

ELISANGELA GOMES FIDELIS DE MORAIS

**FATORES DETERMINANTES DO ATAQUE DOS PULGÕES *Brevicoryne
brassicae*, *Lipaphis erysimi* E *Myzus persicae* AO REPOLHO**

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*.

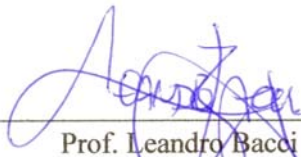
**VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2010**

ELISANGELA GOMES FIDELIS DE MORAIS

FATORES DETERMINANTES DO ATAQUE DOS PULGÕES *Brevicoryne brassicae*, *Lipaphis erysimi* E *Myzus persicae* AO REPOLHO

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: 16 de fevereiro de 2010.



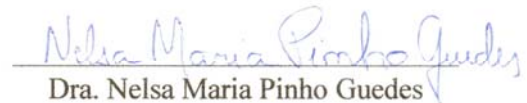
Prof. Leandro Bacci
(Co-orientador)



Prof. Simon Luke Elliot
(Co-orientador)



Dr. Marcelo Rodrigues dos Reis



Dra. Nelsa Maria Pinho Guedes



Prof. Marcelo Coutinho Picanço

(Orientador)

AGRADECIMENTOS

A DEUS, por me dar a vida, fé e saúde para vencer mais essa etapa e por estar comigo em todos os momentos.

A Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Biologia Animal, pela oportunidade de realização deste curso.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudo.

Ao meu orientador e amigo, professor Marcelo Picanço, pela orientação, pelo incentivo e pelos seus conselhos. À sua esposa Kátia e aos seus filhos Mayara, Luíza e Marcelo Filho, pelo agradável convívio.

Ao professor Sam Elliot pelas valiosas críticas ao trabalho e pela enorme contribuição ao meu conhecimento científico. Aos professores Leandro Bacci e Raul Guedes pela co-orientação e pela atenção sempre que precisei. Ao Dr. Marcelo Reis (meu amigo de turma) e à Dra. Nelsa Guedes por participarem da banca examinadora e pelas excelentes sugestões a este trabalho.

Aos amigos do Laboratório de Manejo Integrado de Pragas: Adriano, Aelton, Darley, Gerson, Elisa, Emerson, Ézio, Fernanda, Flávio, Jardel, Júlio, Maiara, Mateus Chediak, Mateus Campos, Nilson, Jander, Jorgiane, Pablo, Paulo, Reginaldo, Renan, Renata, Ricardo, Rodrigo, Rogério, Rômulo, Silvério, Shaiene, Suzana, Tarcisio e Vânia pela ajuda durante a execução deste trabalho e pelo agradável convívio.

Às secretárias do Programa de Pós-graduação em Entomologia Dona Paula e Miriam e ao funcionário Zé Evaristo pela seriedade e eficiência no trabalho que fazem.

Aos funcionários da Horta da Universidade Federal de Viçosa, em especial ao Sr. Antônio e ao Sr. Vanderley pela disponibilidade em ajudar.

Ao meu querido esposo Sílvio, pelo amor, companheirismo e paciência demonstrada ao longo desses anos de convivência.

Aos meus pais Eliazar e Iraci, pelo amor e carinho sempre a mim demonstrado e por me apoiarem e me incentivarem a estudar. Aos meus irmãos Éliton e Elias e minha cunhada Cleide por sempre orarem e torcerem por mim. Aos meus demais familiares, amigos e irmãos em Cristo que sempre tiveram uma palavra amiga para me animar nas horas difíceis.

E, finalmente, a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a execução deste trabalho.

BIOGRAFIA

ELISANGELA GOMES FIDELIS DE MORAIS, filha de Eliazar Joaquim Fidelis e Iraci Norvina Gomes Fidelis, nasceu em Belo Horizonte, em 27 de junho de 1981.

Em dezembro de 1999, concluiu o Curso Técnico em Contabilidade na Escola Municipal Antonio D'Assis Martins e o Ensino Médio na Escola Estadual Amélia Santana Barbosa em Betim, Minas Gerais.

Em março de 2000, ingressou no curso de Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa, graduando-se em janeiro de 2005. Durante a graduação, de agosto de 2000 a janeiro de 2005, foi estagiária no Laboratório de Manejo Integrado de Pragas do DBA/UFV sob orientação do Prof. Marcelo Coutinho Picanço, onde desenvolveu vários trabalhos com manejo integrado pragas de hortaliças, grandes culturas, fruteiras e ornamentais e participou do projeto de Controle Biológico da planta invasora *Miconia calvescens*.

Ingressou no Programa de Pós-Graduação de Mestrado em Entomologia na Universidade Federal de Viçosa em março de 2005, sob a orientação do Prof. Marcelo Coutinho Picanço, defendendo tese em 13 de fevereiro de 2007.

Em março de 2007 ingressou no Programa de Pós-Graduação em Entomologia, em nível de Doutorado na mesma instituição, sob a orientação do Prof. Marcelo Coutinho Picanço, defendendo tese em 16 de fevereiro de 2010. Atualmente é bolsista do Programa Nacional de Pós Doutorado da Capes, sob a coordenação do Prof. Raul Narciso Carvalho Guedes.

SUMÁRIO

RESUMO	v
ABSTRACT	vi
INTRODUÇÃO GERAL	1
LITERATURA CITADA	5
CAPÍTULO 1: MORTALIDADE NATURAL DE <i>Brevicoryne brassicae</i> , <i>Lipaphis erysimi</i> E <i>Myzus persicae</i> EM REPOLHO	9
RESUMO	9
ABSTRACT	10
1. INTRODUÇÃO	11
2. MATERIAL E MÉTODOS	13
2.1. Instalação dos experimentos	13
2.2. Criação dos pulgões	14
2.3. Estabelecimento da coorte	15
2.4. Avaliação das causas de mortalidade	16
2.5. Construção e análise das tabelas de vida	18
3. RESULTADOS	22
3.1. Tabelas de vidas ecológicas de <i>Brevicoryne brassicae</i>	22
3.1.1. Fatores de mortalidade de <i>Brevicoryne brassicae</i>	22
3.1.2. Estádios críticos de mortalidade de <i>Brevicoryne brassicae</i>	23
3.1.3. Fatores chave de mortalidade de <i>Brevicoryne brassicae</i>	23
3.2. Tabelas de vidas ecológicas de <i>Lipaphis erysimi</i>	25
3.2.1. Fatores de mortalidade de <i>Lipaphis erysimi</i>	25
3.2.2. Estádios críticos de mortalidade de <i>Lipaphis erysimi</i>	26
3.2.3. Fatores chave de mortalidade de <i>Lipaphis erysimi</i>	26
3.3. Tabelas de vidas ecológicas de <i>Myzus persicae</i>	27
3.3.1. Fatores de mortalidade de <i>Myzus persicae</i>	27
3.3.2. Estádios críticos de mortalidade de <i>Myzus persicae</i>	28
3.3.3. Fatores chave de mortalidade de <i>Myzus persicae</i>	28
4. DISCUSSÃO	36
5. LITERATURA CITADA	42
CAPÍTULO 2: SAZONALIDADE DE <i>Brevicoryne brassicae</i> , <i>Lipaphis erysimi</i> E <i>Myzus persicae</i> : FENOLOGIA DO REPOLHO, ELEMENTOS CLIMÁTICOS E INIMIGOS NATURAIS	50
RESUMO	50
ABSTRACT	51
1. INTRODUÇÃO	52
2. MATERIAL E MÉTODOS	55
2.1. Localização e condução dos cultivos	55
2.2. Monitoramento de <i>B. brassicae</i> , <i>L. erysimi</i> e <i>M. persicae</i> e seus inimigos naturais	55
2.3. Dados climáticos	57
2.4. Análise dos dados	57
3. RESULTADOS	59
4. DISCUSSÃO	74
5. LITERATURA CITADA	83
CONCLUSÕES GERAIS	96

