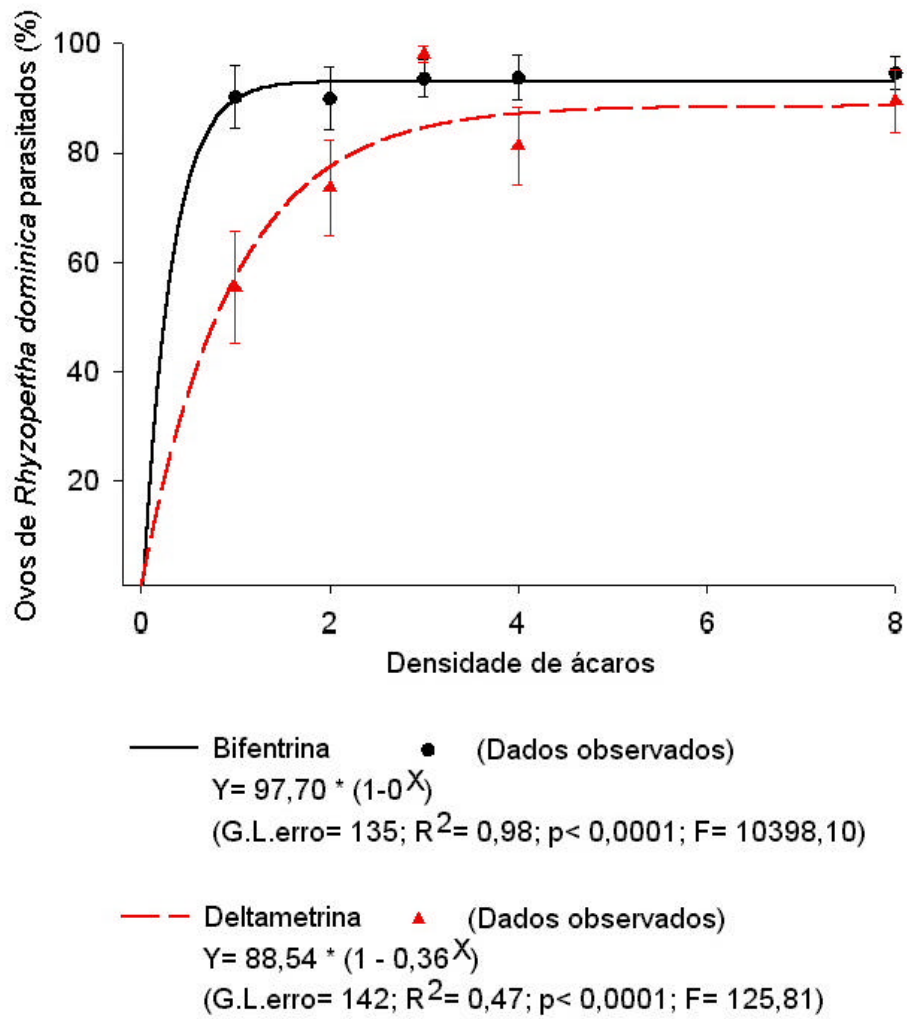


Figura 3. Porcentagem de ovos parasitados de *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) em função do número de fêmeas do ácaro *Acarophenax lacunatus* (Prostigmata: Acarophenacidae), após 23 dias da inoculação desse parasita, a $30 \pm 1^\circ\text{C}$, $65 \pm 5\%$ U.R. e escotofase de 24 horas.

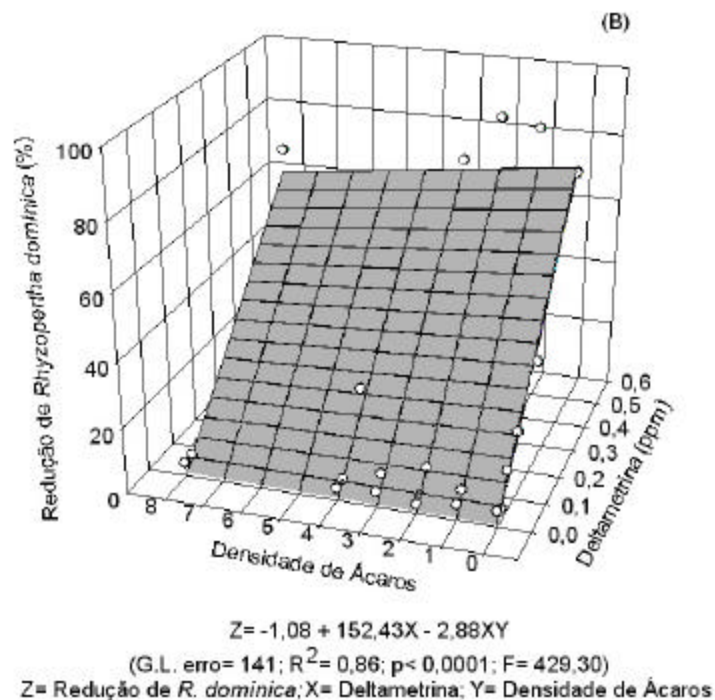
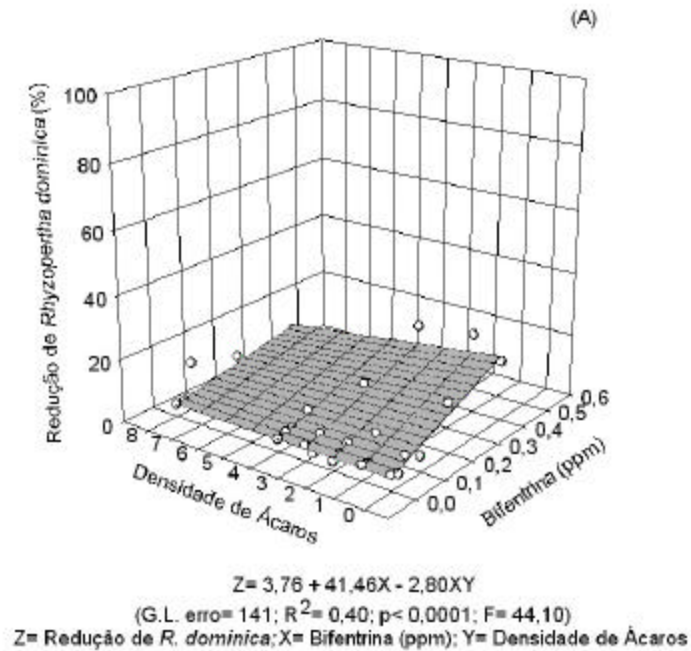


Figura 4. Efeito de diferentes doses de bifentrina (A) e deltametrina (B) na redução da população de adultos de *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae), após 23 dias da inoculação de diferentes densidades populacionais do parasita *Acarophenax lacunatus* (Prostigmata: Acarophenacidae), a $30 \pm 1^\circ\text{C}$, $65 \pm 5\%$ U.R. e escotofase de 24 horas.

