

## BIOLOGICAL CONTROL

## Interação da Temperatura com o Ácaro Parasita *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) (Prostigmata: Acarophenacidae) sobre o Desenvolvimento de *Rhyzopertha dominica* (Fabricius) (Coleoptera: Bostrichidae)

JOSÉ R. GONÇALVES<sup>1</sup>, LÊDA R.D'A. FARONI<sup>2</sup>, RAUL N.C. GUEDES<sup>1</sup>, CARLOS R.F. DE OLIVEIRA<sup>1</sup> E FLÁVIA M. GARCIA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Depto. Biologia Animal; <sup>2</sup>Depto. Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Viçosa, 36570-000, Viçosa, MG, goncalves\_mip@hotmail.com

*Neotropical Entomology* 36(2):247-253 (2007)

Interaction of the Temperature with the Parasite Mite *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) (Prostigmata: Acarophenacidae) on the Development of *Rhyzopertha dominica* (Fabricius) (Coleoptera: Bostrichidae)

**ABSTRACT** - The objective of this study was to evaluate the effect of different temperatures with the association of the mite *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) on the population suppression of *Rhyzopertha dominica* (Fabricius). The experimental units were petri dishes containing 40 g of whole wheat grains (13% moisture content) infested with 10 adults of *R. dominica*, under the temperatures of 20, 25, 30 and 35°C, with or without *A. lacunatus*, in five replicates. Relative humidity of 60 ± 5% and escotophase of 24h were used for all temperatures. Five days after the infestation, five mites were inoculated in each experimental unit. The evaluations were carried out at 20, 40, 60, 80, 100 and 120 days after *R. dominica* infestation. The interaction of the temperature with the parasite *A. lacunatus* was an important tool for the population suppression of *R. dominica*. In temperatures higher than 25°C, however, despite the reduction of the immature stages of *R. dominica*, there was a high grain weight loss after 120 days. The maintenance of the temperature of the wheat grains stored at 20°C can be used to complement the biological control of *R. dominica* with *A. lacunatus*.

**KEY WORDS:** Biological control, physical control, integrated pest management

**RESUMO** - O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da interação de diferentes temperaturas com o parasita *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) na supressão populacional de *Rhyzopertha dominica* (Fabricius). Os ensaios foram realizados com e sem o parasita, em cinco repetições, às temperaturas de 20, 25, 30 e 35°C, umidade relativa de 60 ± 5% e escotofase de 24h. As unidades experimentais consistiram de placas de Petri, contendo 40 g de grãos de trigo (13% b.u.), infestados com 10 adultos de *R. dominica*. Foram realizadas três inoculações de cinco fêmeas de *A. lacunatus* por placa de Petri. As avaliações foram realizadas depois de 20, 40, 60, 80, 100 e 120 dias do início do experimento. A interação da temperatura com *A. lacunatus* mostrou ser uma importante ferramenta para a supressão populacional de *R. dominica*. Todavia, em temperaturas maiores que 25°C, mesmo *A. lacunatus* reduzindo grande proporção das fases imaturas de *R. dominica*, as perdas de massa dos grãos foram elevadas aos 120 dias do armazenamento. A manutenção da temperatura dos grãos armazenados a 20°C pode ser usada como complemento para o controle biológico de *R. dominica* com *A. lacunatus*.

**PALAVRAS-CHAVE:** Controle biológico, controle físico, manejo integrado de pragas

A utilização de inseticidas é o método mais comumente empregado na prevenção e no controle do coleóptero *Rhyzopertha dominica* (Fabricius), principal praga de trigo armazenado no Brasil (Lorini & Galley 2000). A integração de métodos não químicos no manejo dessa praga vem sendo uma alternativa para os gerentes de unidades armazenadoras de grãos reduzirem o uso dos inseticidas (Scholler 1998). Isto é importante, uma vez que métodos alternativos podem

amenizar problemas referentes à presença de resíduos nos alimentos e a resistência das pragas pelo uso excessivo desses produtos (Croft 1990, Lorini & Galley 1999, Beckel *et al.* 2004). A manipulação da temperatura dos grãos e o emprego de inimigos naturais são exemplos de métodos não químicos promissores para o manejo integrado de *R. dominica* nos armazéns (Flinn 1998, Flinn & Hagstrum 2002).

O manejo da temperatura dos grãos por meio da aeração

consiste numa prática que força o ar ambiente, por meio de ventiladores, a esfriar a massa de grãos armazenados. Esse método, em situações específicas, pode reduzir a temperatura dos grãos a um valor que iniba a multiplicação dos insetos-praga, conforme observaram Sutherland (1968) e Reed & Arthur (2000). Algumas espécies de pragas são adaptadas a condições de temperaturas mais baixas e apenas o efeito da aeração não é capaz de reprimir o desenvolvimento populacional desses organismos (Santos 2002).

O uso da aeração dos grãos também pode afetar o potencial dos inimigos naturais na supressão populacional das pragas (Burks *et al.* 2000). Entretanto, este método de controle parece ser compatível com estratégias biológicas do manejo integrado (Reed & Arthur 2000). De acordo com Flinn (1998), algumas espécies de inimigos naturais suprimem melhor as populações de insetos-praga em temperaturas mais amenas. Isso pode estar relacionado com a redução da velocidade de reprodução das pragas e o aumento do parasitismo dos inimigos naturais. Desta forma, a progênie das pragas sofre maior redução quando a aeração e o controle biológico estiverem associados (Toews *et al.* 2001).