RESUMO

MORAIS, Elisangela Gomes Fidelis, D.Sc. Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2010. **Fatores determinantes do ataque dos pulgões *Brevicoryne brassicae*, *Lipaphis erysimi* e *Myzus persicae* ao repolho.** Orientador: Marcelo Coutinho Picanço. Co-orientadores: Leandro Bacci, Raul Narciso Carvalho Guedes e Simon Luke Elliot.

Os pulgões *Brevicoryne brassicae*, *Lipaphis erysimi* e *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) são importantes pragas do repolho. No planejamento de estratégias e táticas de manejo de pragas é fundamental a determinação dos fatores que afetam a dinâmica populacional destes organismos e de seus estádios e fatores chave de mortalidade. Assim, objetivou-se neste trabalho: (1) identificar os estádios críticos e os fatores chave de mortalidade dos pulgões do repolho, por meio de tabelas de vida ecológicas destes insetos; e (2) determinar os efeitos da fenologia das plantas, dos elementos climáticos e dos inimigos naturais na sazonalidade destas pragas em 16 cultivos de repolho conduzidos de 2007 a 2009. Os estádios críticos de mortalidade de *B. brassicae*, *L. erysimi* e *M. persicae* foram o quinto, primeiro e terceiro ínstar ninfal, respectivamente. A predação por larvas de Syrphidae (Diptera) e adultos de Coccinellidae (Coleoptera) foram os fatores chave de mortalidade de *B. brassicae* e *M. persicae*, respectivamente. Enquanto que para *L. erysimi* o fator chave de mortalidade foram os distúrbios fisiológicos do inseto. As maiores densidades das três espécies de pulgão ocorreram no inverno. *Brevicoryne brassicae* atacou preferencialmente a fase de desenvolvimento da cabeça do repolho. Já *L. erysimi* ocorreu mais as fases de desenvolvimento e fechamento da cabeça do repolho e *M. persicae* ocorreu mais nas fases de início de formação e de desenvolvimento da cabeça do repolho. As populações dos pulgões foram afetadas negativamente pelas chuvas, elevadas temperaturas e umidade relativa do ar. Maiores densidades de pulgões alados foram observadas no início e no final dos cultivos. A produção de formas aladas por *B. brassicae* e *L. erysimi* foi proporcional às densidades de pulgões da espécie e também foi afetada positivamente pelo parasitismo e a densidade do predador *Aphidoletes* sp. (Diptera: Cecidomyiidae). A mortalidade de pulgões por fungos Entomophthorales foi afetada positivamente por seu inóculo e ocorrência de chuvas, e negativamente pelas elevadas temperaturas do ar. O parasitismo de *M. persicae* foi maior no período chuvoso e proporcional a densidade deste pulgão. A abundância de larvas de *Aphidoletes* sp. (Diptera: Cecidomyiidae) também foi proporcional a densidade de pulgões.

ABSTRACT

MORAIS, Elisangela Gomes Fidelis, D.Sc. Universidade Federal de Viçosa, February, 2010. **Factors determinating the attack of aphids *Brevicoryne brassicae*, *Lipaphis erysimi* e *Myzus persicae* on cabbage.** Adviser: Marcelo Coutinho Picanço. Co-advisers: Leandro Bacci, Raul Narciso Carvalho Guedes and Simon Luke Elliot.

Aphids *Brevicoryne brassicae*, *Lipaphis erysimi* e *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) are important cabbage pests. Determination of factors which affect the population dynamic of pest and their critical life stages and mortality key factors is fundamental for planning of strategies and tactics management of these organisms. The In this research aimed to: (1) identify the critical life stages and mortality key factors of cabbage aphids, through ecological life tables of these insects; and (2) determine the effect of plant phenology, climatic elements and natural enemies in seasonal variation of these pests on cabbage crops cultivated from 2007 to 2009. The critical life stages of *B. brassicae*, *L. erysimi* e *M. persicae* were the fifth, first and third nymphal instar, respectively. Predation by Syrphidae (Diptera) larva and Coccinellidae (Coleoptera) adult were the mortality key factors of *B. brassicae* e *M. persicae*, respectively. While the mortality key factor of *L. erysimi* was the physiological disturbance of insect. The highest densities of three aphid species were in winter. *Brevicoryne brassicae* preferentially attacked the stage of cabbage-heads development. While *L. erysimi* occurred more in the stage of development and maturation cabbage-heads and *M. persicae* occurred more in the stages of early formation and development cabbage-heads. Aphids' populations were negatively affected by rainfall, high air temperatures and air relative humidity. Densities of winged forms were higher in the early crop and in the stage of maturation cabbage-heads. The production of winged forms of *B. brassicae* e *L. erysimi* was proportional to densities of aphids of species and was also affected positively by parasitism and by the density of predator *Aphidoletes* sp. (Diptera: Cecidomyiidae). Aphids' mortality by Entomophthorales fungi was positively affected by inoculum and rainfall, and negatively by high air temperatures. Parasitism of *M. persicae* was higher in rain seasons and proportional to aphid's density. Abundance of *Aphidoletes* sp. (Diptera: Cecidomyiidae) larvae was also proportional to aphids' density.

INTRODUÇÃO GERAL

Os pulgões *Brevicoryne brassicae* L., *Lipaphis erysimi* Kalt. e *Myzus persicae* Sulz (Hemiptera: Aphididae) são importantes pragas das brássicas, incluindo o repolho *Brassica oleracea* var. *capitata* L. Os danos causados por esses insetos são sucção de seiva, introdução de toxinas e transmissão de viroses. Os sintomas mais visíveis do ataque são encarquilhamento e clorose das folhas e brotações (Blackman & Eastop, 2000; Collier & Finch, 2007). Em repolho, a sucção de seiva por pulgões provoca ainda a má formação de cabeças (Catie, 1990). Esses insetos também eliminam com suas fezes uma grande quantidade de líquido adocicado, sobre o qual crescem fungos de coloração escura, cujo sintoma é comumente chamado de fumagina. Por estes motivos, o ataque de pulgões compromete tanto a produtividade quanto a qualidade de cabeças de repolho.

