

CARLOS ROMERO FERREIRA DE OLIVEIRA

**DISPERSÃO, PREFERÊNCIA HOSPEDEIRA E POTENCIAL DE
PARASITISMO DO ÁCARO *Acarophenax lacunatus***

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

**VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2005**

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

T

O48d
2005

Oliveira, Carlos Romero Ferreira de, 1971-
Dispersão, preferência hospedeira e potencial de parasitismo do ácaro *Acarophenax lacunatus*. / Carlos Romero Ferreira de Oliveira. – Viçosa: UFV, 2005.
x, 81f. : il. ; 29cm.

Orientador: Lêda Rita D'Antonino Faroni.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. *Acarophenax lacunatus*. 2. Ácaro no controle biológico de pragas. 3. Coleóptero – Controle biológico. 4. *Rhyzopertha dominica*. 5. *Dinoderus minutus*. 6. *Cryptolestes ferrugineus*. 7. *Tribolium castaneum*. 8. Grãos – Doenças e pragas – Controle biológico. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 595.4204529

CARLOS ROMERO FERREIRA DE OLIVEIRA

**DISPERSÃO, PREFERÊNCIA HOSPEDEIRA E POTENCIAL DE
PARASITISMO DO ÁCARO *Acarophenax lacunatus***

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

APROVADA: 10 de junho de 2005.

Dr. Jamilton Pereira dos Santos

**Dr. Raul Narciso Carvalho Guedes
(Conselheiro)**

Dra. Terezinha Maria Castro Della Lucia

Dra. Madelaine Venzon

**Dra. Lêda Rita D’Antonino Faroni
(Orientador)**

A Deus.

Aos meus pais, Tércio (*in memoriam*) e Lúcia.

A Cláudia, companheira de todas as horas.

Aos meus irmãos e tias.

AGRADECIMENTOS

A Deus, sem o qual nada teria sentido.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV) pela oportunidade de realização do Curso e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de estudo.

À Professora Lêda Rita D'Antonino Faroni pela orientação, amizade, paciência, incentivo, confiança e oportunidades oferecidas.

Aos professores Angelo Pallini e Raul Guedes pela amizade, ensinamentos, sugestões e críticas.

À Cláudia, braço direito nessa caminhada, por estar ao meu lado em todas as horas: sem sua ajuda não teria chegado até aqui!!

À minha mãe, Lúcia, pelo exemplo de vida, amor, estímulo e apoio incondicional.

À minha família, pelo incentivo, carinho e confiança.

A Cris, “longe dos braços, mas perto do coração”, pela amizade sincera, carinho e companheirismo. Também pelas sugestões e incentivo na QUALIFICAÇÃO.

Ao amigo Beto pela amizade, companheirismo e convivência (divertida) em todos esses anos. Também pelas sugestões nos trabalhos.

À amiga Ana Paula Albano pela amizade sincera, companheirismo e incentivo. Também pela ajuda na análise estatística e sugestões no trabalho de sobrevivência.

Aos amigos Walter e Zanúncio Jr. pela amizade, bons momentos e apoio nos cálculos da tabela de vida.

Aos amigos Marco Aurélio e Ernandes, pelo apoio em algumas análises estatísticas.

Aos (muitos) colegas e estagiários de laboratório, em especial a Wederson, Raimundão, Beto, Adriano, Marco Aurélio, Flavinha, Flávio, Ramon, Felipe e de todos os outros pela amizade, bons momentos e convívio pacífico (apesar de tantas diferenças!!) ao longo desse tempo. Ah, e pela ajuda nos experimentos!

À minha “Irmanzinha Internacional” Fátima, pelo exemplo, carinho e incentivo.

Aos amigos Hatano, Dany, Fredson, Anderson, Leandro (Melote), Vinícius e Berghem pelo convívio e aprendizagem mútua.

Aos professores e amigos do Departamento de Biologia/ Zoologia/ Entomologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), pelo apoio e confiança.

Aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

CARLOS ROMERO FERREIRA DE OLIVEIRA, filho de Tércio Netto de Oliveira e Maria Lúcia Ferreira de Oliveira, nasceu em Recife - Pernambuco, em 3 de junho de 1971.

Em agosto de 1994 entrou para o Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas da Universidade Federal Rural de Pernambuco, em Recife - PE, concluindo a graduação em agosto de 1999.

No mesmo mês e ano, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Entomologia na Universidade Federal de Viçosa, sob a orientação da Profa. Lêda Rita D'Ántonino Faroni, obtendo o título de "Magister Scientiae" em 24 de julho de 2001.

Em agosto de 2001 iniciou o Doutorado, também no Programa de Pós-Graduação em Entomologia na Universidade Federal de Viçosa, sob a orientação da Profa. Lêda Rita D'Ántonino Faroni, submetendo-se à defesa de tese em 10 de junho de 2005.

ÍNDICE

	Página
RESUMO	VII
ABSTRACT	IX
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. LITERATURA CITADA	5
ARTIGO 1 – Sobrevivência do Ácaro <i>Acarophenax lacunatus</i> (Cross & Krantz), em Diferentes Temperaturas, na Ausência de Alimento	
Resumo	9
Abstract	10
1. Introdução	11
2. Material e Métodos	12
3. Resultados	13
4. Discussão	13
5. Literatura Citada	17
ARTIGO 2 – Dispersão de <i>Acarophenax lacunatus</i> (Cross & Krantz) em Trigo Armazenado	
Resumo	19
Abstract	20
1. Introdução	21
2. Material e Métodos	22
3. Resultados e Discussão	23
4. Literatura Citada	25

ARTIGO 3 – Desenvolvimento do Ácaro <i>Acarophenax lacunatus</i> (Cross & Krantz) em Diferentes Temperaturas Sobre os Coleópteros <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst) e <i>Cryptolestes ferrugineus</i> (Stephens)	
Resumo	31
Abstract	32
1. Introdução	33
2. Material e Métodos	35
3. Resultados	36
4. Discussão	37
5. Literatura Citada	39
ARTIGO 4 – Preferência de <i>Acarophenax lacunatus</i> (Cross & Krantz) (Prostigmata: Acarophenacidae) por Ovos de Diferentes Hospedeiros	
Resumo	47
Abstract	48
1. Introdução	49
2. Material e Métodos	51
3. Resultados	53
4. Discussão	54
5. Literatura Citada	67
ARTIGO 5 – Potencial de Parasitismo do ácaro <i>Acarophenax lacunatus</i> (Cross & Krantz) Sobre o Coleóptero <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst)	
Resumo	71
Abstract	72
1. Introdução	73
2. Material e Métodos	73
3. Resultados e Discussão	74
4. Literatura Citada	76
CONCLUSÕES GERAIS	81

RESUMO

OLIVEIRA, Carlos Romero Ferreira de, D.S., Universidade Federal de Viçosa, Junho de 2005. **Dispersão, preferência hospedeira e potencial de parasitismo do ácaro *Acarophenax lacunatus***. Orientadora: Lêda Rita D'Antonino Faroni. Conselheiros: Angelo Pallini Filho e Raul Narciso Carvalho Guedes.

O interesse por métodos não-químicos de controle de pragas em grãos armazenados vem aumentando, uma vez que os consumidores estão menos tolerantes aos resíduos nos alimentos e há sucessivos relatos de resistência a inseticidas em muitas espécies de insetos de produtos armazenados. O controle biológico surge como uma das alternativas e existem vários casos de sucesso desse método, principalmente quando inserido em programas de manejo integrado de pragas. Pesquisas com o ácaro *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) vêm sendo desenvolvidas e demonstram que sua utilização no controle biológico de coleópteros-praga de produtos armazenados é promissora. Assim, esta pesquisa foi dividida em cinco etapas que abordam estudos básicos com este inimigo natural, visando fornecer subsídios para sua futura liberação em programas de controle biológico em ambientes de armazenamento. A primeira etapa está relacionada com a capacidade de *A. lacunatus* sobreviver à inanição sob diferentes temperaturas. Foram simuladas situações de escassez de alimento, sendo observado que *A. lacunatus* conseguiu sobreviver na ausência de alimento por até 108 horas, nas temperaturas de 20, 25 e 28 °C. A segunda etapa avaliou se este ácaro dispersa numa massa de grãos e consegue localizar o hospedeiro *Rhizopertha dominica* (Fabricius). Constatou-se a habilidade de *A. lacunatus* em penetrar até 20 cm de profundidade e localizar ovos de *R. dominica* em diferentes regiões na massa de grãos, colonizando o ambiente de forma ativa. A terceira etapa consistiu no estudo da biologia de *A. lacunatus* sobre os hospedeiros *Tribolium castaneum* (Herbst) e *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) nas temperaturas 20, 25, 28, 30, 32 e 35 °C. A temperatura influenciou os parâmetros biológicos do ácaro, sendo a taxa intrínseca de crescimento (r_m), a taxa líquida reprodutiva (R_0) e a razão sexual diretamente proporcionais ao aumento da temperatura. As maiores progênes (19 indivíduos/fêmea do ácaro em *T. castaneum* e 15 indivíduos/fêmea do ácaro em *C. ferrugineus*) foram observadas à temperatura de 30 °C, demonstrando que essa temperatura favorece seu desenvolvimento. A quarta etapa abordou um estudo de seleção de linhagens

de *A. lacunatus*, que foram mantidas por sucessivas gerações, isoladamente, sobre os hospedeiros *T. castaneum*, *C. ferrugineus* e *R. dominica*. Teve como objetivo testar a preferência do ácaro por ovos desses coleópteros, em testes mensais, durante nove meses, na tentativa de detectar possíveis mudanças nessa preferência que possam indicar a seleção de linhagens desse ácaro com uma melhor performance sobre estes insetos. Houve uma influência significativa do tempo sobre a taxa de parasitismo, sendo *R. dominica* o hospedeiro mais parasitado em todas as situações, indicando que esta preferência parece estar fixada geneticamente, uma vez que *A. lacunatus* vem sendo mantido sobre este hospedeiro desde sua introdução no Brasil. Foi calculada a herdabilidade (h^2) para *T. castaneum* e *C. ferrugineus*, sendo que este valor foi maior para *T. castaneum*. Isso indica que a seleção de linhagens desse ácaro com um melhor desempenho sobre *T. castaneum* pode ser realizada. Já a quinta etapa consistiu no estudo do potencial de parasitismo de *A. lacunatus* sobre o coleóptero *T. castaneum*, onde observou-se que o aumento da densidade do ácaro implicou no aumento do número de ovos parasitados, com conseqüente redução das populações desse inseto. Assim, novas informações sobre *A. lacunatus* são acrescentadas e indicam que sua utilização no controle biológico de *T. castaneum*, *C. ferrugineus* e *R. dominica* pode ser viável.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Carlos Romero Ferreira de, D.S., Universidade Federal de Viçosa, June 2005. **Dispersion, host preference and parasitism potential of the mite *Acarophenax lacunatus***. Adviser: Lêda Rita D'Antonino Faroni. Committee Members: Angelo Pallini Filho and Raul Narciso Carvalho Guedes.

The interest for non-chemical control methods of stored grain pests is increasing since the consumers are less tolerant about insecticide residues on food and there are reports of insecticide resistance in insects of stored products. The biological control appears as an alternative and there are several success cases of the control method, mainly within integrated pest management programs. Studies with the mite *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) have been carried out and show the potential of its use in the biological control of stored grain beetles. Therefore the present study was divided in five phases encompassing basic investigations with this natural enemy aiming to provide support for its future use in biological control programs in storage facilities. The first phase is related with the capacity of *A. lacunatus* to survive under starvation at different temperatures. This mite species was able to survive for up to 108 hours at the temperatures of 20, 25 and 28 °C. The second phase focused on assessing the dispersal of this mite species in the grain mass and its ability to locate its host *Rhyzopertha dominica* (Fabricius). The mite was able to penetrate up to 20 cm deep and locate eggs of *R. dominica* in different regions of the grain mass effectively colonizing the environment. The third phase involved the biology of *A. lacunatus* on the hosts *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) at the temperatures 20, 25, 28, 30, 32 and 35 °C. The temperature affected the biological parameters of the mite with a proportional increase in the intrinsic growth rate (r_m) net reproductive rate (R_0) and sex ratio with increased temperature. The greatest progenies (19 individuals/female in *T. castaneum* and 15 individuals/female in *C. ferrugineus*) were observed at 30 °C temperature showing that this temperature favors the mite development. The fourth phase focused the selection of mite strains maintained for several generations in different hosts (*T. castaneum*, *C. ferrugineus* and *R. dominica*). The objective was to test the host egg preference of each selection line in monthly tests trying to detect changes in preference through time. There was a significant influence of time on the parasitism rate with *R. dominica* always being the preferred host and

indicating that this preference was genetically fixed in the mite population. The heritability (h^2) of egg preference for the hosts *T. castaneum* and *C. ferrugineus* was calculated and higher values were observed for *T. castaneum*. This indicates that selection for better performance in *T. castaneum* is possible. In the fifth phase of the present effort, we investigated the parasitism potential of *A. lacunatus* in the beetle *T. castaneum* where an increase in mite density led to an increase in the number of parasitized eggs with a consequent reduction of this insect population. Therefore, new information on *A. lacunatus* was obtained indicating the viability of its use in biological control programs against *T. castaneum*, *C. ferrugineus* and *R. dominica*.

Introdução Geral

O interesse por métodos não-químicos de controle de insetos em grãos armazenados reflete o aumento da demanda de alimentos seguros e de qualidade por parte dos consumidores, os quais estão menos tolerantes aos resíduos de pesticidas, forçando uma mudança nas medidas de proteção dos produtos. O controle biológico apresenta, então, papel importante nos programas alternativos que visem a diminuição do uso de pesticidas. Entretanto, considerando-se que os inimigos naturais já são largamente aceitos e regularmente utilizados em algumas áreas da agricultura e horticultura, seu uso contra pragas de produtos armazenados ainda é limitado (Schöller & Flinn 2000, Eliopoulos *et al.* 2002, Steidle *et al.* 2002, Zdárková *et al.* 2003).

Uma das restrições ao controle biológico em armazenamento é a possível contaminação dos produtos por fragmentos dos próprios agentes depois de mortos (Arbogast 1984). Em muitos países a presença de insetos e ácaros no produto final para o consumo humano não é aceita, uma vez que não ocorre a separação entre os que são ou não pragas. Nos casos onde a presença de inimigos naturais, mesmo em pequenos números, não é aceitável, esses organismos podem ser considerados contaminantes e o controle biológico não pode ser utilizado. Assim, antes do processamento final, qualquer fragmento de inseto presente nos grãos armazenados precisa ser removido, mas isto pode ser facilmente obtido através dos procedimentos normais de limpeza (Flinn & Hagstrum 2001).

Diante disso, o controle biológico em armazenamento somente é aplicável em situações onde são tolerados danos ou a presença de insetos e ácaros (Stehr 1982). Como exemplo, a legislação recente nos EUA tem permitido a liberação aumentativa de insetos benéficos em produtos armazenados (Phillips 1995, Flinn & Hagstrum 2001) mas, segundo a US Food & Drug Administration (FDA), o nível de tolerância estabelecido é de 75 fragmentos de inseto por 50g de farinha (trigo). Em contrapartida, alguns estudos têm demonstrado que o baixo nível de contaminação ocasionado pelo sucesso de inimigos naturais pode trazer uma economia considerável em relação às perdas causadas pelas pragas (Brower 1991, Schöller & Flinn 2000) e aos gastos com pesticidas, aumentando a qualidade dos grãos armazenados (Zdárková 1998). Zdárková & Horák (1990) comentam que quando o ácaro predador *Cheyletus eruditus* (Schrank) (Acari: Cheyletidae) foi liberado em armazéns vazios, os grãos remanescentes permaneceram livres de ácaros-praga por dois anos. Já Flinn & Hagstrum (2001) demonstraram que

liberações aumentativas da vespa *Theocolax elegans* (Westwood) (Hymenoptera: Pteromalidae) em trigo, reduziram os danos ocasionados por *Rhyzopertha dominica* (Fabricius) (Coleoptera: Bostrichidae) e também o número de fragmentos de insetos no produto final (farinha).

Apesar das restrições, a utilização do controle biológico em depósitos de grãos apresenta muitas vantagens: (1) as estruturas armazenadoras protegem os inimigos naturais das condições adversas do ambiente externo e previnem que esses organismos abandonem o local; (2) os agentes de controle biológico não deixam resíduos químicos; (3) a maioria é inofensiva ao homem e pode se reproduzir durante o período em que hospedeiros/presas estiverem disponíveis; (4) localizam e atacam hospedeiros/presas em espaços da unidade armazenadora que os inseticidas não podem atingir (Howarth 1991, Debach & Rosen 1991, Hoy 1994, Hokkanen *et al.* 1995, Brower *et al.* 1996, Simberloff & Stiling 1996, Schöller & Flinn 2000).

É importante entender que o controle biológico, como parte de um programa de manejo de pragas, pode servir apenas como tratamento preventivo e não como estratégia de remediação, sendo mais efetivo quando integrado a outras estratégias de controle, como por exemplo, atmosfera modificada e o resfriamento dos grãos (aeração) (Brower *et al.* 1996, Flinn 1998, Schöller 1998). Além disso, para que um programa de controle biológico seja implementado em ambientes de armazenamento, ou em qualquer outro sistema, é necessária a realização de um cauteloso planejamento. Não basta simplesmente lançar mão de uma lista de inimigos naturais a serem liberados, é preciso o desenvolvimento de técnicas econômicas para criação massal, armazenamento, transporte e aplicação desses organismos. Monitorar as populações das pragas que ocorrem na massa de grãos armazenados também é necessário, o que permite a tomada de decisão em tempo hábil (Schöller *et al.* 1997). Somando-se a isso, o êxito desse tipo de controle depende, principalmente, do conhecimento minucioso dos organismos envolvidos, nocivos e benéficos, e de suas interações. Portanto, estudos básicos sobre a sistemática, biologia e ecologia das pragas e seus inimigos naturais são parte fundamental do controle biológico (van Den Bosch *et al.* 1982, Debach & Rosen 1991).

No que diz respeito a ácaros utilizados como agentes de controle biológico em sistemas de armazenamento de grãos, as pesquisas desenvolvidas estão limitadas a poucas espécies e os estudos sobre a especificidade e aplicabilidade destes inimigos naturais são escassos (Bruce & Lecato 1979, Haines 1981, Bruce 1983, Gerson & Smiley 1990, Kumar & Naqi 1990). O ácaro *C. eruditus* é um dos mais importantes predadores

em grãos armazenados, por ser comum em ambientes de armazenamento e por apresentar ampla distribuição geográfica (Berrenn 1976, Gerson *et al.* 1999). Esse ácaro pode se alimentar de fases jovens de insetos, além de diversos outros ácaros-praga, sendo utilizado de forma preventiva ou para suprimir populações desses organismos (Zdárková 1998, Zdárková & Fejt 1999, Zdárková *et al.* 2003). O ácaro *Pyemotes tritici* (Lagrèze-Fossat & Montagné) (Acari: Pyemotidae) ataca e mata vários estágios de coleópteros e lepidópteros em produtos armazenados (Bruce & Lecato 1979, Bruce & Lecato 1980, Hoschele & Tanigoshi 1993). No entanto, o seu uso em escala comercial é limitado, já que esta espécie é causadora de irritações na pele do homem (Moser 1975, Bruce 1983, Brower *et al.* 1996).

Alguns estudos vêm sendo desenvolvidos no Brasil com o ácaro *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) (Acari: Acarophenacidae) que tem demonstrado potencial para o controle de alguns coleópteros-praga em grãos armazenados. Este ácaro foi descoberto em populações de *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) (Coleoptera: Cucujidae) em Pullman, Washington, USA, por Cross & Krantz (1964), mas nenhuma informação sobre o comportamento e a biologia das espécies de *Acarophenax* identificadas (*A. lacunatus* e *A. nidicolus*) é fornecida pelos autores, que comentam apenas serem possíveis parasitas de ovos de coleópteros. Uma peculiaridade observada nos ácaros desta família é o processo de fisogastria, caracterizado pelo alargamento extensivo do corpo da fêmea durante a alimentação no hospedeiro, antes da reprodução, e que permite a acomodação simultânea de vários embriões em desenvolvimento (Gerson & Smiley 1990, Evans 1992).

Os membros da família Acarophenacidae (Acari: Prostigmata) são parasitas de ovos de várias espécies de insetos, estando distribuídos em sete gêneros, sendo um fóssil (Cross & Krantz 1964, Magowski 1994, Kaliszewski *et al.* 1995, Goldarazena *et al.* 1997, 1999). Estes ácaros apresentam uma história de vida bem característica onde, segundo Lindquist (1983), atuam como parasitóides porque: a) sua atividade de alimentação resulta na destruição do ovo hospedeiro; b) apenas um ovo hospedeiro é requerido para o desenvolvimento da progênie; c) somente um estágio (neste caso a fêmea adulta) ataca o hospedeiro; d) a fêmea adulta é quem dispersa e localiza o hospedeiro para as próximas gerações.

Relatos da supressão de populações de *R. dominica* por *A. lacunatus* foram feitos por Faroni *et al.* (2000, 2001), que apresentaram dados sobre sua biologia neste hospedeiro e demonstraram o seu potencial como agente de controle biológico desse

coleóptero. Foi observado que o ácaro *A. lacunatus* é capaz de se desenvolver entre 18 e 41 °C, mas que sua reprodução só ocorre na faixa de temperatura entre 20 e 38 °C. O número médio de indivíduos gerados por uma fêmea fisogástrica de *A. lacunatus* varia com a temperatura, desde 11 indivíduos produzidos a 20 °C até 17 indivíduos a 30 °C. Este ácaro desenvolve até 12 gerações num mês sobre ovos do hospedeiro *R. dominica*, o que o leva a dominar o ambiente, exercendo papel importante no controle desse coleóptero (Faroni *et al.* 2000, 2001).

Desde então, outras pesquisas têm surgido com esse inimigo natural. Recentemente, Oliveira *et al.* (2002) e Oliveira *et al.* (2003 a, 2003b) demonstraram que esse ácaro apresenta um potencial biótico maior que o dos hospedeiros *R. dominica*, *Dinoderus minutus* (Fabricius) (Coleoptera: Bostrichidae), *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae) e *C. ferrugineus*, e que reduz o número de larvas e adultos destes insetos, bem como os danos ocasionados pelo ataque desses organismos. Ficou constatado, então, que o ácaro *A. lacunatus* apresenta uma faixa maior de hospedeiros, ao contrário do que se conhecia até aquele momento. Entretanto, não se sabe se o espectro de hospedeiros utilizados por esse ácaro é tão amplo quanto o de *P. tritici* e *Blattisocius tarsalis* (Berlese) (Acari: Ascidae) (Bruce & Lecato 1979, 1980, Haines 1981, Hoschele & Tanigoshi 1993), ou de outras espécies de Acarophenacidae, como *Adactylidium costarricensis* Goldarazena, Jordana & Zhang e *Adactylidium mooniensis* Goldarazena & Jordana (Goldarazena *et al.* 2001).

É importante salientar que nenhum efeito prejudicial à saúde do homem e de outros animais foi observado por parte de *A. lacunatus*, ao contrário do ocorrido para *P. tritici*, que injeta toxinas e ocasiona dermatites. Somando-se a isso, este ácaro mostrou-se tolerante aos principais inseticidas utilizados para o controle de pragas de produtos armazenados (Gonçalves *et al.* 2004), o que pode favorecer sua utilização como agente de controle biológico em programas de manejo integrado de pragas em unidades de armazenamento, especialmente em áreas tropicais.

Em razão do exposto, este trabalho foi dividido em cinco etapas. O Artigo 1 trata da capacidade do ácaro *A. lacunatus* em sobreviver à ausência de alimento, uma vez que a habilidade de um inimigo natural em suportar a inanição aumenta suas chances de sobrevivência em períodos de escassez de alimento. Para um inimigo natural obter êxito em situações de armazenamento de grãos, também é fundamental que apresente capacidade de se dispersar dentro desses ambientes. Assim, o Artigo 2 mostra evidências de que *A. lacunatus* coloniza o ambiente, dispersando-se em uma massa de grãos e

localizando o hospedeiro *R. dominica* em diferentes profundidades. O Artigo 3 aborda o estudo da biologia de *A. lacunatus* sobre os hospedeiros *T. castaneum* e *C. ferrugineus*, onde foi avaliado o efeito de diferentes temperaturas sobre os parâmetros biológicos do ácaro em ovos dos dois coleópteros. Isso se faz necessário uma vez que foi constatado seu potencial de parasitismo sobre esses insetos, mas sua biologia apenas é conhecida sobre o hospedeiro *R. dominica*. O Artigo 4 remete à seleção de linhagens do ácaro *A. lacunatus* mantido isoladamente sobre os coleópteros *R. dominica*, *T. castaneum* e *C. ferrugineus*, para avaliar se a criação em diferentes hospedeiros, por sucessivas gerações, levaria a uma mudança na preferência de parasitismo de ovos, aumentando assim, sua performance sobre um ou outro hospedeiro. Já o artigo 5 aborda o parasitismo desse ácaro em diferentes densidades sobre o hospedeiro *T. castaneum* em trigo armazenado, e discute a sua utilização em programas de controle biológico dessa praga em produtos armazenados.

Literatura citada

- Arbogast, R.T. 1984.** Biological control of stored-product insects: status and prospects. In: F.J. Baur (ed.), Insect management for food storage and processing. St.Paul, American Association of Cereal Chemists, p. 225-238.
- Berrenn, J.M. 1976.** An analysis of feeding in *Cheyletus eruditus*, a predator of mites. Proc. Assoc. Appl. Biol. 82: 190-192.
- Brower, J.H. 1991.** Replacing fumigants with beneficial insects. Calif. Agric. 2: 14-16.
- Brower, J.H., L. Smith, P.V. Vail & P.W. Flinn. 1996.** Biological control. In: B.H. Subramanyam & D.W. Hagstrum (eds.), Integrated management of insects in stored products. New York, Marcel Dekker, p.223-286.
- Bruce, W.A. 1983.** Mites as biological control agents of stored product pests. In: M.A. Hoy, L. Knutson & G.L. Cunningham (eds.), Biological control of pests of mites. Berkeley, University of California, 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.
- Bruce, W.A. & G.L. Lecato. 1980.** *Pyemotes tritici*: A potential new agent for biological control of the red imported fire ant, *Solenopsis invicta* (Acari: Pyemotidae). Int. J. Acarol. 6: 271-274.
- Cross, E.A. & G.W. Krantz. 1964.** Two new species of the genus *Acarophenax* (Newstead and Duvall, 1918). Acarologia 6 (2): 287-295.