O período de tempo para o desenvolvimento dos insetos-praga e seus inimigos naturais está correlacionado diretamente com a temperatura da massa de grãos (Hagstrum *et al.* 1996, Faroni *et al.* 2001). A faixa tolerável para a maioria das espécies desses organismos se encontra entre 10°C e 38°C. Com o incremento da temperatura até um determinado limite, a taxa de desenvolvimento e a duração em um estágio específico diminuem (Pedigo & Zeiss 1996). Em condições de temperaturas mais elevadas, as fases imaturas das pragas podem desenvolver mais rapidamente e, como consequência, sua população aumenta com maior rapidez que a dos inimigos naturais. Por essa razão, a relação entre a taxa de desenvolvimento de um predador ou parasitóide e sua presa ou hospedeiro pode ser crítica para o sucesso do controle biológico (Bernal & Gonzalez 1993).

A temperatura ótima para o desenvolvimento do ácaro parasita *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) sobre o hospedeiro *R. dominica* encontra-se ao redor de 30°C (Faroni *et al.* 2001). Nessa temperatura, esse coleóptero apresenta elevada capacidade de multiplicação (Faroni & García-Mari 1992). Embora o parasita *A. lacunatus* venha suprimir uma grande proporção dos imaturos de *R. dominica*, os adultos do coleóptero são capazes de acarretar perdas significativas nos grãos armazenados. De acordo com Faroni *et al.* (2001), *A. lacunatus* pode se desenvolver sobre ovos de *R. dominica* entre os limiares de temperatura de 18°C e 40°C. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da interação de diferentes temperaturas com o parasita *A. lacunatus* na supressão populacional de *R. dominica*, ao longo do período de armazenamento.

## Material e Métodos

**Criação de *R. dominica*.** O coleóptero *R. dominica* foi criado em câmara climatizada, à temperatura de 30 ± 1°C, 60 ± 5% UR e escotofase de 24h, a partir de adultos provenientes da criação estoque do laboratório. A criação foi iniciada com 50 adultos de *R. dominica* em placas de Petri contendo

grãos de trigo com teor de água de 13% b.u. (base úmida). Os ovos foram coletados com peneira de orifícios de 1 mm de diâmetro, sete dias após a instalação das criações, tempo suficiente para que o inseto iniciasse a oviposição, e colocados em outras placas com a mesma dieta. Os ovos foram coletados de acordo com um calendário, visando disponibilizar adultos de *R. dominica* com idade conhecida. O controle da infestação de *A. lacunatus* sobre as criações de *R. dominica* foi realizado polvilhando-se 0,6 mg i.a./g de enxofre sobre os grãos de trigo.

**Criação de *A. lacunatus*.** Indivíduos de *A. lacunatus* foram obtidos de criações massais de *R. dominica* infestadas pelo parasita há mais de quatro anos, mantidas a 30 ± 1°C, 60 ± 5% UR e escotofase de 24h.

**Ensaio da interação da temperatura com *A. lacunatus* sobre *R. dominica*.** As unidades experimentais consistiram em placas de Petri de 140 x 10 mm (diâmetro x altura), contendo 40 g de grãos de trigo, com teor de água de 13% de b.u., infestados ou não com 10 adultos de *R. dominica* não-sexados, com idade entre três e sete dias. Os ensaios foram conduzidos com e sem o parasita *A. lacunatus*, às temperaturas de 20, 25, 30 e 35°C, umidade relativa de 60 ± 5% e escotofase de 24h, em cinco repetições. Foram realizadas três inoculações de cinco fêmeas adultas de *A. lacunatus* por placa de Petri aos cinco, dez e quinze dias após a infestação de *R. dominica*, período suficiente para que o coleóptero colocasse os primeiros ovos. As placas foram revestidas com filme plástico de PVC para evitar que os insetos e os ácaros escapassem e também para prevenir a possível contaminação com indivíduos de outras espécies. Em cada placa foram feitos três furos com alfinete entomológico no filme de PVC, de maneira a permitir a melhor troca de ar com o meio externo. As avaliações foram realizadas aos 20, 40, 60, 80, 100 e 120 dias do início do experimento.

Após cada período de armazenamento, avaliou-se o efeito da associação da temperatura com o ácaro *A. lacunatus* sobre o desenvolvimento populacional de *R. dominica*. Para isso, a massa de grãos de cada placa foi passada em peneira com orifícios de 1 mm de diâmetro, separando-se os adultos de *R. dominica* dos grãos e o resíduo (pó) contendo fases imaturas (ovos e larvas) do coleóptero e adultos de *A. lacunatus*. Em seguida, procedeu-se à contagem do número de insetos adultos vivos e mortos de *R. dominica* e à determinação da perda percentual de massa dos grãos de trigo através da alteração da massa inicial com o término do experimento. As médias de perda de massa ocasionadas pelas diferentes temperaturas, ao longo dos períodos de armazenamento sem a infestação de *R. dominica*, foram subtraídas das unidades experimentais com infestação do coleóptero. O resíduo da massa de grãos foi analisado com auxílio de um microscópio estereoscópico para determinação do número de ovos de *R. dominica* parasitados ou não por *A. lacunatus*, do número de fêmeas do ácaro em processo de fisogastria e do número de larvas de primeiro instar de *R. dominica*.