O pulgão-das-brássicas *B. brassicae* é cosmopolita e especialista, alimentando-se de muitas espécies do gênero *Brassica* (Ellis & Singh, 1993). As formas ápteras apresentam coloração verde esbranquiçado, com pontos marrons e pretos na parte superior do abdome, suas antenas são do mesmo comprimento do corpo, e seus cornículos são curtos. Já as formas aladas possuem cabeça e tórax pretos, abdômen verde com manchas escuras na parte dorsal e antenas mais curtas do que o corpo, com veias proeminentes. As formas ápteras secretam uma abundante secreção cerosa que deixam seu corpo esbranquiçado, o que facilita a identificação desta espécie (Ellis & Singh, 1993; Blackman & Eastop, 2000). Ao contrário de *L. erysimi* e *M. persicae*, o *B. brassicae* ataca preferencialmente folhas jovens e brotações (Hopkins et al., 1998; Blackman & Eastop, 2007; Pettersson et al., 2007).

O pulgão-da-mostarda *L. erysimi* é um afídeo generalista e cosmopolita que ataca tanto folhas quanto partes terminais de talos e de inflorescências de várias

espécies de brássicas. Esta espécie foi recentemente introduzida no Brasil e por bastante tempo confundida com *B. brassicae*. Esta confusão também ocorreu na América do Norte (Davis, 1914). *Lipaphis erysimi* ataca couve, brócolis, couve-flor e repolho (Souza-Silva & Ilharco, 1995) e se destaca como uma das principais pragas da mostarda (*Brassica juncea*) na Índia e China (Liu et al., 1997; Singh & Malik, 1998; Chattopadhyay et al., 2005; Ahuja et al., 2009). Os ápteros de *L. erysimi* apresentam variação de cor que vai de verde amarelado, verde acinzentado até verde oliva. Os alados possuem abdômen verde escuro com listras laterais que separam os segmentos do corpo, enquanto que as nervuras das asas e as antenas, com exceção da base, são de cor preta (Blackman & Eastop, 2000).

O pulgão-verde *M. persicae* é uma espécie polífaga, que ataca diversas espécies de plantas cultivadas e não cultivadas. Os indivíduos ápteros apresentam coloração verde clara quase transparente, com cabeça, antenas e tórax pretos. Já a forma alada é de coloração verde, com uma mancha escura no abdômen e cabeça, antena e tórax pretos (Blackman & Eastop, 2007).

Assim como os demais pulgões, *B. brassicae*, *L. erysimi* e *M. persicae* apresentam dimorfismo alar, produzindo indivíduos ápteros e alados. Nas regiões de clima tropical, como o Brasil, apenas fêmeas vivíparas, ápteras e aladas, são produzidas e a reprodução ocorre por partenogênese (Williams & Dixon, 2007). A produção de fêmeas aladas é desencadeada por diversos fatores, entre eles os inimigos naturais, a competição intra e interespecífica e os elementos climáticos. Nas regiões de clima temperado, fêmeas e machos alados são produzidos no final do outono, para que ocorra a reprodução sexuada e os ovos colocados entrem em diapausa no inverno. Durante as demais estações do ano, somente fêmeas vivíparas partenogénicas (aladas ou ápteras) são produzidas (Müller et al., 2001; Braendle et al., 2006).

Os pulgões *B. brassicae*, *L. erysimi* e *M. persicae* apresentam ciclo de vida curto e alta capacidade reprodutiva, portanto, quase sempre atingindo altas densidades populacionais no campo (Costello & Altieri, 1995; Lehmus et al., 1996; Vidal, 1997; Singh & Malik, 1998). Entretanto, verifica-se que as populações destes insetos são reguladas por diversos fatores bióticos e abióticos. Dentre os bióticos estão os inimigos naturais, as interações inter e intraespecíficas e a própria planta hospedeira. Os principais fatores abióticos são os elementos climáticos e os controlados pelo homem, como por exemplo, a utilização de inseticidas.

Os principais inimigos naturais de *B. brassicae*, *L. erysimi* e *M. persicae* citados na literatura são os fungos entomopatogênicos da ordem Entomophthorales e a espécie *Lecanicillium lecanii* (Ascomycota: Hypocreales) (Scorsetti et al., 2007; Vu et al., 2007), os parasitóides da família Braconidae e Aphelinidae (Geiger et al., 2005; Powell & Pell, 2007) e os predadores das famílias Coccinellidae e Syrphidae (Nieto et al., 2006; Ambrosino et al., 2007; Powell & Pell, 2007; Obrycki et al., 2009).

Os fatores abióticos que podem afetar as populações de pulgões são a temperatura do ar, as chuvas, os ventos e umidade relativa do ar. Sendo a temperatura do ar o principal fator regulador das populações de pulgões (Harrington et al., 1995; Morgan, 2000). Indiretamente, a temperatura do ar pode afetar a densidade de pulgões, interferindo no desenvolvimento, na reprodução e na migração destes indivíduos e diretamente, em temperaturas extremas, causando sua mortalidade (Bale et al., 2007; Hazell et al., 2008).

Poucos estudos têm sido realizados com objetivo de se indentificar a ação conjunta dos inimigos naturais e os efeitos dos elementos climáticos sobre as populações dos pulgões *B. brassicae*, *L. erysimi* e *M. persicae* em cultivos de brássicas. As pesquisas geralmente são feitas com cada fator de mortalidade isolado e as

informações de como funciona o agroecossistema como um todo são escassas (Ponti et al., 2007; Newton et al., 2009).

As tabelas de vida têm sido uma das principais ferramentas utilizadas para identificar e quantificar os fatores que causam mortalidade em insetos-praga (Gonring et al., 2003; Naranjo & Ellsworth, 2005; Bacci, 2006; Pereira et al., 2007). Por meio de tabelas de vida ecológicas é possível determinar os estádios críticos e os fatores chave de mortalidade de um organismo (Podoler & Rogers, 1975; Rabinovich, 1978). O que contribuirá para que táticas e estratégias de manejo de pragas sejam realizadas no momento correto e de forma a considerar e a incrementar a ação dos agentes naturais de controle.

Os estudos de dinâmica populacional também são de fundamental importância para o desenvolvimento de programas de manejo de pragas eficientes. A sazonalidade de pragas é influenciada por diversos fatores bióticos e abióticos. A compreensão de como cada fator age sobre estes organismos pode auxiliar na elaboração de modelos de previsão de ocorrência de pragas no campo.