- Debach, P. & D. Rosen. 1991.** Biological control by natural enemies. Cambridge, University Press, 2 ed., 386p.
- Eliopoulos, P.A., C.G. Athanassiou, N.E. Palyvos, G.J. Stathas & C.Th. Buchelos. 2002.** Dominance and frequency of predatory mites in stored products in Greece. In: Intern. Working Conf. Stored Prod. Protection, 8, London. Proceedings 1: 258-262.
- Evans, G.O. 1992.** Principles of Acarology. Wallingford, CAB International, 563p.
- 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. Technol. 11: 5-12.
- Flinn, P.W. 1998.** Temperature effects on efficacy of *Chaetospila elegans* (Hymenoptera: Pteromalidae) to suppress *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) in stored wheat. J. Econ. Entomol. 91: 320-323.
- Flinn, P.W. & D.W. Hagstrum. 2001.** Augmentative releases of parasitoid wasps in stored wheat reduces insect fragments in flour. J. Stored Prod. Res. 37: 179-186.
- Gerson, U. & R.L. Smiley. 1990.** Acarine biocontrol agents: an illustrated key and manual. New York, Chapman & Hall, 174p.
- Gerson, U., A. Fain & R. L. Smiley. 1999.** Further observations on the Cheyletidae (Acari), with a key to the genera of the Cheyletinae and a list of all known species in the family. Entomol. 69: 35-86.
- Goldarazena, A., R. Jordana & Z-Q. Zhang. 1997.** *Adactylidium moundi* and *A. costarricensis*, two new species of Acarophenacidae (Acari: Tarsonemida) parasitic on Thysanoptera. Int. J. Acarol. 23: 261-268.
- Goldarazena, A., R. Ochoa & R. Jordana, 1999.** Revision of the genus *Paradactylidium* Mahunka (Acari: Heterostigmata). Internat. J. Acarol. 25: 91-99.
- Goldarazena, A., R. Ochoa, R. Jordana & B.M. Oconnor. 2001.** Revision of the genus *Adactylidium* Cross (Acari: Heterostigmata: Acarophenacidae), mites associated with thrips (Thysanoptera). Proc. Entomol. Soc. Wash. 103: 473-516.
- Gonçalves, J.R., L.R.A. Faroni, R.N.C. Guedes & C.R.F. de Oliveira. 2004.** Insecticide selectivity to the parasitic mite *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) (Prostigmata: Acarophenacidae) on *Rhyzopertha dominica* (Fabr.) (Coleoptera: Bostrichidae). Neotrop. Entomol. 33 (2): 243-248.

- Haines, C. P. 1981.** Laboratory studies on the role of an egg predator, *Blattisocius tarsalis* Berlese (Acari: Ascidae), in relation to the natural control of *Ephestia cautella* Walter (Lepidoptera: Pyralidae) in warehouses. Bull. Entomol. Res. 71: 555-574.
- 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.
- Hokkanen, H.M.T., J.M. Lynch & J. Robinson. 1995.** Preface: overview of benefits and risks of biological control introductions. In: H.M.T. Hokkanen & J.M. Lynch (eds.), Biological control: benefits and risks. Cambridge, Cambridge University Press, p.17-22.
- Howarth, F.G. 1991.** Environmental impacts of classical biological control. Annu. Rev. Entomol. 36: 485-509.
- Hoy, M.A. 1994.** Parasitoids and predators in management of arthropod pests. In: R.L. Metcalf & W.H. Luckmann (eds.), Introduction to insect pest management, 3 ed. New York, Wiley, p.129-198.
- Kaliszewski, M., F. Athias-Binche & E.E. Lindquist. 1995.** Parasitism and parasitoidism in Tarsonemina (Acari: Heterostigmata) and evolutionary considerations. Advances in Parasitology 35: 336-367.
- Kumar, P. & R. Naqi. 1990.** Study of host stage density effect on cannibalism in *Acaropsis sollers* predatory mites and its role as biological control agent (Acari: Cheyletidae). Indian. J. Helminth. 42: 21-24.
- Lindquist, E.E. 1983.** Some thoughts on the potential for use of mites in biological control, including a modified concept of "parasitoids". In M.A. Hoy, L. Knutson & G.L. Cunningham (eds.), Biological control of pests of mites. University of California, Berkeley, p. 12-20.
- Magowski, W.L. 1994.** Discovery of the first representative of the mite subcohort heterostigmata (Arachnida: Acari) in the Mesozoic Siberian amber. Acarologia 35: 229-241.
- Moser, J. C. 1975.** Biosystematics of the straw itch mite with special reference to nomenclature and dermatology. Trans. R. Entomol. Soc. Lond. 2: 185-191.
- Oliveira, C.R.F. de, L.R.A. Faroni, R.N.C. Guedes, A. Pallini & J.R. Gonçalves. 2002.** Parasitismo de *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) (Prostigmata: Acarophenacidae) sobre *Dinoderus minutus* (Fabr.) (Coleoptera: Bostrichidae). Neotrop. Entomol. 31 (2): 245-248.
- Oliveira, C.R.F. de, L.R.A. Faroni, R.N.C. Guedes & A. Pallini. 2003a.** Parasitism by the mite *Acarophenax lacunatus* on beetle pests of stored products. Biocontrol 48 (5): 503-513.

- Oliveira, C.R.F. de, L.R.A. Faroni & R.N.C. Guedes. 2003b.** Host egg preference by the parasitic mite *Acarophenax lacunatus* (Prostigmata: Acarophenacidae). J. Stored Prod. Res. 39: 571-575.
- Phillips, T.W. 1995.** Biological control of stored-product pests. Midwest Biol. Control News 2: 1-6.
- Schöller, M. 1998.** Integration of biological and non-biological methods to control arthropods infesting stored products. Posth. News Inform. 9 (2): 15-20.
- Schöller, M. & P.W. Flinn. 2000.** Parasites and Predators. In: B.H. Subramanyam & D.W. Hagstrum (eds.), Alternatives to Pesticides in Stored Product IPM. Integrated Management of Insects in Stored Products. Norwell, Kluwer Academic Publishers, p.229-271.
- Schöller, 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.
- Simberloff, D. & P. Stiling. 1996.** How risk is biologic control ? Ecology 77: 1965-1974.
- Steidle, J.L.M., S. Prozell & M. Schöller. 2002.** Host-finding ability of *Lariophagus distinguendus* (Hymenoptera: Pteromalidae), a potential natural enemy for the biological control of stored product pest beetle. In: Intern. Working Conf. Stored Prod. Protection, 8, London. Proc. 1: 84-86.
- Stehr, F.W. 1982.** Parasitoids and predators in pest management. In: R.L. Metcalf & W.H. Luckmann (eds.), Introduction to insect pest management. New York, Wiley & Sons, p.135-173.
- van Den Bosch, R., P.S. Messenger & A.P. Gutierrez. 1982.** An introduction to biological control. New York, Plenum Press, 247p.
- Zdárková, E. 1998.** Biological control of storage mites by *Cheyletus eruditus*. Integr. Pest Manag. 3: 111-116.
- Zdárková, E. & E. Horák. 1990.** Preventive biological control of stored food mites in empty stores using *Cheyletus eruditus* (Schrank). Crop Protect. 9: 378-382.
- Zdárková, E. & R. Fejt. 1999.** Possibilities of biological control of stored food mites. In: Intern. Working Conf. Stored Prod. Protection, 7, Beijing, China. Proc. 2: 1243-1245.
- Zdárková, E., J. Lukas & P. Horák. 2003.** Compatibility of *Cheyletus eruditus* (Schrank) (Acari: Cheyletidae) and *Cephalonomia tarsalis* (Ashmead) (Hymenoptera: Bethyilidae) in biological control of stored grain pests. Plant Prot. Sci. 39: 29-34.

Sobrevivência do Ácaro *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz), em Diferentes Temperaturas, na Ausência de Alimento

CARLOS ROMERO FERREIRA DE OLIVEIRA¹

¹ Departamento de Biologia Animal/Setor de Entomologia,
Universidade Federal de Viçosa, CEP 36570-000, Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

E-mail: crfoliveira@hotmail.com

Resumo: A habilidade de um inimigo natural em sobreviver à inanição aumenta suas chances de sobrevivência em períodos de escassez de alimento, sendo um fator importante para seu sucesso em ambientes de armazenamento de grãos. O objetivo deste trabalho foi avaliar a sobrevivência do ácaro *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) na ausência de alimento. O experimento consistiu da utilização de fêmeas de *A. lacunatus* em processo de fisogastría, as quais foram individualizadas em placas de Petri (5 cm Ø) e mantidas às temperaturas de 20, 25, 28, 30 e 32^oC, umidade relativa de 50±5 % e escotofase de 24 horas. A cada seis horas contabilizou-se o número de ácaros vivos, avaliando-se assim, a sobrevivência da progênie de *A. lacunatus* sob regime de inanição, nas diferentes temperaturas. Nas temperaturas de 30 e 32^oC, os indivíduos de *A. lacunatus* morreram até 60 horas enquanto nas temperaturas de 20, 25 e 28^oC a mortalidade ocorreu após 108 horas na ausência de alimento. O tempo médio para que ocorresse a morte dos indivíduos da progênie de *A. lacunatus* foi de 58,55 horas nas temperaturas abaixo de 28^oC e de 39,27 horas nas temperaturas acima de 30^oC. Os ácaros expostos à inanição tenderam a viver mais em temperaturas baixas, o que talvez seja explicado pela diminuição do seu metabolismo. Entretanto, *A. lacunatus* conseguiu sobreviver por cerca de 90 horas à temperatura de 28^oC, a qual é facilmente observada em regiões tropicais e subtropicais, o que pode favorecer sua utilização para o controle de insetos de produtos armazenados nessas regiões.

Palavras-chave: Temperatura, Acarophenacidae, Sobrevivência, Inanição, Armazenamento.

Survival of the Mite *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) (Prostigmata: Acarophenacidae), in Different Temperatures, Under Starvation

Abstract: The ability of a natural enemy to survive longer without feeding increases its chances of survival in the absence of food source being an important factor for its success in the storage grain environment. Therefore the objective of the present work was to assess the survival of *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) in the absence of food. The experiment used individualized physogastric females of *A. lacunatus* placed in Petri dishes (5 cm diameter) and maintained at 20, 25, 28, 30 e 32^oC, 50±5 % r.h. and 24 h scotophase. The number of mites alive was assessed every six hours allowing the assessment of the progeny survival without food at different temperatures. The mites died within 60 hours for the temperatures of 30 e 32^oC, while survival lasted for up to 108 hours for mites under the temperatures of 20, 25 e 28^oC. The mean lethal time for death was 58,55 hours for the lowest temperatures and 39,27 hours for the highest temperatures. Thus, the mites subjected to starvation lived longer under lower temperatures, what is probably due to their lower metabolism. In contrast, the parasitic mite survived for about 90 hours at 28^oC, temperature commonly observed in tropical and subtropical climates, what may favor their use as control agents of stored product insects in these regions.

Key Words: Temperature, Acarophenacidae, Survival, Starvation, Storage.

1.Introdução

O ácaro *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) tem demonstrado ser um agente promissor no controle biológico de coleópteros-praga de produtos armazenados, como *Rhyzopertha dominica* (Fabricius), *Dinoderus minutus* (Fabricius), *Tribolium castaneum* (Herbst) e *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) (Faroni *et al.* 2000, 2001, Oliveira *et al.* 2002, 2003a, 2003b). Este ácaro também é capaz de se desenvolver e parasitar ovos de *R. dominica*, seu hospedeiro principal, quando associado a inseticidas piretróides e organofosforados, indicando ser tolerante aos principais inseticidas protetores utilizados em grãos armazenados (Gonçalves *et al.* 2004).

A elaboração de um programa efetivo de controle biológico de insetos implica no conhecimento dos efeitos dos fatores abióticos, em especial da temperatura, sobre os inimigos naturais, bem como na identificação correta dos organismos envolvidos, nocivos e benéficos (van Den Bosch *et al.* 1982). A temperatura é um fator importante, já que influencia o desenvolvimento desses organismos de maneira direta ou indireta, seja na velocidade das diferentes fases do ciclo de vida, no comportamento, nas reações metabólicas durante o processo digestivo e na oviposição (Kogan & Parra 1981, Debach & Rosen 1991). De maneira geral, a sobrevivência dos insetos tende a ser reduzida em temperaturas extremas (Asante *et al.* 1991, Moralesranos & Cate 1992, Shanower *et al.* 1993).

O desenvolvimento de *A. lacunatus* pode ocorrer na faixa de temperatura que varia de 18 °C a 41 °C, sendo as condições ótimas próximas à temperatura de 30 °C. A fêmea é a responsável pelo parasitismo e, ao sugar o conteúdo dos ovos do hospedeiro, apresenta um alargamento do corpo (Faroni *et al.* 2000). Tal processo é denominado fisogastria e caracteriza o desenvolvimento da progênie no interior do corpo da mãe (Gerson & Smiley 1990, Evans 1992). Sabe-se que apenas um ovo de *R. dominica* é suficiente para o completo desenvolvimento da progênie, a qual emerge sexualmente madura e capaz de parasitar novos hospedeiros (Faroni *et al.* 2000, 2001).

Para que um inimigo natural tenha sucesso em ambientes de armazenamento, assim como em outras situações, é preciso que apresente algumas características desejáveis, como capacidade de busca por hospedeiros ou presas, habilidade para dispersar para locais com condições desfavoráveis e rusticidade para persistir num ambiente à espera de hospedeiros ou presas em situações de escassez. Diante disso, o

objetivo desse trabalho foi avaliar a resistência do ácaro *A. lacunatus* em sobreviver à inanição, em diferentes temperaturas, uma vez que é importante para um inimigo natural sobreviver em situações de falta de alimento.

2. Material e Métodos

As populações de *A. lacunatus* foram obtidas de criações contínuas do coleóptero *R. dominica* mantidas em frascos de vidro com capacidade de 1,7 L, sobre grãos de trigo com umidade em torno de 13%. A obtenção de fêmeas de *A. lacunatus* em processo de fisogastria foi feita baseando-se em metodologia de Faroni *et al.* (2000). As colônias foram mantidas em câmara climatizada com temperatura de 30 ± 2 °C, umidade relativa de $65 \pm 5\%$ e escotofase de 24 horas.

O experimento foi feito no delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (diferentes temperaturas) e quatro repetições. Consistiu da utilização de fêmeas de *A. lacunatus* em processo de fisogastria, as quais foram individualizadas em placas de Petri (5 cm Ø) e mantidas às temperaturas de 20, 25, 28, 30 e 32 °C. Com a finalidade de evitar a fuga dos ácaros, as placas foram revestidas com filme plástico de PVC. A cada seis horas contabilizou-se o número de ácaros vivos, avaliando-se assim, a sobrevivência da progênie de *A. lacunatus* sob regime de inanição (sem ovos de *R. dominica* como alimento) nas diferentes temperaturas.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de sobrevivência com distribuição de Weibull, tendo como variável resposta a proporção de ácaros vivos e como variável explicativa o tempo para morte dos ácaros (horas). A análise foi feita no sistema estatístico R (Ihaka & Gentleman 1996) e foi seguida pelo teste de contrastes a fim de verificar diferenças entre os tratamentos (temperaturas). Quando não foram encontradas diferenças, os tratamentos foram agrupados e contrastados com os demais. A análise de Weibull testou se houve diferença na velocidade de morte dos ácaros submetidos à diferentes temperaturas. Além disso, revelou-se o tempo médio para a mortalidade desses indivíduos, o que corresponde à previsão do tempo gasto para que ocorra a morte de 50% dos ácaros.

As principais vantagens de se utilizar a distribuição de Weibull é que através da estimativa de apenas dois parâmetros se obtém informações tanto de longevidade média (μ = tempo médio para morte) quanto do tipo de curva de sobrevivência (α = parâmetro de forma) que a população apresenta. Se a população considerada tem uma dependência

de sobrevivência do tipo I, a taxa de mortalidade aumenta com o tempo e $\alpha > 1$; para a dependência de sobrevivência do tipo II, a taxa de mortalidade é constante e, então, α será aproximadamente 1; já o tipo III implica em $\alpha < 1$, o que significa que a taxa de mortalidade decresce com o tempo (Pinder *et al.* 1978).

3.Resultados

Houve diferença significativa na proporção de ácaros vivos entre os tratamentos ($\chi^2= 32,35$; GL= 4; $p<0,001$). As temperaturas de 20, 25 e 28 °C quando comparadas às de 30 ou 32 °C apresentaram diferenças significativas na proporção de ácaros vivos. No entanto, entre as temperaturas de 30 e 32 °C e entre 20, 25 e 28 °C não foi observado o mesmo (Tabela 1).

Nas temperaturas de 30 e 32 °C, todos os indivíduos de *A. lacunatus* morreram até 60 horas após o início do experimento, enquanto nas temperaturas de 20, 25 e 28 °C a sobrevivência foi maior, uma vez que a morte dos ácaros ocorreu com 108 horas de exposição à inanição (Figura 1).

Com relação ao tempo médio para que ocorresse a morte de 50% da progênie de *A. lacunatus*, nas temperaturas mais baixas (20, 25 e 28 °C) foi 58,55 horas e nas temperaturas mais elevadas (30 e 32 °C) foi 39,27 horas.

4.Discussão

O presente estudo demonstrou que *A. lacunatus* consegue sobreviver na ausência de alimento entre 60 horas (às temperaturas de 30 e 32 °C) e 108 horas (às temperaturas de 20, 25 e 28 °C), implicando no declínio da taxa de sobrevivência com o aumento da temperatura. Isso significa que a taxa de mortalidade aumenta com o tempo e a curva de sobrevivência da população desse ácaro é do tipo I ($\alpha=1,87$).

Estudos sobre a influência da temperatura nos parâmetros biológicos de *A. lacunatus* foram realizados por Faroni *et al.* (2001), que observaram uma taxa de mortalidade significativamente maior à temperatura de 41 °C do que à temperatura de 20 °C. Os autores comentam ainda que a mortalidade total à temperatura de 20 °C foi atingida após 300 horas, enquanto 75 horas foram necessárias para atingir esse resultado à temperatura de 41 °C. Contudo, foi avaliada a sobrevivência de fêmeas de *A. lacunatus* em processo de fisogastria, ou seja, utilizando o ovo do hospedeiro *R. dominica*

como alimento. Assim, era de se esperar que o ácaro vivesse mais tempo do que o observado no presente estudo, uma vez que existia uma fonte nutricional disponível. Por outro lado, as fêmeas de *A. lacunatus* que desenvolveram o processo de fisogastria à temperatura de 41 °C morreram antes da emergência da progênie, indicando que temperaturas altas potencializam a mortalidade desse ácaro.

Nesse contexto, indivíduos expostos à inanição tendem a viver mais em temperaturas baixas, o que talvez seja explicado pela diminuição do metabolismo do ácaro. Embora *A. lacunatus* apresente maior sobrevivência em baixas temperaturas, foi observado um tempo médio de 90 h para a morte desse ácaro à temperatura de 28 °C. Isto é importante, levando-se em consideração que esta é uma temperatura facilmente observada em regiões tropicais e subtropicais, o que pode favorecer a utilização de *A. lacunatus* para o controle de insetos de produtos armazenados nessas regiões. Como o período de pré-oviposição de *R. dominica* é de cerca de quatro dias (96 horas) à temperatura de 32 °C e de seis dias (144 horas) à temperatura de 28 °C (Faroni & Garcia-Mari 1992, Faroni *et al.* 2004), pode-se inferir que *A. lacunatus* conseguiria se manter no ambiente sem alimento até o mesmo se encontrar disponível novamente.

Em condições de campo (num ecossistema de grãos armazenados), a ocorrência de diversas espécies de insetos aumenta a possibilidade de um inimigo natural encontrar alimento alternativo e, conseqüentemente, a sobrevivência de *A. lacunatus* pode ser maior. Oliveira *et al.* (2002, 2003a, 2003b) observaram que esse ácaro pode se desenvolver em hospedeiros como *D. minutus*, *T. castaneum* e *C. ferrugineus*, o que pode vir a confirmar essa hipótese, uma vez que suas chances de sobrevivência seriam maiores do que se ele se reproduzisse em apenas um hospedeiro. Somando-se a isso, *A. lacunatus* apresenta comportamento de foresia (Faroni *et al.* 2000), que é freqüentemente observado em ácaros de diversas famílias e que consiste no transporte passivo de um organismo por outro com o propósito de dispersão (Clausen 1976, Roff 1991, Steinkraus & Cross 1993). Tal comportamento é uma estratégia que possibilita ao organismo colonizar novas áreas ou fugir de locais onde as condições sejam desfavoráveis, contribuindo também para prolongar sua sobrevivência.

Segundo Arbogast *et al.* (1977), a habilidade de um inimigo natural em resistir à inanição, somada à sua capacidade de busca, é um elemento importante, uma vez que quanto maior for o tempo que um organismo possa sobreviver sem se alimentar, maiores suas chances de localizar presas ou hospedeiros disponíveis antes de morrer. A resistência à falta de alimento permite, então, que populações de inimigos naturais

possam sobreviver em períodos onde ocorra escassez ou ausência de hospedeiros.

A capacidade que *A. lacunatus* possui em parasitar ovos de diferentes hospedeiros também é uma característica importante para agentes de controle biológico de insetos de produtos armazenados, já que um complexo de pragas é comumente encontrado em ambientes de armazenamento. O processo de fisogastría é um mecanismo vantajoso para *A. lacunatus*, desde que há a produção de uma progênie numerosa e madura sexualmente, que emerge capaz de acasalar-se e prender-se num "carregador", facilitando assim sua dispersão. A foresia pode ajudar a explicar como as migrações deste ácaro podem ocorrer, com uma exposição mínima à dessecação e predação, já que os ácaros podem facilmente sucumbir nos locais onde as condições ambientais são desfavoráveis, como deve ocorrer entre pilhas de grãos, por exemplo. Estas características, somadas ao tempo médio de vida na ausência de alimento, demonstrado no presente estudo, são importantes para a manutenção das populações desse ácaro nesses ambientes, fazendo uso de um ou outro hospedeiro para sua sobrevivência, de acordo com a disponibilidade no meio.

Tabela 1 - Análise de deviância para a sobrevivência de *A. lacunatus* em diferentes temperaturas, na ausência de alimento.

Contraste	GL	χ^2	P
Temperaturas 20 ⁰ -28 ⁰ C	1	1.17930	0.27740
Temperaturas 20 ⁰ 28 ⁰ -25 ⁰ C	1	2.13740	0.34340
Temperaturas 20 ⁰ 28 ⁰ 25 ⁰ -30 ⁰ C	1	16.70300	0.00081
Temperaturas 20 ⁰ 28 ⁰ 25 ⁰ -32 ⁰ C	1	24.25800	0.00002
Temperaturas 30 ⁰ -32 ⁰ C	1	2.98740	0.39350

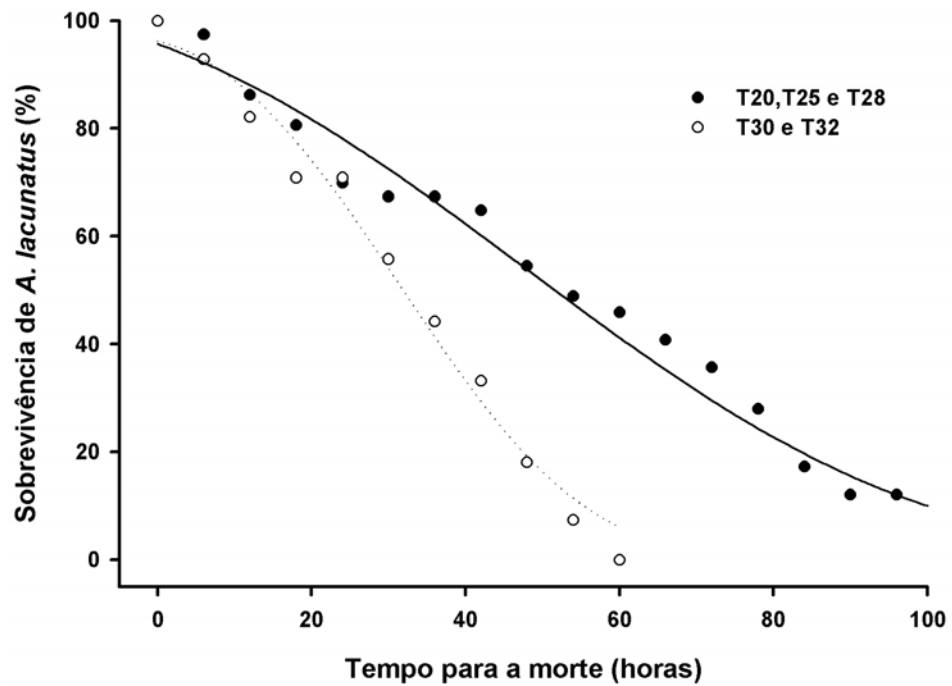


Figura 1 – Proporção de *A. lacunatus* vivos em relação ao tempo de morte. Curvas geradas pelo modelo de Weibull $e^{-\mu^{-\alpha}t^\alpha}$; t= tempo para morte em horas, μ = tempo médio para morte em horas, α = parâmetro de forma ($\alpha= 1,87$). T20, T25 e T28= Temperaturas de 20, 25 e 28 °C; T30 e T32= Temperaturas de 30 e 32 °C.

5. Literatura Citada

- Arbogast, R.T., G.L. Lecato & M. Carthon. 1977.** Longevity of fed and starved *Xylocoris flavipes* (Reuter) (Hemiptera, Anthocoridae) under laboratory conditions. J. Ga. Entomol. Soc. 12: 58-64.
- Asante, S.K., W. Danthararayana & H. Heatwole. 1991.** Bionomics and population growth statistics of apterous virginoparae of woolly apple aphid, *Erisoma lanigerum*, at constant temperatures. Entomol. Exp. Appl. 60: 261-270.
- Clausen, C.P. 1976.** Phoresy among entomophagous insects. Annu. Rev. Entomol. 21: 343-367.
- Debach, P. & D. Rosen. 1991.** Biological control by natural enemies. University Press, Cambridge, 2 ed, 386p.
- Evans, G.O. 1992.** Principles of acarology. Wallingford, CAB International, 563p.
- Faroni, L.R.A. & F. Garcia-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. Technol. 11: 5-12.
- Faroni, L.R.A., C.R.F. de Oliveira, J.R. Gonçalves & M.A.G. Pimentel. 2004.** Influência da alimentação na biologia de *Rhyzopertha dominica* (Fabricius) (Coleoptera: Bostrichidae). R. Bras. Armaz. 29: 13-18.
- Gerson, U. & R.L. Smiley. 1990.** Acarine biocontrol agents: an illustrated key and manual. Chapman & Hall, New York, 174p.
- Gonçalves, J.R., L.R.A. Faroni, R.N.C. Guedes & C.R.F. de Oliveira. 2004.** Insecticide selectivity to the parasitic mite *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) (Prostigmata: Acarophenacidae) on *Rhyzopertha dominica* (Fabr.) (Coleoptera: Bostrichidae). Neotrop. Entomol. 33: 243-248.
- Ihaka, R. & R. Gentleman. 1996.** R: A language for data analysis and graphics. J. Comput. Graph. Statistics 5: 299-314.