A taxa instantânea de crescimento de *R. dominica* ( $r_i$ ) foi calculada, usando a equação:  $r_i = [\ln(N_f/N_0)] / \Delta t$ ; onde  $N_f$  = número final de insetos vivos;  $N_0$  = número inicial de insetos vivos;  $\Delta t$  = variação de tempo (duração do ensaio em dias) (Walthall & Stark 1997).

Os resultados foram submetidos à análise de regressão múltipla. A perda de massa dos grãos de trigo e o número de adultos mortos de *R. dominica*, o número de ovos e larvas do coleóptero, assim como o número de ovos parasitados e ácaros fisogástricos foram comparados por análise de correlação de Pearson.

### Resultados

A associação da temperatura com *A. lacunatus* ( $F_{4,115} = 63,94$ ;  $P < 0,001$ ,  $R^2 = 0,69$ ) (Tabela 1) reduziu as porcentagens de perda de massa dos grãos de trigo. Com 120 dias do armazenamento dos grãos, mesmo utilizando a associação do método físico com o biológico, as perdas foram altas para as temperaturas maiores que 25°C, com exceção de 20°C, na qual a perda foi menor (Fig. 1).

O número de adultos vivos de *R. dominica* também foi suprimido com a associação da temperatura com o inimigo natural ( $F_{4,115} = 42,90$ ;  $P < 0,001$ ,  $R^2 = 0,60$ ) (Tabela 1), sendo maior a 30°C e menor a 20°C. Embora as maiores perdas de massa dos grãos tenham ocorrido na temperatura de 35°C, o número de insetos vivos aos 120 dias de armazenamento foi maior a 30°C (Figs. 1 e 2). Isso se deve ao maior número de insetos mortos a 35°C ao longo do período, o que apresentou uma correlação positiva com a perda de massa dos grãos ( $r = 0,78$ ;  $P = 0,0001$ ).

A taxa instantânea de crescimento populacional ( $r_i$ ) de *R. dominica* apresentou o maior pico de desenvolvimento na temperatura de 35°C na ausência de *A. lacunatus* ( $F_{4,115} = 44,85$ ;  $P < 0,001$ ,  $R^2 = 0,61$ ) (Tabela 1). Além disso, nas temperaturas mais elevadas, os picos de desenvolvimento foram alcançados mais rapidamente (Fig. 3).

Na ausência de *A. lacunatus*, o número de ovos de *R. dominica* apresentou uma tendência crescente ao longo

do período de armazenamento, com destaque para as temperaturas de 30°C e 25°C, nas quais foram encontrados os maiores números dessa fase imatura ( $F_{4,115} = 205,26$ ;  $P < 0,001$ ,  $R^2 = 0,88$ ) (Tabela 1). A associação da temperatura com a presença do ácaro *A. lacunatus* promoveu os menores números de ovos de *R. dominica* ( $F_{4,115} = 57,22$ ;  $P < 0,001$ ,  $R^2 = 0,67$ ) (Tabela 1 e Fig. 4). O número de larvas de primeiro instar desse inseto-praga apresentou correlação positiva com o número de ovos ( $r = 0,90$ ;  $P < 0,001$ ).

O número de fêmeas fisogástricas de *A. lacunatus* apresentou diferença significativa na interação da temperatura com o período de armazenamento ( $F_{4,115} = 86,30$ ;  $P < 0,001$ ,  $R^2 = 0,75$ ), sendo seu maior número observado nas temperaturas de 30°C e 25°C. Embora a 20°C não se tenha observado um número elevado de fêmeas fisogástricas, o inimigo natural permaneceu parasitando ovos de *R. dominica* (Fig. 5). Houve uma correlação positiva entre o número de ácaros fisogástricos e os ovos parasitados ( $r = 0,65$ ;  $P < 0,001$ ).

### Discussão

A interação entre temperatura e o parasita *A. lacunatus* mostrou-se uma importante ferramenta para a supressão populacional de *R. dominica* sobre grãos de trigo armazenados. Isso se tornou mais evidente quando os grãos foram mantidos a 20°C, observando-se menor desenvolvimento da praga e, conseqüentemente, maior proteção dos grãos. Embora Faroni *et al.* (2001) tenham demonstrado que *A. lacunatus* apresenta menor desenvolvimento sob temperaturas abaixo de 25°C, no presente estudo sua eficácia na supressão de *R. dominica* foi maior nessas condições. Esse fato pode estar relacionado com a maior efetividade do controle biológico em baixas densidades da praga e quando associado a outros

Tabela 1. Análise de regressão múltipla da redução percentual da massa de grãos de trigo (%), número de adultos vivos,  $r_i$ , número de ovos de *R. dominica* e número de fêmeas de *A. lacunatus* fisogástricas.