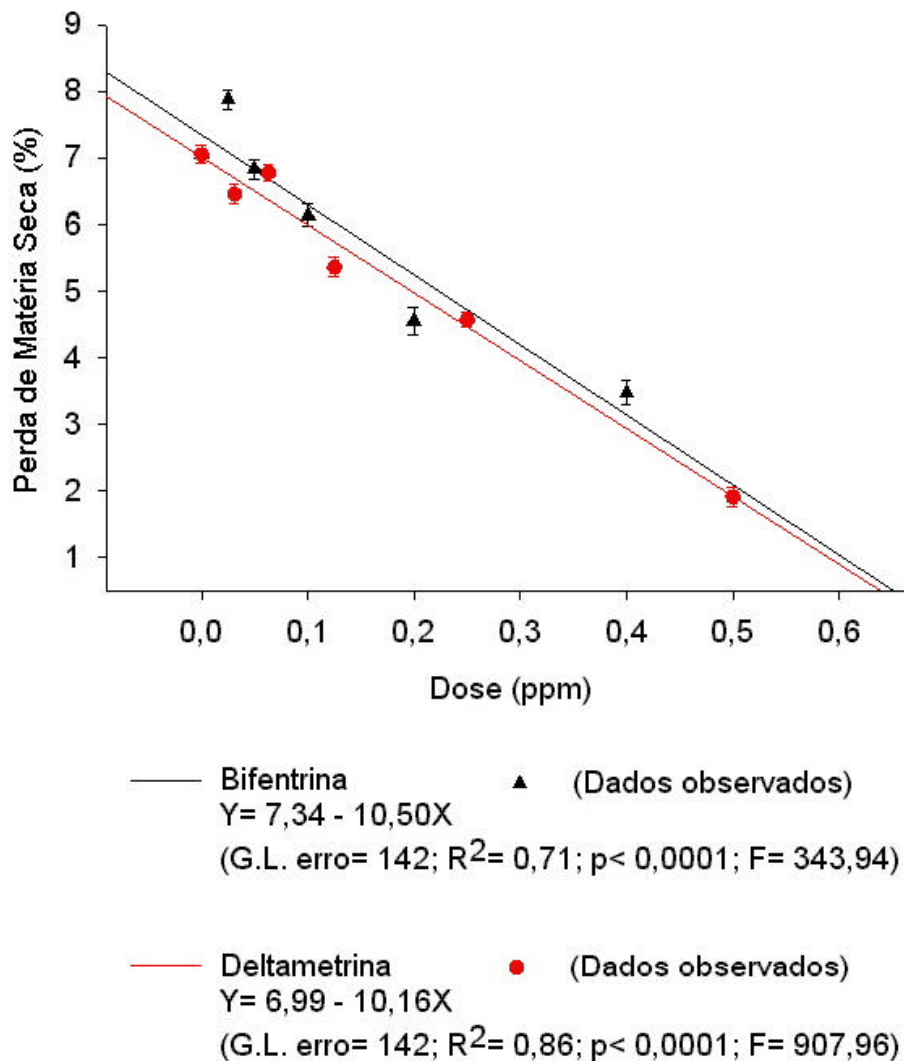


Figura 5. Efeito de diferentes doses dos piretróides bifentrina e deltametrina na perda de matéria seca de grãos de trigo infestados por *Rhizopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae), a $30 \pm 1^\circ\text{C}$, $65 \pm 5\%$ U.R. e escotofase de 24 horas.

Efeito de Organofosforados sobre *Acarophenax lacunatus* (Prostigmata: Acarophenacidae) Parasitando *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae)

JOSÉ ROBERTO GONÇALVES¹

¹ Departamento de Biologia Animal/Setor de Entomologia,
Universidade Federal de Viçosa
36571-000, Viçosa, Minas Gerais, Brasil
E-mail: roberto@alunos.ufv.br

RESUMO - Avaliou-se o efeito dos organofosforados pirimifós metílico e fenitrotiom sobre *Acarophenax lacunatus* (Prostigmata: Acarophenacidae), um parasita de ovos de *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) nas doses de 0,0, 0,5, 1,0, 2,0, 3,0, 4,0, 8,0 ppm e de 0,0, 0,9, 1,8, 2,5, 5,0, 10,0 ppm, respectivamente, de cada um dos inseticidas. As unidades experimentais consistiram de placas de Petri de 140 x 10 mm, contendo 25 g de grãos de trigo com teor de umidade de 13% b.u., infestadas com 25 adultos de *R. dominica*, com idade entre três e sete dias. Sete dias após a infestação, foram inoculados zero, um, dois, três, quatro e oito ácaros em quatro repetições. Os maiores números de fêmeas fisogástricas de *A. lacunatus* e a maior porcentagem de ovos parasitados por esse ácaro foram obtidos com as menores doses dos inseticidas e as maiores densidades do parasita. A taxa instantânea de crescimento da população (r_i) desse ácaro mostrou valores maiores com a redução de doses dos inseticidas, porém com menores valores com o pirimifós metílico. A presença do ácaro em todas as doses dos inseticidas sugere ser este inimigo natural tolerante a esses produtos.

PALAVRAS-CHAVE: Manejo integrado de pragas, ácaros, pirimifós metílico, fenitrotiom.

**Effect of Organophosphates on *Acarophenax lacunatus* (Prostigmata:
Acarophenacidae) Parasitising *Rhyzopertha dominica*
(Coleoptera: Bostrichidae)**

ABSTRACT - The effect of the organophosphates pirimiphos-methyl and fenitrothion on *Acarophenax lacunatus* (Prostigmata: Acarophenacidae), an egg parasite of *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae), was evaluated at the doses of 0.0, 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 and 8.0 ppm and at 0.0, 0.9, 1.7, 2.5, 5.0, and 10.0 ppm for each insecticide respectively. The experimental unit was constituted by 140 x 10 mm Petri dishes containing 25 g of wheat grains (13 % m.c.) infested with 25 three to seven days old adults of *R. dominica*. Seven days after the pest infestation, zero, one, two, three, four and eight mites were released per experimental unit, with four replicates. Highest numbers of physogastric females of *A. lacunatus* and of egg parasitism (%) were obtained with lower insecticide doses and higher mite densities. Higher instantaneous rate of increase (r_i) of this mite was observed with lower insecticide doses and lower mite densities. Overall lower r_i was obtained with the insecticide pirimiphos-methyl. The presence of *A. lacunatus* in all doses of both insecticides suggests that this species is tolerant to both compounds.

KEY WORDS: Integrated pest management, mites, pirimiphos-methyl, fenitrothion.

1. Introdução

Os inseticidas organofosforados pirimifós metílico e fenitrotiom são comumente usados no controle de pragas de grãos armazenados (White & Leesch 1996). No entanto, essas pragas têm mostrado resistência a esses inseticidas (Zetter 1982, Collins & Wilson 1987, Arthur *et al.* 1988, Collins 1990, Weinzierl & Porter 1990, Sriharen *et al.* 1991, Collins *et al.* 1993, Guedes *et al.* 1996), o que pode inviabilizar a sua utilização como estratégia de controle (Arthur 1996). Isto vem preocupando os produtores, pois existem poucos inseticidas registrados para a proteção de grãos armazenados e o registro de novos produtos requer períodos demorados de pesquisas a um custo relativamente alto (Lethbridge 1989, Woodhead *et al.* 1990, White & Leesch 1996). Por isto, têm-se buscado novas alternativas para o uso de inseticidas e, também, a integração desses inseticidas com o controle biológico em programas de manejo de pragas (King & Nordlund 1992).

Em geral, o controle biológico não é considerado compatível com protetores químicos, devido ao impacto que estes têm nos inimigos naturais (Baker *et al.* 1995, Baker & Arbogast 1995). No entanto, a ocorrência de resistência dos inimigos naturais de pragas de produtos armazenados a inseticidas pode aumentar a possibilidade do seu uso combinado com o controle químico em programas de manejo integrado de pragas (Brower 1990, Baker *et al.* 1995, Baker & Arbogast 1995). Por isto, uma das maneiras de se reduzir a incompatibilidade dos inseticidas com os inimigos naturais seria o uso de formulações seletivas, mais tóxicas às pragas que aos agentes de controle biológico (Press *et al.* 1981, White & Leesch 1996).