- Kogan, M. & J.R.P. Parra. 1981.** Techniques and applications of measurements of consumption and utilisation of phytophagous insects. In G. Bhaskaran, S. Friedman & J.C. Rodriguez (eds.), Current topics in insect endocrinology and nutrition. New York, Plenum, p. 337-352.
- Moralesranos, J.A. & J.R. Cate. 1992.** Rate of increase and adult longevity of *Catolaccus grandis* in the laboratory at four temperatures. Environ. Entomol. 21: 620-627.
- Oliveira, C.R.F. de, L.R.A. Faroni, R.N.C. Guedes, A. Pallini & J.R. Gonçalves. 2002.** Parasitismo de *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) (Prostigmata: Acarophenacidae) sobre *Dinoderus minutus* (Fabr.) (Coleoptera: Bostrichidae). Neotrop. Entomol. 31: 245-248.
- Oliveira, C.R.F. de, L.R.A. Faroni, R.N.C. Guedes & A. Pallini. 2003a.** Parasitism by the mite *Acarophenax lacunatus* on beetle pests of stored products. Biocontrol 48: 503-513.
- Oliveira, C.R.F. de, L.R.A. Faroni & R.N.C. Guedes. 2003b.** Host egg preference by the parasitic mite *Acarophenax lacunatus* (Prostigmata: Acarophenacidae). J. Stored Prod. Res. 39: 571-575.
- Pinder, J.E., J.G. Wiener & M.H. Smith. 1978.** The Weibull distribution: a new method of summarizing survivorship data. Ecology 59: 175-179.
- Roff, D.A. 1991.** Life history consequences of bioenergetic and biomechanical constraints on migration. Amer. Zool. 31: 205-215.
- Shanower, T.G., A.P. Gutierrez & J.A. Wightman. 1993.** Effect of temperature on development rates, fecundity and longevity of the groundnut leaf miner, *Aproaerema modicella* (Lepidoptera: Gelechiidae), in India. Bull. Entomol. Res. 83: 413-419.
- Steinkraus, D.C. & E.A. Cross. 1993.** Description and life history of *Acarophenax mahunkai*, n. sp. (Acari, Prostigmata: Acarophenacidae), an egg parasite of the Lesser mealworm (Coleoptera: Tenebrionidae). Ann. Entomol. Soc. Am. 86: 239-249.
- van Den Bosch, R., P.S. Messenger & A.P. Gutierrez. 1982.** An introduction to biological control. New York, Plenum Press, 247p.

Dispersão de *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) em Trigo Armazenado

CARLOS ROMERO FERREIRA DE OLIVEIRA¹

¹ Departamento de Biologia Animal/Setor de Entomologia,
Universidade Federal de Viçosa, CEP 36570-000, Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

E-mail: crfoliveira@hotmail.com

Resumo: Para um inimigo natural obter êxito em situações de armazenamento de grãos, é fundamental que apresente capacidade de se dispersar dentro destes ambientes. O objetivo deste trabalho foi avaliar se o ácaro *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) dispersa em uma massa de grãos e localiza o hospedeiro *Rhyzopertha dominica* (Fabricius). O experimento consistiu da liberação de fêmeas de *A. lacunatus* em processo de fisogastría na superfície de frascos de vidro, os quais continham placas de Petri (5 cm Ø) com 20 adultos de *R. dominica*, em diferentes profundidades (4, 8, 12, 16 e 20 cm da superfície). A dispersão da progênie dessas fêmeas fisogástricas foi avaliada 10, 20 e 30 dias após o início dos experimentos. O ácaro se dispersou, sendo encontrado em todas as profundidades e em todos os períodos avaliados. Entretanto, o número de fêmeas fisogástricas de *A. lacunatus* diminuiu à medida que a profundidade aumentou, sendo maior nas profundidades iniciais no período de 20 e 30 dias. Estes resultados indicam que períodos maiores são necessários para que o ácaro explore melhor o ambiente em profundidades maiores, mas fica constatado que *A. lacunatus* se dispersa ativamente, até 20 cm de profundidade, sem necessitar de utilizar um inseto para se locomover através de foresia.

Palavras-chave: Acarophenacidae, Dispersão, Bostrichidae, Armazenamento.

**Dispersion of *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) (Prostigmata:
Acarophenacidae) in Stored Wheat**

Abstract: Ability to disperse is fundamental for a successful natural enemy in a stored grain environment. Therefore the objective of the present work was to assess if the mite *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) disperse in a grain mass and locate its host *Rhizopertha dominica* (Fabricius). The experiment was based on the release of physogastric females of *A. lacunatus* on the surface of glass containers containing Petri dishes with 20 adults of *R. dominica* at different depths (4, 8, 12, 16 and 20 cm deep). Dispersion of these physogastric females was assessed 10, 20 and 30 days after the start of the experiments. The mites were able to disperse and they were observed at every depth and at every period of assessment. Nonetheless, the number of physogastric females of *A. lacunatus* decreased with the increase in depth with higher values observed at the lowest depths after 20 and 30 days of storage. These results indicate that longer periods are necessary for the mite better explore its environment at higher depths, but it does actively disperse up to 20 cm deep without the assistance of its host in a phoretic behavior.

Key Words: Acarophenacidae, Dispersion, Bostrichidae, Storage.

1.Introdução

A dispersão é um importante aspecto da vida de muitas espécies de ácaros e permite a esses organismos expandir suas populações, colonizar áreas diferentes e escapar de inimigos naturais. Em geral, adaptações estruturais, fisiológicas e comportamentais associadas ao mecanismo da dispersão são comuns e variadas em ácaros (Binns 1982). Os principais métodos de dispersão em ácaros ocorrem através de correntes de ar ou pela utilização de outros animais como meio de transporte (dispersão passiva), embora o caminhar (dispersão ativa) também seja um meio de dispersar por curtas distâncias (Evans 1992).

O ácaro *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) parasita ovos de coleópteros-praga de produtos armazenados (Faroni *et al.* 2000, 2001, Oliveira *et al.* 2002, 2003a, 2003b) e ao sugar o conteúdo do ovo hospedeiro exibe um alargamento do corpo, que caracteriza o processo de fisogastria e que consiste no desenvolvimento da progênie no interior do corpo da fêmea (Gerson & Smiley 1990, Evans 1992), a qual emerge sexualmente madura e capaz de parasitar novos hospedeiros (Faroni *et al.* 2000, 2001).

Outra peculiaridade que *A. lacunatus* apresenta é o comportamento de foresia (Faroni *et al.* 2000), que é comumente observado em ácaros de diversas famílias e que consiste no transporte passivo de um organismo por outro com o propósito de dispersão (Clausen 1976, Roff 1991, Steinkraus & Cross 1993). Segundo Farish & Axtell (1971), a foresia é o fenômeno no qual um animal - o forético - procura ativamente e se fixa à superfície de outro animal - o carregador - por um tempo limitado, durante o qual o forético cessa suas atividades, dispersando-se de locais desfavoráveis.

Várias espécies de ácaros que ocorrem em ambientes de armazenamento de grãos e subprodutos são mencionadas como foréticas em insetos-praga (Barker 1993), inclusive predadores como *Blattisocius tarsalis* (Berlese) e *Blattisocius keegani* (Fox) (Graham 1970, Hughes 1976). Em relação a ácaros parasitas, Newstead & Duvall (1918) encontraram até 31 indivíduos de *Acarophenax tribolii* Newstead & Duvall foréticos em apenas um indivíduo de *Tribolium* spp. Rack (1959) observou cerca de 150 *Paracarophenax dermestidarum* Rack em um único adulto de *Dermestes* sp. Para o coleóptero *Alphitobius diaperinus* (Panzer), Steinkraus & Cross (1993) observaram o ácaro *Acarophenax mahunkai* Steinkraus & Cross forético em 32,5% dos insetos estudados. Na família Acarophenacidae é a fêmea adulta quem desempenha a função de

dispersar e em alguns membros da família Pyemotidae há duas formas distintas de fêmeas, que diferem em estrutura e comportamento, sendo uma responsável pela dispersão e que apresenta modificações para a foresia. Entretanto, apenas um tipo de fêmea é conhecido em Acarophenacidae (Kaliszewski *et al.* 1995).

Como não há informações acerca da capacidade de dispersão de *A. lacunatus* numa massa de grãos, o objetivo do presente trabalho foi avaliar se este ácaro consegue dispersar de maneira ativa (por caminhamento) sem utilizar um inseto (*R. dominica*) como carregador. Tal conhecimento se faz necessário uma vez que a habilidade de um inimigo natural dispersar é um dos critérios importantes para a seleção de agentes de controle biológico em ambientes de armazenamento (Schöller & Flinn 2000).

2. Material e Métodos

As populações de *A. lacunatus* foram mantidas em criações contínuas do coleóptero *R. dominica*, em frascos de vidro com capacidade de 1,7 L, sobre grãos de trigo com umidade em torno de 13%. A obtenção de fêmeas de *A. lacunatus* em processo de fisogastria foi realizada com base em metodologia usada por Faroni *et al.* (2000). As colônias foram mantidas em câmara climatizada com temperatura de 30 ± 2 °C, umidade relativa de $65 \pm 5\%$ e escotofase de 24 horas.

As unidades experimentais consistiram de frascos de vidro de 3,0 L (30 cm altura x 15 cm Ø) contendo grãos de trigo com umidade em torno de 13%. No interior da massa de grãos foi colocada uma placa de Petri (5 cm Ø), por frasco e por profundidade, as quais continham 30 g de trigo e 20 insetos adultos de *R. dominica*. Essas placas tiveram suas tampas perfuradas e os orifícios foram preenchidos por tecido organza, permitindo assim a respiração, e serviram de armadilhas de contenção, não permitindo a saída dos insetos, mas possibilitando a passagem dos ácaros para seu interior. Estas armadilhas foram inseridas em diferentes profundidades (4, 8, 12, 16 e 20 cm) na massa de grãos (Figura 1). Em cada frasco, na superfície dos grãos, foi colocada uma placa de Petri (5 cm Ø), contendo 50 fêmeas fisogástricas de *A. lacunatus* e a dispersão da progênie dessas fêmeas foi avaliada 10, 20 e 30 dias após o início dos experimentos. O experimento feito no delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (diferentes profundidades) e quatro repetições.

Após o período de 10, 20 e 30 dias, o conteúdo das placas foi passado em

peneiras com diferentes aberturas de malha, separando-se os insetos dos grãos, e os resíduos de trigo (pó) com ácaros e ovos de *R. dominica*. O resíduo foi analisado com auxílio de um microscópio estereoscópico. Os dados obtidos foram submetidos à análise de covariância (SAS Institute 1989) e regressão (Jandel Scientific 1986).

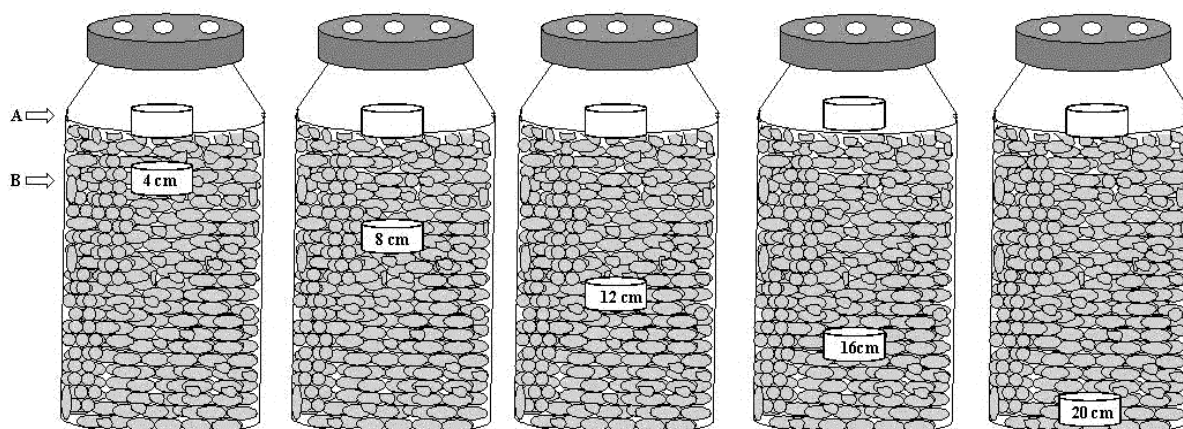


Figura 1- Esquema da unidade-teste para avaliação da capacidade de dispersão do ácaro *A. lacunatus*, em uma massa de grãos de trigo: A) arena de liberação das fêmeas fisogástricas; B) arena de contenção dos adultos de *R. dominica* inseridas em diferentes profundidades.

3.Resultados e Discussão

O número de fêmeas fisogástricas de *A. lacunatus* foi influenciado significativamente pela interação tempo de avaliação x profundidade das armadilhas (Tabela 1). Pode-se observar uma tendência decrescente do número de ácaros à medida que a profundidade aumentou, nos períodos de avaliação de 20 e 30 dias. Aos 10 dias, o número de ácaros encontrado em todas as armadilhas foi pequeno (Figura 2). Embora tenham atingido as armadilhas em todas as profundidades avaliadas, menos ácaros foram encontrados a 20 cm da superfície. Isso indica que períodos maiores podem possibilitar ao ácaro *A. lacunatus* conseguir dispersar mais, atingir maiores profundidades e localizar seus hospedeiros, uma vez que menos ácaros foram observados aos 10 dias, provavelmente devido ao pequeno período de avaliação.

Em relação ao número de ovos não-parasitados de *R. dominica*, também foi observada diferença significativa para a interação tempo de avaliação x profundidade das armadilhas (Tabela 2). Para o período de 10 dias de armazenamento, em todas as

armadilhas praticamente todos os ovos desse coleóptero estavam parasitados, enquanto que para 30 dias houve uma tendência decrescente do número de ovos com o aumento da profundidade. Observou-se, entretanto, uma tendência crescente do número desses ovos com o aumento da profundidade para 20 dias de avaliação (Figura 3). O fato de significativamente mais ovos não-parasitados do coleóptero *R. dominica* terem sido observados nas maiores profundidades e nos períodos de 20 e 30 dias pode ser explicado pelo menor número de ácaros encontrados nesses locais, o que vem a ratificar a possibilidade de períodos mais longos favorecerem a *A. lacunatus* se dispersar mais, uma vez que, nas profundidades próximas à superfície, o parasitismo desse ácaro implicou num menor número de ovos disponíveis desse coleóptero.

Para grãos armazenados em pequenas quantidades existem vários estudos sobre a capacidade de penetração de algumas espécies de parasitóides numa massa de grãos (Williams & Floyd 1971, Press 1988, 1992, Press & Mullen 1992, Flinn *et al.* 1996, Schöller *et al.* 1996, Sanon *et al.* 1998), mas para ácaros tais informações são escassas. Flanders & Badgley (1963) comentam que o ácaro *B. tarsalis* apenas consegue regular a população de *Ephestia kuehniella* Zeller, em situações onde a espessura do material não ultrapassa 8 cm. Nielsen (1998), avaliando a capacidade de predação de *B. tarsalis*, observou que esse ácaro apresenta dificuldades em localizar ovos de *E. kuehniella* sob uma camada de espessura de 1 mm ou mais de farinha. O autor comenta, ainda, que a possibilidade de *B. tarsalis* penetrar no produto provavelmente depende do tamanho do espaço entre as partículas do material. Em relação a *A. lacunatus*, provavelmente isso não é um empecilho, uma vez que *R. dominica* é um inseto broqueador que produz grande quantidade de farinha e, mesmo assim, esse ácaro apresenta um alto potencial de parasitismo sobre ovos desse hospedeiro, como observado por Faroni *et al.* (2000) e Oliveira *et al.* (2003a).

No caso de *A. lacunatus*, Matioli (1997) observou que esse ácaro utilizou *R. dominica* para facilitar seu deslocamento na massa de grãos quando a população da praga se encontrava em declínio e, conseqüentemente, quando havia diminuição do número de ovos do hospedeiro disponíveis, sendo encontradas até 32 fêmeas do ácaro foréticas em um único inseto. O autor, no entanto, não realizou estudos de avaliação da dispersão do ácaro forético, mas apenas comenta tais observações. No presente estudo, entretanto, foi demonstrado que *A. lacunatus* é capaz de se dispersar em uma massa de grãos de trigo, em profundidades de até pelo menos 20 cm, mesmo sem precisar utilizar um “carregador” e localizar seu hospedeiro (*R. dominica*) explorando o ambiente de maneira

ativa. Dessa forma, esse ácaro pode colonizar novas áreas ou fugir de locais onde as condições estejam desfavoráveis mesmo sem utilizar o comportamento de foresia, apesar desse deslocamento ser limitado.

Essas informações são importantes, na medida em que a utilização de um inimigo natural em programas de controle biológico em grãos armazenados pressupõe que este agente apresente, além de um ciclo de vida curto e alto potencial reprodutivo, a capacidade de dispersão, inclusive por foresia no caso de ácaros (Lindquist 1983, Bruce 1983). Tais atributos são observados em *A. lacunatus* e sua habilidade em explorar o ambiente ativamente é mais uma vantagem que deve ser levada em consideração para sua liberação em futuros programas de controle biológico.

4. Literatura Citada

- Barker, P.S. 1993.** Phoretic mites associated with stored grain in Manitoba. The Can. Entomol. 125: 715-719.
- Binns, E.S. 1982.** Phoresy as migration - some functional aspects of phoresy in mites. Biological Review 57: 571-620.
- Bruce, W.A. 1983.** Mites as biological control agents of stored product pests. In: M.A. Hoy, L. Knutson & G.L. Cunningham (eds.), Biological control of pests of mites. Berkeley, University of California, p. 74-78.
- Clausen, C.P. 1976.** Phoresy among entomophagous insects. Annu. Rev. Entomol. 21: 343-367.
- Evans, G.O. 1992.** Principles of Acarology. Wallingford, CAB International, 563p.
- Farish, D.J. & R.C. Axtell. 1971.** Phoresy redefined and examined in *Macrocheles muscaedomesticae* (Acarina: Macrochelidae). Acarologia 13: 16-29.
- 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. Technol. 11: 5-12.

- Flanders, S.E. & M.E. Badgley. 1963.** Prey-predator interactions in self-balanced laboratory populations. *Hilgardia* 35 (8): 145-183.
- Flinn, P.W., D.W. Hagstrum & W.H. McGaughey. 1996.** Suppression of beetles by augmentative releases of parasitoid wasps. *Environ. Entomol.* 25: 505-511.
- Gerson, U. & R.L. Smiley. 1990.** Acarine biocontrol agents: an illustrated key and manual. New York, Chapman & Hall, 174p.
- Graham, W.M. 1970.** Warehouse ecology studies of bagged maize in Kenya – II. Ecological observations of an infestation by *Ephesia (Cadra) cautella* (Walker) (Lepidoptera, Phycitidae). *J. Stored Prod. Res.* 6: 157-167.
- Hughes, A.M. 1976.** The mites of stored food end houses. London., Min. Agric. Fish. Food., 400p.
- Jandel Scientific. 1986.** SigmaPlot Scientific Graphing Software – User’s Manual. Jandel Scientific, San Rafael, CA, USA.
- Kaliszewski, M., F. Athias-Binche & E.E. Lindquist. 1995.** Parasitism and parasitoidism in Tarsonemina (Acari: Heterostigmata) and evolutionary considerations. *Advances in Parasitology* 35: 336-367.
- Lindquist, E.E. 1983.** Some thoughts on the potential for use of mites in biological control, including a modified concept of “parasitoids”. In M.A. Hoy, L. Knutson & G.L. Cunningham (eds.), *Biological control of pests of mites*. University of California, Berkeley, p. 12-20.
- Matioli, A.L. 1997.** *Biologia de Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) (Prostigmata: Acarophenacidae) e seu potencial de parasitismo sobre *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil. (Dissertação de Mestrado). 73p.
- Newstead, R. & H.M. Duvall. 1918.** Bionomic, morfological and economic report on the acarids of stored grain and flour. *R. Soc. Rep. Grain Pests (War) Comm.* 2: 1-59.
- Nielsen, P.S. 1998.** *Blattisocius tarsalis* (Berlese), would this predatory mite be effective against moth eggs in Scandinavian flours mills? *Integrated Protect of Stored Products, IOBC Bulletin*, 21(3): 83-87.
- Oliveira, C.R.F. de, L.R.A. Faroni, R.N.C. Guedes, A. Pallini & J.R. Gonçalves. 2002.** Parasitismo de *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) (Prostigmata: Acarophenacidae) sobre *Dinoderus minutus* (Fabr.) (Coleoptera: Bostrichidae). *Neotrop. Entomol.* 31: 245-248.
- Oliveira, C.R.F. de, L.R.A. Faroni, R.N.C. Guedes & A. Pallini. 2003a.** Parasitism by the mite *Acarophenax lacunatus* on beetle pests of stored products. *Biocontrol* 48: 503-513.

- Oliveira, C.R.F. de, L.R.A. Faroni & R.N.C. Guedes. 2003b.** Host egg preference by the parasitic mite *Acarophenax lacunatus* (Prostigmata: Acarophenacidae). J. Stored Prod. Res. 39: 571-575.
- Press, J.W. 1988.** Movement of a weevil parasitoid, *Anisopteromalus calandrae* (Howard), within a column of wheat in relation to host location. J. Agric. Entomol. 5: 205–208.
- Press, J.W. 1992.** Comparative penetration efficacy in wheat between the weevil parasitoids *Anisopteromalus calandrae* and *Choetospila elegans* (Hymenoptera: Pteromalidae). J. Entomol. Sci. 27: 154–157.
- Press, J.W. & M.A. Mullen. 1992.** Potential of the weevil parasitoid, *Anisopteromalus calandrae* (Howard) (Hymenoptera: Pteromalidae) for protecting commercially packaged wheat from infestation by the rice weevil, *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). J. Kansas Entomol. Soc. 65: 348–351.
- Rack, G. 1959.** *Acarophenax dermestidarum* sp. n. (Acarina: Pyemotidae), ein Eiparasit von *Dermestes*. Arten. Zeitschrift für Parasitenkunde 19: 411-431.
- Roff, D.A. 1991.** Life history consequences of bioenergetic and biomechanical constraints on migration. Amer. Zool. 31: 205-21.
- SAS Institute. 1989.** SAS/STAT User's guide for personal computers, version 6. SAS Institute, Cary, USA.
- Sanon, A., A.P. Ouedraogo, Y. Tricault, P.F. Credland & J. Huignard. 1998.** Biological control of bruchids in cowpea stores by release of *Dinarmus basalis* (Hymenoptera: Pteromalidae) adults. Environ. Entomol. 27: 717–725.
- Schöller, M. & P.W. Flinn. 2000.** Parasites and Predators. In: B.H. Subramanyam & D.W. Hagstrum (eds.), Alternatives to Pesticides in Stored Product IPM. Integrated Management of Insects in Stored Products. Norwell, Kluwer Academic Publishers, p.229-271.
- Schöller, M., S.A. Hassan & C. Reichmuth. 1996.** Efficacy assessment of *Trichogramma evanescens* and *T. embryophagum* (Hym: Trichogrammatidae), for control of stored products moth pests in bulk wheat. Entomophaga 41: 125–132.
- Steinkraus, D.C. & E.A. Cross. 1993.** Description and life history of *Acarophenax mahunkai*, n. sp. (Acari, Prostigmata: Acarophenacidae), an egg parasite of the lesser mealworm (Coleoptera: Tenebrionidae). Ann. Entomol. Soc. Am. 86: 239-249.
- Williams, R.N. & E.H. Floyd. 1971.** Effect of two parasites, *Anisopteromalus calandrae* and *Choetospila elegans* upon populations of the maize weevil under laboratory and natural conditions. J. Econ. Entomol. 64: 1407–1408.

Tabela 1. Análise de covariância do número de fêmeas fisogástricas de *Acarophenax lacunatus* (Prostigmata: Acarophenacidae), em diferentes períodos de avaliação e em diferentes profundidades numa massa de grãos, a $30\pm 2^{\circ}\text{C}$, $65\pm 5\%$ U.R. e escotofase de 24 horas.

FV	GL	SQ	F	p
Modelo	15	1310826,73	53,05	0,0001
Resíduo	44	72479,00		
Dias	2	1070276,23	324,87	0,0001
Profundidades	4	132449,23	20,10	0,0001
Dias*Profundidades	8	107858,26	8,18	0,0001

Tabela 2. Análise de covariância do número de ovos não-parasitados de *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae), em diferentes períodos de avaliação e em diferentes profundidades numa massa de grãos, a $30\pm 2^{\circ}\text{C}$, $65\pm 5\%$ U.R. e escotofase de 24 horas.