z	Equação	$F_{4,115}$	P	$R^2$
Redução da massa de grãos de trigo (%)	<sup>1</sup> (A): $z = 28,19 \cdot \exp(-0,5 \cdot [((x-176,74)/71,46)^2 + ((y-30,53)/5,86)^2])$	63,94	< 0,001	0,69
	<sup>2</sup> (B): $z = 64,11 \cdot \exp(-0,5 \cdot [((x-115,57)/40,74)^2 + ((y-32,38)/7,15)^2])$	524,44	< 0,001	0,95
Nº de adultos vivos de <i>R. dominica</i>	<sup>1</sup> (A): $z = 168,08 \cdot \exp(-0,5 \cdot [((x-113,76)/49,12)^2 + ((y-29,80)/5,21)^2])$	42,90	< 0,001	0,60
	<sup>2</sup> (B): $z = 749,32 \cdot \exp(-0,5 \cdot [((x-112,12)/40,66)^2 + ((y-30,45)/5,62)^2])$	339,66	< 0,001	0,92
$r_i$ de <i>R. dominica</i>	<sup>1</sup> (A): $z = 0,04 \cdot \exp(-0,5 \cdot [((x-73,93)/36,76)^2 + ((y-31,25)/5,62)^2])$	34,22	< 0,001	0,54
	<sup>2</sup> (B): $z = 0,07 \cdot \exp(-0,5 \cdot [((x-76,01)/36,60)^2 + ((y-31,95)/6,57)^2])$	44,85	< 0,001	0,61
Nº de ovos de <i>R. dominica</i>	<sup>1</sup> (A): $z = 78,63 \cdot \exp(-0,5 \cdot [((x-105,45)/37,02)^2 + ((y-28,75)/4,52)^2])$	57,22	< 0,001	0,67
	<sup>2</sup> (B): $z = 6110,33 \cdot \exp(-0,5 \cdot [((x-131,09)/42,51)^2 + ((y-29,50)/5,22)^2])$	205,26	< 0,001	0,88
Nº de fêmeas de <i>A. lacunatus</i> fisogástricas	$z = 697,64 \cdot \exp(-0,5 \cdot [((x-125,43)/36,51)^2 + ((y-28,40)/3,91)^2])$	86,30	< 0,001	0,75

<sup>1</sup>(A) com ácaro; <sup>2</sup>(B) sem ácaro; x = período de armazenamento (dias) e y = temperatura (°C).

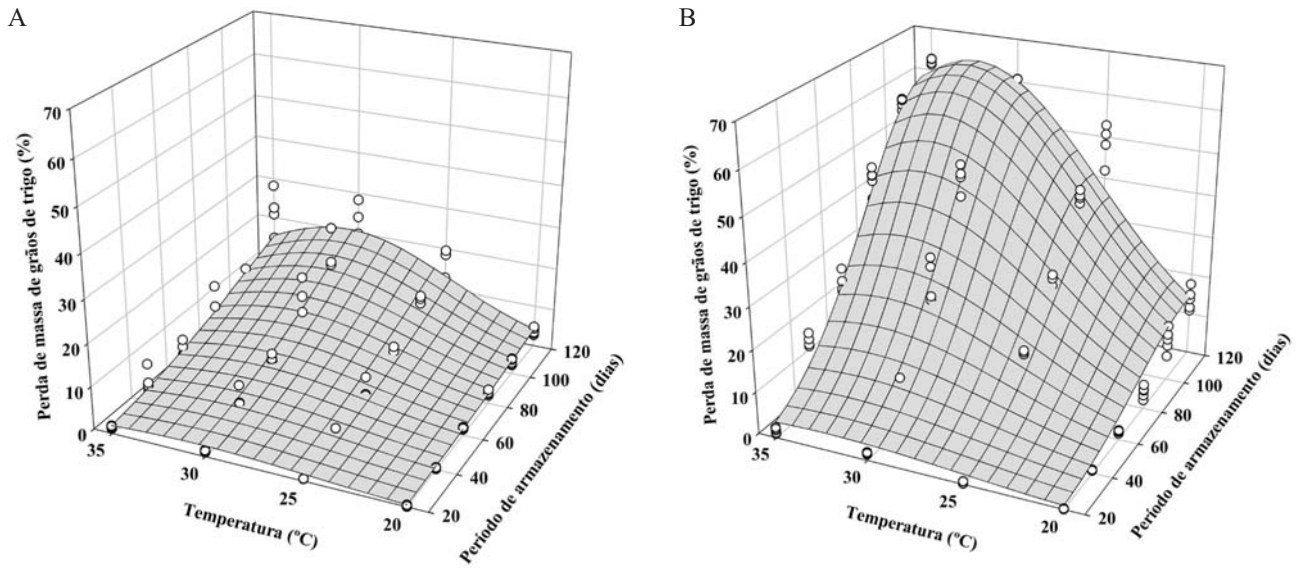


Fig. 1. Redução percentual da massa de grãos de trigo ocasionada pelo ataque de *R. dominica* com (A) e sem o parasita *A. lacunatus* (B), em 120 dias do armazenamento, sob diferentes temperaturas e umidade relativa de  $60 \pm 5\%$  e escotofase de 24h.

métodos de controle (Smith 1994, Van Driesche & Bellows 1996, Zdarkova 1996).

De maneira geral, os estudos com inimigos naturais buscam as condições ambientais que propiciem as maiores taxas de parasitismo e de predação desses organismos (Nielsen 1999, Flinn & Hagstrum 2002). Entretanto, na maioria das vezes, as taxas são beneficiadas por temperaturas mais elevadas, as quais também favorecem a maior velocidade de desenvolvimento dos insetos-praga e maiores perdas de quantidade e qualidade dos grãos (Hagstrum *et al.* 1996). Isso foi observado nas temperaturas acima de 25°C, mesmo quando se associou *A. lacunatus* reduzindo a taxa instantânea

de crescimento populacional de *R. dominica*. Aos 120 dias do armazenamento, as perdas de massa dos grãos variaram entre  $13,7 \pm 1,20\%$ , a  $60,6 \pm 1,53\%$ .