O ácaro *Acarophenax lacunatus* (Prostigmata: Acarophenacidae) é um inimigo natural importante em ecossistemas de armazenamento de grãos e se mostrou eficiente na redução populacional de *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae), considerada uma importante praga de produtos armazenados (Rees 1996). *A. lacunatus* vem demonstrando ser uma espécie promissora para o controle biológico de pragas de produtos armazenados, pelo seu alto potencial de parasitismo de ovos de seus hospedeiros (Faroni *et al.* 2000, 2001). Estudos com esse inimigo natural, em relação às pragas de produtos armazenados e aos inseticidas utilizados sobre os grãos, são importantes para que este ácaro possa ser utilizado em programas de manejo integrado de pragas (Burkholder & Faustini 1991, Hassan *et al.* 1994, Childers & Abou-Setta 1999). Com isso, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito dos inseticidas pirimifós metílico e fenitrotiom, aplicados em grãos armazenados, sobre o agente de controle biológico *A. lacunatus*.

2. Material e Métodos

2.1. Criação massal do hospedeiro *R. dominica*

A praga *R. dominica* foi criada em câmara climática tipo B.O.D., à temperatura de $30\pm 1^{\circ}\text{C}$, $65\pm 5\%$ U.R. e escotofase de 24 horas, a partir de adultos criados em câmaras semelhantes. Esta criação foi iniciada com 50 adultos de *R. dominica* em placas de Petri com grãos de trigo triturado, não tratado, com teor de umidade de 13% b.u. (base úmida). Os ovos dessa praga foram coletados com peneira de orifícios de 1 mm de diâmetro, sete dias após, tempo suficiente para que a praga iniciasse a oviposição. Em seguida, os ovos

foram colocados em outras placas com a mesma dieta. Esses ovos foram coletados de acordo com um calendário, para que houvesse disponibilidade de insetos adultos de *R. dominica* com idade conhecida (Faroni *et al.* 2000).

2.2. Criação massal do parasita *A. lacunatus*

O ácaro *A. lacunatus* foi obtido de criações de *R. dominica* infestadas por esse parasita, há mais de quatro anos, no Laboratório de Grãos do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais. Este ácaro foi criado em populações de *R. dominica* e mantido em condições semelhantes às da criação desse hospedeiro, em salas diferentes para se evitar a contaminação de populações isentas do ácaro (Faroni *et al.* 2000).

2.3. Inseticidas utilizados

Os organofosforados avaliados foram o pirimifós metílico (Actellic 500 CE) e o fenitrotiom (Sumigran 500 CE), nas doses 0,0, 0,5, 1,0, 2,0, 3,0, 4,0, 8,0 ppm e 0,0, 0,9, 1,8, 2,5, 5,0, 10,0 ppm, respectivamente, de cada inseticidas.

2.4. Aplicação dos produtos

Os inseticidas foram dissolvidos em água destilada e suas doses corresponderam a 6,25%, 12,50%, 25,00%, 50,00% e 100,00% da dose recomendada pelo fabricante. Essas doses foram pulverizadas com atomizador manual, com o bico voltado para baixo, a 20 cm de altura da massa de 1 kg de grãos de trigo em cada aplicação, em local protegido do vento, semelhante a uma torre de pulverização. O volume de solução aplicado foi de 1 mL por massa de grãos, correspondendo a 1 L de solução por 1.000 kg de grãos. Os

atomizadores foram calibrados, em testes preliminares, em uma superfície de 1 m² de área com 10 kg de grãos de trigo, ajustando-se com isso o volume correspondente a 1 mL de solução para cada kg de grãos de trigo. Foi utilizado um atomizador por produto, principalmente para a testemunha, que foi pulverizada com água destilada, para evitar a contaminação com resíduos de outros produtos. A seguir, aguardaram-se um período de 30 minutos para a infestação de *R. dominica* e de sete dias para a do ácaro *A. lacunatus*.

O procedimento experimental foi realizado com as normas padronizadas pelo IOBC/WPRS *International Organization for Biological Control/ West Palearctic Regional Section* para testes de laboratório em estágios suscetíveis de artrópodes (Hassan *et al.* 1994); testando-se o produto na maior dosagem recomendada; utilizando ácaros com idade uniforme; em período de exposição adequado antes da avaliação do efeito do inseticida (23 dias); com ventilação adequada; pulverizando a testemunha com água destilada; e avaliando a redução na capacidade benéfica do ácaro (parasitismo).

2.5. Avaliação do efeito dos inseticidas sobre o ácaro parasita *A. lacunatus*

As unidades experimentais consistiram de placas de Petri de 140 mm de diâmetro por 10 mm de altura contendo 25 g de grãos de trigo, com teor de umidade de 13% b.u., tratados com uma das doses dos inseticidas, e, posteriormente infestadas com 25 adultos não-sexados de *R. dominica*, com idade entre três e sete dias (Faroni *et al.* 2000). As placas infestadas foram revestidas com filme plástico de PVC para evitar a fuga dos indivíduos e impedir possíveis contaminações com outros indivíduos, como, por exemplo, ácaros predadores. Sete dias após a infestação, período este suficiente para o início da oviposição da praga, foram inoculados zero, um, dois, três, quatro e oito fêmeas

não fisogástricas do ácaro *A. lacunatus* por inseticida e dose, em quatro repetições. A seguir, as unidades experimentais foram armazenadas por 23 dias, período suficiente para que não ocorresse interferência da segunda geração da praga, em câmara climática tipo B.O.D., à temperatura de $30\pm 1^{\circ}\text{C}$, $65\pm 5\%$ U.R. e escotofase de 24 horas. Após este período, a massa de grãos de cada placa foi passada em peneira de orifícios de 1 mm de diâmetro, separando-se os insetos dos grãos e os resíduos do trigo (pó) com ovos de *R. dominica* e os ácaros. Inicialmente, contava-se o número de insetos vivos e mortos. O número de ovos de *R. dominica* parasitados por *A. lacunatus* e o de ácaros em processo de fisogastria, nos resíduos do trigo, foram contados com auxílio de um microscópio estereoscópico. A taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) do parasita foi calculada através da equação usada por Walthall & Stark (1997):

$$r_i = \ln(N_f/N_0) / t;$$

em que N_f = número final de ácaros;

N_0 = número inicial de ácaros;

t = variação de tempo (número de dias em que o ensaio foi executado).

Além da taxa instantânea de crescimento de *A. lacunatus*, avaliou-se a perda de peso dos grãos de trigo, que foram pesados no início e no final do experimento, em balança analítica, com precisão de 0,01 g. Conhecendo os pesos inicial e final de cada placa, obteve-se a porcentagem de perda das amostras.

2.6. Análise dos dados

Os dados avaliados foram submetidos à análise de covariância e, eventualmente, à análise de regressão (SAS Institute 1989).

3. Resultados

O número de fêmeas fisogástricas do ácaro *A. lacunatus* (Tabela 1) mostrou diferenças significativas entre as doses dos inseticidas pirimifós metílico e fenitrotiom e entre as densidades inoculadas desse ácaro, mas não se observou diferença significativa entre os inseticidas. Esse número foi maior com a redução das doses dos inseticidas e o aumento das densidades inoculadas do ácaro (Fig. 1).

A taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) do ácaro *A. lacunatus* (Tabela 2) mostrou diferença significativa na interação inseticidas x doses x densidades do parasita, apresentando menores valores com o aumento das doses dos inseticidas e das densidades inoculadas do parasita (Fig. 2).

A porcentagem de parasitismo de *A. lacunatus* mostrou diferença significativa entre as doses dos inseticidas e entre as densidades inoculadas do parasita (Tabela 3), com aumento dessa porcentagem à medida que se reduziu a dose dos inseticidas e se aumentou o número de ácaros inoculados (Fig. 3).