FV	GL	SQ	F	p
Modelo	15	178814,48	26,28	0,0001
Resíduo	44	19956,00		
Dias	2	148320,23	163,51	0,0001
Profundidades	4	13850,23	7,63	0,0001
Dias*Profundidades	8	16247,26	4,48	0,0005

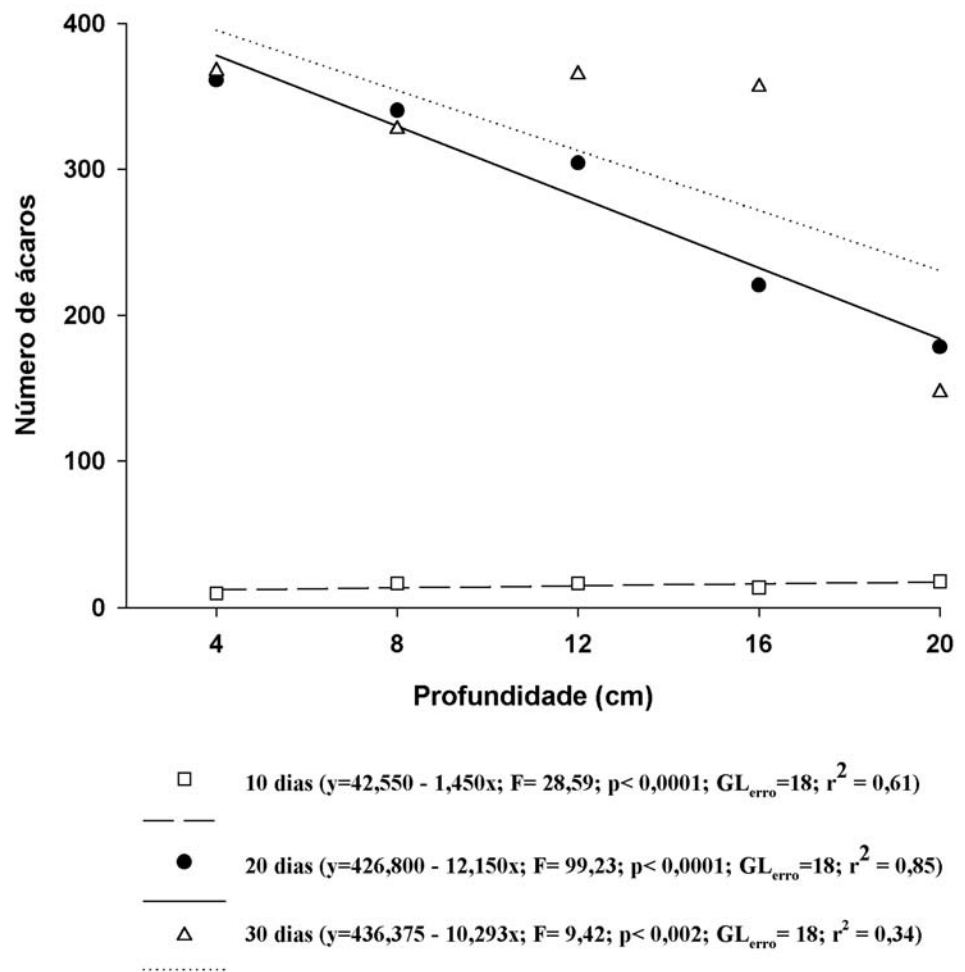


Figura 2- Número de fêmeas fisogástricas do ácaro *A. lacunatus* encontradas em diferentes profundidades, em avaliações realizadas após 10, 20 e 30 dias, à temperatura de 30 ± 2 °C, umidade relativa de $65\pm 5\%$ e escotofase de 24 horas.

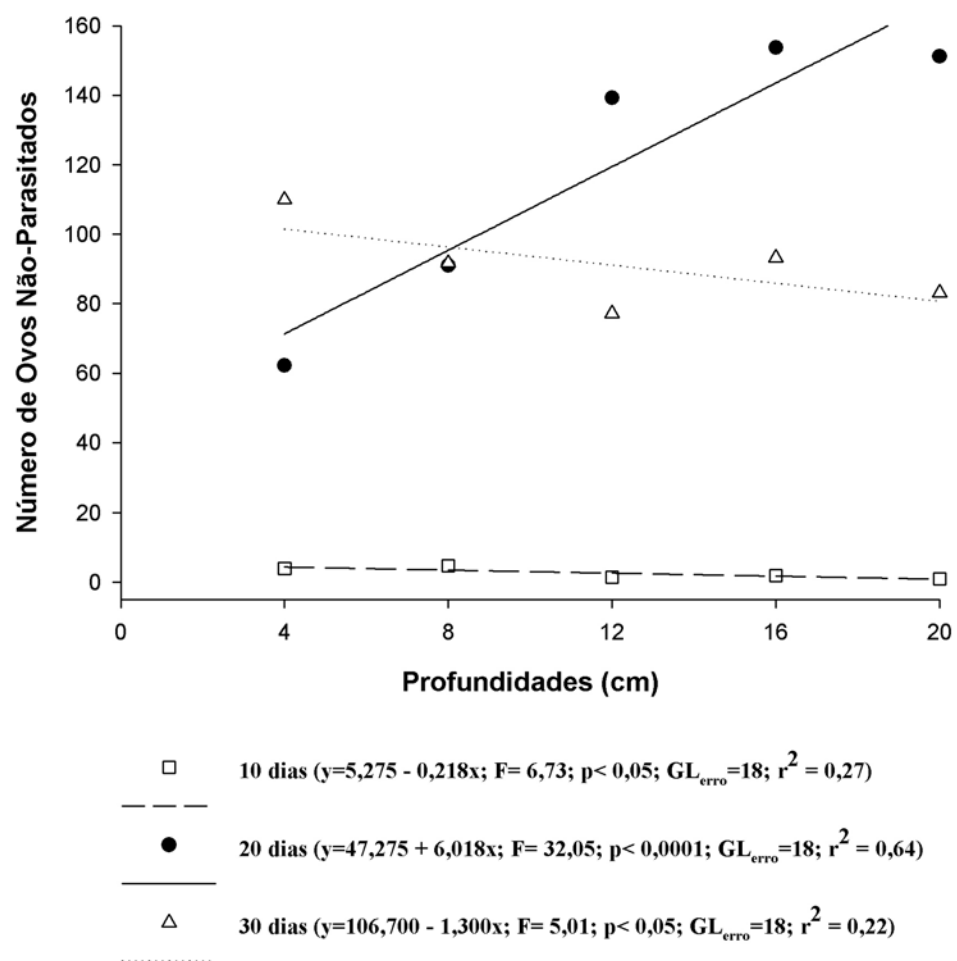


Figura 3- Número de ovos não-parasitados de *R. dominica* encontrados em diferentes profundidades, em avaliações realizadas após 10, 20 e 30 dias da inoculação de fêmeas fisogástricas de *A. lacunatus*, à temperatura de 30 ± 2 °C, umidade relativa de $65\pm 5\%$ e escotofase de 24 horas.

Desenvolvimento do Ácaro *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) em Diferentes Temperaturas Sobre os Coleópteros *Tribolium castaneum* (Herbst) e *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens)

CARLOS ROMERO FERREIRA DE OLIVEIRA¹

¹ Departamento de Biologia Animal/Setor de Entomologia,
Universidade Federal de Viçosa, CEP 36570-000, Viçosa, Minas Gerais, Brasil.
E-mail: crfoliveira@hotmail.com

Resumo: Dentre os agentes de controle biológico recentemente relatados com potencial para suprimir insetos de produtos armazenados, o ácaro *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) demonstra ser promissor mas ainda é pouco conhecido. O presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de seis temperaturas (20, 25, 28, 30, 32 e 35 °C) sobre os parâmetros biológicos de *A. lacunatus* utilizando os coleópteros *Tribolium castaneum* (Herbst) e *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) como hospedeiros. A temperatura influenciou o desenvolvimento do ácaro *A. lacunatus*. Os maiores valores para a progênie (19 indivíduos/ fêmea em *T. castaneum* e 15 indivíduos/ fêmea em *C. ferrugineus*) foram obtidos à temperatura de 30 °C, o que também foi observado para a taxa líquida de reprodução (R_0), a qual revelou que a população de *A. lacunatus* aumentou 18 vezes em *T. castaneum* e 14 vezes em *C. ferrugineus*. A taxa intrínseca de crescimento (r_m) aumentou com a elevação da temperatura, atingindo um valor máximo à temperatura de 35 °C tanto em *T. castaneum* (0,067) quanto em *C. ferrugineus* (0,054). O tempo de geração foi inversamente proporcional à temperatura, variando de 38 a 116 horas em *T. castaneum* e de 46 a 128 horas em *C. ferrugineus*. O número de gerações/mês do ácaro *A. lacunatus* foi diretamente proporcional ao aumento da temperatura, sendo maior em ambos os hospedeiros à temperatura de 35 °C. Esses resultados sugerem que o ácaro *A. lacunatus* pode ser utilizado em programas de controle biológico de *T. castaneum* e de *C. ferrugineus* em regiões tropicais, já que temperaturas próximas a 30 °C favorecem seu desenvolvimento, o que pode maximizar o seu potencial na supressão de populações desses coleópteros.

Palavras-Chave: Biologia, Acarophenacidae, Cucujidae, Tenebrionidae, Controle Biológico.

Development of mite *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) in different temperatures on the beetles *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens)

Abstract: Among recently reported biological control agents with potential to suppress stored-product insects, the parasitic mite species *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) seems promising but is still poorly known. The aim of the present study was to assess the effect of six different temperatures on the development of *A. lacunatus* using *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) as hosts. The temperature affected the development of *A. lacunatus*. The largest values for the progeny (19 mites/ female in *T. castaneum* and 15 mites/ female in *C. ferrugineus*) were obtained at about 30 °C, as also observed for the net reproductive rate (R_0), which revealed that the *A. lacunatus* population increased 18 times in *T. castaneum* and 14 times in *C. ferrugineus*. The intrinsic rate of increase (r_m) gradually increased with temperature, reaching a maximum value at the temperature of 35 °C in *T. castaneum* (0,067) as in *C. ferrugineus* (0,054). The generation time was negatively correlated with temperature, ranging from 38 to 116 hours in *T. castaneum* and from 46 to 128 hours in *C. ferrugineus*. In contrast, the number of generations/month of this mite species was positively correlated with temperature, being larger in both hosts at the temperature of 35 °C. These results suggest that the mite *A. lacunatus* may be used in programs of biological control of *T. castaneum* and *C. ferrugineus* in the tropics, whereas highest temperatures around 30 °C were the best for *A. lacunatus* development, probably maximizing the suppression of its hosts populations at this temperature range.

Key Words: Biology, Acarophenacidae, Cucujidae, Tenebrionidae, Biological Control.

1.Introdução

Os membros da família Acarophenacidae (Acari: Prostigmata) são parasitas de ovos de várias espécies de insetos, estando distribuídos em sete gêneros, sendo um fóssil (Cross & Krantz 1964, Magowski 1994, Kaliszewski *et al.* 1995, Goldarazena *et al.* 1997, 1999). Apresentam uma história de vida bem característica onde, segundo Lindquist (1983), atuam como parasitóides porque: a) sua atividade de alimentação resulta na destruição do ovo hospedeiro; b) apenas um ovo hospedeiro é requerido para o desenvolvimento da progênie; c) somente um estágio (neste caso a fêmea adulta) ataca o hospedeiro; d) a fêmea adulta é quem dispersa e localiza o hospedeiro para as próximas gerações.

Estes ácaros estão ecologicamente associados a diversas famílias de coleópteros (Cerambycidae, Nitidulidae, Scolytidae, Dermestidae, Cucujidae, Tenebrionidae e Bostrichidae), de trips (Phlaeothripidae) e de dípteros (Sciaridae) (Rack 1959, Cross & Krantz 1964, Wadhi & Kishore 1975, Steinkraus & Cross 1993, Goldarazena *et al.* 1997, Khaustov 1999, Faroni *et al.* 2000, 2001, Oliveira *et al.* 2002, 2003a). Já a associação com hospedeiros não é conhecida para *Paradactylidium* e *Aegiptophenax* (Rady 1992, Goldarazena *et al.* 1999). Entretanto, existem poucos estudos sobre a biologia das espécies da família Acarophenacidae.

O gênero *Acarophenax* consiste de nove espécies (*A. assanovi*, *A. lacunatus*, *A. lukoschusi*, *A. mahunkai*, *A. makros*, *A. meropsi*, *A. nidicolus*, *A. rackae* e *A. tribolii*), sendo que o macho só é conhecido em *A. lacunatus*, *A. mahunkai* e em *A. tribolii* (Newstead & Duvall 1918, Steinkraus & Cross 1993, Faroni *et al.* 2001). Quatro espécies foram coletadas diretamente de insetos hospedeiros que, com uma exceção, eram todos coleópteros: *A. assanovi* sobre *Rhyzopertha dominica* (Fabricius) (Livshitz & Mitrofanov 1974); *A. lacunatus* sobre *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) (Cross & Krantz 1964); *A. mahunkai* sobre *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Steinkraus & Cross 1993); *A. tribolii* sobre *Tribolium castaneum* (Herbst), *Tribolium confusum* Jacquelin du Val (Newstead & Duvall 1918), *Gnathocerus cornutus* Fabricius, *Latheticus oryzae* Waterhouse, *Palorus ratzeburgi* (Wissmann) (Marlatt 1932) e *Sciara Hirtilineata* Brunetti (Wadhi & Kishore 1975). As outras cinco espécies foram coletadas de vários substratos onde podem ser encontrados insetos: *A. lukoschusi* de fezes de morcego (Mahunka & Fain 1989); *A. makros* de fezes de aves (Gao & Zou 1994); *A. meropsi* do

pássaro *Merops apiaster* (Rakha & Kandeel 1983); *A. nidicolus* em um ninho do pássaro *Colaptes cafer* (Cross & Krantz 1964) e *A. rackae* em fezes de ovelha (Mahunka & Zaki 1990).

O primeiro relato do ácaro *A. lacunatus* foi feito por Cross & Krantz (1964), que o descreveram a partir de populações de laboratório de *C. ferrugineus* em Pullman, Washington, USA. Os autores não fornecem dados sobre o comportamento e a biologia das espécies de *Acarophenax* identificadas (*A. lacunatus* e *A. nidicolus*), mas comentam apenas serem possíveis parasitas de ovos de coleópteros. Faroni *et al.* (2000, 2001) estudaram a biologia de *A. lacunatus* sobre o hospedeiro *R. dominica* em diferentes temperaturas e o potencial de utilização desse ácaro como agente de controle biológico desse coleóptero. Oliveira *et al.* (2002, 2003a, 2003b) avaliaram a preferência e o potencial de parasitismo de *A. lacunatus* sobre outras espécies de coleópteros, ampliando o número de hospedeiros conhecidos desse ácaro.

A temperatura é um fator ambiental importante que exerce forte influência sobre os parâmetros biológicos dos organismos, agindo de maneira direta ou indireta, sobre a velocidade das diferentes fases do ciclo de vida, no comportamento, nas reações metabólicas, dentre outros (Kogan & Parra 1981, Debach & Rosen 1991). Com isso, o tempo de desenvolvimento tanto dos insetos-praga quanto de seus inimigos naturais está sob influência direta da temperatura da massa de grãos (Hagstrum *et al.* 1996, Faroni *et al.* 2001).

Dessa forma, é imprescindível o aprofundamento dos estudos básicos sobre *A. lacunatus* visando sua futura liberação em programas de controle biológico e manejo integrado de pragas em situações de armazenamento de grãos. Portanto, o objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito da temperatura e dos hospedeiros *T. castaneum* e *C. ferrugineus*, que são pragas importantes e comumente encontradas em grãos armazenados, sobre a biologia de *A. lacunatus*, visando determinar se a melhor temperatura para o desenvolvimento deste ácaro é adequada para as condições de uso do controle biológico em grãos armazenados.

2. Material e Métodos

Os coleópteros *T. castaneum* e *C. ferrugineus* foram criados em frascos de vidro com capacidade de 1,7 L sobre grãos de trigo semitriturado, com umidade em torno de 13% (Oliveira *et al.* 2003b). As populações de *A. lacunatus* foram obtidas de criações contínuas de *R. dominica* infestadas com o ácaro, nas mesmas condições. Todas as colônias foram mantidas em câmara climatizada com temperatura de 30 ± 2 °C, umidade relativa de $65 \pm 5\%$ e escotofase de 24 horas. Com base em metodologia de Faroni *et al.* (2000), as populações de *R. dominica* foram peneiradas visando à obtenção do resíduo de trigo (pó) com ácaros recém-emergidos.

Para o estudo da biologia de *A. lacunatus*, foram coletados 20 ácaros recém-emergidos, os quais foram distribuídos em 20 placas de Petri de 5 cm de diâmetro, contendo 10 ovos de um dos hospedeiros (*T. castaneum* ou *C. ferrugineus*). Avaliações foram realizadas em intervalos de uma hora até a fixação do ácaro no ovo do inseto. Quando as fêmeas de *A. lacunatus* entraram em processo de fisogastria, foram individualizadas em outras placas de mesma dimensão e, até a emergência da progênie, as avaliações passaram a ser realizadas a cada seis horas. As variáveis quantificadas foram: 1) o número de indivíduos gerados por fêmea; 2) a razão sexual; 3) o tempo de geração (T); 4) a velocidade de desenvolvimento que é a razão inversa do tempo (1/dias); 5) a taxa líquida de reprodução (R_0); 6) a taxa intrínseca de crescimento (r_m); 7) o número de gerações/mês de *A. lacunatus*.

Os indivíduos recém emergidos de cada progênie foram contados e sexados. A sexagem é simples, uma vez que *A. lacunatus* apresenta dimorfismo sexual, como em outras espécies de *Acarophenax* spp., onde o macho é menor que a fêmea, possuindo as pernas IV atrofiadas (Cross & Krantz 1964, Steinkraus & Cross 1993).

Os ensaios para avaliação da influência da temperatura no desenvolvimento e reprodução de *A. lacunatus* sobre os hospedeiros *T. castaneum* e *C. ferrugineus* foram realizados em câmaras climáticas de temperatura constante a 20, 25, 28, 30, 32 e 35 °C e umidade relativa de $65 \pm 5\%$.

Os parâmetros de tabela de vida foram estimados utilizando-se o software LIFETABLE.SAS desenvolvido por Maia *et al.* (2000) no ambiente “SAS System”. Análises de regressão foram realizadas no programa SigmaPlot (Jandel Scientific 1986),

sendo que

$$R_0 = \sum m_x \cdot l_x$$

$$T = \sum (m_x \cdot l_x \cdot x) / (\sum m_x \cdot l_x)$$

$$r_m = \ln R_0 / T$$

Onde:

m_x = número de descendentes produzidos por fêmea no estágio x (fertilidade específica) e que produzirão fêmeas; l_x = taxa de sobrevivência no estágio x ; $l_x m_x$ = total de fêmeas produzidas por fêmea durante o intervalo de tempo.

3.Resultados

A temperatura influenciou o desenvolvimento do ácaro *A. lacunatus* criado tanto em *T. castaneum* quanto em *C. ferrugineus*. A taxa de desenvolvimento (1/dia) atingiu um máximo à temperatura de 35 °C nos dois hospedeiros (Figura 1, Tabela 1).

O número de descendentes de *A. lacunatus* e a razão sexual também foram afetados pela temperatura (Tabela 1). Cada fêmea produz uma única progênie, uma vez que ocorre sua morte no momento da emergência dos filhos. A maior progênie foi observada para *T. castaneum* (cerca de 19 ind./fêmea) e para *C. ferrugineus* (cerca de 15 ind./fêmea) à temperatura de 30 °C (Figura 2). Já a razão sexual variou de 0,91 a 0,95 em *T. castaneum* e de 0,90 a 0,93 em *C. ferrugineus* (Figura 3).

Os valores da taxa líquida de reprodução (R_0) revelam que a população de *A. lacunatus* aumentou 18,35 vezes em *T. castaneum* e 13,65 vezes em *C. ferrugineus*, respectivamente, à temperatura de 30 °C (Figura 4, Tabela 1).

A taxa intrínseca de crescimento (r_m) foi positiva, o que indica que houve crescimento populacional, e aumentou com a elevação da temperatura, sendo maior em ambos os hospedeiros a 35 °C (Figura 5, Tabela 1).

O tempo de geração (T) nos dois hospedeiros foi inversamente proporcional à temperatura (Figura 6, Tabela 1). Por outro lado, o número de gerações/mês do ácaro foi diretamente proporcional ao aumento da temperatura, sendo maior em ambos os hospedeiros a 35°C.

4. Discussão

O ácaro *A. lacunatus* pode se desenvolver, sobre o hospedeiro *R. dominica*, na faixa de temperatura que varia de 18 °C a 41 °C, sendo as condições ótimas de desenvolvimento próximas à temperatura de 30 °C (Faroni *et al.* 2000, 2001). Com o início da alimentação, as fêmeas de *A. lacunatus* passam a exibir um alargamento do corpo, o que caracteriza o processo de fisogastria. Tal processo ocorre em diversas espécies de ácaros, o qual permite o desenvolvimento simultâneo de vários embriões no interior do corpo da mãe (Gerson & Smiley 1990, Kaliszewski *et al.* 1995). Cada fêmea de *A. lacunatus* parasita apenas um ovo hospedeiro que, ao final do processo, é destruído. Em geral, as fêmeas fisogástricas dão origem a apenas um macho que emerge primeiro, se desenvolvendo mais rapidamente que suas irmãs, as quais podem ser fecundadas ainda no interior do corpo da mãe, ou fora, logo após o nascimento delas. Depois de emergirem, as fêmeas saem à procura de um hospedeiro, enquanto o macho tem uma vida curta, morrendo poucas horas depois, fechando assim o ciclo biológico da espécie. Tal comportamento também foi observado em *A. tribolii*, *Paracarophenax dermestidarum* Rack e em *A. mahunkai*, parasitando ovos dos coleópteros *Tribolium* sp., *Dermestes* sp. e *A. diaperinus*, respectivamente (Newstead & Duvall 1918, Rack 1959, Steinkraus & Cross 1993). Além disso, das nove espécies de *Acarophenax* descritas, apenas em *A. lacunatus*, *A. triboli* e em *A. mahunkai* os machos são conhecidos.

Altas temperaturas (30 e 32 °C) implicaram numa progênie mais numerosa de *A. lacunatus*, que em *T. castaneum* variou de 11 até 19 ind./fêmea enquanto em *C. ferrugineus* variou de 9 até 14 ind./fêmea, sendo produzido apenas um macho em todas as temperaturas, o que contribuiu para o aumento da razão sexual. Newstead & Duvall (1918) encontraram que uma fêmea fisogástrica de *A. tribolii* produz de 4 a 15 indivíduos e, geralmente, somente um macho. Rack (1959) nunca observou mais que um macho na progênie de *P. dermestidarum*, enquanto 3 a 27 fêmeas eram produzidas. Já Steinkraus & Cross (1993) verificaram que 8 a 56 ind./fêmea podem ser produzidos em *A. mahunkai*, onde até 4 machos foram observados. Estudando o potencial de parasitismo de *A. lacunatus* sobre *R. dominica*, Faroni *et al.* (2000) observaram que a progênie desse ácaro variou de 11 a 17 ind./fêmea, onde à temperatura de 30 °C houve o maior valor. Dessa forma, a existência de um ou poucos machos produzidos em *Acarophenacidae* pode indicar que sejam suficientes para que todas as fêmeas presentes na progênie possam ser fecundadas. Além disso, em termos de custos, a produção de poucos machos

é vantajosa e levaria a uma economia de gastos para a reprodução, uma vez que as fêmeas é que são encarregadas da dispersão, como comentam Kaliszewski *et al.* (1995).

A faixa de tolerância para a sobrevivência da maioria das espécies encontra-se entre as temperaturas de 10 °C e 38 °C. O aumento da temperatura até um determinado limite ocasiona uma diminuição da taxa de desenvolvimento e da duração em um estágio em particular (Pedigo & Zeiss 1996). Como observado por Faroni *et al.* (2000, 2001) para o hospedeiro *R. dominica*, altas taxas de desenvolvimento, razão sexual e fertilidade de *A. lacunatus*, em temperaturas superiores a 30 °C são, provavelmente, fatores que contribuem para uma máxima taxa de crescimento populacional desse ácaro nessas temperaturas. Isso também foi observado quando *A. lacunatus* teve *T. castaneum* e *C. ferrugineus* como hospedeiros, já que os valores de R_0 e r_m , que expressam o seu potencial biótico aumentaram com a elevação da temperatura. Por outro lado, aparentemente, *A. lacunatus* se desenvolve melhor sobre o coleóptero *T. castaneum* e a implicação disto para o controle biológico é que este ácaro se reproduz mais rápido nesse hospedeiro, apresentando uma maior progênie. Conseqüentemente, há aspectos positivos relacionados à criação massal que irão refletir em futuras liberações desse inimigo natural em programas de controle biológico.

No presente estudo foi observado que o tempo médio de geração (T) diminuiu com o aumento da temperatura, implicando em um ciclo biológico mais curto em temperaturas mais elevadas. Esse tempo variou quando *A. lacunatus* foi criado nos hospedeiros *T. castaneum* (38 a 116 h) e *C. ferrugineus* (46 a 128 h), indicando que a temperatura somada ao tipo e às características do ovo hospedeiro influencia o desenvolvimento desse ácaro. Steinkraus & Cross (1993) verificaram que o tempo de geração do ácaro *A. mahunkai* sobre ovos do coleóptero *A. diaperinus* variou de 72 a 120 h, em temperaturas entre 23 e 26 °C. Faroni *et al.* (2001) observaram que o tempo médio de geração variou de 40 a 220 h quando *A. lacunatus* foi criado no hospedeiro *R. dominica*, o que confirma essas suposições. Em condições onde as temperaturas forem mais elevadas, os insetos-praga podem se desenvolver mais rapidamente e suas populações aumentar significativamente, daí a razão da relação entre a taxa de desenvolvimento de um inimigo natural e sua presa ou hospedeiro ser crítica para o sucesso do controle biológico (Bernal & Gonzalez 1993).

Elbadry & Tawfik (1966) reportaram um ciclo de vida muito curto para *Adactylidium ficorum* Goldarazena & Ochoa, com uma nova geração sendo produzida a cada 4 dias à temperatura de 30 °C, o que permite um rápido aumento da população

desse ácaro. Foi verificado, no presente trabalho, que *A. lacunatus* pode desenvolver até 18 gerações/mês, quando se alimenta de ovos de *T. castaneum* e até 14 gerações/mês quando se alimenta em ovos de *C. ferrugineus*. Resultados semelhantes foram observados por Faroni *et al.* (2001), que constataram que o potencial biótico deste ácaro é maior que o de *R. dominica*, sendo então capaz de, num curto período de tempo, desenvolver sua população (12 gerações/mês) de forma que fosse superior a desse hospedeiro. Isso também foi verificado por Steinkraus & Cross (1993), ao observarem que o ácaro *A. mahunkai* se desenvolvia mais rapidamente que seu hospedeiro, o coleóptero *A. diaperinus*. Hoschele & Tanigoshi (1993) também relatam que o ácaro *Pyemotes tritici* (Lagrèze-Fossat & Montagné) produziu 4 a 5 gerações durante o intervalo em que *Anagasta kuehniella* (Zeller) completava uma geração, apresentando, portanto, uma taxa de crescimento também superior à deste hospedeiro. Assim, apresentando um desenvolvimento mais rápido que o dos hospedeiros, esses ácaros podem colonizar o ambiente, exercendo pressão sobre as populações desses insetos, mantendo-as em níveis baixos.