Tendo em vista a importância dos fatores que determinam o ataque dos pulgões *B. brassicae*, *L. erysimi* e *M. persicae* em cultivos de repolho, objetivou-se neste trabalho: (1) identificar os estádios críticos de mortalidade e os fatores chaves de mortalidade destes pulgões por meio de tabelas de vidas ecológicas; e (2) determinar os efeitos da fenologia da planta, dos elementos climáticos e dos inimigos naturais na dinâmica populacional destes insetos.

LITERATURA CITADA

- Ahuja, D. B.; Ahuja, U. R.; Kalyan, R. K.; Sharma, Y. K.; Dhandapani, A.; Meena, P. C. Evaluation of different management strategies for *Lipaphis pseudobrassicae* (Davis) on *Brassica juncea*. **International Journal of Pest Management**, v.55, n.1, p.11-18. 2009.
- Ambrosino, M. D.; Jepson, P. C.; Luna, J. M. Hoverfly oviposition response to aphids in broccoli fields. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.122, n.2, p.99-107. 2007.
- Bacci, L. **Fatores determinantes do ataque de *Tuta absoluta* ao tomateiro**. Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006. 133 p.
- Bale, J. S.; Ponder, K. L.; Pritchard, J. **Coping with Stress**. In: H. F. Van Emden; Harrington, R. (Eds.). *Aphids as crop pests*. London: CABI Publishing, 2007, p.287-310.
- Blackman, R. L.; Eastop, V. F. **Aphids on the World's Crops: An Identification and Information Guide**. Chichester: Wiley. 2000. 466p.
- Blackman, R. L.; Eastop, V. F. Taxonomic Issues. In: H. F. Van Emden; Harrington, R. (Eds.). **Aphids as crop pests**. London: CABI Publishing, 2007, p.115-134
- Braendle, C.; Davis, G. K.; Brisson, J. A.; Stern, D. L. Wing dimorphism in aphids. **Heredity**, v.97, p.192–199. 2006.
- Catie - Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. **Guia para el manejo integrado de plagas del cultivo de repollo**. Turrialba: CATIE. 1990. 81p.
- Chattopadhyay, C.; Agrawal, R.; Kumar, A.; Singh, Y. P.; Roy, S. K.; Khan, S. A.; Bhar, L. M.; Chakravarthy, N. V. K.; Srivastava, A.; Patel, B. S.; Srivastava, B.; Singh, C. P.; Mehta, S. C. Forecasting of *Lipaphis erysimi* on oilseed Brassicas in India - a case study. **Crop Protection**, v.24, n.12, p.1042-1053. 2005.

- Collier, R. H.; Finch, S. IPM Case Studies: Brassicas. In: H. F. Van Emden; Harrington, R. (Eds.). **Aphids as crop pests** London: CABI Publishing, 2007, p.549-560.
- Costello, M. J.; Altieri, M. A. Abundance, growth-rate and parasitism of *Brevicoryne brassicae* and *Myzus persicae* (Homoptera, Aphididae) on broccoli grown in living mulches. **Agriculture Ecosystems & Environment**, v.52, n.2-3, p.187-196. 1995.
- Davis, J. J. New and little known species of Aphididae. **Canadian Entomologist** v.46, p.41-51, 71-87. 1914.
- Ellis, P. R.; Singh, R. V. A review of the host plants of the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (Homoptera, Aphididae). **IOBC/WPRS Bulletin**, v.16, p.192-201. 1993.
- Geiger, F.; Bianchi, F.; Wackers, F. L. Winter ecology of the cabbage aphid *Brevicoryne brassicae* (L.) (Homo., Aphididae) and its parasitoid *Diaeretiella rapae* (McIntosh) (Hym., Braconidae: Aphidiidae). **Journal of Applied Entomology**, v.129, n.9-10, p.563-566. 2005.
- Gonring, A. H. R.; Picanço, M. C.; Guedes, R. N. C.; Silva, E. M. Natural biological control and key mortality factors of *Diaphania hyalinata* (Lepidoptera: Pyralidae) in cucumber. **Biocontrol Science and Technology**, v.13, n.3, p.361-366. 2003.
- Harrington, R.; Bale, J. S.; Tatchell, G. M. Aphids in a changing climate. In: R. Harrington; Stork, N. E. (Eds.). **Insects in a Changing Environment**. London: Academic Press, 1995, p.125-155.
- Hazell, S. P.; Pedersen, B. P.; Worland, M. R.; Blackburn, T. M.; Bale, J. S. A method for the rapid measurement of thermal tolerance traits in studies of small insects. **Physiological Entomology**, v.33, n.4, p.389-394. 2008.
- Hopkins, R. J.; Ekbom, B.; Henkow, L. Glucosinolate content and susceptibility for insect attack of three populations of *Sinapis alba*. **Journal of Chemical Ecology**, v.24, p.1203-1216. 1998.
- Lehmhus, J.; Vidal, S.; Hommes, M. Population dynamics of herbivorous and beneficial insects found in plots of white cabbage undersown with clover. **Bulletin OILB/SROP**, v. 19, p.115–121. 1996.

- Liu, S. S.; Wang, X. G.; Wu, X. J.; Chen, Q. H.; Hu, H. X.; Z.Q., L. Population fluctuations of aphids on crucifer vegetables in Hangzhou suburbs. **Chinese Journal of Applied Ecology**, v.8, p. 510-514. 1997.
- Morgan, D. Population dynamics of the bird cherry–oat aphid, *Rhopalosiphum padi* (L.), during the autumn and winter: a modelling approach. **Agricultural and Forest Entomology**, v.2, p. 297-304. 2000.
- Müller, C. B.; Williams, I. S.; Hardie, J. The role of nutrition, crowding and interspecific interactions in the development of winged aphids. **Ecological Entomology**, v.26, n.3, p.330-340. 2001.
- Naranjo, S. E.; Ellsworth, P. C. Mortality dynamics and population regulation in *Bemisia tabaci*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.116, n.2, p.93-108. 2005.
- Newton, E.; Bullock, J. M.; Hodgson, D. Bottom-up effects of glucosinolate variation on aphid colony dynamics in wild cabbage populations. **Ecological Entomology**, v.34, n.5, p.614-623. 2009.
- Nieto, D. J.; Shennan, C.; Settle, W. H.; O'malley, R.; Bros, S.; Honda, J. Y. How natural enemies and cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae* L.) population dynamics affect organic broccoli harvest. **Environmental Entomology**, v.35, n.1, p.94-101. 2006.
- Obrycki, J. J.; Harwood, J. D.; Kring, T. J.; O'neil, R. J. Aphidophagy by Coccinellidae: Application of biological control in agroecosystems. **Biological Control**, v.51, n.2, p.244-254. 2009.
- Pereira, E. J. G.; Picanço, M. C.; Bacci, L.; Lucia, T. M. C. D.; Silva, É. M.; Fernandes, F. L. Natural mortality factors of *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) on *Coffea arabica*. **Biocontrol Science and Technology**, v.17, p.441-455. 2007.
- Pettersson, J.; Tjallingii, W. F.; Hardie, J. Host-plant Selection and Feeding. In: H. F. Van Emden; Harrington, R. (Eds.). **Aphids as crop pests**. London: CABI Publishing, 2007, p.87-114.
- Podoler, H.; Rogers, D. New method for identification of key factors from life-table data. **Journal of Animal Ecology**, v.44, n.1, p.85-114. 1975.