A porcentagem de redução de adultos de *R. dominica* e a perda de peso dos grãos de trigo, por ataque dessa praga, mostraram diferenças significativas somente entre as doses dos inseticidas (Tabelas 4 e 5). No entanto, essa redução de adultos foi considerada baixa mesmo nas maiores doses (Fig. 4). A

perda de peso de grãos de trigo diminuiu à medida que se aumentou a dose dos inseticidas (Fig. 5).

4. Discussão

Muitos inseticidas usados no controle de pragas afetam, desfavoravelmente, as populações de organismos de controle biológico (Baker *et al.* 1995, Brower *et al.* 1996). No entanto, o uso de inseticidas no controle de pragas de grãos armazenados pode ser compatível com inimigos naturais quando esses produtos apresentarem baixo impacto para os agentes de controle biológico (Croft 1990, Stark *et al.* 1995, White & Leesch 1996), e/ou quando linhagens resistentes desses indivíduos estão disponíveis (Baker & Weaver 1993, Baker & Arbogast 1995, Baker *et al.* 1995). Isto é importante, pois viabiliza o uso do controle biológico e de produtos químicos no manejo integrado de pragas (Zdarkova 1994).

Os maiores números de fêmeas fisogástricas do ácaro *A. lacunatus* foram observados com as menores doses dos inseticidas pirimifós metílico e fenitrotiom, tendo-se encontrado este agente de controle biológico em plena atividade (parasitando ovos de *R. dominica*) mesmo nas maiores doses desses inseticidas, o que indica tolerância desse ácaro a esses produtos. Isto pode ser explicado pelo grande número de gerações do parasita no período estudado (23 dias), o qual pode alcançar até 12 gerações mensais à temperatura de 30°C (Faroni *et al.* 2001). Esses resultados concordam com os de vários pesquisadores que estudaram a toxicidade de inseticidas e acaricidas organofosforados a ácaros predadores de pragas de produtos armazenados em

laboratório (Zdarkova & Horak 1984, Zdarkova 1994) e no campo (Hoy *et al.* 1980, Croft *et al.* 1982). Zdarkova & Horak (1984) observaram que a mortalidade do predador *C. eruditus* foi menor que 100% quando submetido a oito acaricidas. Além disso, esse predador foi mais tolerante aos organofosforados pirimifós metílico e clorpirifós metílico que suas presas, *Acarus siro* L. e *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank).

Outros ácaros predadores, que não são encontrados em sistemas de armazenamento, como o *Metaseiulus occidentalis* (Nesbitt), desenvolveram níveis moderados de resistência a inseticidas organofosforados como azinphos-metil, diazinon e dimethoate. Considerando que esses agentes de controle biológico podem sobreviver em baixas doses desses inseticidas aplicados para controlar insetos-praga, pode-se aumentar a sua utilidade no controle biológico em programas de manejo integrado de pragas (Hoy *et al.* 1980, Croft *et al.* 1982).

A taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) de *A. lacunatus* decresceu com o aumento das doses dos inseticidas e das densidades do parasita, com índices de crescimento próximo a zero nas maiores doses dos inseticidas. Há duas hipóteses para essa tendência: os inseticidas nas maiores doses não foram seletivos para o ácaro e/ou ocorreu competição intraespecífica por alimento (ovos de *R. dominica*). Embora o valor de r_i tenha sido menor com pirimifós metílico que com fenitrotiom, não se observou diferença significativa na porcentagem de parasitismo com esses inseticidas.

A presença e o potencial de parasitismo de *A. lacunatus* em todas as doses dos inseticidas podem ser explicadas pelo fato de a sua inoculação ter sido feita sete dias após a aplicação dos inseticidas. Resultados semelhantes foram observados com o ácaro *C. eruditus*, que não é recomendado para o

controle de populações de pragas antes de uma semana após a aplicação de produtos químicos (Zdarkova 1994).

O elevado potencial de parasitismo de *A. lacunatus* nas maiores doses dos inseticidas pirimifós metílico e fenitrotiom mostra que é possível a integração dessa espécie com o controle químico, especialmente quando existem relatos de resistência de pragas de grão armazenados a esses inseticidas (Zetter 1982, Collins & Wilson 1987, Arthur *et al.* 1988, Collins 1990, Weinzierl & Porter 1990, Sriharen *et al.* 1991, Collins *et al.* 1993). Resultados semelhantes foram relatados por Zdarkova (1994), ou seja, a redução de populações de insetos e ácaros-praga em ambientes de armazenamento de grãos com a liberação de *C. eruditus* após tratamento químico.

O controle biológico, normalmente, necessita de maior período para ser efetivo. Embora o ácaro *A. lacunatus* tenha parasitado grande quantidade de ovos de *R. dominica*, os insetos sobreviventes ao controle químico continuaram vivos e, conseqüentemente, o declínio de sua população não será imediato (Scholler *et al.* 1997).

R. dominica apresentou baixa redução de sua população mesmo com maiores doses dos inseticidas pirimifós metílico e fenitrotiom, mostrando resistência dessa espécie a esses inseticidas. Isto não é novidade, pois diversos autores observaram este fato com alguns organofosforados, como o malatim, pirimifós metílico e clorpirifós metílico (Zetter & Cuperus 1990, Arthur 1992, Guedes *et al.* 1996, Guedes & Zhu 1998) e com os piretróides bioresmetrin, fenotrin, fenvalerate (Collins *et al.* 1993) e deltametrina (Collins *et al.* 1993, Lorini & Galley 1999, 2000). Outras pragas de produtos armazenados, como *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera: Bruchidae), *Cadra cautella* (Lepidoptera: Pyralidae), *Oryzaephilus surinamensis* (Coleoptera: Silvanidae),

Plodia interpunctella (Lepidoptera: Pyralidae), *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) e *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae), também têm apresentado resistência a inseticidas organofosforados (Arthur *et al.* 1988, Collins 1990, Sriharen *et al.* 1991, Collins *et al.* 1993).

A estratégia de se utilizarem baixas doses de inseticidas em grãos armazenados visa maximizar o potencial do controle biológico pela preservação dos inimigos naturais, os quais são, em sua maioria, mais suscetíveis que as espécies-praga (Croft & Brown 1975, Croft 1990, Baker & Weaver 1993). No entanto, essas doses reduzem a eficiência dos inseticidas no controle de praga, deixando os grãos armazenados mais vulneráveis à perda de qualidade se métodos alternativos de controle, como o biológico, não estiverem disponíveis (Tabashnik & Croft 1982).

A existência de muitos inimigos naturais efetivos contra pragas de grãos armazenados torna necessária a busca de qualquer tolerância desses agentes benéficos para os protetores de grãos, como os inseticidas organofosforados, o que pode aumentar a possibilidade de utilização desses indivíduos combinados com inseticidas (Baker *et al.* 1995). Desta forma, pode-se viabilizar uma das principais alternativas para o uso de inseticidas em programas de manejo integrado de pragas, que é o controle biológico (King & Nordlund 1992). Isso é necessário, pois o uso de inseticidas vem trazendo sérios problemas para os armazenadores de grãos, incluindo a resistência de pragas a princípios ativos de inseticidas, pelo fato de existirem poucos produtos registrados para o controle dessas pragas e pelo alto custo para registrar tais produtos. Nos Estados Unidos, o custo de registro de um único inseticida é de 40 a 80 milhões de dólares e requer um período de 8 a 12 anos de estudo (Lethbridge 1989, Hagstrum & Flinn 1996, Woodhead *et al.* 1990).