À semelhança de outras espécies de *Acarophenax* spp., *A. lacunatus* apresenta muitas características de um agente de controle biológico efetivo, como definido por Bruce (1983) e Lindquist (1983). O ciclo de vida curto o permite desenvolver mais rápido que os hospedeiros enquanto seu parasitismo ocasiona a destruição dos mesmos. Outro fato importante é que nenhum efeito prejudicial à saúde do homem e de outros animais foi observado por parte de *A. lacunatus* (Faroni *et al.* 2000). Além disso, foi demonstrada sua eficácia na supressão de populações *R. dominica*, *T. castaneum*, *C. ferrugineus* e *Dinoderus minutus* (Fabricius) (Faroni *et al.* 2000, 2001, Oliveira *et al.* 2002, 2003a, 2003b), somado ao fato de que esse ácaro mostrou-se tolerante aos principais inseticidas utilizados para o controle de pragas de grãos armazenados (Gonçalves *et al.* 2004). Assim, esses atributos tornam o ácaro *A. lacunatus* um forte candidato para futura liberação em programas de controle biológico e/ou manejo integrado de pragas em situações de armazenamento de grãos, principalmente em regiões tropicais.

5.Literatura Citada

Bernal, J.S. & D. Gonzalez. 1993. Temperature requires of four parasites of the Russian wheat aphid *Diuraphis noxia*. Entomol. Exp. Appl. 69: 173-182.

- Bruce, W.A. 1983.** Mites as biological control agents of stored product pests. In: M.A. Hoy, L. Knutson & G.L. Cunningham (eds.), *Biological control of pests by mites*. University of California, Berkeley, pp. 74-78.
- Cross, E.A. & G.W. Krantz. 1964.** Two new species of the genus *Acarophenax* (Newstead and Duvall, 1918). *Acarologia* 6: 287-295.
- Debach, P. & D. Rosen. 1991.** *Biological control by natural enemies*. University Press, Cambridge, 2 ed, 386p.
- Elbadry, E.A. & M.S.F. Tawfik. 1966.** Life cycle of the mite *Adactylidium* sp. (Acarina: Pyemotidae), a predator of thrips eggs in the United Arab Republic. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 59: 458-461.
- 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. Technol.* 11: 5-12.
- Gao, J.R. & P. Zou. 1994.** A new species of *Acarophenax* (Acari: Acarophenacidae) from China. *Entomotaxonomia* 16: 291-294.
- Gerson, V. & R. L. Smiley. 1990.** *Acarine biocontrol agents: an illustrated key and manual*. Chapman & Hall, New York. 174p.
- Goldarazena, A., R. Jordana & Z-Q. Zhang. 1997.** *Adactylidium moundi* and *A. costarricensis*, two new species of Acarophenacidae (Acari: Tarsonemida) parasitic on Thysanoptera. *Int. J. Acarol.* 23: 261-268.
- Goldarazena, A., R. Ochoa & R. Jordana, 1999.** Revision of the genus *Paradactylidium* Mahunka (Acari: Heterostigmata). *Internat. J. Acarol.* 25: 91-99.
- Goldarazena, A., R. Ochoa, R. Jordana & B.M. Oconnor. 2001.** Revision of the genus *Adactylidium* Cross (Acari: Heterostigmata: Acarophenacidae), mites associated with thrips (Thysanoptera). *Proc. Entomol. Soc. Wash.* 103: 473-516.
- Gonçalves, J.R., L.R.A. Faroni, R.N.C. Guedes & C.R.F. de Oliveira. 2004.** Insecticide selectivity to the parasitic mite *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) (Prostigmata: Acarophenacidae) on *Rhyzopertha dominica* (Fabr.) (Coleoptera: Bostrichidae). *Neotrop. Entomol.* 33: 243-248.
- Hagstrum, D.W., F.W. Flinn & R.W. Howard. 1996.** Ecology. In: B. Subramanyam & D.W. Hagstrum (eds.), *Integrated Management of Insects in Stored Products*. New York, Marcel Dekker, p.71-134.

- 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.
- Jandel Scientific. 1986.** SigmaPlot Scientific Graphing Software – User’s Manual. Jandel Scientific, San Rafael, CA, USA.
- Kaliszewski, M., F. Athias-Binche & E.E. Lindquist. 1995.** Parasitism and parasitoidism in Tarsonemina (Acari: Heterostigmata) and evolutionary considerations. *Advances in Parasitology* 35: 336-367.
- Khaustov, A.A. 1999.** Redescription of <*Pediculoides*> *Ipidarius* Redikortzev, 1947, and a description of a new species from the genus *Paracarophenax* (Acari: Heterostigmata: Acarophenacidae). *Acarina* 7: 57-59.
- Kogan, M. & J.R.P. Parra. 1981.** Techniques and applications of measurements of consumption and utilisation of phytophagous insects. In G. Bhaskaran, S. Friedman & J.C. Rodriguez (eds.), *Current topics in insect endocrinology and nutrition*. New York, Plenum, p. 337-352.
- Lindquist, E.E. 1983.** Some thoughts on the potential for use of mites in biological control, including a modified concept of “parasitoids”. In M.A. Hoy, L. Knutson & G.L. Cunningham (eds.), *Biological control of pests of mites*. University of California, Berkeley, p. 12-20.
- Livshitz, I.V. & V.I. Mitranov. 1974.** A new species of parasitic mite of the family Acarophenacidae (Acariformes) from Uzbekistan. *Zool. Zh.* 53: 288-289.
- Magowski, W.L. 1994.** Discovery of the first representative of the mite subcohort heterostigmata (Arachnida: Acari) in the Mesozoic Siberian amber. *Acarologia* 35: 229-241.
- Mahunka, S. & A. Fain. 1989.** A new mite species of the cohort Tarsonemina (Acari: Acarophenacidae and Pygmephoridae). *Parasit. Hung.* 22:125-136.
- Mahunka, S. & A.M. Zaki. 1990.** *Acarophenax rackae* sp.n., a new mite species from the Egypt (Acari, Tarsonemina, Acarophenacidae). *Parasit. Hung.* 23: 121-127.
- Maia, A.H.N., A.J.B. Luiz & C. Camponola. 2000.** Statistical inference on associated fertility table parameters using Jackknife technique: computational aspects. *J. Econ. Entomol.* 93: 511-518.
- Marlatt, C.L. 1932.** Report of the Chief Bureau of Entomology, Washington D.C., 1930-31: 87p. (Source: *Review of Applied Entomology Services (A)*, 20:215-218).
- Newstead, R. & H.M. Duvall. 1918.** Bionomic, morfological and economic report on the acarids of stored grain and flour. *R. Soc. Rep. Grain Pests (War) Comm.* 2: 1-59.

- Oliveira, C.R.F., L.R.A. Faroni, R.N.C. Guedes, A. Pallini & J.R. Gonçalves. 2002.** Parasitismo de *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) (Prostigmata: Acarophenacidae) sobre *Dinoderus minutus* (Fabr.) (Coleoptera: Bostrichidae). Neotrop. Entomol. 31: 245-248.
- Oliveira, C.R.F., L.R.A. Faroni & R.N.C. Guedes. 2003a.** Host egg preference by the parasitic mite *Acarophenax lacunatus*. J. Stored Prod. Res. 39: 571-575.
- Oliveira, C.R.F., L.R.A. Faroni, R.N.C. Guedes & A. Pallini. 2003b.** Parasitism by *Acarophenax lacunatus* on Coleoptera pests of stored products. Biocontrol 48 : 503-513.
- Pedigo, L.P. & M.R. Zeiss. 1996.** Analyses in insect ecology and management. Ames, Iowa State University Press, 168p.
- Rack, G. 1959.** *Acarophenax dermestidarum* sp. n. (Acarina: Pyemotidae), ein Eiparasit von *Dermestes*. Arten. Z. Parasitend. 19: 411-431.
- Rady, G.H. 1992.** New genus and species of Acarophenacidae (Acari: Tarsonemina) from Egypt. Ann. Agric. Sci. Moshtohor 30:1129-1135.
- Rakha, M.A. & M.M.H. Kandeel. 1983.** *Acarophenax meropsi* n. sp., from the European bee eater, *Merops apiaster* in Egypt (Acari: Tarsonemida). Acarologia 24: 295-297.
- Steinkraus, D.C. & E.A. Cross. 1993.** Description and life history of *Acarophenax mahunkai*, n. sp. (Acari, Prostigmata: Acarophenacidae), an egg parasite of the lesser mealworm (Coleoptera: Tenebrionidae). Ann. Entomol. Soc. Am. 86: 239-249.
- Wadhi, S.R. & P. Kishore. 1975.** New host record of *Sciara hirtilineata* (Sciaridae: Diptera) and *Acarophenax tribolii* Newstead and Duvall (Scutacaridae: Acarina). Indian J. Entomol. 35: 341-342.

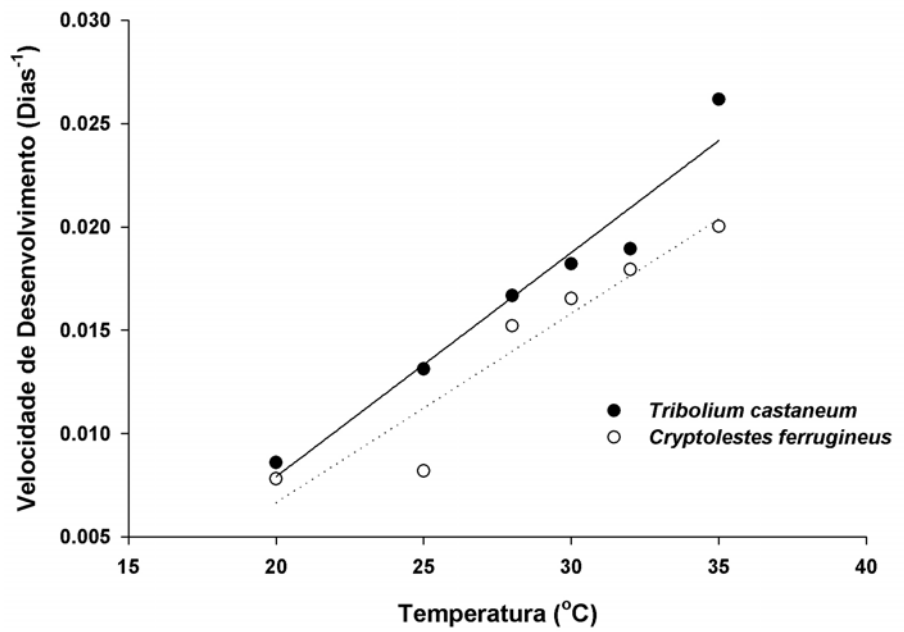


Figura 1- Efeito da temperatura sobre a velocidade de desenvolvimento de fêmeas fisogástricas de *Acarophenax lacunatus* se alimentando em ovos de *Tribolium castaneum* (●) e *Cryptolestes ferrugineus* (○).

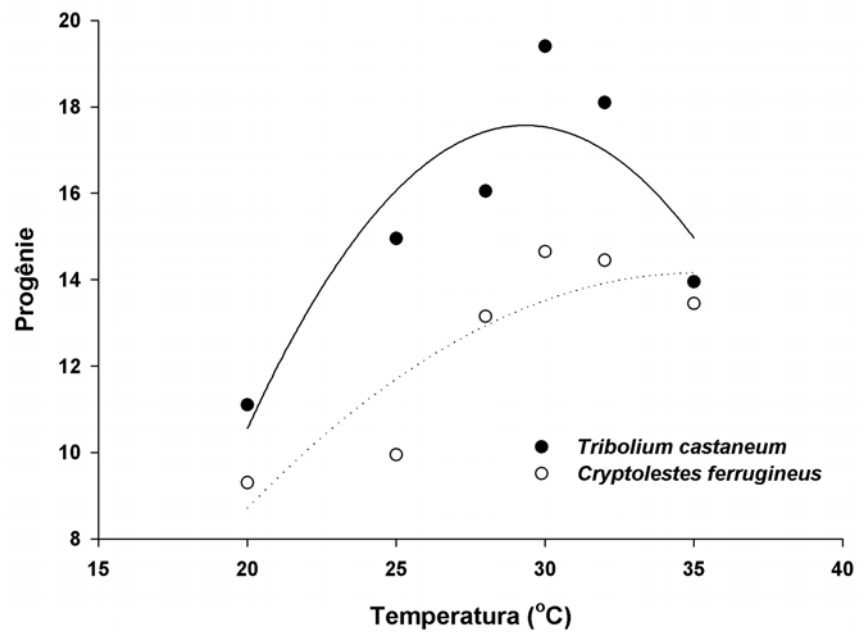


Figura 2- Efeito da temperatura sobre a progênie de fêmeas do ácaro *Acarophenax lacunatus* se alimentando em ovos de *Tribolium castaneum* (●) e *Cryptolestes ferrugineus* (○).

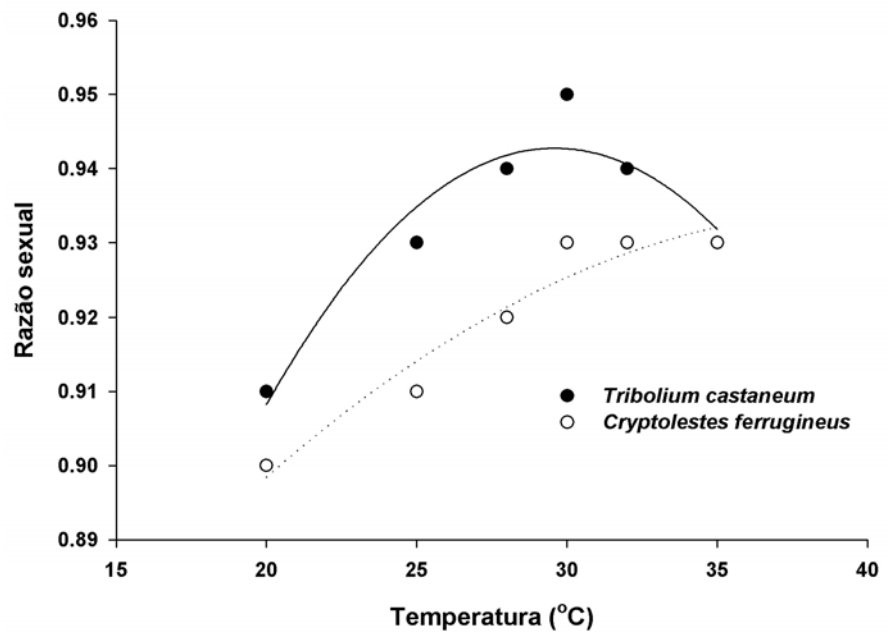


Figura 3- Efeito da temperatura sobre a razão sexual (nº fêmeas/ progênie total) de *Acarophenax lacunatus* recém-emergidos de fêmeas fisogástricas se alimentando em ovos de *Tribolium castaneum* (●) e *Cryptolestes ferrugineus* (○).

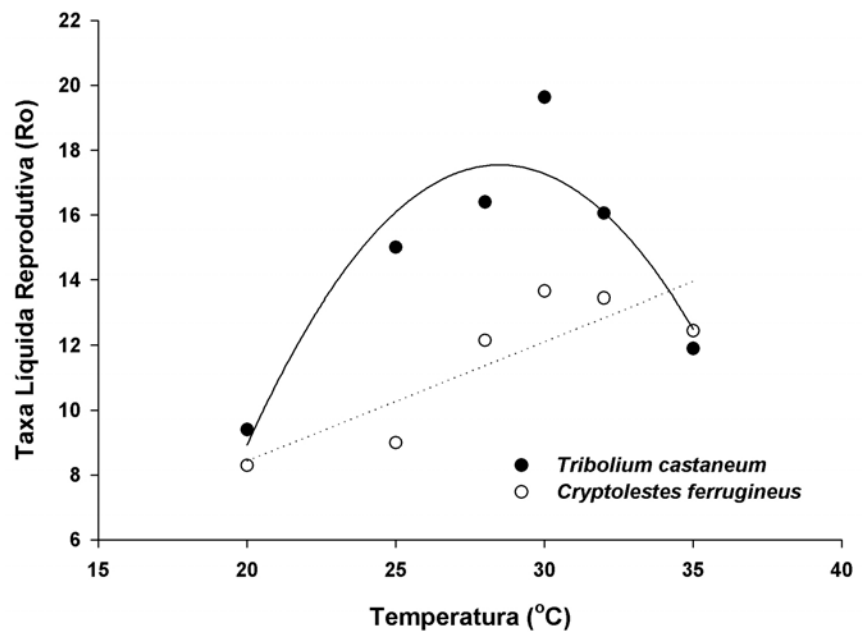


Figura 4- Efeito da temperatura sobre a taxa líquida reprodutiva (Ro) de *Acarophenax lacunatus* recém-emergidos de fêmeas fisogástricas se alimentando em ovos de *Tribolium castaneum* (●) e *Cryptolestes ferrugineus* (○).

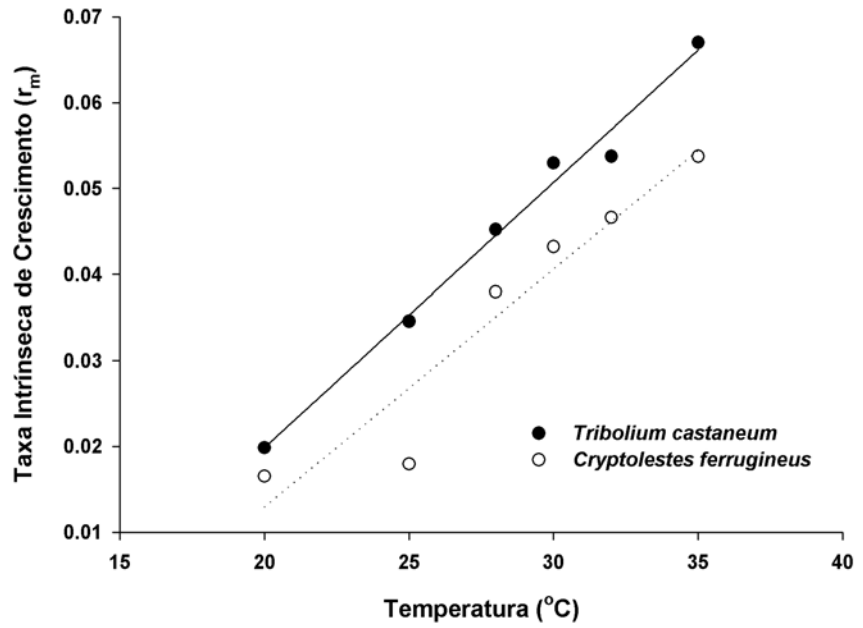


Figura 5- Efeito da temperatura sobre a taxa intrínseca de crescimento (r_m) de *Acarophenax lacunatus* recém-emergidos de fêmeas fisogástricas se alimentando em ovos de *Tribolium castaneum* (●) e *Cryptolestes ferrugineus* (○).

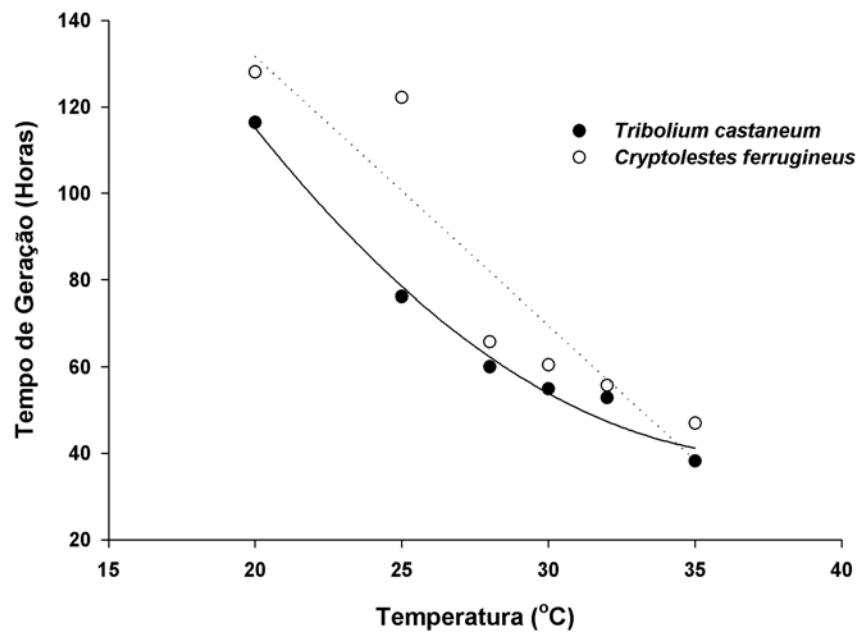


Figura 6- Efeito da temperatura sobre o tempo médio de uma geração (T) de *Acarophenax lacunatus* recém-emergidos de fêmeas fisogástricas se alimentando em ovos de *Tribolium castaneum* (●) e *Cryptolestes ferrugineus* (○).

Tabela 1- Sumário das Análises de Regressão das curvas apresentadas nas figuras (1 a 6).

Variável (Figura)	Modelo	Espécie	Parâmetro Estimado (\pm EP)			GL _{erro}	QMR	F	P	R ²
			a	b	c					
Velocidade de Desenvolvimento (Dias ⁻¹) (Figura 1)	y = ax + b	<i>T. castaneum</i>	-0.014 \pm 0.004	0.001 \pm 0.0001	-	4	0.0000	73.69	0.001	0.95
		<i>C. ferrugineus</i>	-0.012 \pm 0.004	0.0009 \pm 0.0002	-	4	0.0000	36.81	0.003	0.90
Progênie Total (Figura 2)	y = ax ² + bx + c	<i>T. castaneum</i>	-51.84 \pm 7.69	4.73 \pm 0.57	-0.081 \pm 0.010	117	7.12	49.30	< 0.0001	0.46
		<i>C. ferrugineus</i>	-15.01 \pm 4.22	1.65 \pm 0.31	-0.023 \pm 0.006	117	2.14	97.76	< 0.0001	0.62
Razão Sexual (Figura 3)	y = ax ² + bx + c	<i>T. castaneum</i>	0.61 \pm 0.03	0.022 \pm 0.02	-0.0004 \pm 0.000	117	0.0001	64.04	< 0.0001	0.52
		<i>C. ferrugineus</i>	0.68 \pm 0.03	0.014 \pm 0.002	-0.0002 \pm 0.000	117	0.0001	95.93	< 0.0001	0.62
Taxa Líquida de Reprodução (Ro) (Figura 4)	y = ax ² + bx + c	<i>T. castaneum</i>	-79.35 \pm 21.78	6.80 \pm 1.62	0.12 \pm 0.03	3	2.85	9.91	0.04	0.87
	y = ax + b	<i>C. ferrugineus</i>	1.08 \pm 3.25	0.37 \pm 0.11	-	4	1.81	10.55	0.03	0.72
Taxa Intrínseca de Crescimento (r _m) (Figura 5)	y = ax + b	<i>T. castaneum</i>	-0.04 \pm 0.005	0.003 \pm 0.0002	-	4	0.0013	322.18	< 0.0001	0.98
		<i>C. ferrugineus</i>	-0.04 \pm 0.012	0.003 \pm 0.0004	-	4	0.0011	40.73	0.003	0.91
Tempo Médio de Geração (T) (Figura 6)	y = ax + b	<i>T. castaneum</i>	207.50 \pm 18.76	-4.98 \pm 0.65	-	4	60.20	58.21	< 0.001	0.93
		<i>C. ferrugineus</i>	255.88 \pm 36.18	-6.21 \pm 1.26	-	4	223.89	24.36	0.007	0.86

Preferência de *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) (Prostigmata: Acarophenacidae) por Ovos de Diferentes Hospedeiros

CARLOS ROMERO FERREIRA DE OLIVEIRA¹

¹ Departamento de Biologia Animal/Setor de Entomologia,
Universidade Federal de Viçosa, CEP 36570-000, Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

E-mail: crfoliveira@hotmail.com

Resumo: A criação massal de inimigos naturais em laboratório pode levar a mudanças que afetam a eficiência desses agentes de controle biológico. Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo testar a preferência do ácaro *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) por ovos dos coleópteros *Tribolium castaneum* (Herbst), *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) e *Rhyzopertha dominica* (Fabricius), quando mantido por sucessivas gerações em cada um desses hospedeiros. Com isso, buscou-se detectar possíveis mudanças nessa preferência que possam indicar a seleção de linhagens desse ácaro com uma melhor performance sobre estes insetos. As unidades experimentais consistiram de placas de Petri que foram divididas em três regiões. Em cada região da placa foram colocados ovos de um dos coleópteros e, no centro, foi liberada uma fêmea fisogástrica de *A. lacunatus* proveniente de criações de um dos três insetos. Isso foi repetido com ácaros advindos de criações de cada um dos hospedeiros. Foi avaliada a preferência da progênie desses ácaros, sendo o experimento realizado mensalmente, por um período de nove meses, onde foi calculada também a herdabilidade (h^2) para seleção por *T. castaneum* e *C. ferrugineus*. Houve uma influência significativa do tempo sobre a taxa de parasitismo, sendo *R. dominica* o hospedeiro mais parasitado em todas as situações, seguido de *C. ferrugineus*. Apesar disso, o valor da herdabilidade foi maior para *T. castaneum* ($h^2=0,62\pm 0,26$) quando comparado com *C. ferrugineus* ($h^2=0,34\pm 0,32$). Os resultados indicam que podem ser selecionadas linhagens de *A. lacunatus* que apresentem um melhor desempenho particularmente sobre *T. castaneum*.

Palavras-Chave: Ácaro, Preferência Hospedeira, Herdabilidade, Coleópteros.

**Preference of *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) (Prostigmata:
Acarophenacidae) for different host eggs**

Abstract: Mass rearing natural enemies in the laboratory can lead to changes that affect the efficiency of these biological control agents. Therefore the present work aimed to test the preference of the mite *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) for eggs of the coleopterans *Tribolium castaneum* (Herst), *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) and *Rhyzopertha dominica* (Fabricius), when maintained for successive generations in each of these hosts. Changes in host egg preference through different generations were followed to verify if it is possible to select strains of this mite species with improved performance in each of these hosts. The experimental units encompassed Petri dishes divided into three areas, each containing eggs of a different host, and a physogastric female of *A. lacunatus* was released in the center of the Petri dish. The same procedure was replicated with females reared on different hosts. The host egg preference was monthly assessed during seven months and the heritability of the selected trait (host egg preference; h^2) was determined. There was a significant influence of time on the parasitism with the host *R. dominica* always being the most parasitized, followed by *C. ferrugineus*. Despite this, the heritability was higher for performance on *T. castaneum* ($h^2 = 0.62 \pm 0.26$) when compared with *C. ferrugineus* ($h^2 = 0.34 \pm 0.32$). The results indicate the possibility of selecting strains of *A. lacunatus* with better performance on *T. castaneum*.