- Ponti, L.; Altieri, M. A.; Gutierrez, A. P. Effects of crop diversification levels and fertilization regimes on abundance of *Brevicoryne brassicae* (L.) and its parasitization by *Diaeretiella rapae* (M'Intosh) in brocolli. **Agricultural and Forest Entomology**, v.9, n.3, p.209-214. 2007.
- Powell, W.; Pell, J. K. Biological Control. In: H. F. Van Emden; Harrington, R. (Eds.). **Aphids as crop pests**. London: CABI Publishing, 2007, p.569-514.
- Rabinovich, J. E. **Ecologia de poblaciones animales**. Washington: OEA. 1978
- Scorsetti, A. C.; Humber, R. A.; Garcia, J. J.; Lastra, C. C. L. Natural occurrence of entomopathogenic fungi (Zygomycetes: Entomophthorales) of aphid (Hemiptera: Aphididae) pests of horticultural crops in Argentina. **Biocontrol**, v.52, n.5, p.641-655. 2007.
- Singh, S. V.; Malik, Y. P. Population dynamics and economic thresholds of *Lipaphis erysimi* on mustard. **Indian Journal of Entomology**, v. 60,, p.43-49. 1998.
- Souza-Silva, C. R.; Ilharco, F. A. **Afídeos do Brasil e suas plantas hospedeiras (lista preliminar)**. São Carlos: EDUFSCar. 1995.
- Vidal, S. Factors influencing the population dynamics of *Brevicoryne brassicae* in undersown Brussels sprouts. **Biological Agriculture and Horticulture**, v.15, p. 285-295. 1997.
- Vu, V. H.; Il Hong, S.; Kim, K. Selection of entomopathogenic fungi for aphid control. **Journal of Bioscience and Bioengineering**, v.104, n.6, p.498-505. 2007.
- Williams, I. S.; Dixon, A. F. G. Life Cycles and Polymorphism. In: H. F. Van Emden; Harrington, R. (Eds.). **Aphids as crop pests**. London: CABI Publishing, 2007, p.69-86.

**CAPÍTULO 1: MORTALIDADE NATURAL DE *Brevicoryne brassicae*, *Lipaphis
erysimi* E *Myzus persicae* EM REPOLHO**

RESUMO – As tabelas de vida ecológicas consistem em uma importante ferramenta de estudos ecológicos de dinâmica populacional de insetos praga. Elas avaliam de forma quantitativa e qualitativa os fatores de mortalidade natural de um organismo, possibilitando a determinação dos estádios críticos e dos fatores chave de mortalidade que regulam o tamanho da população dos insetos. Entre as principais pragas do repolho estão os pulgões *Brevicoryne brassicae*, *Lipaphis erysimi* e *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae). Assim, objetivou-se neste trabalho determinar os estádios críticos e os fatores chave de mortalidade destes pulgões. Para tanto, foram construídas tabelas de vidas ecológicas para as três espécies de pulgão em cultivos de repolho no campo durante os anos de 2007 a 2009. Os estádios críticos de mortalidade de *B. brassicae*, *L. erysimi* e *M. persicae* foram o quinto, primeiro e terceiro ínstar ninfal, respectivamente. A predação por larvas de Syrphidae (Diptera) e adultos de Coccinellidae (Coleoptera) foram os fatores chave de mortalidade de *B. brassicae* e *M. persicae*, respectivamente. Para *L. erysimi* os fatores chave de mortalidade foram os distúrbios fisiológicos do inseto.

Palavras-chave: Pulgões, tabelas de vida ecológicas, Syrphidae, Coccinellidae, distúrbios fisiológicos de insetos.

**CHAPTER 1: NATURAL MORTALITY OF *Brevicoryne brassicae*, *Lipaphis
erysimi* AND *Myzus persicae* ON CABBAGE**

ABSTRACT – Ecological life tables are important tools for ecological studies of pest population dynamic. These life tables evaluate quantitatively and qualitatively the natural mortality factors of an organism, allowing to determinate the critical life stages and the key factors of mortality that regulating the population size of the insects. The aphids *Brevicoryne brassicae*, *Lipaphis erysimi* e *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) are important cabbage pests. Thus, this research aimed to determinate the the critical life stages and the key factors of mortality of these aphids. Ecological life tables were constructed for three aphids species in cabbage crops from 2007 to 2009.

The critical life stages of *B. brassicae*, *L. erysimi* e *M. persicae* were the fifth, first and third ninfal instar, respetivaly. Predation by Syrphidae (Diptera) larva and Coccinellidae (Coleoptera) adult were the mortality key factors of *B. brassicae* e *M. persicae*, respetivaly. While the mortality key factor of *L. erysimi* was the fisiological disturbs of insect.

Keywords: Aphids, ecological life tables, Syrphidae, Coccinellidae, insect fisiological disturbs.

1. INTRODUÇÃO

As populações de insetos-praga podem ser afetadas pelos elementos climáticos, competição intra e interespecífica, características da planta hospedeira e pelos inimigos naturais destes organismos. A compreensão de quais, quanto e como cada fator afeta a população destes organismos permite com que sua ação seja maximizada nos agroecossistemas. Assim, para a elaboração de programas mais eficientes de manejo integrado de pragas, estudos de fatores que regulam a dinâmica populacional de herbívoros em cultivos agrícolas devem ser realizados.

A construção de tabelas de vida ecológica consiste em uma importante ferramenta de estudos ecológicos de dinâmica populacional de diversos insetos-praga (Gonring et al., 2003; Naranjo & Ellsworth, 2005; Bacci, 2006; Pereira et al., 2007). As tabelas de vida ecológicas permitem avaliar de forma quantitativa e qualitativa os fatores de mortalidade natural de um organismo (Harcourt, 1969; Podoler & Rogers, 1975). A identificação e a quantificação dos fatores que causam mortalidades possibilitam a determinação dos estádios críticos e os fatores chave de mortalidade do organismo em estudo. O estágio crítico de mortalidade é aquele que determina o tamanho da população, enquanto que o fator chave de mortalidade é aquele que causa maior mortalidade relativa dentro do estágio crítico (Morris, 1963; Harcourt, 1969; Varley et al., 1973; Podoler & Rogers, 1975; Rabinovich, 1978).

Os pulgões *Brevicoryne brassicae* L., *Lipaphis erysimi* Kalt. e *Myzus persicae* Sulz (Hemiptera: Aphididae) são pragas importantes do repolho (*Brassica oleracea* var. capitata). Estas espécies atacam plantas pertencentes ao gênero *Brassica* em todo o mundo. Os danos causados por estes insetos são sucção de seiva, introdução de toxinas e transmissão de viroses (Blackman & Eastop, 2000; Collier & Finch, 2007). Além

disso, em repolho, o ataque severo de pulgões pode provocar a má formação de cabeças na planta (Catie, 1990).