O ácaro parasita *A. lacunatus* se mostrou tolerante aos inseticidas pirimifós metílico e fenitrotiom, obtendo altas taxas de parasitismo de ovos de *R. dominica*, mesmo quando exposto às maiores doses desses inseticidas. No entanto, recomenda-se a realização de novas pesquisas com o objetivo de se avaliar se existe efeito desses produtos na morfologia desse inimigo natural.

5. Literatura Citada

Arthur, F.H. 1992. Cyfluthrin WP and EC formulations to control malathion-resistance red flour beetles and confused flour beetles (Coleoptera: Tenebrionidae): effects of paint on residual efficacy. J. Entomol. Sci. 27: 436-444.

Arthur, F.H. 1996. Grain protectants: current status and prospects for the future. J. Stored Prod. Res. 32: 293-302.

Arthur, F.H, J.L. Zetter & W.R. Halliday. 1988. Insecticide resistance among populations of almond moth and Indian meal moth (Lepidoptera: Pyralidae) in stored peanuts. J. Econ. Entomol. 81: 1283-1287.

Baker, J.E. & D.K. Weaver. 1993. Resistance in field strains of the parasitoid *Anisopteromalus calandrae* (Hymenoptera: Pteromalidae) and its host, *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae), to malathion, chlorpyrifos-methyl, and pirimiphos-methyl. Biol. Control 3: 233-242.

Baker, J.E. & R.T. Arbogast. 1995. Malathion resistance in field strains of the warehouse pirate bug (Heteroptera: Anthocoridae) and a prey species *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). J. Econ. Entomol. 88: 241-245.

- Baker, J.E., D.K. Weaver, J.E. Throne & J.L. Zetter. 1995.** Resistance to protectant insecticides in two field strains of the stored-product insect parasitoid *Bracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae). J. Econ. Entomol. 88: 512-519.
- Brower, J.H. 1990.** Pests of stored products. In: Habeck, D.H., F.D. Bennett & J.H. Frank (eds.), Classical biological control in the Southern United States. Southern Coop. Series Bull., Gainesville, 355: 113-122.
- Brower, J.H., L. Smith, P.V. Vail & P.W. Flinn. 1996.** Biological control. In: Subramanyam, B. & D.W. Hagstrum (eds.), Integrated Management of Insects in Stored Products. Marcel Dekker, New York, p.223-286.
- Burkholder W.E. & L.D. Faustini. 1991.** Biological methods of survey and control. In: Gorham, J. (ed.), Ecology and Management of Food-Industry Pest. AOAC Press. p.361-372.
- Childers, C.C. & M.M. Ab ou-Setta. 1999.** Yield reduction in 'Tahiti' lime from *Panonychus citri* feeding injury following different pesticide treatment regimes and impact on the associated predacious mites. Exp. Appl. Acarol. 23: 771-783.
- Collins, P.J. 1990.** New resistance to pyrethroids in *Tribolium castaneum* (Herbst.) Pestic. Sci. 28: 101-115.

- Collins, P.J. & D. Wilson. 1987.** Efficacy of current and potential grain protectant insecticides against a fenitrothion-resistant strain of the sawtoothed grain beetle, *Oryzaephilus surinamensis* L. Pestic. Sci. 20: 93-104.
- Collins, P.J., T.M. Lambkin, B.W. Bridgeman & C. Pulvirenti. 1993.** Resistance to grain-protectant insecticides in coleopterous pests of stored cereals in Queensland, Australia. J. Econ. Entomol. 86: 239-245.
- Croft, B.A. 1990.** Management of pesticide resistance in arthropod pests. In: Green, M.B., W.K. Moberg & H. Lebaron (eds.), Managing resistance to agrochemicals: from fundamental research to practical strategies. Am. Chem. Soc. p.149-168.
- Croft, B.A. & A.W.A. Brown. 1975.** Responses of arthropod natural enemies to insecticides. Annu. Rev. Entomol. 20: 285-355.
- Croft, B.A., S.W. Wagner & J.G. Scott. 1982.** Multiple and cross resistance to insecticides in pyrethroid resistant strains of the predatory mite, *Amblyseius fallacis*. Environ. Entomol. 11: 161-164.
- Faroni, L.R.D'A., R.N.C. Guedes & A.L. Matioli. 2000.** Potential of *Acarophenax lacunatus* (Prostigmata: Acarophenacidae) as a biological control agent of *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae). J. Stored Prod. Res. 36: 55-63.

Faroni, L.R.D'A., R.N.C. Guedes & A.L. Matioli. 2001. Effect of temperature on development and population growth of *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) (Prostigmata: Acarophenacidae) on *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae). *Biocontrol Sci. Technol.* 11: 7-14.

Guedes, R.N.C. & K.Y. Zhu. 1998. Characterization of malathion resistance in a Mexican population of *Rhyzopertha dominica*. *Pestic. Sci.* 53:15-20.

Guedes, R.N.C., B.A. Dover & S. Kambhampati. 1996. Resistance to chlorpyrifos-methyl, pirimiphos-methyl, and malathion in Brazilian and U.S. populations of *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae). *J. Econ. Entomol.* 89: 27-32.

Hagstrum, D.W. & P.W. Flinn. 1996. Integrated pest management. In: Subramanyam, B. & D.W. Hagstrum (eds.), *Integrated Management of Insects in Stored Products*. Marcel Dekker, New York, p.399-408.

Hassan, S.A., F. Bigler., H. Bogenschutz, E. Boller, J. Brun, J.N.M. Calis, J. Coremans-Pelseneer, C. Duso, A. Grove, U. Heimbach, N. Helyer, H. Hokkanen, G.B. Lewis, F. Mansour, L. Moreth, L. Polgar, L. Samsøe-Petersen, B. Sauphanor, A. Staubli, G. Sterk, A. Vainio, M. Van de Veire, G. Viggiani & H. Vogt. 1994. Results of the Sixth Joint Pesticide Testing Programme of the IOBC/WPRS- Working Group «Pesticides and Beneficial Organisms». *Entomophaga.* 39: 107-119.

Hoy, M.A., N.F. Knop & J.L. Ojos. 1980. Pyrethroid resistance persists in spider mite predator. Calif. Agric. p.11-12.

King, E.G. & D.A. Nordlund. 1992. Propagation and augmentative releases of predators and parasitoids for control of arthropod pests. Pesq. Agropec. Bras. 27: 239-254.

Lethbridge, G. 1989. An industrial view of microbial inoculants for crop plants. In: Campbell, R. & R.M. MacDonald. (eds.), Microbial inoculation of crop plants. Press, Oxford. p.11-28.

Lorini, I. & D.J. Galley. 1999. Deltamethrin resistance in *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae), a pest of stored grain in Brazil. J. Stored Prod. Res. 35: 37-45.

Lorini, I. & D.J. Galley. 2000. Estimation of realized heritability of resistance to deltamethrin insecticide in selected strains fo *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae). J. Stored Prod. Res. 36: 119-124.

Press, J.W., B.R. Flaherty & L.C. Mcdonald. 1981. Survival and reproduction of *Bracon hebetor* on insecticide-treated *Ephestia cautella* larvae. J. Ga. Entomol. Soc. 16: 231-234.

Rees, D.P. 1996. Coleoptera. In: Subramanyam, B., D.W. Hagstrum (eds.), Integrated Management of Insects in Stored Products. Marcel Dekker, New York, p.1-40.

SAS Institute. 1989. SAS/STAT User's guide for personal computers, version 6. SAS Institute, Cary, N.C, USA.