Key Words: Acari, Host Preference, Heritability, Coleoptera.

1.Introdução

Diversos estudos têm sido desenvolvidos visando à utilização do controle biológico em programas de manejo de pragas de produtos armazenados, devido, principalmente, aos aspectos negativos da utilização de pesticidas, como o aparecimento de resistência a inseticidas em muitas espécies de pragas e a contaminação dos produtos alimentícios por resíduos químicos (Zettler & Cuperus 1990, Chaudhry & Price 1990, Brower *et al.* 1996, Guedes & Zhu 1998). Entretanto, o sucesso do controle biológico depende, dentre outros aspectos, do conhecimento e seleção de inimigos naturais com potencial para serem utilizados nesse tipo de ambiente, de estudos acerca das interações entre esses organismos e as diferentes espécies de praga que ali se desenvolvem, e da sua compatibilidade com outros métodos de controle (Van Den Bosch *et al.* 1982, Luck *et al.* 1988, Debach & Rosen 1991, Brower *et al.* 1996, Flinn 1998, Schöller 1998).

Alguns critérios importantes para a seleção de inimigos naturais a serem utilizados no ambiente de armazenamento são enumerados por Schöller & Flinn (2000), como tolerância à extremos climáticos, elevado potencial reprodutivo e eficiência de busca por hospedeiros/presas. Além disso, outros aspectos devem ser considerados, como o espectro de hospedeiros/presas desses organismos, sua preferência alimentar, capacidade de dispersão e viabilidade em associação com um ou mais inimigos naturais. Tais informações são importantes, já que em produtos armazenados, assim como em outros ambientes, é muito comum a ocorrência simultânea de diferentes espécies de pragas, o que torna necessário a utilização de inimigos naturais com um espectro de hospedeiros relativamente amplo ou a combinação de inimigos naturais especialistas e generalistas (Press *et al.* 1982, Brower & Press 1992, Oliveira *et al.* 2003a).

Stejskal *et al.* (2002) comentam que inimigos naturais generalistas podem persistir após liberações inundativas, devido a possibilidade de se manterem em várias espécies de hospedeiros/presas. Por exemplo, o ácaro *Cheyletus eruditus* (Schrank) (Acari: Cheyletidae) é um predador generalista capaz de se desenvolver em quase todo o complexo de ácaros-praga que infestam produtos armazenados (Pulpan & Verner 1965, Zdárková 1998). Já *Pyemotes tritici* (Lagrèze-Fossat & Montagné) (Prostigmata: Pyemotidae) é um parasita de vários estágios de coleópteros e lepidópteros em produtos armazenados (Bruce & Lecato 1979, 1980, Hoschele & Tanigoshi 1993). Entretanto, segundo Lindquist (1983), organismos que apresentam amplo espectro de hospedeiros,

eventualmente exibem alguma preferência quando lhes é dada uma chance de escolha. Daí a importância dos estudos de preferência alimentar, uma vez que podem servir como um indicativo de como o inimigo natural irá se comportar em situações onde ocorre a presença de diferentes espécies de hospedeiros/presas. Além disso, a eficiência de um inimigo natural pode ser afetada pelas condições do ambiente de armazenamento e pelo modo em que o mesmo é criado e/ou manuseado. Assim, a criação massal de um inimigo natural é uma etapa fundamental para a implementação de um programa de controle biológico (Press *et al.* 1982, Brower & Press 1992).

O ácaro *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) (Prostigmata: Acarophenacidae) vem sendo estudado para o controle biológico de *Rhyzopertha dominica* (Fabricius) (Coleoptera: Bostrichidae), *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae) e *Cryptolestes ferrugineus* Stephens (Coleoptera: Cucujidae) (Faroni *et al.* 2000, 2001, Oliveira *et al.* 2003a, 2003b). Este inimigo natural apresenta alguns atributos que viabilizam sua utilização contra insetos-praga de produtos armazenados como elevado potencial reprodutivo, razão sexual alta, dispersão através de foresia, capacidade de busca por ovos do hospedeiro e ciclo de vida curto.

Em relação ao espectro de hospedeiros utilizados por esse ácaro, as informações ainda são escassas e necessitam de maiores investigações. Oliveira (2001) comenta que a habilidade de *A. lacunatus* em parasitar mais de um inseto e sugere que esse ácaro pode se manter, quando não houver populações de *R. dominica*, em ovos de outros hospedeiros, como *T. castaneum*, *C. ferrugineus* e *Dinoderus minutus* (Fabricius) (Coleoptera: Bostrichidae), o que possibilita seu sucesso em ambientes em deterioração e com pouco alimento disponível. Também foi observado que *A. lacunatus*, em situação de chance de escolha, parasitou significativamente menos ovos de *T. castaneum* que de *R. dominica* e de *D. minutus* (Oliveira *et al.* 2003a). Os autores atribuem essa preferência ao fato desses dois coleópteros, *R. dominica* e *D. minutus*, serem da mesma família e, provavelmente, seus ovos apresentarem similaridades nutricionais e morfológicas. Entretanto, os ácaros utilizados nesses experimentos eram provenientes de criações de *R. dominica*, o que pode ter influenciado nos resultados.

O presente trabalho teve o objetivo de avaliar a preferência de *A. lacunatus* por ovos dos coleópteros *T. castaneum*, *C. ferrugineus* e *R. dominica*, quando mantido nesses hospedeiros por sucessivas gerações, a fim de observar se há seleção de linhagens desse ácaro que apresentem uma melhor performance na escolha desses insetos.

2. Material e Métodos

- Criação massal dos hospedeiros

Para obtenção dos insetos necessários a esta pesquisa, foram estabelecidas criações contínuas dos coleópteros *R. dominica*, *C. ferrugineus* e *T. castaneum*, os quais foram mantidos em frascos de vidro com capacidade de 1,7 L, sobre grãos de trigo semitriturado com umidade em torno de 13%. Os grãos de trigo passaram por um processo de esterilização em um congelador por um período de 15 dias a -10°C . Todas as colônias foram mantidas em câmaras climáticas tipo B.O.D., a $28\pm 2^{\circ}\text{C}$, $65\pm 5\%$ de umidade relativa e escotofase de 24 horas (Oliveira 2001).

- Criação do ácaro *Acarophenax lacunatus* em diferentes hospedeiros

As populações de *A. lacunatus* foram mantidas em criações contínuas de *R. dominica*, *C. ferrugineus* e *T. castaneum*, separadamente, em frascos de vidro com capacidade de 1,7 L contendo grãos de trigo não-tratados com umidade de 13%. As colônias permaneceram em câmaras climatizadas com temperatura de $28\pm 2^{\circ}\text{C}$, escotofase de 24 horas e $65\pm 5\%$ de umidade relativa (Oliveira 2001).

- Obtenção de fêmeas fisogástricas de *Acarophenax lacunatus* para o teste de preferência

Criações de cada um dos insetos hospedeiros sem a presença do ácaro foram peneiradas para a obtenção de ovos, os quais foram colocados no centro de placas de Petri (10 cm Ø), de maneira a se ter em cada placa apenas ovos de um dos hospedeiros. Em seguida, fêmeas recém-emergidas de *A. lacunatus*, provenientes de populações mantidas em cada um dos coleópteros, foram transferidas para a placa contendo os ovos do respectivo hospedeiro na qual foram criadas. Após 24 horas, realizou-se a coleta das fêmeas de *A. lacunatus* em processo de fisogastria, já fixadas nos ovos dos três coleópteros.

- Preferência de *A. lacunatus* por ovos de diferentes hospedeiros

Foram realizados testes de preferência utilizando-se ovos de *R. dominica*, *C. ferrugineus* e *T. castaneum*, que foram coletados peneirando-se as populações não-infestadas com o ácaro, através de uma peneira com abertura de malha de 1mm de diâmetro.

O experimento foi feito em arenas representadas por placas de Petri (5 cm Ø), que foram divididas em três regiões equidistantes, de acordo com metodologia de Oliveira *et al.* (2003a). Em cada região da arena foram colocados ovos de um dos três hospedeiros e, no centro da placa, num ponto equidistante dos ovos, foi liberada uma fêmea fisogástrica de *A. lacunatus* (obtidas de ovos de cada um dos hospedeiros, conforme descrito anteriormente) numa fase próxima à emergência da progênie. Deste modo, os indivíduos da progênie tiveram acesso a ovos de cada um dos três hospedeiros, logo após emergirem. Com a finalidade de evitar a fuga dos ácaros, as arenas foram cobertas com filme plástico de PVC.

As observações foram feitas a cada 12 horas, até que todos os ácaros da progênie tivessem se fixado em algum ovo ou até que houvesse a eclosão das larvas dos insetos. O ensaio foi constituído de três tratamentos (fêmeas fisogástricas de *A. lacunatus* obtidas de ovos de cada um dos hospedeiros) e cinco repetições. A variável avaliada foi o número de ovos parasitados de cada hospedeiro ao longo do tempo.

Estes testes foram repetidos em intervalos de 30 dias, durante nove meses, para se avaliar o desempenho de várias gerações de *A. lacunatus* quando mantido em cada um dos hospedeiros isoladamente. As arenas foram mantidas em câmaras climáticas tipo B.O.D., à temperatura de 28 ± 2 °C, $65 \pm 5\%$ de umidade relativa e escotofase de 24 horas.

- Análise dos dados

Os resultados dos testes de preferência de ovos referentes aos nove meses de avaliação foram submetidos à análise de variância com medida repetida, utilizando-se o programa SAS (SAS Institute 1989). Desta forma, para cada tempo (horas) de avaliação foi utilizado o valor médio de ovos parasitados do mês 1 ao mês 9. Segundo von Ende (1993), este tipo de análise testa as hipóteses de “paralelismo”, “horizontalidade” e

“níveis”, permitindo a interpretação de fatores entre e dentro das parcelas (tempo x suas interações) no experimento.

Foram realizadas análises de regressão do percentual de parasitismo das progênes (geração seguinte) em função das progenitoras (geração anterior) utilizando-se o programa SigmaPlot (Jandel Scientific 1986). Desta forma, obteve-se o coeficiente de regressão (b) que foi usado para estimar a herdabilidade (h^2) da preferência por ovos parasitados de *T. castaneum* e de *C. ferrugineus*. A herdabilidade pode ser usada para medir o grau de semelhança entre pais e suas progênes e é dada através da relação $b=1/2 h^2$. Assim, foi calculada a herdabilidade para *A. lacunatus* quando mantido nos hospedeiros *C. ferrugineus* e *T. castaneum*.

O número de ovos parasitados de cada um dos hospedeiros referentes ao primeiro (1^o) e nono (9^o) meses, que correspondem às gerações 1 e 108 para *T. castaneum*, gerações 1 e 99 para *C. ferrugineus* e gerações 1 e 135 para *R. dominica*, respectivamente, foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Isso possibilitou um maior entendimento do que ocorreu com a preferência de *A. lacunatus* por ovos dos diferentes hospedeiros, considerando-se a primeira e a última geração do ácaro no processo de seleção de linhagens nos três coleópteros.

3.Resultados

O “paralelismo” é testado, na análise de variância com medidas repetidas, com base na significância da interação tempo x hospedeiros. Assim, quando esta interação não é significativa as curvas são paralelas. No presente estudo, não houve diferença significativa para as interações quando *A. lacunatus* foi proveniente tanto de criações do coleóptero *T. castaneum* (Tabela 1) quanto de *C. ferrugineus* (Tabela 2) ou de *R. dominica* (Tabela 3).

O efeito do tempo é testado através da significância da “horizontalidade” das curvas, ou seja, se o tempo não for significativo, o efeito do tratamento não irá variar com o tempo e a representação gráfica é uma reta paralela ao eixo do tempo. O teste de “níveis” corresponde ao efeito da espécie de hospedeiros. Os testes de “horizontalidade” e “níveis” tornam-se pouco relevantes caso a interação tempo x tratamento seja significativa. No caso, o ácaro *A. lacunatus* mostrou diferença significativa no parasitismo de ovos quando exposto aos hospedeiros *T. castaneum*, *C. ferrugineus* e *R.*

dominica por 84 horas, quando foi mantido em qualquer um dos três coleópteros (Tabelas 1, 2 e 3).

Quando mantido sobre o hospedeiro *C. ferrugineus*, o parasitismo de *A. lacunatus* foi influenciado tanto pelo tempo quanto pelos meses (Tabela 2), aumentando de forma linear (Figura 2). Entretanto, para *T. castaneum* e *R. dominica* os meses não exerceram efeito sobre o parasitismo do ácaro *A. lacunatus* (Tabelas 1 e 3), o qual também apresentou crescimento linear (Figuras 1 e 3). Significativamente mais ovos de *R. dominica* foram parasitados quando *A. lacunatus* era proveniente de criações deste inseto ou de *T. castaneum* (Figuras 1 e 3), principalmente no primeiro mês de avaliação. Entretanto, quando *A. lacunatus* era proveniente de criações de *C. ferrugineus* (Figura 2), o parasitismo de ovos de *C. ferrugineus* e *R. dominica* foi semelhante, ou seja, houve uma clara preferência por ovos desses hospedeiros em comparação com *T. castaneum*.

Comparando-se o primeiro e o nono mês em que indivíduos de *A. lacunatus* foram selecionados para preferência sobre o coleóptero *T. castaneum*, houve uma interação significativa entre os ovos parasitados dos diferentes hospedeiros e o mês ($p < 0,05$; $Gl_{\text{erro}}=24$; $F=3,87$) (Tabela 4). Já quando indivíduos deste ácaro vinham sendo selecionados para preferência sobre *C. ferrugineus*, essa interação não foi significativa, ocorrendo apenas efeito significativo das fontes de variação isoladamente ($p < 0,0001$; $Gl_{\text{erro}}=24$; $F=28,43$), sendo que o número médio de ovos de *C. ferrugineus* e *R. dominica* parasitados não diferiu nos dois meses avaliados (Figura 4). Quando indivíduos de *A. lacunatus* foram mantidos em criações de *R. dominica*, também não houve interação significativa entre os ovos parasitados dos diferentes hospedeiros e o mês ($p < 0,0001$; $Gl_{\text{erro}}=24$; $F=57,0$), ocorrendo, entretanto, um maior parasitismo sobre os ovos deste inseto (Figura 5).

Através da análise de regressão do percentual de ovos parasitados das progênies (geração seguinte) em função das progenitoras (geração anterior) obteve-se o coeficiente de regressão (b), estimando-se assim, o valor da herdabilidade para os ácaros mantidos sobre *T. castaneum* ($h^2=0,62 \pm 0,26$) e para os ácaros mantidos sobre *C. ferrugineus* ($h^2=0,34 \pm 0,32$) (Figura 6).

4. Discussão

O parasitismo de *A. lacunatus* é influenciado pela espécie de hospedeiro na qual ele é mantido, sendo que *R. dominica* é o hospedeiro em que este ácaro vem sendo normalmente criado de forma contínua há vários anos no Laboratório de Grãos

Armazenados, no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa. Quando *A. lacunatus* vinha sendo mantido sobre o coleóptero *T. castaneum*, os ovos desse hospedeiro foram significativamente mais parasitados do que aqueles das outras duas situações, onde *R. dominica* e *C. ferrugineus* foram os hospedeiros preferidos. Isso demonstra que a manutenção do ácaro sobre um determinado hospedeiro, por várias gerações, pode melhorar sua performance sobre o mesmo. Tal fato confirma que essa diferença na preferência é equalizada ao final de nove meses, mostrando que selecionar de forma artificial ácaros criados sobre populações de *T. castaneum* é viável, já que há um aumento de seu parasitismo.

O ácaro *A. lacunatus* demonstrou preferência por ovos de *C. ferrugineus* e *R. dominica* em relação a *T. castaneum*, quando vinha sendo mantido em criações de *C. ferrugineus*, sugerindo que o condicionamento por gerações sucessivas do ácaro em populações de *C. ferrugineus* também favoreceu a escolha de ovos desse coleóptero por indivíduos de gerações futuras de *A. lacunatus*. Os ácaros provenientes de criações de *R. dominica* exibiram preferência por ovos desse hospedeiro, sendo importante salientar que *A. lacunatus* vem sendo mantido no Brasil sobre populações de *R. dominica*, desde sua introdução no país em 1992, indicando que tal hábito (preferência por *R. dominica*) pode estar fixado geneticamente.

Em experimentos realizados com os coleópteros *R. dominica*, *D. minutus* e *T. castaneum*, Oliveira *et al.* (2003a) encontraram resultados semelhantes aos do presente trabalho. Os autores observaram que, quando oferecidos ovos desses coleópteros num teste com chance de escolha, o ácaro *A. lacunatus* mostrou uma nítida preferência por ovos de *R. dominica* e de *D. minutus*, em relação aos de *T. castaneum*, e comentam que isso provavelmente ocorreu pelo fato daqueles dois coleópteros serem espécies correlacionadas, uma vez que são da mesma família. Assim, pode-se inferir que os ovos de *R. dominica* e de *D. minutus* podem apresentar similaridades morfológicas e nutricionais e, conseqüentemente, influenciar na atratividade. Entretanto, esses autores utilizaram apenas ácaros provenientes de criações de *R. dominica*, o que pode gerar especulações de que sua preferência pode estar ligada ao condicionamento a esse hospedeiro, dando suporte à hipótese de que está geneticamente fixada, uma vez que foi o coleóptero mais parasitado, mesmo quando os ácaros eram provenientes de criações de *T. castaneum* ou de *D. minutus*.

Sabe-se que a espécie de hospedeiro pode influenciar a performance do parasitismo de ovos em parasitóides (Bergeijk *et al.* 1989, Corrigan & Laing 1994), ou

seja, a criação massal de agentes de controle biológico pode levar a mudanças, inclusive genéticas, na eficiência dessas populações quando comparadas com as populações de campo. Hopper *et al.* (1993) revisaram as mudanças reportadas em laboratório, em criações massais de agentes de controle biológico, e demonstraram que tais mudanças podem afetar o sucesso desses inimigos naturais. Os autores comentam que os parasitóides que atacam mais de uma espécie podem consistir em subpopulações que são adaptadas a diferentes hospedeiros. Esta hipótese foi levantada pela observação de que a aceitação e sobrevivência eram reduzidas quando os parasitóides eram transferidos de outras espécies hospedeiras. Entretanto, com gerações subseqüentes sobre uma nova espécie hospedeira, adaptações a esse novo hospedeiro podem ocorrer por aprendizado ou condicionamento fisiológico. A troca de hospedeiro pode aumentar a aceitação por parte do parasitóide, mas na maioria das vezes isso não ocorre. Isso foi observado para endoparasitóides, que precisam superar as defesas do hospedeiro (Salt 1968), e nessas situações o parasitóide e o metabolismo do hospedeiro estão intimamente relacionados (Vinson & Iwantsch 1980).

Taylor & Stem (1971) encontraram alguma adaptação de *Trichogramma semifumatum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) após três gerações e uma completa adaptação após 100 gerações. Kaiser *et al.* (1989) observaram apenas uma adaptação incompleta em *Trichogramma maidis* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) após 100 gerações sobre um novo hospedeiro. Powell & Wright (1992) lançam a hipótese de que as diferenças surgem da heterogeneidade da gama de hospedeiros entre indivíduos de uma população, com especulações de que alguns indivíduos dentro de uma população apresentam um espectro de hospedeiros maior, enquanto outros têm uma faixa estreita de hospedeiros.

Em relação a ácaros, Lesna & Sabelis (1999) selecionaram duas linhagens do predador *Hypoapis aculeifer* (Canestrini) (Acari: Laelapidae), uma com preferência para a presa *Rhizoglyphus robini* Claparède (Acari: Astigmata) e outra com preferência para *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank) (Acari: Astigmata), ou seja, mostraram diferenças na escolha das presas. Os autores observaram que as duas linhagens se cruzavam sem perda da viabilidade, e que a linhagem que preferia *R. robini* não apresentou mudança na escolha num período de seis meses, apesar de ter sido mantida em criações de *T. putrescentiae*, concluindo que essa linhagem era geneticamente fixada.

A herdabilidade é uma medida do grau em que o fenótipo é influenciado geneticamente e, portanto, o grau em que ele pode ser modificado por seleção fenotípica.

Apesar da performance de indivíduos de *A. lacunatus* provenientes de criações de *C. ferrugineus* ter sido melhorada, a herdabilidade foi maior para ácaros mantidos sobre *T. castaneum* (cerca de 62%) e parece estar sob forte controle genético, já que para os ácaros mantidos sobre *C. ferrugineus* foi menor (cerca de 34%), ou seja, não houve seleção natural para *C. ferrugineus*, ao contrário do observado para *T. castaneum*.

É importante salientar que os ovos de *C. ferrugineus* são menores que os de *T. castaneum* e de *R. dominica* podendo, dessa forma, constituir-se num recurso inferior. Por outro lado, linhagens desse ácaro podem ser selecionadas para uma melhor eficiência se um programa com maior tempo for realizado, uma vez que a seleção ocorre para genótipos capazes de atacar o novo hospedeiro, ou realmente a preferência por *R. dominica* pode estar geneticamente fixada.

Tabela 1- Análise de variância multivariada, com medidas repetidas, do número de ovos dos hospedeiros *T. castaneum*, *C. ferrugineus* e *R. dominica* parasitados por indivíduos de *A. lacunatus* mantidos por sucessivas gerações em criações de *T. castaneum*, num teste com chance de escolha. Efeitos são computados entre parcelas (a) e nas parcelas (b).

(a) Entre parcelas					
Fontes de variação	F	Graus de Liberdade		<i>p</i>	
Meses	2,72	1		0,11	
Hospedeiros	20,92	2		< 0,0001 *	
(b) Nas parcelas					
Fontes de variação	Wilks' Lambda	F	Numerador	Denominador	<i>p</i>
Tempo	0,1202	23,18	6	19	< 0,0001 *
Tempo X Meses	0,7816	0,88	6	19	0,52
Tempo X Hospedeiros	0,7131	0,58	12	38	0,84
Tempo X Meses X Hospedeiros	0,5814	0,98	12	38	0,48

* Significativo a 5% pelo Teste F.

Tabela 2- Análise de variância multivariada, com medidas repetidas, do número de ovos dos hospedeiros *T. castaneum*, *C. ferrugineus* e *R. dominica* parasitados por indivíduos de *A. lacunatus* mantidos por sucessivas gerações em criações de *C. ferrugineus*, num teste com chance de escolha. Efeitos são computados entre parcelas (a) e nas parcelas (b).

(a) Entre parcelas					
Fontes de variação		F	Graus de Liberdade		p
Meses		23,08	1		< 0,0001 *
Hospedeiros		35,43	2		< 0,0001 *
(b) Nas parcelas					
Fontes de variação	Wilks' Lambda	F	Graus de Liberdade		p
			Numerador	Denominador	
Tempo	0,2331	10,42	6	19	< 0,0001 *
Tempo X Meses	0,7912	0,84	6	19	0,56
Tempo X Hospedeiros	0,6684	0,71	12	38	0,74
Tempo X Meses X Hospedeiros	0,7707	0,44	12	38	0,93

* Significativo a 5% pelo Teste F.

Tabela 3 - Análise de variância multivariada, com medidas repetidas, do número de ovos dos hospedeiros *T. castaneum*, *C. ferrugineus* e *R. dominica* parasitados por indivíduos de *A. lacunatus* mantidos por sucessivas gerações em criações de *R. dominica*, num teste com chance de escolha. Efeitos são computados entre parcelas (a) e nas parcelas (b).

(a) Entre parcelas					
Fontes de variação		F	Graus de Liberdade		<i>p</i>
Meses		2,26	1		0,15
Hospedeiros		64,09	2		< 0,0001 *
(b) Nas parcelas					
Fontes de variação	Wilks' Lambda	F	Graus de Liberdade		<i>p</i>
			Numerador	Denominador	
Tempo	0,1413	19,24	6	19	< 0,0001 *
Tempo X Meses	0,4750	3,50	6	19	0,01*
Tempo X Hospedeiros	0,4260	1,68	12	38	0,11
Tempo X Meses X Hospedeiros	0,5499	0,68	12	38	0,98

* Significativo a 5% pelo Teste F.