Temperaturas entre 27°C e 35°C proporcionaram melhor desenvolvimento para os inimigos naturais *Blattisocius tarsalis* (Berlese) (Acari: Ascidae), *Theocolax elegans* (Westwood) (Hymenoptera: Pteromalidae), *Anisopteromalus calandrae* (Howard) (Hymenoptera: Pteromalidae) e *Xylocoris flavipes* (Reuter) (Hemiptera: Anthocoridae) e maior consumo de hospedeiros e presas do que a 20°C (Smith 1994, Nielsen 1999, Flinn & Hagstrum 2002, Russo *et al.* 2004). Da mesma forma, *A. lacunatus* apresenta maior taxa intrínseca de crescimento

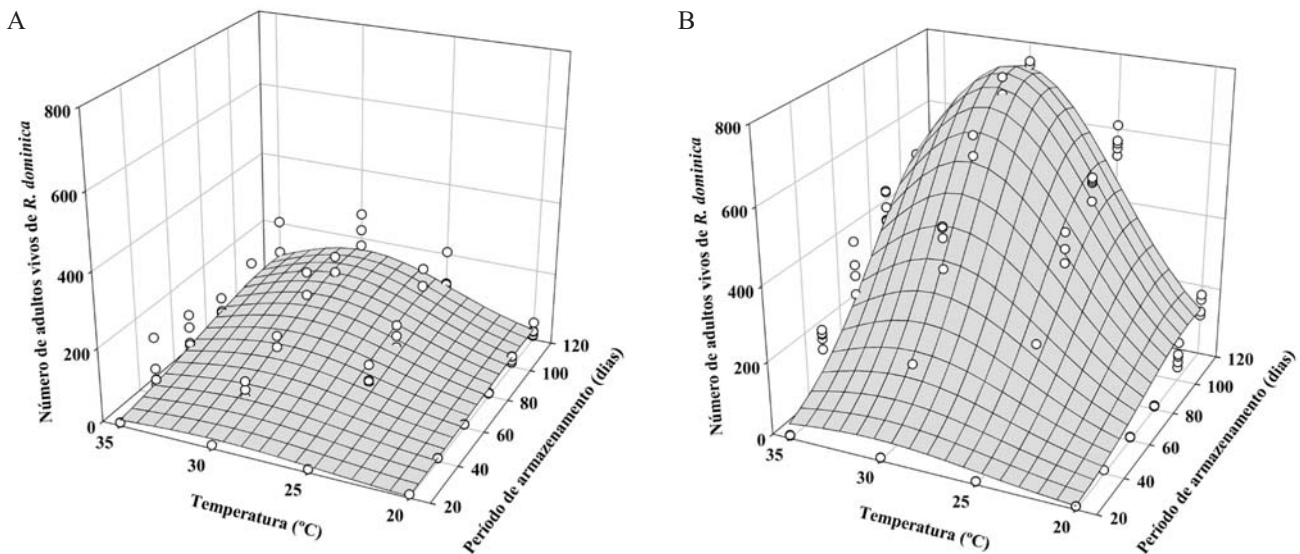


Fig. 2. Número de adultos vivos de *R. dominica* com (A) e sem o parasita *A. lacunatus* (B), em 120 dias do armazenamento, sob diferentes temperaturas e umidade relativa de  $60 \pm 5\%$  e escotofase de 24h.