Scholler, M., S. Prozell, A.G. Al-Kirshi & C. Reichmuth. 1997. Towards biological control as a major component of integrated pest management in stored product protection. J. Stored Prod. Res. 33: 81-97.

Sriharen, S., F. Dunkel & E. Nizeyimana. 1991. Status of actellic resistance in three stores product insects infesting sorghum and beans in Rwanda. In: Proceedings, 5th International Working Conference of Stored Product Protection, INRA/SDPV, Bordeaux, France, p.1051-1060.

Stark, J.D., P.C. Jepson & D.F. Mayer. 1995. Limitations to use of toxicity data for predations of pesticide side effects in the field. J. Econ. Entomol. 88: 1081-1088.

Tabashnik, B.E. & B.A. Croft. 1982. Managing pesticide resistance on crop-arthropod complexes: integrations between biological and operational factors. Environ. Entomol. 11: 1137-1144.

Walthall, W.K. & J.D. Stark. 1997. Comparison of two population level ecotoxicological endpoints: The intrinsic (r_m) and instantaneous (r_i) rates of increase. *Environ. Toxicol. Chem.* 16: 1068-1073.

Weinzierl, R.A. & R.P. Porter. 1990. Resistance of hairy fungus beetle (Coleoptera: Mycetophagidae) to pirimiphos-methyl and malathion. *J. Econ. Entomol.* 83: 325-328.

White, N.D.G. & J.G. Leesch. 1996. Chemical control. In: Subramanyam, B. & D.W. Hagstrum (eds.), *Integrated Management of Insects in Stored Products*. Marcel Dekker, New York, p.287-330.

Woodhead, S.D., A.L. O'Leary, D.J. O'Leary & S.C. Rabatin. 1990. Discovery, development and registration of a biological agent from an industrial perspective. *Can. J. Plant Pathol.* 12: 328-331.

Zdarkova, E. 1994. The effectiveness of organophosphate acaricides on stored product mites interacting in biological control. *Exp. Appl. Acarol.* 18: 747-51.

Zdarkova, E. & E. Horak. 1984. Resistance of predator *Cheyletus eruditus* (Schrank) to organophosphates and its use for biological control. *Proc. IX Czechosl. Plant. Prot. Conf. Brno.* p.311-312.

Zetter, J.L. 1982. Insecticide resistance in selected stored-product insects infesting peanuts in the Southeastern United States. *J. Econ. Entomol.* 75: 359-362.

Zettler, J.L. & G.W. Cuperus. 1990. Pesticide resistance in *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) and *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae) in wheat. *J. Econ. Entomol.* 83: 677-1681.

Tabela 1. Análise de covariância do número de fêmeas fisogástricas de *Acarophenax lacunatus* (Prostigmata: Acarophenacidae) em diferentes doses dos organofosforados pirimifós metílico e fenitrotiom e em diferentes densidades desse parasita, a $30\pm 1^{\circ}\text{C}$, $65\pm 5\%$ U.R. e escotofase de 24 horas

FV	GL	SQ	F	p
Modelo	7	152619,17	5,63	0,0001 **
Resíduo	280	1084212,82		
Organofosforados (X)	1	4226,96	1,09	0,2970 ^{ns}
Dose (Y)	5	48527,36	12,53	0,0005 **
Densidade (Z)	5	80774,54	20,86	0,0001 **
X*Y	5	179,15	0,05	0,8299 ^{ns}
X*Z	5	1672,46	0,43	0,5116 ^{ns}
Y*Z	25	3735,63	0,96	0,3268 ^{ns}
X*Y*Z	25	3952,23	1,02	0,3132 ^{ns}

(**) valores significativos a 1% de probabilidade;

(ns) valores não-significativos.

Tabela 2. Análise de covariância da taxa instantânea de crescimento (r_i) populacional de *Acarophenax lacunatus* (Prostigmata: Acarophenacidae) em diferentes doses dos organofosforados pirimifós metílico e fenitrotiom e em diferentes densidades desse parasita, a $30\pm 1^\circ\text{C}$, $65\pm 5\%$ U.R. e escotofase de 24 horas

FV	GL	SQ	F	p
Modelo	7	0,2315	31,27	0,0001 **
Resíduo	232	0,2454		
Organofosforados (X)	1	0,0001	0,12	0,7306 ^{ns}
Dose (Y)	5	0,0214	20,25	0,0001 **
Densidade (Z)	5	0,0029	2,75	0,0987 ^{ns}
X*Y	5	0,0001	0,11	0,7351 ^{ns}
X*Z	5	0,0058	5,47	0,0202 *
Y*Z	25	0,0018	1,66	0,1983 ^{ns}
X*Y*Z	25	0,0056	5,30	0,0222 *

(**) valores significativos a 1% de probabilidade;

(*) valores significativos a 5% de probabilidade;

(ns) valores não-significativos.

Tabela 3. Análise de covariância do parasitismo de *Acarophenax lacunatus* (Prostigmata: Acarophenacidae) em diferentes doses dos organofosforados pirimifós metílico e fenitrotiom e em diferentes densidades desse parasita, a $30\pm 1^{\circ}\text{C}$, $65\pm 5\%$ U.R. e escotofase de 24 horas

FV	GL	SQ	F	p
Modelo	7	158208,65	16,22	0,0001 **
Resíduo	280	390059,52		
Organofosforados (X)	1	2283,21	1,64	0,2015 ^{ns}
Dose (Y)	5	8440,42	6,06	0,0144 *
Densidade (Z)	5	138434,85	99,37	0,0001 **
X*Y	5	702,84	0,50	0,4781 ^{ns}
X*Z	5	40,38	0,03	0,8649 ^{ns}
Y*Z	25	1627,60	1,17	0,2807 ^{ns}
X*Y*Z	25	177,79	0,13	0,7212 ^{ns}

(**) valores significativos a 1% de probabilidade;

(*) valores significativos a 5% de probabilidade;

(ns) valores não-significativos.

Tabela 4. Análise de covariância da redução de adultos de *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) em dieta de grãos de trigo tratados com diferentes doses dos organofosforados pirimifós metílico e fenitrotiom e submetidos a diferentes densidades do ácaro *Acarophenax lacunatus* (Prostigmata: Acarophenacidae), a $30\pm 1^{\circ}\text{C}$, $65\pm 5\%$ U.R. e escotofase de 24 horas

FV	GL	SQ	F	p
Modelo	7	557,38	3,81	0,0006 **
Resíduo	280	5849,23		
Organofosforados (X)	1	1,16	0,06	0,8134 ^{ns}
Dose (Y)	5	455,93	21,83	0,0001 **
Densidade (Z)	5	45,16	2,16	0,1426 ^{ns}
X*Y	5	0,56	0,03	0,8695 ^{ns}
X*Z	5	15,61	0,75	0,3881 ^{ns}
Y*Z	25	10,80	0,52	0,4727 ^{ns}
X*Y*Z	25	13,72	0,66	0,4185 ^{ns}

(**) valores significativos a 1% de probabilidade;

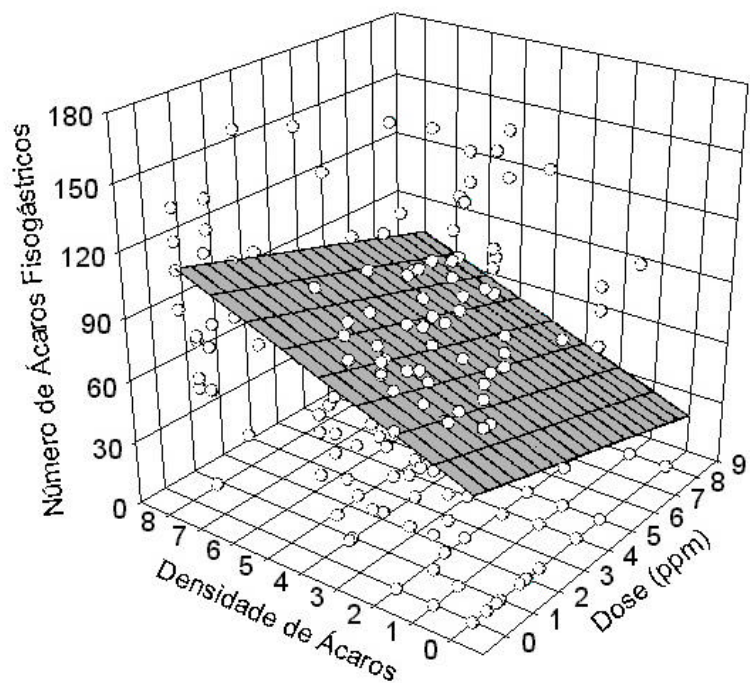
(ns) valores não-significativos.