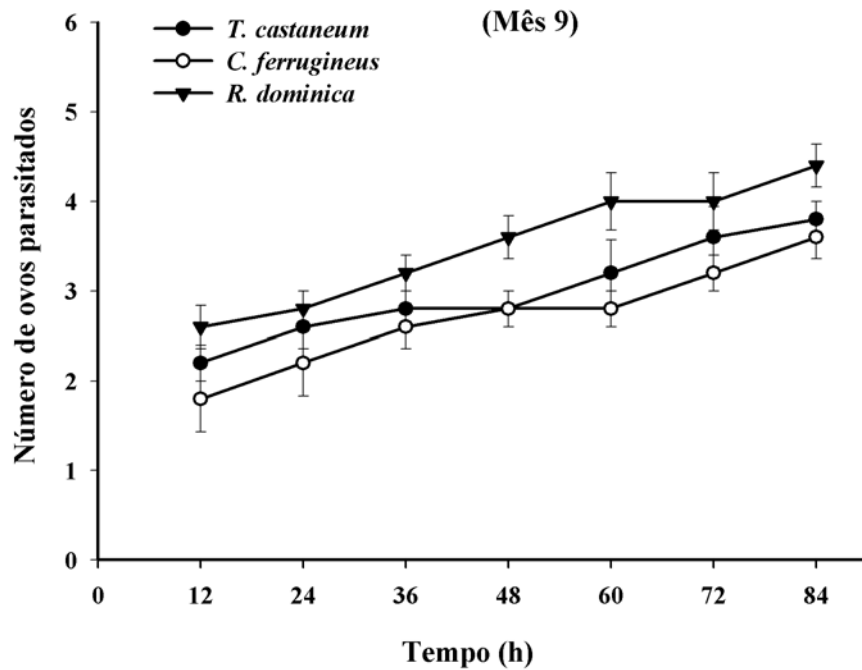
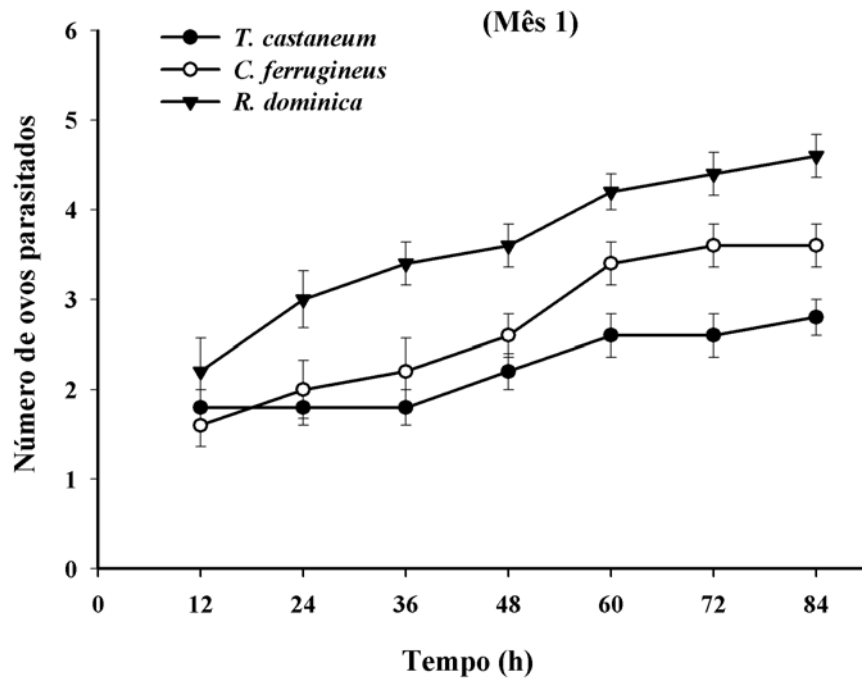


Figura 1- Variação no parasitismo de ovos dos diferentes hospedeiros por fêmeas do ácaro *A. lacunatus* mantidas sobre o coleóptero *T. castaneum*, referente aos meses 1 e 9 de avaliação.

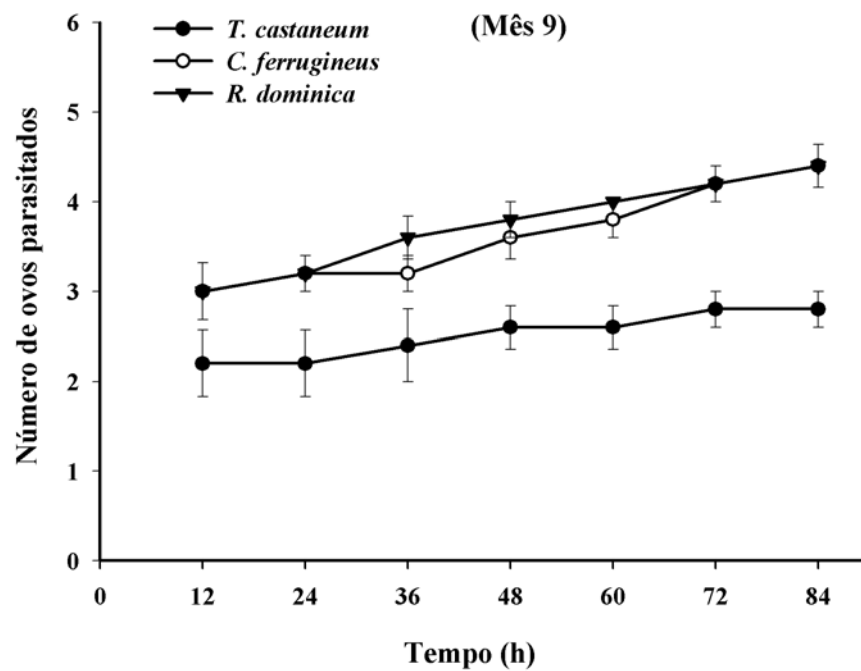
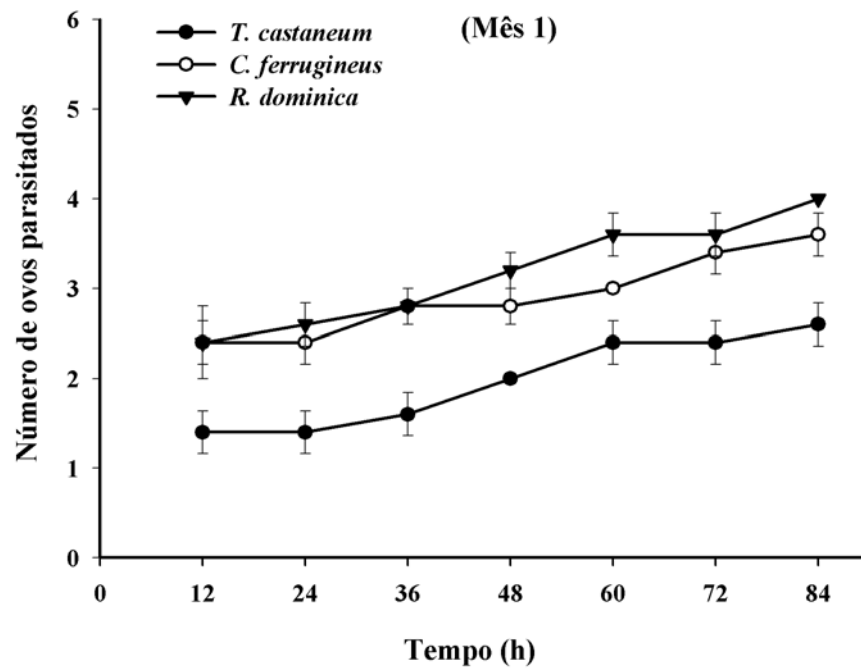


Figura 2- Variação no parasitismo de ovos dos diferentes hospedeiros por fêmeas do ácaro *A. lacunatus* mantidas sobre o coleóptero *C. ferrugineus*, referente aos meses 1 e 9 de avaliação.

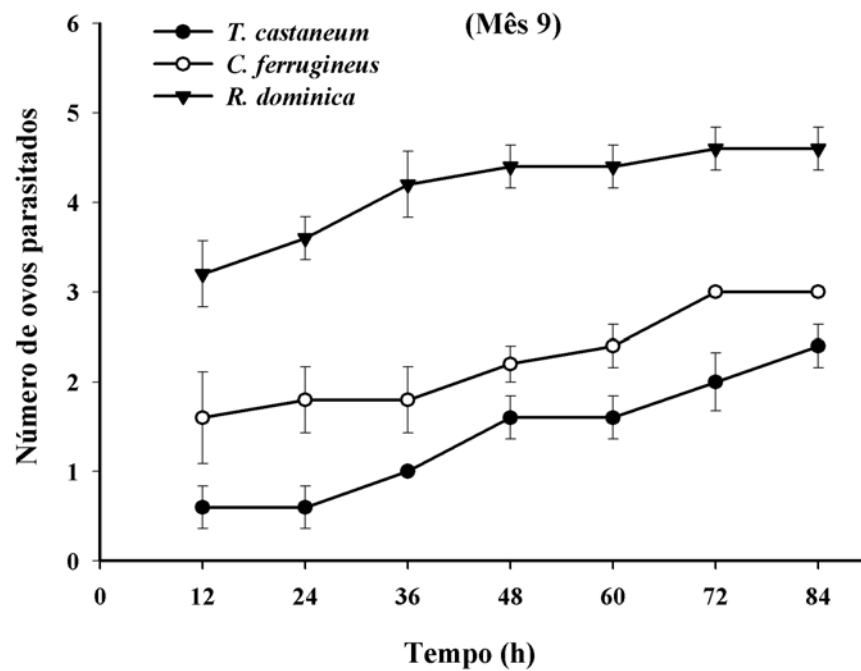
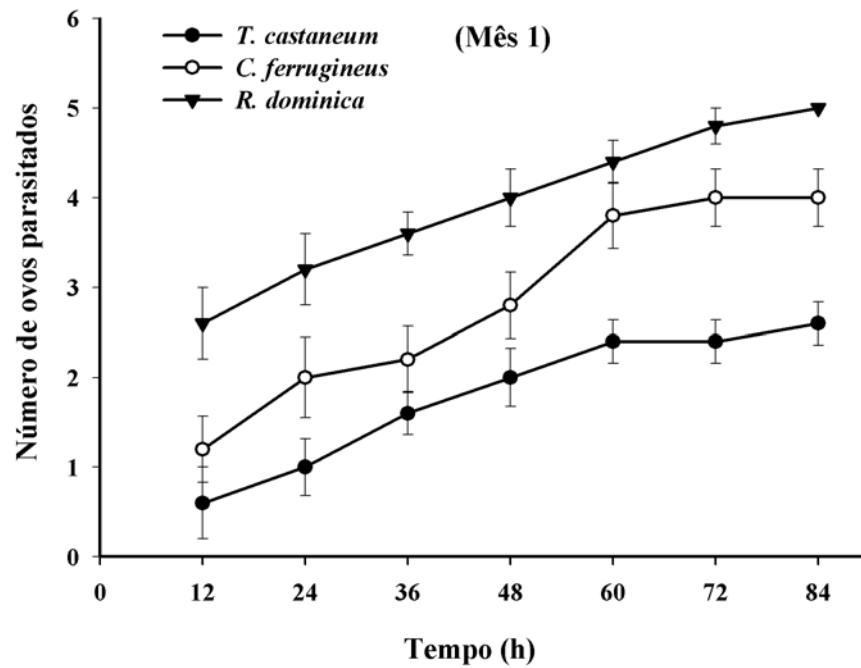


Figura 3- Variação no parasitismo de ovos dos diferentes hospedeiros por fêmeas do ácaro *A. lacunatus* mantidas sobre o coleóptero *R. dominica*, referente aos meses 1 e 9 de avaliação.

Tabela 4- Número de ovos parasitados dos diferentes hospedeiros por fêmeas do ácaro *A. lacunatus* mantidas sobre o coleóptero *T. castaneum*, em dois períodos de avaliação.

TEMPO (Mês)	1 ^o	9 ^o
	HOSPEDEIROS	
<i>Tribolium castaneum</i>	2,8 B b	3,8 A a
<i>Cryptolestes ferrugineus</i>	3,6 B a	3,6 A a
<i>Rhyzopertha dominica</i>	4,0 A a	4,4 A a

- Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

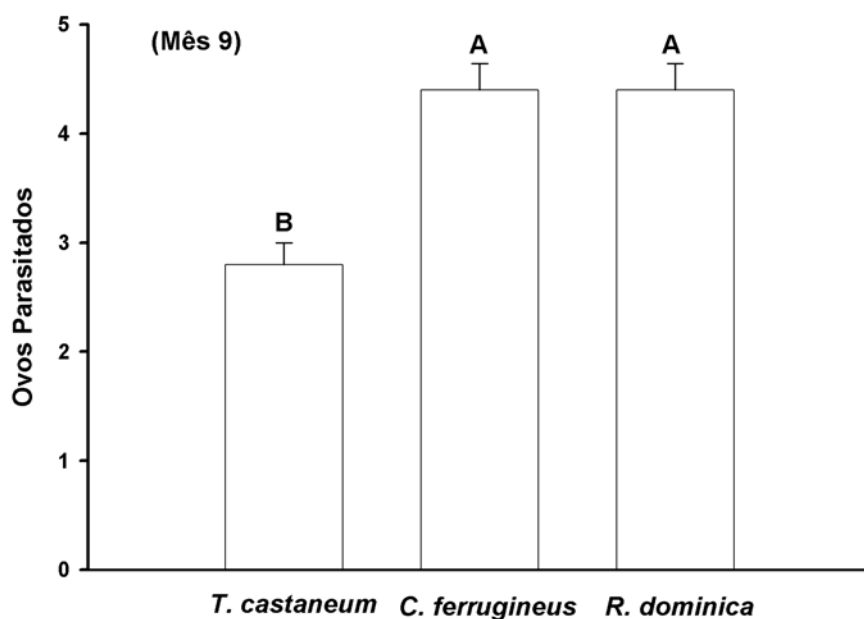
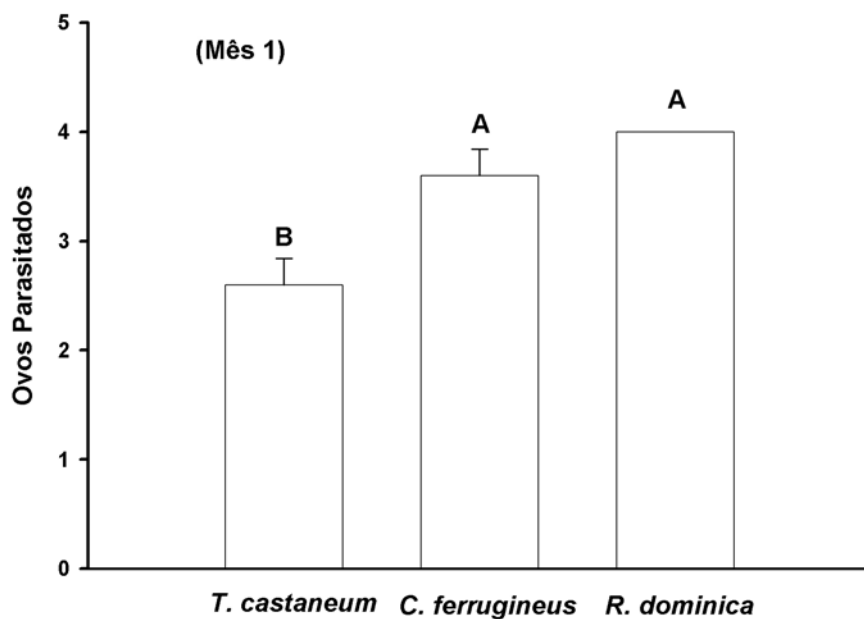


Figura 4- Número médio de ovos dos diferentes hospedeiros parasitados por fêmeas do ácaro *A. lacunatus* mantidas sobre o coleóptero *C. ferrugineus*, referentes aos meses 1 e 9 de avaliação. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

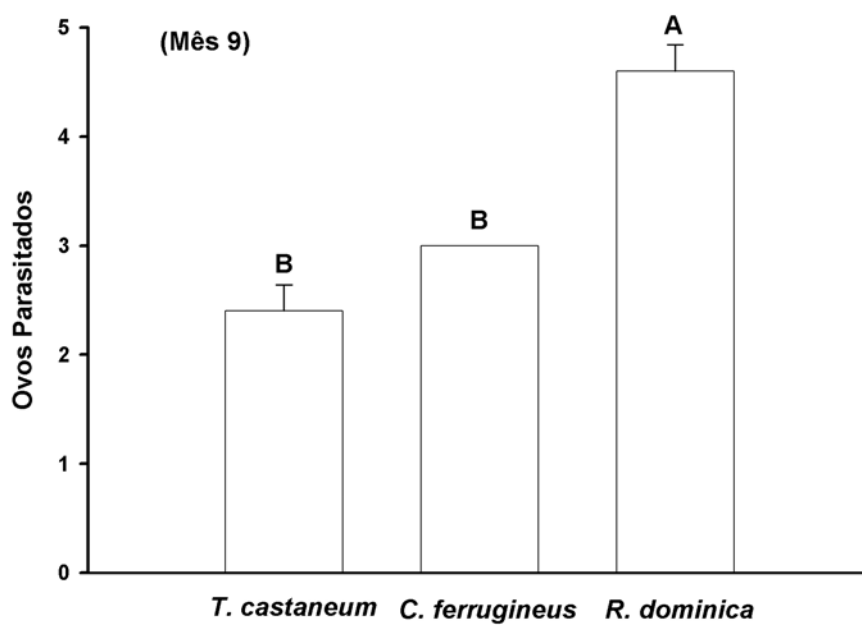
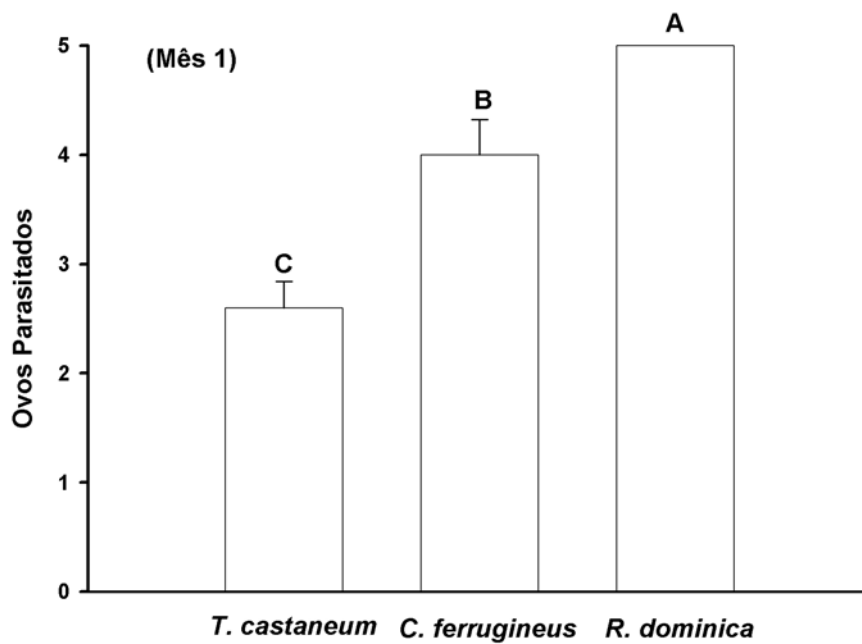


Figura 5- Número médio de ovos dos diferentes hospedeiros parasitados por fêmeas do ácaro *A. lacunatus* mantidas sobre o coleóptero *Rhyzopertha dominica*, referentes aos meses 1 e 9 de avaliação. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

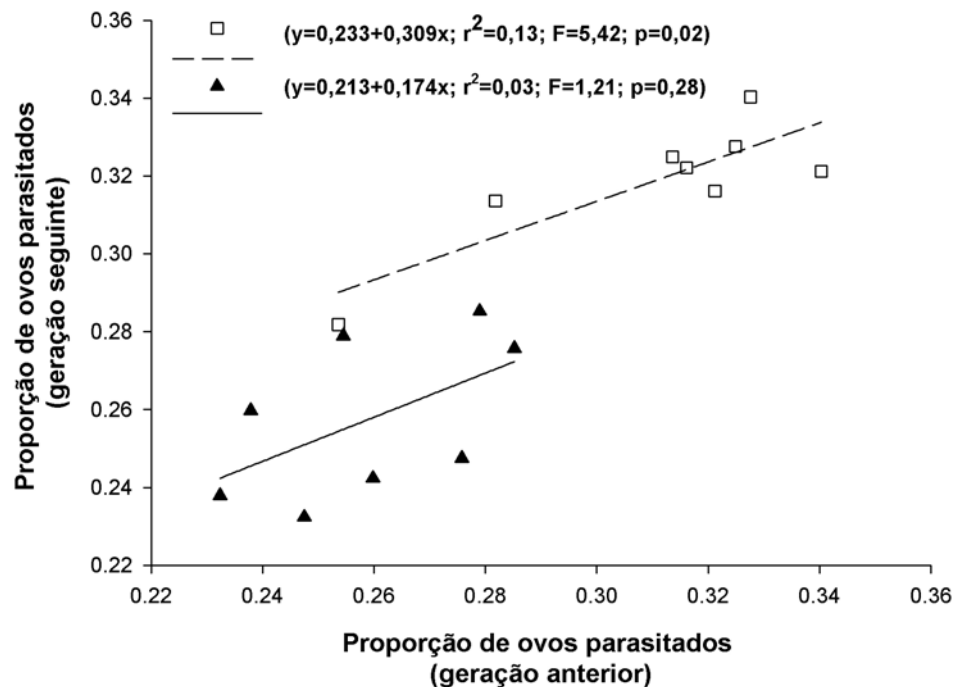


Figura 6- Proporção do número de ovos de (□) *T. castaneum* e (▲) *C. ferrugineus* parasitados pelas progênes (geração seguinte) sobre a proporção do número de ovos parasitados pelas progenitoras (geração anterior) do ácaro *A. lacunatus*.

5.Literatura Citada

- Brower, J.H. & J.W. Press. 1992.** Suppression of residual populations of stored products pests in empty corn bins by release the predator *Xylocoris flavipes* (Reuter). Biol. Control 2: 66-72.
- Bergeijk, K.E. van, F. Bigler, N.K. Kaashoek and G.A. Pak, 1989.** Changes in host acceptance and host suitability as an effect of rearing *Trichogramma maidis* on a factitious host. Entomol. Exp. Appl. 52: 229-238.
- Brower, J.H., L. Smith, P.V. Vail & P.W. Flinn. 1996.** Biological control. In: B.H. Subramanyam & D.W. Hagstrum (eds.), Integrated management of insects in stored products. New York, Marcel Dekker, p.223-286.
- Bruce, W.A. & G.L. Lecato. 1979.** *Pyemotes tritici*: Potential biological control agent of stored product insects. Rec. Adv. Acarol. 1: 213-220.

- Bruce, W.A. & G.L. Lecato. 1980.** *Pyemotes tritici*: A potential new agent for biological control of the red imported fire ant, *Solenopsis invicta* (Acari: Pyemotidae). Int. J. Acarol. 6: 271-274.
- 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.
- Corrigan, J.E. & J.E. Laing. 1994.** Effects of the rearing host species and the host species attacked on performance by *Trichogramma minutum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Environ. Entomol. 3: 755-760.
- Debach, P. & D. Rosen. 1991.** Biological control by natural enemies. University Press, Cambridge, 2 ed., 386p.
- 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. Technol. 11: 5-12.
- Flinn, P.W. 1998.** Temperature effects on efficacy of *Chaetospila elegans* (Hymenoptera: Pteromalidae) to suppress *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) in stored wheat. J. Econ. Entomol. 91: 320-323.
- Guedes, R.N.C. & K.Y. Zhu. 1998.** Characterization of malathion resistance in a mexican population of *Rhyzopertha dominica*. Pestic. Sci. 53: 15-20.
- 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.
- Hopper, K.R., R.T. Roush & W. Powell. 1993.** Management of genetics of biological-control introductions. Annu. Rev. Entomol. 38: 27-51.
- Jandel Scientific. 1986.** SigmaPlot Scientific Graphing Software – User’s Manual. Jandel Scientific, San Rafael, CA, USA.
- Kaiser, L., M.H. Pham-Delegue & C. Masson. 1989.** Behavioural study of plasticity in host preferences *Trichogramma maidis* Pint. et Voeg. Physiol. Entomol. 14: 53-60.
- Lesna, I. & M.W. Sabelis. 1999.** Diet-dependence female choice for males with “good genes” in a soil predatory mite. Nature 401: 581-584.

- Lindquist, E.E. 1983.** Some thoughts on the potential for use of mites in biological control, including a modified concept of “parasitoids”. In: M.A. Hoy, L. Knutson & G.L. Cunningham (eds.), Biological control of pests of mites. University of California, Berkeley, p. 12-20.
- Luck, R.F., M.B. Sheppard & P.E. Kenmore. 1988.** Experimental methods for evaluating arthropod natural enemies. *Annu. Rev. Entomol.* 33: 367-391.
- Oliveira, C.R.F. 2001.** Potencial de parasitismo de *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) em coleópteros-praga de produtos armazenados. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil. (Dissertação de Mestrado). 69p.
- Oliveira, C.R.F., L.R.A. Faroni & R.N.C. Guedes. 2003a.** Host egg preference by the parasitic mite *Acarophenax lacunatus*. *J. Stored Prod. Res.* 39: 571-575.
- Oliveira, C.R.F. de, L.R.A. Faroni, R.N.C. Guedes & A. Pallini. 2003b.** Parasitism by the mite *Acarophenax lacunatus* on beetle pests of stored products. *Biocontrol* 48: 503-513.
- Powell, W. & A.F. Wright. 1992.** The influence of host food plants on host recognition by four aphidiine parasitoids (Hymenoptera: Braconidae). *Bull. Entomol. Res.* 81: 449-54.
- Press, J.W., L.D. Cline & B.R. Flaherty. 1982.** A comparison of two parasitoids, *Bracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae) and *Venturia canescens* (Hymenoptera: Ichneumonidae), and a predator *Xylocoris flavipes* (Hemiptera: Anthocoridae) in suppressing of residual populations of the almond moth, *Ephestia cautella* (Lepidoptera: Pyralidae). *J. Kansas Entomol. Soc.* 55: 725-728.
- Pulpan, J. & P.H. Verner. 1965.** Control of tyroglyphoid mite in stored grain by the predatory mite *Cheyletus eruditus*. *Can. J. Zool.* 43: 417-432.
- Salt, G. 1968.** The resistance of parasitoids to the defense reactions of their hosts. *Biol. Rev.* 43:200-32.
- SAS Institute. 1989.** SAS/STAT User’s guide for personal computers, version 6. SAS Institute, Cary, USA.
- Schöller, M. 1998.** Integration of biological and non-biological methods to control arthropods infesting stored products. *Posth. News Inform.* 9: 15-20.
- Schöller, M. & P.W. Flinn. 2000.** Parasites and Predators. In: B.H. Subramanyam & D.W. Hagstrum (eds.), Alternatives to Pesticides in Stored Product IPM. Integrated Management of Insects in Stored Products. Norwell, Kluwer Academic Publishers, p.229-271.
- Stejskal, V., J. Hubert & J. Lukas. 2002.** Species richness and pest control complexity: will multispecies infestations always require a “multi-bioagent” control? In: C. Adler, S. Navarro, M. Scholler & L.S. Hansen (eds.), Integrated Protection in Stored products. *IOBC Bull.* 25: 1-7.

- Taylor, T.A. & V.M. Stern. 1971.** Host-preference studies with the egg parasite *Trichogramma semifumatum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 64: 1381-90.
- van Den Bosch, R., P.S. Messenger & A.P. Gutierrez. 1982.** An introduction to biological control. New York, Plenum Press, 247p.
- Vinson, S. B. & G.F. Iwantsch. 1980.** Host suitability for insect parasitoids. *Annu. Rev. Entomol.* 25: 397-419.
- von Ende, C.N. 1993.** Repeated-measures analysis: growth and other time-dependent measures. In: S.M. Scheiner & J. Gurevitch (eds.), *Design and analysis of ecological experiments*. New York, Chapman & Hall, pp. 113–137.
- Zdárková, E. 1998.** Biological control of storage mites by *Cheyletus eruditus*. *Integr. Pest Manag.* 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.