As três espécies de pulgões *B. brassicae*, *L. erysimi* e *M. persicae* possuem cinco instares ninfais e seu ciclo de vida varia com a temperatura. A fase ninfal de *B. brassicae* dura cerca de 9 a 15 dias e a fase adulta áptera de 26 a 30 dias (Kashyap & Sharma, 1994). *Lipaphis erysimi* apresenta fase ninfal de 7 a 41 dias e a fase adulta de 5 a 22 dias (Liu & Yue, 2001). O *M. persicae* apresenta fase ninfal de 11 a 13 dias e fase adulta de 14 a 32 dias (Desh & Kumar, 1994).

Dentre os principais inimigos naturais dos pulgões *B. brassicae*, *L. erysimi* e *M. persicae* em cultivos de brássicas estão os fungos entomopatogênicos da ordem Entomophthorales e a espécie *Lecanicillium lecanii* (Ascomycota: Hypocreales) (Scorsetti et al., 2007; Vu et al., 2007). Os principais predadores são os Coleoptera da família Coccinellidae (joaninhas) e as larvas de Diptera da família Syrphidae e Cecidomyiidae (Devi et al., 1996; Debaraj & Singh, 1998; Nieto et al., 2006; Obrycki et al., 2009). Já os principais parasitóides pertencem a ordem Hymenoptera, principalmente das famílias Braconidae e Aphelinidae (Geiger et al., 2005; Powell & Pell, 2007).

Devido a falta de informações sobre os fatores de afetam a população dos pulgões *B. brassicae*, *L. erysimi* e *M. persicae* em cultivos de repolho, objetivou-se neste trabalho determinar os estádios críticos de mortalidade e os fatores chave de mortalidade destes insetos, por meio de tabelas de vidas ecológicas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Instalação dos experimentos

O presente estudo foi realizado em cultivos de repolho *Brassica oleracea* var. *capitata* do Híbrido “Sekai F1” localizadas na Área Experimental da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG (20° 28' e 21° 20' S; 42° 20' e 43° 13'W; limite altitudinal 750 m). Os cultivos foram constituídos por cinco fileiras de 30 plantas dispostas no espaçamento 1 × 0,5 m. As mudas foram produzidas em bandejas de isopor com substrato comercial e transplantadas para o campo 30 dias após a semeadura. Para o estabelecimento dos cultivos, o solo foi arado, gradeado, sulcado e adubado conforme a análise de solo e recomendação proposta por Filgueira (2007).

As tabelas de vida de *B. brassicae*, *L. erysimi* e *M. persicae* foram realizadas em cinco, sete e quatro períodos, respectivamente e a duração de cada tabela de vida consta na tabela 1.

A irrigação foi feita por gotejamento, quatro a cinco vezes por semana e a capina foi realizada com enxada a cada quinze dias. Nenhuma forma de controle de pragas ou doenças foi utilizada durante os cultivos.

Tabela 1. Período das tabelas de vida ecológicas de *Brevicoryne brassicae*, *Lipaphis erysimi* e *Myzus persicae*. Viçosa, MG. 2007-2009.

Tabela de vida	Duração das tabelas de vida ecológicas		
	<i>B. brassicae</i>	<i>L. erysimi</i>	<i>M. persicae</i>
1	13/09/2007 a 06/10/2007	25/06/2007 a 18/08/2007	27/03/2008 a 03/05/2008
2	03/04/2008 a 28/04/2008	19/09/2007 a 24/10/2007	23/06/2008 a 29/08/2008
3	25/06/2008 a 12/08/2008	22/01/2008 a 04/03/2008	11/10/2008 a 28/11/2008
4	06/10/2008 a 10/11/2008	27/03/2008 a 15/04/2008	26/01/2009 a 09/03/2009
5	12/02/2009 a 08/03/2009	07/07/2008 a 26/08/2008	-
6	-	07/10/2008 a 06/11/2008	-
7	-	22/01/2009 a 26/02/2009	-

2.2. Criação dos pulgões

Os pulgões *B. brassicae*, *L. erysimi* e *M. persicae* utilizados nos experimentos foram obtidos da criação mantida no Laboratório de Manejo Integrado de Pragas da UFV. Para a formação desta criação, folhas infestadas com pulgões foram coletadas em cultivos de repolho localizadas no município de Viçosa, MG. Fêmeas adultas provenientes destas colônias foram transferidas com auxílio de um pincel para folhas limpas de repolhos com seus pecíolos imersos em recipientes de 100 mL cheios de água. Estas folhas foram posteriormente, acondicionadas no interior de gaiolas de madeira fechada com organza (50 × 50 × 50 cm), sendo utilizada uma gaiola para cada espécie de pulgão. Para evitar a infestação de parasitóides e fungos na criação, 24 horas após a transferência, as fêmeas foram retiradas e apenas as ninfas de primeiro ínstar colocadas por elas foram deixadas nas folhas.

A cada três dias, novas folhas de repolho foram adicionadas às gaiolas. Estas folhas foram colocadas encostadas às folhas com pulgões para permitir que eles por si só se deslocassem para as folhas novas. No dia seguinte, as folhas amarelecidas foram retiradas e os pulgões ainda aderidos a elas foram transferidos com auxílio de pincel para as folhas colocadas no dia anterior.

Para a disponibilização permanente de folhas saudáveis para a criação dos pulgões, cultivo de repolho Híbrido “Sekai F1” foram estabelecidos em casas de vegetação (5 × 7 m) teladas para evitar a entrada de insetos. As mudas foram produzidas em bandejas de isopor com substrato comercial e transplantadas para vasos plásticos de cinco litros de capacidade, preenchidos com três partes de terra e uma de esterco curtido. Tratos culturais como adubação e irrigação foram realizados periodicamente. As plantas foram inspecionadas semanalmente para verificar e eliminar folhas com pragas e sintomas de doenças.

2.3. Estabelecimento da coorte

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 10 repetições. Cada parcela foi constituída de duas plantas de repolho com cerca de 15 dias após o transplante. Estas plantas possuíam seis a oito folhas e estavam no estágio de pré-formação das cabeças (Fase I). Antes da instalação dos experimentos, 20 plantas foram marcadas e inspecionadas e artrópodes presentes foram retirados. Dez destas plantas foram usadas para avaliação da mortalidade total e as demais utilizadas na determinação da mortalidade por distúrbios fisiológicos do inseto. As plantas usadas na avaliação dos distúrbios fisiológicos do inseto foram vizinhas umas das outras. Estas plantas foram protegidas da ação das chuvas por estrutura de madeira (7 m de comprimento x 2,5 m de largura x 2 m de altura) recoberta por plástico transparente (200 µm de espessura). Cada

uma destas plantas foi envolvida por armação de madeira (50 × 50 × 50 cm) recoberta com organza para impedir a ação de inimigos naturais.