Tabela 5. Análise de covariância da perda de matéria seca dos grãos de trigo tratados com diferentes doses dos organofosforados pirimifós metílico e fenitrotiom, infestados com *Rhizopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) e com diferentes densidades do ácaro *Acarophenax lacunatus* (Prostigmata: Acarophenacidae), a $30\pm 1^\circ\text{C}$, $65\pm 5\%$ U.R. e escotofase de 24 horas

FV	GL	SQ	F	p
Modelo	7	275,18	53,39	0,0001 **
Resíduo	280	206,17		
Organofosforados (X)	1	0,62	0,84	0,3608 ^{ns}
Dose (Y)	5	251,75	341,90	0,0001 **
Densidade (Z)	5	0,53	0,72	0,3969 ^{ns}
X*Y	5	1,65	2,24	0,1359 ^{ns}
X*Z	5	0,11	0,15	0,6976 ^{ns}
Y*Z	25	0,59	0,80	0,3715 ^{ns}
X*Y*Z	25	0,03	0,04	0,8410 ^{ns}

(**) valores significativos a 1% de probabilidade;

(ns) valores não-significativos.



$$Z = 57,85 - 4,42X + 6,72Y$$

(G.L. erro= 285; $R^2 = 0,20$; $p < 0,0001$; $F = 18,28$)

Z= Número de Ácaros Fisogástricos; X= Dose (ppm); Y= Densidade de Ácaros

Figura 1. Efeito de diferentes doses de organofosforados no número de fêmeas fisogástricas do ácaro *Acarophenax lacunatus* (Prostigmata: Acarophenacidae), após 23 dias da inoculação de diferentes densidades populacionais desse parasita, a $30 \pm 1^\circ\text{C}$, $65 \pm 5\%$ U.R. e escotofase de 24 horas.

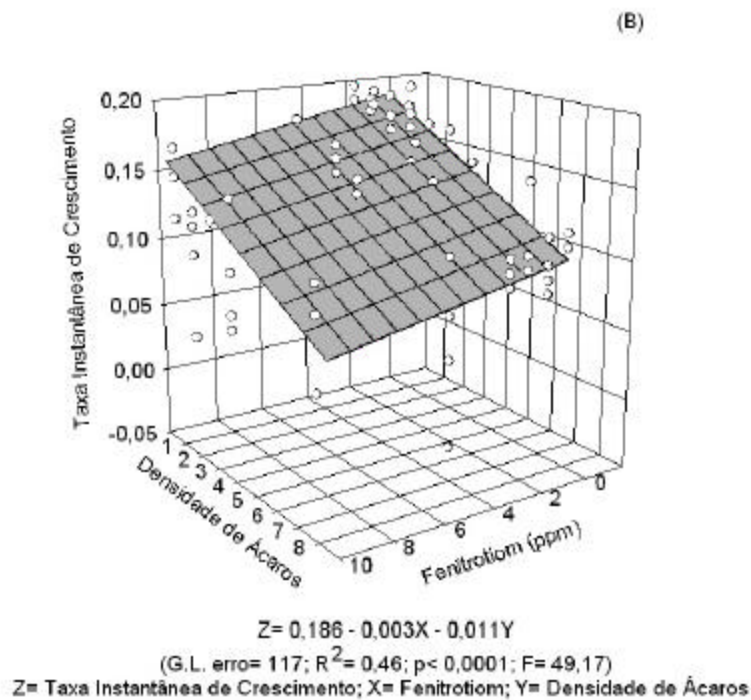
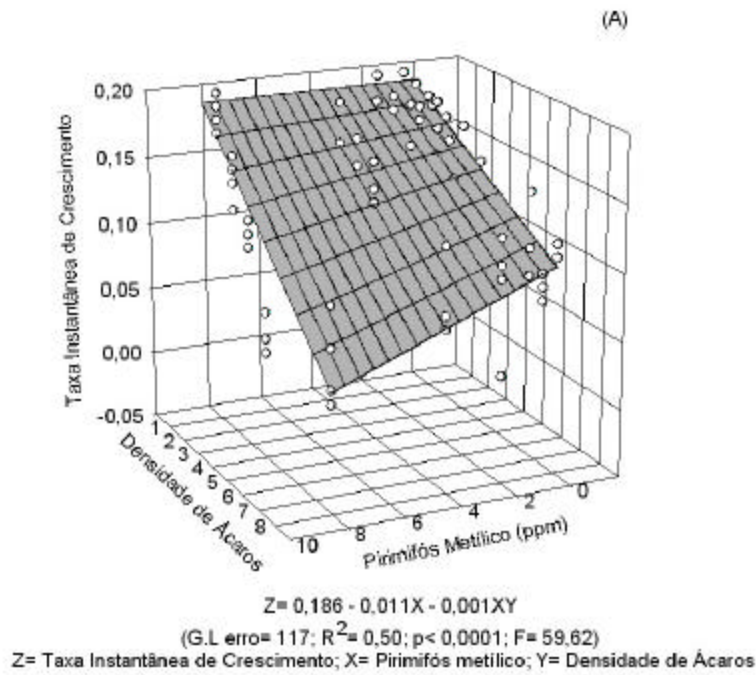
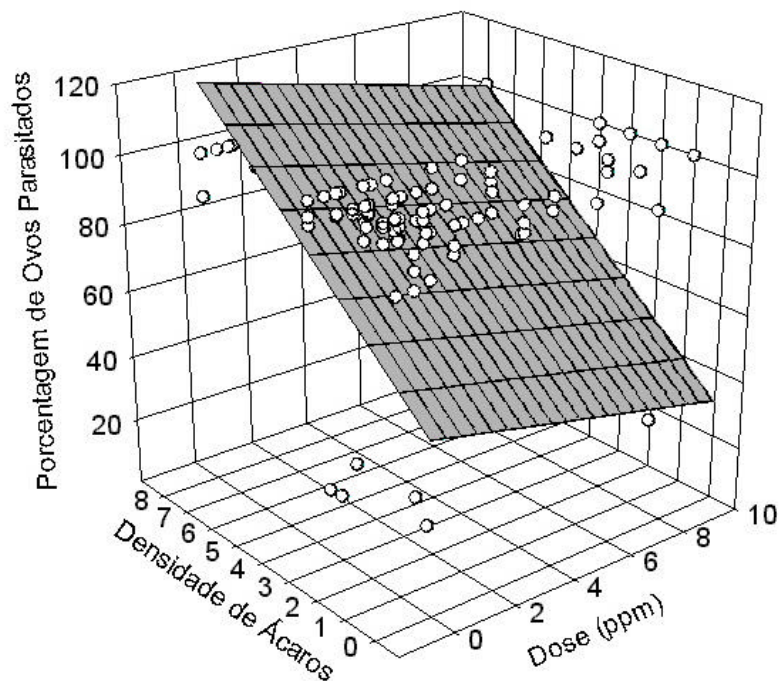