**Potencial de Parasitismo do Ácaro *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz)
Sobre o Coleóptero *Tribolium castaneum* (Herbst)**

CARLOS ROMERO FERREIRA DE OLIVEIRA¹

¹ Departamento de Biologia Animal/Setor de Entomologia,
Universidade Federal de Viçosa, CEP 36570-000, Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

E-mail: crfoliveira@hotmail.com

Resumo: O ácaro *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) parasita ovos de coleópteros-praga de produtos armazenados e mostrou-se efetivo no controle biológico desses artrópodes. Desta forma, o objetivo desse trabalho foi avaliar o potencial de parasitismo desse ácaro sobre populações de *Tribolium castaneum* (Herbst). As unidades experimentais consistiram de placas de Petri contendo 25g de grãos de trigo com teor de umidade em torno de 13%, infestadas com 20 adultos desse coleóptero. Após sete dias da infestação, foram inoculadas diferentes densidades do ácaro (0, 2, 4, 6, 8 e 10), em oito repetições. Todas as colônias foram mantidas a 30 ± 2 °C, 50 ± 5 % de UR e escotofase de 24 horas. Após 30 dias, o conteúdo das placas foi passado em peneiras com diferentes aberturas de malha, separando-se os insetos dos grãos, e os resíduos de trigo (pó) com ácaros, ovos e larvas de *T. castaneum*. A perda de peso dos grãos e o número de insetos mortos de *T. castaneum* não foram influenciados pela densidade populacional de *A. lacunatus*. Por outro lado, o aumento da densidade do ácaro acarretou um aumento linear do parasitismo, ao contrário do observado para insetos vivos, larvas e para a taxa instantânea de crescimento do ácaro. Os resultados demonstram a possibilidade de se utilizar esse ácaro no controle biológico de *T. castaneum*.

Palavras-Chave: Acarophenacidae, Tenebrionidae, Controle Biológico, Trigo Armazenado.

**Parasitism Potencial of the Mite *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz)
on *Tribolium castaneum* (Herbst)**

Abstract: The mite *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) parasites eggs of beetle pests of stored products and shows potential as biocontrol agent for these species. Therefore, the objective of the present work was to assess the parasitism potential of this mite species on populations of *Tribolium castaneum* (Herbst). The experimental units encompassed Petri dishes containing 25 g of wheat (13% moisture content) infested with 20 adults of this beetle species. After seven days of infestation, different mite densities (0, 2, 4, 6, 8 and 10) were inoculated into the Petri dishes, in eight replicates. The colonies were maintained at 30 ± 2 °C, 50 ± 5 % r.h. and 24 h scotophase. After 30 days, the contents of each Petri dish were sieved separating the insects from the grain and the wheat residues with mites, eggs and larvae of *T. castaneum*. The grain weight loss and the number of dead insects were not affected by the mite density. In contrast, the increase in mite density led to a linear increase in parasitism, unlike what was observed for live insects, larvae and instantaneous rate of mite population growth. These results indicate the possibility of using this mite species in the biological control of *T. castaneum*.

Key Words: Acarophenacidae, Tenebrionidae, Biologica Control, Stored Wheat.

1.Introdução

A forma mais utilizada para a proteção de grãos armazenados contra insetos tem sido o controle químico tradicional (White & Leesch 1996). Apesar de sua eficácia, o crescente desenvolvimento de resistência em muitas espécies de pragas aos produtos químicos, e a contaminação dos alimentos por resíduos têm levado à procura de alternativas que minimizem os efeitos negativos ocasionados por essa forma de controle (Chaudhry & Price 1990, Zettler & Cuperus 1990, Brower *et al.* 1996). Assim, vários pesquisadores vêm no controle biológico uma ferramenta para solucionar os problemas ocasionados pelo controle químico (Debach & Rosen 1991, Schöller & Flinn 2000).

O coleóptero *Tribolium castaneum* (Herbst) é um inseto amplamente distribuído no mundo, principalmente pela influência do comércio de produtos agrícolas entre os países (Sokololoff 1974). Apresenta grande capacidade de tolerância às diversas mudanças climáticas e é considerada a praga de maior importância em cereais beneficiados (farinhas, rações, farelos, fubá), principalmente a granel (Ziegler 1976, Madrid *et al.* 1990, Rees 1996). Com os sucessivos relatos de problemas de resistência a inseticidas por parte desse inseto, este trabalho teve como objetivo avaliar o parasitismo de *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) sobre *T. castaneum*, uma vez que foi constatada a eficiência desse ácaro no controle de alguns coleópteros-praga (Faroni *et al.* 2000, Gonçalves *et al.* 2001, Oliveira *et al.* 2002, 2003a, 2003b). Somando-se a isso, este ácaro mostrou-se tolerante aos principais inseticidas utilizados para o controle de pragas de produtos armazenados (Gonçalves *et al.* 2004), o que pode viabilizar o emprego deste inimigo natural em programas de manejo integrado em ambientes de armazenamento, principalmente em regiões tropicais.

2.Material e Métodos

As populações de *A. lacunatus* foram obtidas de criações contínuas de *T. castaneum*, mantidas em frascos de vidro com capacidade de 1,7 L, sobre grãos de trigo semitriturado com umidade em torno de 13%. A obtenção de fêmeas de *A. lacunatus* em processo de fisogastria foi feita baseando-se em metodologia de Faroni *et al.* (2000).

Os experimentos foram realizados em câmara climatizada com temperatura de 30 ± 2 °C, umidade relativa de $65 \pm 5\%$ e escotofase de 24 horas, sendo a umidade registrada com o auxílio de um higrômetro. As unidades experimentais consistiram de

placas de Petri (140 mm de Ø por 10 mm de altura) contendo 25 g de grãos de trigo com teor de umidade em torno de 13%, infestadas com 20 adultos de *T. castaneum* com idade entre três e sete dias. Após sete dias da infestação, foram inoculadas diferentes densidades do ácaro (0, 2, 4, 6, 8 e 10 fêmeas de *A. lacunatus* por placa de Petri), em oito repetições. Essas placas foram revestidas com filme plástico de PVC para evitar a fuga dos indivíduos e impedir possíveis contaminações, sendo armazenadas por 30 dias.

Após esse período, o conteúdo das placas foi passado em peneiras com diferentes aberturas de malha, separando-se os insetos dos grãos, e os resíduos de trigo (pó) com ácaros, ovos e larvas de *T. castaneum*. O resíduo foi analisado com auxílio de um microscópio estereoscópico e, em seguida, foi determinada a taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) de *A. lacunatus*, através da equação: $r_i = \ln(N_f / N_0) / \Delta t$; onde: N_f = número final de ácaros; N_0 = número inicial de ácaros; Δt = variação de tempo (número de dias que o ensaio foi executado) (Walthall & Stark 1997). Os dados obtidos foram submetidos a análises de regressão.

3. Resultados e Discussão

O aumento da densidade de fêmeas de *A. lacunatus* levou a um aumento linear no parasitismo de ovos de *T. castaneum* (Fig. 1) e implicou na redução populacional de larvas (Fig. 2) e adultos desse coleóptero (Fig. 3). Tal tendência também foi observada por Faroni *et al.* (2000), que constataram uma redução no incremento populacional de *Rhyzopertha dominica* (Fabricius) em torno de 40 a 94%, após 45 dias da inoculação de diferentes densidades de fêmeas fisogástricas de *A. lacunatus*. Resultados semelhantes foram obtidos por Gonçalves *et al.* (2001), que observaram que a porcentagem de ovos de *R. dominica* parasitados pelo ácaro *A. lacunatus* mostrou tendência crescente com aumento do número de ácaros inoculados. Oliveira *et al.* (2002, 2003a) avaliaram o parasitismo de *A. lacunatus* sobre diferentes hospedeiros e comentaram que esse ácaro também reduziu o número de larvas e adultos dos coleópteros *Dinoderus minutus* (Fabricius) e *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens), sendo esta redução uma medida direta do parasitismo de ovos.

Uma peculiaridade observada em *A. lacunatus*, e em outros Acarophenacidae, é o processo denominado fisogastria, o qual consiste no alargamento do corpo da fêmea durante a alimentação no hospedeiro, e que permite a acomodação simultânea de vários embriões, caracterizando o desenvolvimento da progênie, que emerge sexualmente madura (Gerson & Smiley 1990, Evans 1992). Assim, logo após o nascimento, a

progênie está apta a parasitar os ovos do hospedeiro. Somando-se a isso, o parasitismo desse ácaro é fatal aos ovos de *T. castaneum*, que tem o seu desenvolvimento interrompido. Isto também foi observado com o ácaro *Acarophenax mahunkai* Steinkraus & Cross, cujo parasitismo, invariavelmente, destrói os ovos do coleóptero *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Steinkraus & Cross 1993).

No presente estudo, o aumento da densidade de ácaros implicou na redução da taxa instantânea de crescimento de *A. lacunatus* (Fig. 4), o que pode indicar que houve competição por alimento (ovos de *T. castaneum*) quando havia uma maior quantidade do inimigo natural. Resultados semelhantes foram obtidos por Gonçalves *et al.* (2001) estudando o parasitismo de *A. lacunatus* sobre o coleóptero *R. dominica*. Portanto, em programas de controle biológico pode-se utilizar o ácaro *A. lacunatus* em pequenas densidades, como quatro ácaros fisogástricos, uma vez que essa densidade ocasiona uma diminuição do número de larvas da praga semelhante à diminuição ocasionada por 10 ácaros fisogástricos. Sugere-se então, que o ácaro *A. lacunatus* seja utilizado em programas de controle biológico aumentativo, com liberações em baixas densidades.

Para a perda de peso dos grãos ocasionada pelo ataque dos insetos ($F=3,53$; $p>0,05$) e para o número de insetos mortos ($F= 0,13$; $p>0,05$) não houve diferença significativa entre os tratamentos. Isso se reflete no fato de que o ácaro *A. lacunatus* não afeta a fase adulta do inseto, ou seja, não mata o adulto. No entanto, como parasita e destrói o ovo hospedeiro pode reduzir possíveis reinfestações da praga, impossibilitando que muitos indivíduos cheguem à idade adulta .

Estudos sobre a biologia de *A. lacunatus* realizados por Faroni *et al.* (2001) mostraram que o potencial biótico desse ácaro é maior que o de *R. dominica*, podendo desenvolver até 12 gerações em 30 dias. Isto possibilita ao ácaro dominar o ambiente, uma vez que, nas mesmas condições, *R. dominica* completa uma geração em 35 dias (Faroni 1992). O mesmo foi observado por Oliveira *et al.* (2002, 2003a) para os coleópteros *D. minutus* e *C. ferrugineus*, em que *A. lacunatus* é capaz de, num curto período de tempo, se desenvolver mais rapidamente que esses hospedeiros. Segundo Hoschele & Tanigoshi (1993), o ácaro *Pyemotes tritici* (Lagrèze-Fossat & Montagné) pode desenvolver quatro a cinco gerações no mesmo período em que o hospedeiro *Anagasta kuehniella* (Zeller) desenvolve apenas uma geração, demonstrando que essa capacidade é uma importante característica de inimigos naturais.

O parasitismo do ácaro *A. lacunatus* levou a uma redução do número de larvas e adultos de *T. castaneum*, demonstrando que pode exercer pressão sobre as populações

desse coleóptero. Os adultos de *T. castaneum* podem viver por muitos meses, ou até anos, em condições ótimas (30 a 35 °C e 75% de umidade relativa), sob as quais sua população pode aumentar consideravelmente (Rees 1996). Com isso, é importante que os agentes de controle biológico apresentem uma taxa de incremento populacional superior a de seus hospedeiros, como é o caso de *A. lacunatus* e *P. tritici*.

Diante do exposto, fica constatada a possibilidade de se utilizar o ácaro *A. lacunatus* no controle biológico de *T. castaneum*, uma vez que pode reduzir o crescimento populacional desse e de outros coleópteros-praga de produtos armazenados, como observado por Faroni *et al.* (2001) e por Oliveira *et al.* (2002, 2003a).

4.Literatura Citada

Brower, J.H., L. Smith, P.V. Vail & P.W. Flinn. 1996. Biological control, p.223-286. In: B. Subramanyam, & D.W. Hagstrum (eds.), Integrated Management of Insects in Stored Products. New York, Marcel Dekker, 426p.

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.

Debach, P. & D. Rosen. 1991. Biological Control by Natural Enemies. Cambridge, University Press, 2 ed., 386p.

Evans, G.O. 1992. Principles of Acarology. Wallingford, CAB International, 563p.

Faroni, L.R.A. 1992. Biología y control del gorgojo de los granos *Rhyzopertha dominica* (F.). Universidad Politécnica de Valencia, E.T.S.I.A. Valencia, Espanha. (Tese de Doutorado).134p.

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. Technol. 11: 5-12.

Gerson, V. & R.L. Smiley. 1990. Acarine biocontrol agents: an illustrated key and manual. New York, Chapman & Hall, 174p.

- 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.
- Gonçalves, J.R., L.R.A. Faroni, R.N.C. Guedes & C.R.F. de Oliveira. 2004.** Insecticide selectivity to the parasitic mite *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) (Prostigmata: Acarophenacidae) on *Rhyzopertha dominica* (Fabr.) (Coleoptera: Bostrichidae). Neotrop. Entomol. 33: 243-248.
- 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.
- Madrid, F.J., N.D.G. White & S.R. Loschiavo. 1990.** Insects in stored cereals, and their association with farming practices in southern Manitoba. Can. Entomol. 122: 515-523.
- Oliveira, C.R.F. de, L.R.A. Faroni, R.N.C. Guedes, A. Pallini & J.R. Gonçalves. 2002.** Parasitismo de *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) (Prostigmata: Acarophenacidae) sobre *Dinoderus minutus* (Fabr.) (Coleoptera: Bostrichidae). Neotrop. Entomol. 31: 245-248.
- Oliveira, C.R.F. de, L.R.A. Faroni, R.N.C. Guedes & A. Pallini. 2003a.** Parasitism by the mite *Acarophenax lacunatus* on beetle pests of stored products. Biocontrol 48: 503-513.
- Oliveira, C.R.F. de, L.R.A. Faroni & R.N.C. Guedes. 2003b.** Host egg preference by the parasitic mite *Acarophenax lacunatus* (Prostigmata: Acarophenacidae). J. Stored Prod. Res. 39: 571-575.
- Rees, D.P. 1996.** Coleoptera. In: B. Subramanyam & D.W. Hagstrum (eds.), Integrated Management of Insects in Stored Products. New York, Marcel Dekker, p.1-39.
- Schöller, M. & P.W. Flinn. 2000.** Parasites and Predators. In: B.H. Subramanyam & D.W. Hagstrum (eds.), Alternatives to Pesticides in Stored Product IPM. Integrated Management of Insects in Stored Products. Boston, Kluwer Academic Publishers, p.229-271.
- Sokoloff, A. 1974.** The biology of *Tribolium*. Oxford, University Press, 610p.
- Steinkraus, D.C. & E.A. Cross. 1993.** Description and life history of *Acarophenax mahunkai*, n. sp. (Acari, Prostigmata: Acarophenacidae), an egg parasite of the Lesser mealworm (Coleoptera: Tenebrionidae). Ann. Entomol. Soc. Am. 86: 239-249.

- 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. & J.G. Leesch. 1996.** Chemical control. In: B. Subramanyam & D.W. Hagstrum (eds.), *Integrated Management of Insects in Stored Products*. New York, Marcel Dekker, p.287-330.
- 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.
- Ziegler, J.R. 1976.** Evolution of the migration response: emigration by *Tribolium* and the influence of age. *Evolution* 30: 579–592.

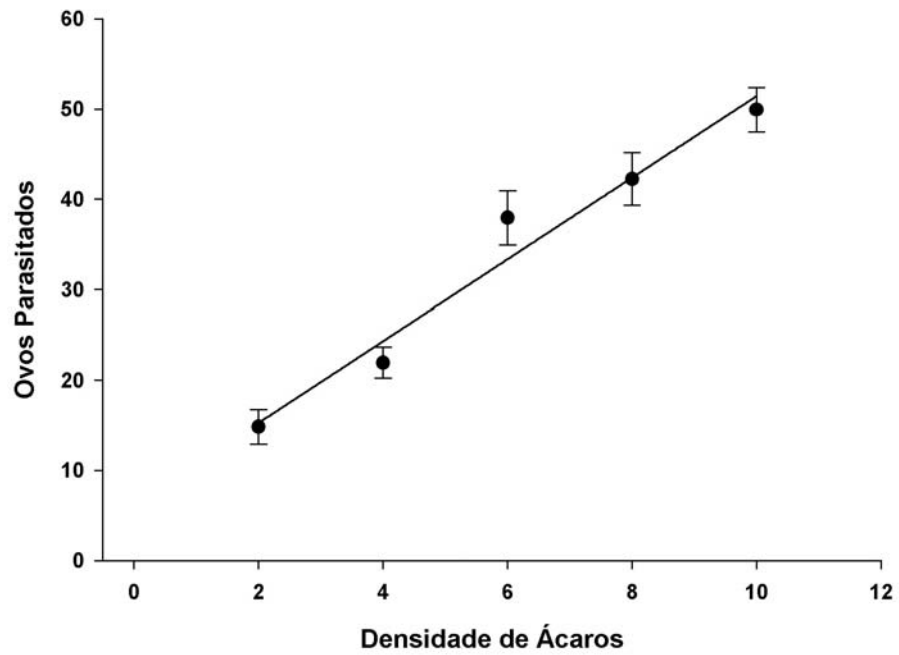


Figura 1- Número de ovos parasitados de *T. castaneum* após 30 dias da inoculação de fêmeas fisogástricas de *A. lacunatus* ($y = 6,24 + 4,523x$; $F=129,32$; $p<0,0001$; $GL_{\text{erro}}=38$; $r^2 = 0,77$).

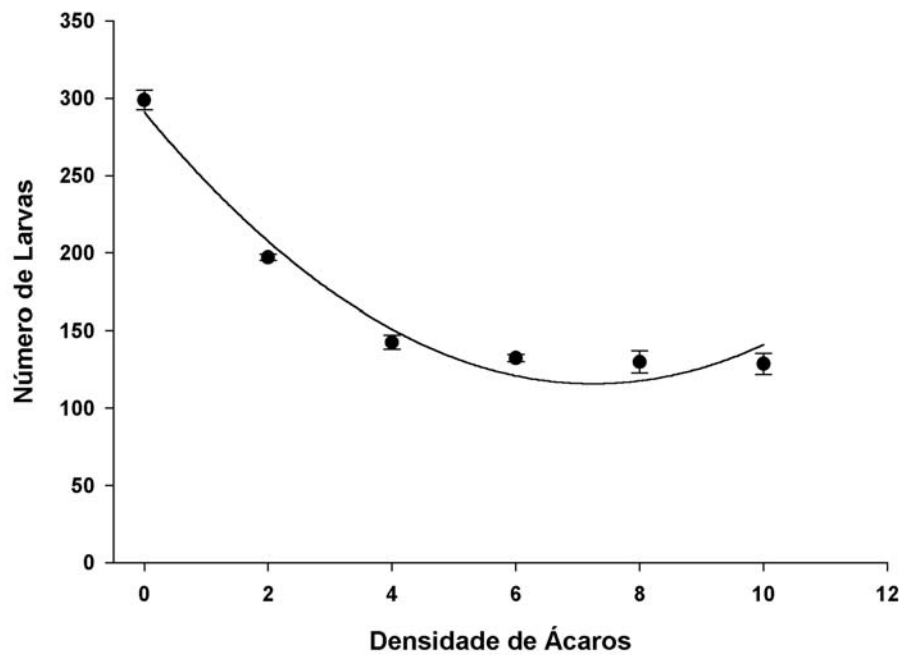


Figura 2- Número de larvas de *T. castaneum* após 30 dias da inoculação de fêmeas fisogástricas de *A. lacunatus* ($y = 289,76 - 46,894x + 3,171x^2$; $F=270,30$; $p<0,0001$; $GL_{\text{erro}}=45$; $R^2 = 0,92$).

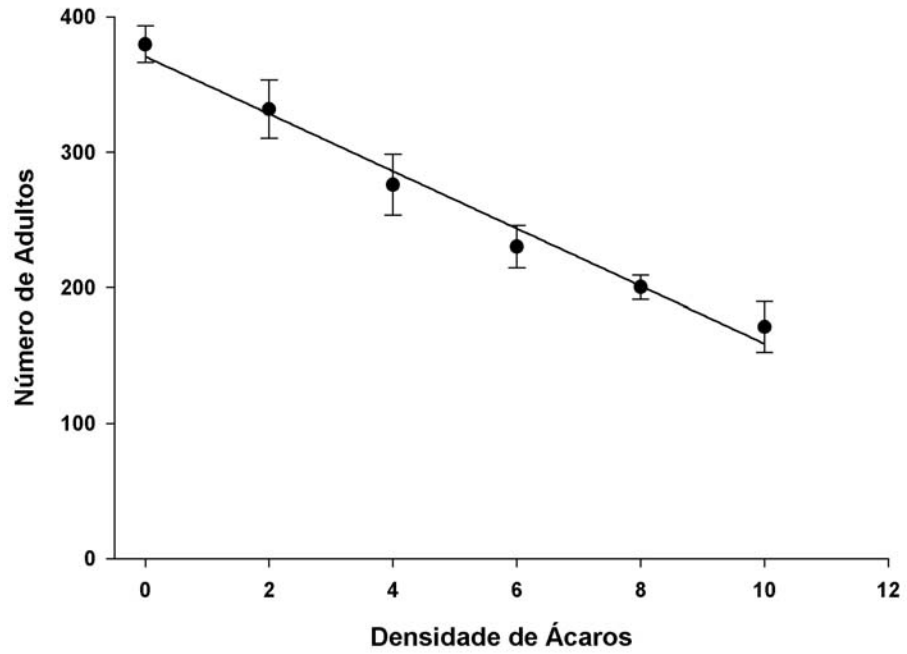


Figura 3- Número de adultos de *T. castaneum* após 30 dias da inoculação de fêmeas fisogástricas de *A. lacunatus* ($y= 370,79 - 21,176x$; $F=108,38$; $p<0,0001$; $GL_{\text{erro}}=46$; $r^2 = 0,70$).

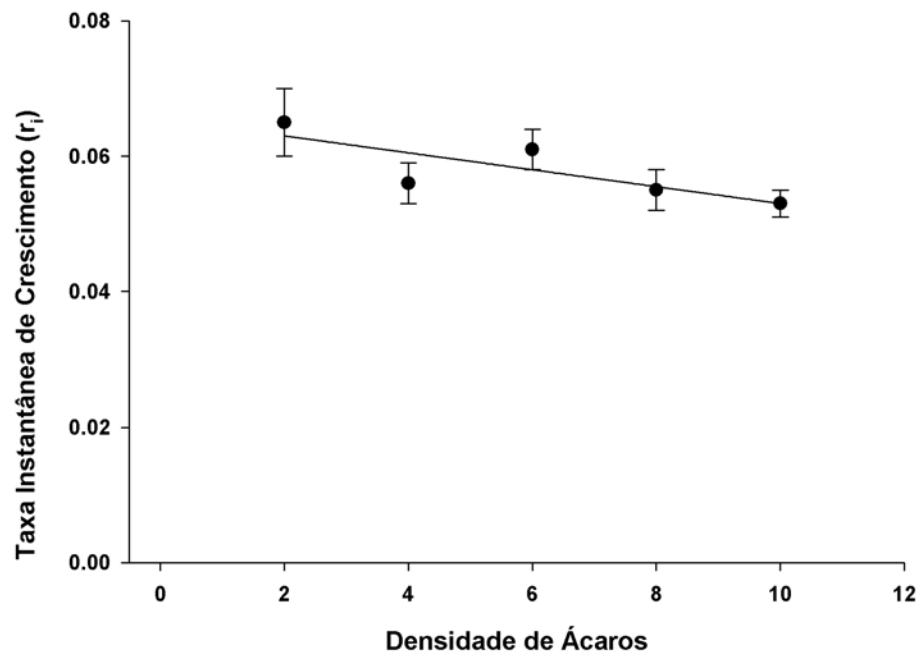


Figura 4- Taxa instantânea de crescimento (r_i) de *A. lacunatus* em ovos de *T. castaneum* ($y= 0,065 - 0,001x$; $F=6,24$; $p<0,001$; $GL_{\text{erro}}=38$; $r^2 = 0,65$).

Conclusões Gerais

O estudo da sobrevivência de *A. lacunatus*, em regime de inanição, mostrou que esse ácaro suporta a ausência de alimento até 60 horas nas temperaturas acima de 30 °C. Esse tempo é prolongado nas temperaturas abaixo de 28 °C, como esperado, talvez devido a uma diminuição do seu metabolismo. Tal resistência é de grande importância, uma vez que possibilita a manutenção deste ácaro no ambiente de armazenamento inclusive em situações adversas, como por exemplo, momentos de escassez de alimento ou em períodos nos quais os seus hospedeiros interrompem a oviposição.

Outro fator importante diz respeito à capacidade de dispersão de *A. lacunatus* numa massa de grãos. A habilidade deste ácaro em localizar o hospedeiro *R. dominica* em diferentes profundidades dessa massa de grãos demonstra que, até pelo menos 20 cm de profundidade, esse ácaro dispersa de forma ativa. Isto possibilita a exploração e colonização de novos ambientes buscando ativamente os ovos dos hospedeiros, mesmo que de maneira limitada, não dependendo, entretanto, exclusivamente da dispersão passiva (foresia) para isso.

A temperatura influenciou o desenvolvimento de *A. lacunatus* sobre os hospedeiros *T. castaneum* e *C. ferrugineus*. Temperaturas próximas a 30 °C possibilitam o desenvolvimento mais rápido desse inimigo natural e maximizam o seu potencial de parasitismo, indicando que este ácaro pode ser utilizado em programas de controle biológico desses coleópteros, especialmente, em regiões tropicais.

A manutenção de *A. lacunatus* sobre *T. castaneum*, por várias gerações, pode favorecer a seleção de linhagens deste ácaro com uma melhor performance sobre este hospedeiro, já que ao final de nove meses, houve um aumento no parasitismo dos ovos deste coleóptero e a preferência de *A. lacunatus* pelos outros hospedeiros foi equalizada.

O potencial de parasitismo de *A. lacunatus* sobre o hospedeiro *T. castaneum*, em trigo armazenado, demonstrou que o aumento da densidade do ácaro ocasionou um aumento linear do número de ovos parasitados desse coleóptero, reduzindo suas populações.