Para o estabelecimento inicial da coorte, 30 a 40 fêmeas ápteras adultas de dois dias de idade, provenientes da criação, foram transferidas para as plantas com auxílio de pincel para obtenção de ninfas de 1º instar. As fêmeas foram distribuídas em duas folhas medianas da planta, sendo colocadas 15 a 20 fêmeas em cada folha. Para impedir a predação das fêmeas durante a colocação das ninfas, todas as plantas foram cobertas com estrutura de madeira (50 × 50 × 50 cm) recoberta com organza. Após 24 horas, as fêmeas foram retiradas e cerca de 100 ninfas de 1º instar colocadas por elas foram deixadas na planta. As folhas infestadas com pulgões foram numeradas para facilitar as avaliações. Estes procedimentos foram feitos para as respectivas espécies de pulgões *B. brassicae*, *L. erysimi* e *M. persicae*.

2.4. Avaliação das causas de mortalidade

As causas de mortalidade em cada estágio de desenvolvimento dos pulgões foram monitoradas diariamente no campo, desde o estabelecimento da coorte até os adultos entrarem na fase reprodutiva, ou seja, colocarem ninfas. Nas plantas utilizadas para avaliação da mortalidade total, os pulgões foram contados três vezes ao dia: às 08:00, 12:00 e 17:00 horas. Ao longo de todo o dia estas plantas também foram observadas para a identificação dos fatores de mortalidade.

Já nas plantas utilizadas para a avaliação da mortalidade causada por distúrbios fisiológicos do inseto, os pulgões foram contados somente às 17:00 horas. Os pulgões presentes nestas plantas também foram acompanhados durante sua fase reprodutiva e as ninfas colocadas pelas fêmeas foram contadas e retiradas da planta a cada avaliação para a determinação da fecundidade da espécie.

Os pulgões também foram contados imediatamente após a ocorrência de chuvas e aqueles que desapareceram neste período ou morriam cobertos pela lama foram considerados como mortos por este fator. As mortalidades por parasitismo foram avaliadas por meio da contagem de múmias com aspecto liso, brilhante e inchado. As múmias parasitadas foram levadas para o laboratório e colocadas dentro de potes plásticos transparentes de 100 mL para emergência dos adultos dos parasitóides. Estes adultos foram coletados, separados por morfoespécie e mantidos em álcool a 70%.

As mortalidades causadas por infecção de fungos foi avaliada por meio da contagem de múmias cobertas por micélio ou pulgões com coloração rósea (com sintomas de infecção). Exemplares de pulgões infectados foram levados para o laboratório e daqueles em que o fungo ainda não tinha esporulado foram colocados sobre lâminas de microscópio em câmara úmida a 18°C, por um período de 12 a 36 horas para que a esporulação ocorresse. Lâminas de microscópio com múmias infectadas pelo fungo já esporulado no campo e no laboratório foram montadas.

Os pulgões que desapareceram nas plantas protegidas das chuvas e dos inimigos naturais foram considerados como mortos por distúrbios fisiológicos do inseto. Assim, a proporção de pulgões mortos nestas plantas foi utilizada para calcular o número de pulgões mortos por distúrbios fisiológicos do inseto nas plantas expostas no campo. A mortalidade por predação foi observada diretamente no campo, por meio da verificação dos predadores predando os pulgões. Exemplares dos predadores encontrados foram coletados e mantidos em álcool a 70%.

Os parasitóides foram identificados de acordo com Kavallieratos et al. (2006) e Sunil & Poorani (2007). Os Syrphidae foram identificados com base no trabalho de Auad & Trevizani (2005). Os demais inimigos naturais foram identificados no Laboratório de Manejo Integrado de pragas da UFV.

2.5. Construção e análise das tabelas de vida

Métodos padrões foram utilizados para a construção das tabelas de vida (Varley et al., 1973; Southwood & Henderson, 2000). Para permitir comparações, a taxa reprodutiva líquida (R_0) foi estimada através da divisão do número de ninfas de 1º instar esperadas na próxima geração (número de adultos sobreviventes da coorte original que entraram na fase reprodutiva \times razão sexual \times fecundidade) pelo número original de ninfas de 1º instar:

$$R_0 = \frac{(N^\circ \text{ adultos sobreviventes} \times rs \times f)}{N^\circ \text{ original de ninfas}} \quad (1)$$

Como todos os indivíduos na população de pulgões são fêmeas a razão sexual (rs) é considerada igual 1,0 e fecundidade (f) foi obtida nas plantas presentes na gaiola (plantas usadas para avaliação da mortalidade por distúrbios fisiológicos do inseto).

O número de pulgões vivos no início de cada estágio (lx) foi calculado através da equação 2:

$$lx = (lx - 1) - (dx - 1) \quad (2)$$

onde x (1, 2, 3, 4, 5, a) representa os estádios de ninfa de 1º, 2º, 3º, 4º e 5º instares e adultos respectivamente, $(lx - 1)$ e $(dx - 1)$ representam lx e dx do estágio anterior e dx representa o número de insetos mortos em um estágio ou mortos por um fator dentro de um estágio.

As mortalidades em cada estágio e as causadas por cada fator foram calculadas através das fórmulas 3 e 4:

$$100qx = (dx / lx) \times 100 \quad (3)$$

$$100rx = (dx / lo) \times 100 \quad (4)$$

onde $100qx$ representa a mortalidade aparente (%) e $100rx$ a mortalidade real ou acumulativa (%). Os outros componentes da fórmula (dx , lx) foram descritos previamente.

A mortalidade causada por distúrbios fisiológicos do inseto, chuvas, predação, parasitismo e fungos ocorreram de forma simultânea no campo. O conceito originalmente proposto por Royama (1981) e posteriormente adaptado por Buonaccorsi & Elkinton (1990) e Elkinton et al. (1992) foi utilizado para estimar a mortalidade marginal para cada fator baseado na mortalidade observada (por exemplo a mortalidade aparente) dentro de um estágio específico. A mortalidade marginal calcula a mortalidade esperada de um fator como se este fosse o único fator atuante. Para cada fator de mortalidade foi assumido que existe um determinado tempo desde o início de sua ação até a morte devido àquele fator (Elkinton et al., 1992). Alguns fatores como chuvas e predação matam mais rapidamente e são facilmente observados. Outros fatores, no entanto, tais como distúrbios fisiológicos do inseto, parasitismo e doenças normalmente gastam mais tempo para matar. As mortalidades devido às chuvas e distúrbios fisiológicos do inseto não foram obscurecidas por qualquer outro fator e por isso sua mortalidade marginal foi considerada igual à mortalidade aparente.