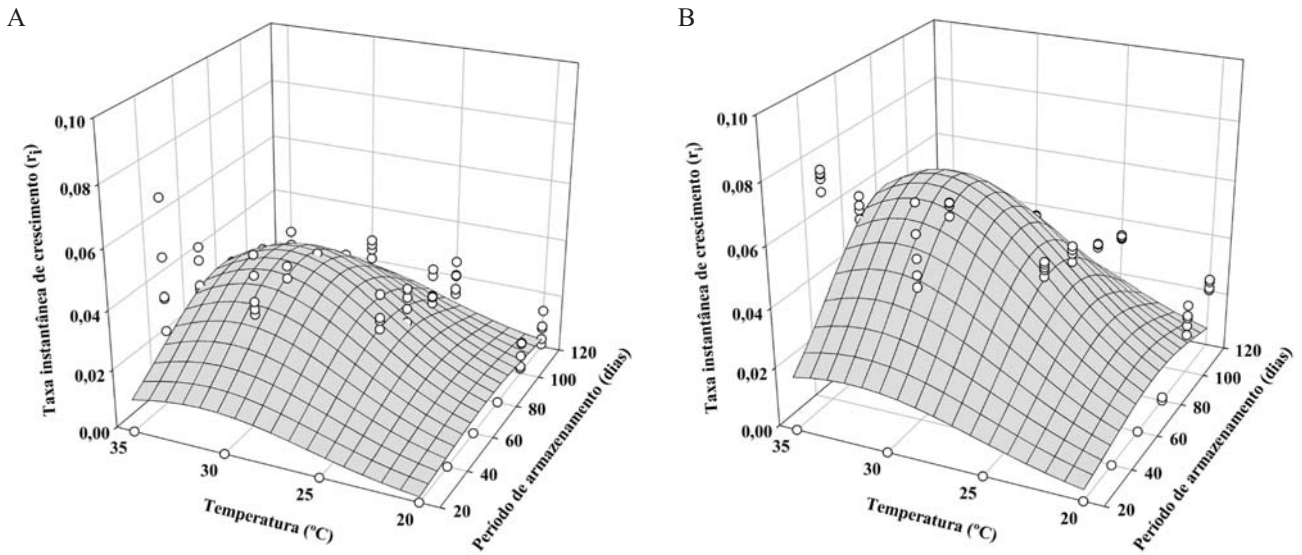


Fig. 3. Taxa instantânea de crescimento populacional ( $r_i$ ) de *R. dominica* com (A) e sem o parasita *A. lacunatus* (B), em 120 dias do armazenamento, sob diferentes temperaturas e umidade relativa de  $60 \pm 5\%$  e escotofase de 24h.

populacional e fertilidade em temperaturas próximas a 30°C (Faroni *et al.* 2001). Todavia, temperaturas baixas são mais importantes para a armazenagem dos grãos (Sutherland 1968, Reed & Arthur 2000). A utilização de inimigos naturais nesses ecossistemas em condições subótimas é muito limitada. A maioria desses organismos só se tornaria abundante em grãos armazenados após uma infestação elevada de insetos-praga e sérios danos aos grãos já terem ocorrido (Haines 1984). Entretanto, Hagstrum (1987) demonstrou que parasitas também podem se tornar abundantes e reduzir a população de insetos-praga nessas condições.

Os artrópodes, em condições ambientais ótimas de temperatura, umidade relativa e com alimento adequado

disponível, apresentam crescimento exponencial das suas populações (Reed & Arthur 2000). O período de tempo para o desenvolvimento dos coleópteros-praga de grãos armazenados, geralmente, é mais afetado pela temperatura do que pela umidade ou dieta (Hagstrum & Milliken 1988). Dessa forma, os gerentes das unidades armazenadoras devem reduzir a temperatura da massa de grãos, desfavorecendo o desenvolvimento dos insetos-praga, mesmo que essa medida seja desfavorável aos inimigos naturais (Smith & Arbogast 1990, Burks *et al.* 2000). Essa estratégia pode tanto aumentar a efetividade do controle biológico como também elevar a eficácia biológica de inseticidas protetores (Flinn 1998, Pimentel *et al.* 2004).

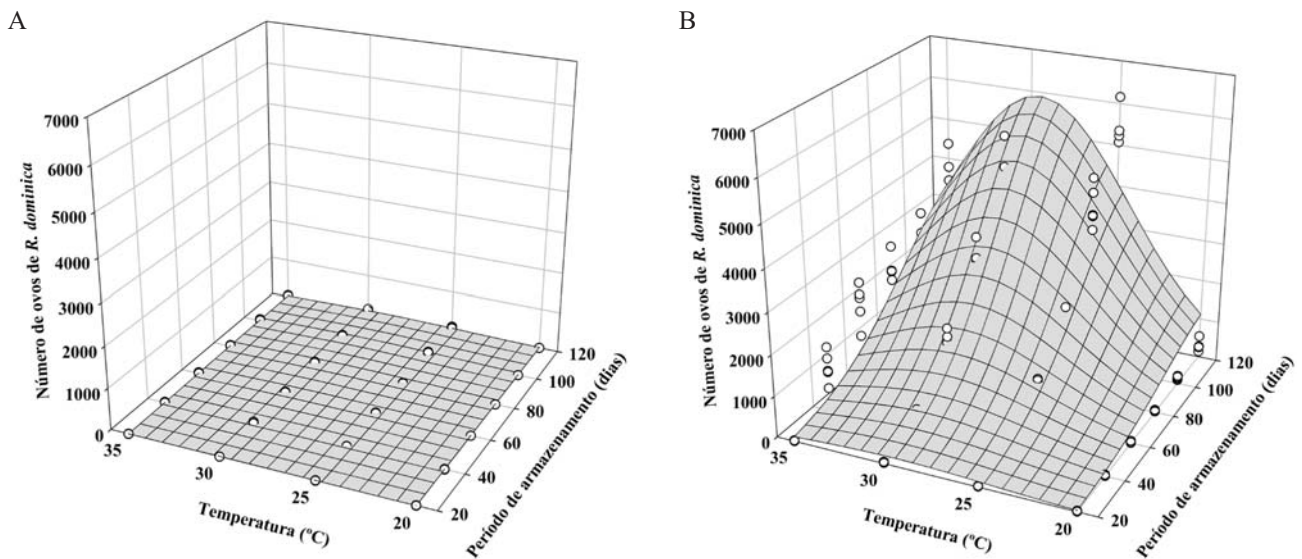


Fig. 4. Número de ovos de *R. dominica* com (A) e sem o parasita *A. lacunatus* (B), em 120 dias do armazenamento, sob diferentes temperaturas e umidade relativa de  $60 \pm 5\%$  e escotofase de 24h.