Figura 2. Efeito de diferentes doses de pirimifós metílico (A) e fenitrotiom (B) na taxa instantânea de crescimento (r_i) populacional do ácaro *Acarophenax lacunatus* (Prostigmata: Acarophenacidae), após 23 dias da inoculação de diferentes densidades populacionais desse parasita, a $30 \pm 1^\circ \text{C}$, $65 \pm 5\%$ U.R. e escotofase de 24 horas.



$$Z = 50,87 - 2,02X + 8,60Y$$

(G.L. erro= 285; $R^2 = 0,30$; $p < 0,0001$; $F = 55,25$)

Z= Ovos parasitados de *R. dominica*; X= Dose (ppm); Y= Densidade de Ácaros

Figura 3. Efeito de diferentes doses de organofosforados na porcentagem de ovos parasitados de *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae), após 23 dias da inoculação de diferentes densidades populacionais do ácaro *Acarophenax lacunatus* (Prostigmata: Acarophenacidae), a $30 \pm 1^\circ\text{C}$, $65 \pm 5\%$ U.R. e escotofase de 24 horas.

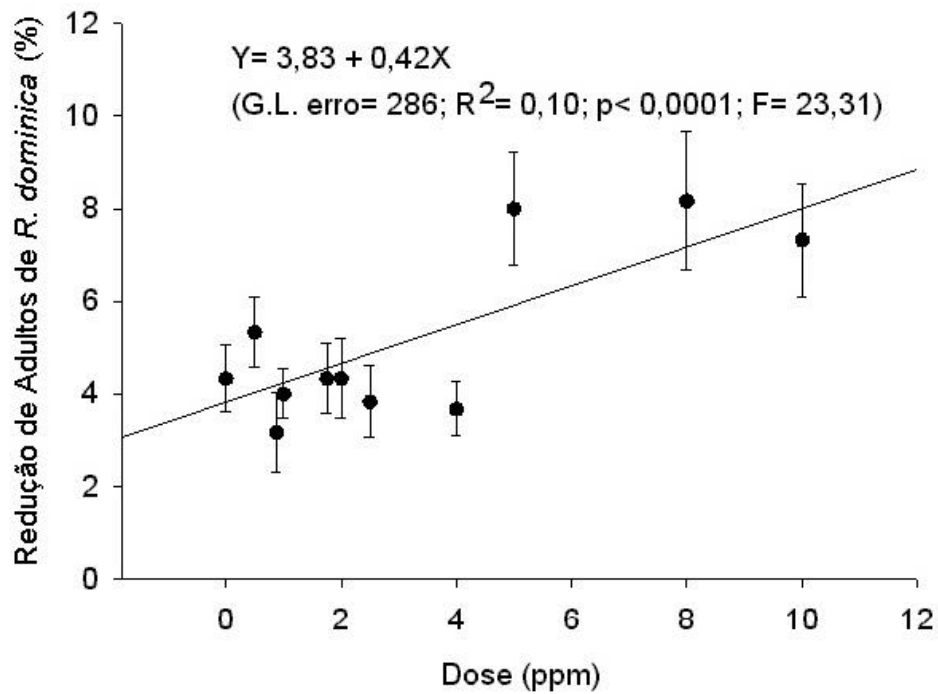


Figura 4. Efeito de diferentes doses de organofosforados na redução de adultos de *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae), a $30 \pm 1^\circ\text{C}$, $65 \pm 5\%$ U.R. e escotofase de 24 horas.

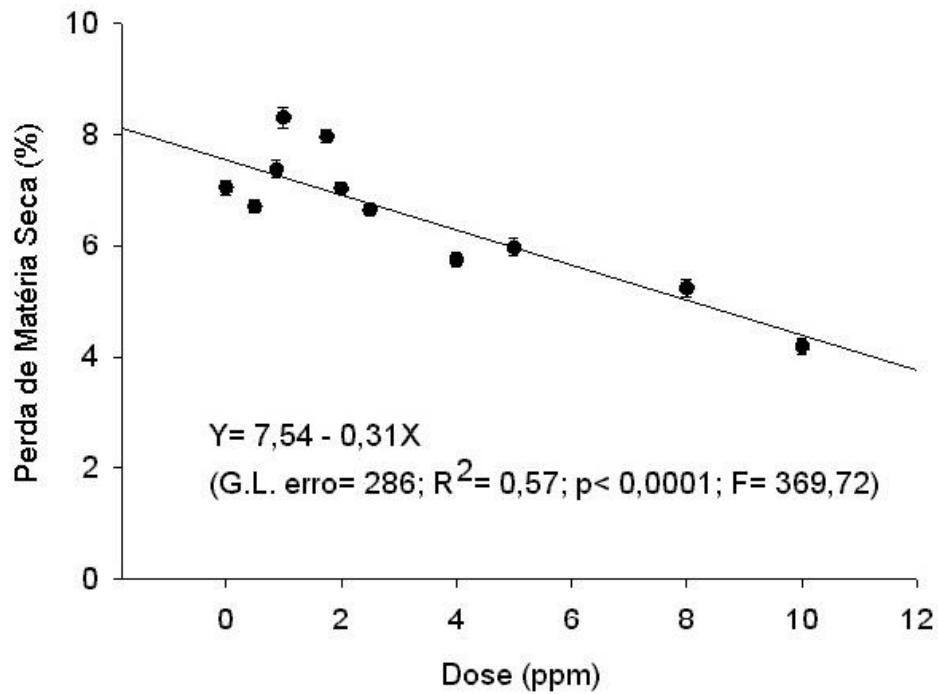


Figura 5. Efeito de diferentes doses de organofosforados na perda de matéria seca de grãos de trigo infestados com *Rhizopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae), a $30 \pm 1^\circ\text{C}$, $65 \pm 5\%$ U.R. e escotofase de 24 horas.

Conclusões Gerais

O ácaro *A. lacunatus* mostrou-se eficiente na redução de populações de *R. dominica*, em condições de laboratório.

A associação dos piretróides (bifentrina e deltametrina) e dos organofosforados (pirimifós metílico e fenitrotiom) com *A. lacunatus* mostrou que:

- a redução das doses dos inseticidas e o aumento das densidades inoculadas do ácaro *A. lacunatus* levaram à maior número de fêmeas fisogástricas desse inimigo natural;
- o inseticida bifentrina foi mais seletivo que a deltametrina para *A. lacunatus* nas maiores doses;
- maiores doses de deltametrina e menores densidades de *A. lacunatus* provocaram reduções significativas da população desse parasita, o que torna essa associação não recomendável;
- o aumento das doses dos inseticidas e o das densidades inoculadas de *A. lacunatus* mostraram menores taxas instantâneas de crescimento populacional desse inimigo natural;
- a aplicação dos inseticidas piretróides bifentrina e deltametrina nas doses recomendadas em grãos armazenados não interferiu no parasitismo do ácaro *A. lacunatus*. No entanto, devem-se reduzir as doses dos inseticidas organofosforados pirimifós metílico e fenitrotiom para se maximizar o potencial de parasitismo de *A. lacunatus*;

- o agente de controle biológico *A. lacunatus* mostrou plena atividade (parasitando ovos de *R. dominica*) em todas as doses dos inseticidas testados, o que pode indicar tolerância a esses produtos.