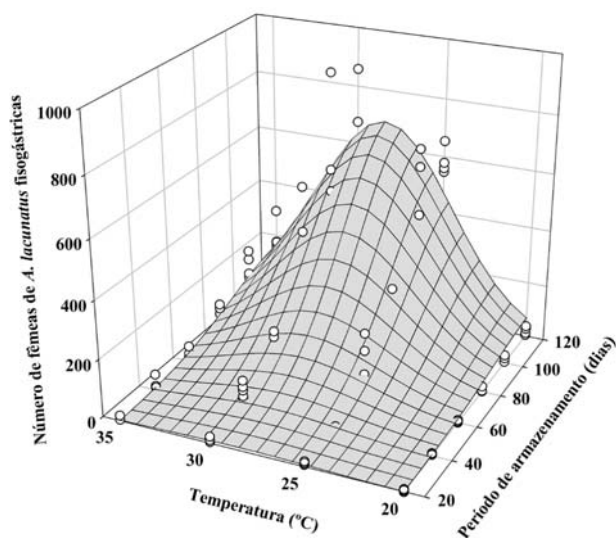


Fig. 5. Número de fêmeas de *A. lacunatus* fisogástricas sobre ovos de *R. dominica*, em 120 dias do armazenamento de grãos de trigo, sob diferentes temperaturas e umidade relativa de  $60 \pm 5\%$  e escotofase de 24h.

Tanto a temperatura ótima como os baixos e altos limiares são específicos para cada espécie (Smith & Arbogast 1990). *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) apresenta limiar de desenvolvimento ( $8^{\circ}\text{C}$  e  $10^{\circ}\text{C}$ ) mais baixo do que seu parasitóide *Venturia canescens* (Gravenhorst) (Hymenoptera: Ichneumonidae) ( $12^{\circ}\text{C}$  e  $15^{\circ}\text{C}$ ). A  $23^{\circ}\text{C}$ , a população de *V. canescens* cresce mais rapidamente do que seu hospedeiro. Nesse caso, o aumento da temperatura favorece o parasitóide, e baixas temperaturas, o hospedeiro (Ahmad 1936). Entretanto, isso parece não acontecer com *R. dominica* e *A. lacunatus*, que se desenvolvem em condições semelhantes ( $18^{\circ}\text{C}$  e  $36^{\circ}\text{C}$ ) (Longstaff 1999, Faroni et al. 2001). Dessa forma, pode-se explorar os limiares mais baixos de desenvolvimento dos insetos-praga para facilitar a ação dos inimigos naturais e obter maior proteção dos grãos armazenados (Toews et al. 2001).

O esfriamento dos grãos através da aeração é um método de controle físico perfeitamente compatível com o controle biológico (Reed & Arthur 2000). Esse fato é nitidamente observado para o número de imaturos de *R. dominica* ao longo do período de armazenamento, que foi menor na presença de *A. lacunatus* e maior sem o parasita, a  $25^{\circ}\text{C}$  e a  $30^{\circ}\text{C}$ . Isso pode ser explicado pela menor fecundidade das fêmeas de *R. dominica* em baixas temperaturas e o desenvolvimento mais rápido da população a  $35^{\circ}\text{C}$ , seguidos de um decréscimo mais acentuado com o maior período de armazenamento (Faroni & García-Mari 1992).

O uso da aeração para inibir o desenvolvimento de insetos-praga vem sendo praticado com sucesso há muito tempo, principalmente associado a outros métodos de controle (Flinn et al. 1997). No presente estudo, o resfriamento dos grãos de trigo foi simulado através do uso de diferentes temperaturas, com o intuito de integração com o parasita *A. lacunatus*, que vem se destacando como inimigo natural de *R. dominica* (Faroni et al. 2000, Gonçalves et al. 2001).

Apesar de esse inimigo natural reduzir um grande número das fases imaturas desse hospedeiro, em temperaturas maiores que  $25^{\circ}\text{C}$ , as perdas de massa dos grãos são elevadas com 120 dias do armazenamento. Por outro lado, esta pesquisa demonstrou que a manutenção da temperatura dos grãos de trigo armazenado, próximo a  $20^{\circ}\text{C}$ , pode ser uma alternativa para viabilizar a utilização do ácaro *A. lacunatus*.

## Referências

- Ahmad, T. 1936. The influence of ecological factors on the Mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella* and its parasite, *Nemeritis canescens*. J. Anim. Ecol. 5: 67-93.
- Beckel, H., I. Lorini & S.M.N. Lázari. 2004. Comportamento de adultos de diferentes raças de *Rhyzopertha dominica* (Fabricius) (Coleoptera: Bostrichidae) em superfície tratada com deltametrina. Rev. Bras. Entomol. 48: 115-118.
- Bernal, J.S. & D. Gonzalez. 1993. Temperature requires of four parasites of the Russian wheat aphid *Diuraphis noxia*. Entomol. Exp. Appl. 69: 173-182.
- Burks, C.S., J.A. Johnson, D.E. Maier & J.W. Heaps. 2000. Temperature, p.73-104. In Bh. Subramanyam & D.W. Hagstrum (eds.), Alternatives to pesticides in stored-product IPM. Kluwer Academic Publishers, London, 437p.
- Croft, B.A. 1990. Arthropod biological control agents and pesticides. John Wiley & Sons, 723p.
- Driesche, R.G. Van & T.S. Bellows Jr. 1996. Biological control. Chapman and Hall, New York, 539p.
- Faroni, L.R.A. & F. García-Mari. 1992. Influencia de la temperatura sobre los parámetros biológicos de *Rhyzopertha dominica* (F.). Bol. San. Veg. Plagas 18: 455-467.
- Faroni, L.R.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.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. Tech. 11: 5-12.
- Flinn, P.W. 1998. Temperature effects on efficacy of *Theocolax elegans* (Hymenoptera: Pteromalidae) to suppress *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) in stored wheat. J. Econ. Entomol. 91: 320-323.
- Flinn, P.W. & D.W. Hagstrum. 2002. Temperature-mediated functional response of *Theocolax elegans* (Hymenoptera: Pteromalidae) parasitizing *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) in stored wheat. J. Stored Prod. Res. 38: 185-190.
- Flinn, P.W., D.W. Hagstrum & W.E. Muir. 1997. Effects of time of aeration, bin size, and latitude on insect populations in stored wheat: a simulation study. J. Econ. Entomol. 90: 646-651.
- Gonçalves, J.R., L.R.A. Faroni, R.N.C. Guedes & C.R.F. de Oliveira. 2001. Parasitismo de *Acarophenax lacunatus* (Prostigmata:

- Acarophenacidae) em ovos de *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae). Eng. Agric. 9: 242-250.
- Hagstrum, D.W. 1987. Seasonal variation of stored wheat environment and insect populations. Environ. Entomol. 16: 77-83.
- Hagstrum, D.W., F.W. Flinn & R.W. Howard. 1996. Ecology, p.71-134. In Bh. Subramanyam & D.W. Hagstrum (eds.), Integrated management of insects in stored products. Marcel Dekker, New York, 426p.
- Hagstrum, D.W. & G.W. Milliken. 1988. Quantitative analysis of temperature, moisture, and diet factors affecting insect development. Ann. Entomol. Soc. Am. 81: 539-546.
- Haines, C.P. 1984. Biological methods for integrated control of insects and mites in tropical stored products. III. The use of predators and parasites. Trop. Stored Prod. Inf. 48: 17-25.
- Longstaff, B.C. 1999. An experimental and modelling study of the demographic performance of *Rhyzopertha dominica* (F.). I. Development rate. J. Stored Prod. Res. 35: 89-98.
- 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 of *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae). J. Stored Prod. Res. 36: 119-124.
- Nielsen, P.S. 1999. The impact of temperature on activity and consumption rate of moth eggs by *Blattisocius tarsalis* (Acari: Ascidae). Exp. Appl. Acarol. 23: 149-157.
- Pedigo, L.P. & M.R. Zeiss. 1996. Analyses in insect ecology and management. Ames, Iowa State University Press, 168p.
- Pimentel, M.A.G., L.R.D'A. Faroni, J.R. Gonçalves, C.R.F de Oliveira & E.R. de Alencar. 2004. Influência da temperatura na eficácia biológica de pirimifós metílico em milho armazenado. Rev. Bras. Armaz. 29: 58-61.
- Reed, C. & F.H. Arthur. 2000. Aeration, p. 51-72. In Bh. Subramanyam & D.W. Hagstrum (eds.), Alternative to pesticide in stored-product IPM. Kluwer Academic Publishers, London, 437p.
- Russo, A., Cocuzza, G.E. & M.C. Vasta. 2004. Life tables of *Xylocoris flavipes* (Hemiptera: Anthocoridae) feeding on *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). J. Stored Prod. Res. 40: 103-112.
- Santos, J.P. 2002. Métodos preventivos de controle de pragas de grãos armazenados, p.399-441. In I. Lorini, L.H. Miike & V.M. Scussel (eds.), Armazenagem de grãos, Instituto Bio Geneziz, Campinas, 983p.
- Scholler, M. 1998. Integration of biological and non-biological methods for controlling arthropods infesting stored products. Postharv. News Inf. 9: 15-20.
- Smith, L. 1994. Computer simulation model for biological control of maize weevil by the parasitoid *Anisopteromalus calandrae*, p.1147-1151. In E. Highley, E.J. Wright, H.J. Banks & B.R. Champ (eds.), Proc. 6<sup>th</sup> Int. Working Conf. Stored-Prod., CAB International Wallingford.
- Smith, L. & R.T. Arbogast. 1990. Effect of temperature on life history statistics of *Anisopteromalus calandrae* (Hymenoptera: Pteromalidae), a parasitoid of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae), p.1291-1292. In F. Fleurat-Lessard & P. Ducom (eds.), Proc. 5<sup>th</sup> Int. Working Conf. Stored-Prod., Imprimerie Médocaine, Blanquefort Cedex, France.
- Sutherland, J.W. 1968. Control of insects in wheat store with an experimental aeration system. J. Agric. Eng. Res. 13: 310-219.
- Toews, M.D., T.W. Phillips & G.W. Cuperus. 2001. Effects of wheat cultivar and temperature on suppression of *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) by the parasitoid *Theocolax elegans* (Hymenoptera: Pteromalidae). Biol. Control 21: 120-127.
- 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. 1996. Control of stored food mites by non-chemical methods, p.165-169. In Proc. Int. Forum on Stored Prod. Prot. Post-harvest Treatment Plant Products, Strasbourg, France.

Received 20/III/06. Accepted 29/VIII/06.