Assumiu-se que a probabilidade de predação de pulgões parasitados ou infectados por fungos e pulgões não-parasitados ou não-infectados foi a mesma. Para os demais fatores de mortalidade, a mortalidade marginal MM_B (%) foi estimada através das equações padrão:

$$MM_B = \frac{100qx_B}{1 - cMM_A} \quad (5)$$

$$MM_A = \frac{b - ((b^2 - 4c \sum 100qx)^{1/2})}{2c} \quad (6)$$

$$b = c(\sum 100qx + 100qx_B) + 1 - 100qx_B \quad (7)$$

onde as letras A e B indicam fatores de mortalidade contemporâneos, $100qx_B$ (%) é a mortalidade aparente do fator B , $\sum 100qx$ (%) é a soma das mortalidades aparentes de todos os outros fatores contemporâneos relevantes, c é um índice que descreve o

resultado da competição entre os fatores de mortalidade A e B . A equação 6 é o resultado quadrático para MM_A (%). A probabilidade do fator A obscurecer o fator B é c , enquanto que a probabilidade do fator B obscurecer A é $1-c$. Para o presente propósito $c=1$, porque o fator A , como definido, sempre obscurece o fator B quando ambos atuam sobre o mesmo inseto. Assim, através de manipulação algébrica, a equação é simplificada para:

$$MM_B = \frac{100qx_B}{\left(1 - \sum 100qx/100\right)} \quad (8)$$

Para as análises subseqüentes a mortalidade foi expressa como valor- k :

$$k = -\log(1 - MM_x/100) \quad (9)$$

onde MM_x é a mortalidade marginal (%) para um dado fator em um dado estágio de desenvolvimento.

O uso do valor k é conveniente porque ele é aditivo através dos estádios e dos fatores de mortalidade. O valor de k pode ser convertido para mortalidade marginal (%) por $[1 - 10^{(-k)}] \times 100$. A mortalidade total (K) do estágio de desenvolvimento em questão pode ser obtida pelo somatório dos valores- k ($K = \sum k$).

Para a identificação dos estádios críticos e dos fatores chave de mortalidade foram realizadas análises de correlação entre as mortalidades parciais (k) e a mortalidade total (K) (Varley et al., 1973). Foi considerado como estágio crítico de mortalidade aquele que apresentou correlação positiva e significativa ($P < 0,05$) com a mortalidade total. Quando mais de um estágio apresentou correlação positiva e significativa foram realizadas análises de regressão linear entre as mortalidades parciais destes estádios com a mortalidade total. Os estádios críticos mais importantes foram aqueles que apresentaram maior inclinação a $p < 0,05$. A diferença entre as inclinações foi verificada pelo intervalo de confiança a 95% de probabilidade. Os fatores chave de

mortalidade foram determinados para os estádios críticos mais importantes através dos mesmos procedimentos utilizados para o estágio crítico (Podoler & Rogers, 1975).

Para determinar a importância relativa dos fatores de mortalidades neste estágio, num primeiro momento foi realizada análise de regressão linear entre as mortalidades parciais de todos os fatores do estágio crítico com a mortalidade total neste estágio. Os fatores mais importantes foram aqueles que apresentaram maior inclinação a $p < 0,05$, de acordo o intervalo de confiança a 95% de probabilidade. A mortalidade causada pelos fatores mais importantes é retirada e a análise de regressão é novamente realizada para a determinação do próximo fator de mortalidade mais importante. Esta sequência de análises é feita até que todos os fatores no estágio crítico de mortalidade sejam ranqueados de acordo com sua importância relativa. Esta abordagem é útil para mostrar a importância relativa dos fatores que podem estar correlacionados com o fator chave de mortalidade e, portanto, foram obscurecidos (Smith, 1973).

3. RESULTADOS

3.1. Tabelas de vidas ecológicas de *Brevicoryne brassicae*

3.1.1. Fatores de mortalidade de *Brevicoryne brassicae*

A mortalidade média de todo ciclo de vida de *B. brassicae* foi de 92,39%. A mortalidade de cada estágio foi de 28,02% no 1º instar; 31,84% no 2º instar, 37,41% no 3º instar; 34,69% no 4º instar; 35,94% no 5º instar e 40,77% na fase adulta. Em média, dos 97,13 indivíduos que foram colocados nas plantas; 12,48 deles chegaram à fase adulta e somente 7,39 entraram na fase reprodutiva, ou seja, colocaram ninfas. Com base na fecundidade obtida das colônias mantidas nas plantas utilizadas para determinação da mortalidade por distúrbios fisiológicos do inseto (19,86 ninfas/fêmea), verificou-se que a taxa líquida reprodutiva (R_0) média de *B. brassicae* foi de 1,84 (Tabela 1).

As mortalidades causadas por distúrbios fisiológicos do inseto ocorreram em todos os instares ninfais de *B. brassicae*. Já as chuvas causaram mortalidade em todos os estádios. A predação por larvas de Coccinellidae foi verificada no 1º, 2º, 3º e 5º instar ninfal. Enquanto que a predação por larvas de Syrphidae foi verificada no 5º instar e no estágio adulto. A predação por larvas de *Aphidoletes* sp. foi verificada no 5º instar e por aranhas no no 4º e 5º instar e no estágio adulto. A infecção pelo fungo *Lecanicillium lecanii* foi verificada no 3º e por Entomophthorales foi verificada no 3º, 4º e 5º instar e no estágio adulto. O parasitismo por *Diaeretiella rapae* McIntosh (Hymenoptera: Braconidae) foi verificado no 4º e 5º instar e no estágio adulto, já o parasitismo por *Aphidius colemani* Viereck (Hymenoptera: Braconidae) foi verificado no 5º instar e no adultode *B. brassicae* (Tabela 1).

As espécies de Syrphidae encontradas predando as três espécies de pulgões foram *Ocyptamus gastrostactus* Wiedemann, *Allograpta exotica* Curran e *Pseudodorus clavatus* Fabricius (Diptera: Syrphidae). As espécies de Coccinellidae encontradas foram *Cycloneda sanguinea* L., *Eriopis connexa* German, *Coccinella septempunctata* L. e *Harmonia axyridis* Pallas (Coleoptera: Coccinellidae).

3.1.2. Estádios críticos de mortalidade de *Brevicoryne brassicae*

As curvas de mortalidade de *B. brassicae* nos estádios de adulto e de ninfa apresentaram semelhança com a curva de mortalidade total deste pulgão, conforme indicado pelo coeficiente de correlação (r) positivo e significativo ($p < 0,05$). Entretanto, a curva de mortalidade do estágio ninfal apresentou maior coeficiente angular (b) significativo, conforme indicado pelo intervalo de confiança a 95% de probabilidade. As mortalidades parciais nos 3º, 4º e 5º ínstars tiveram correlação de Pearson com a mortalidade total no estágio ninfal. Entretanto, o coeficiente angular (b) da curva de mortalidade parcial do 5º ínstar foi superior aos dos demais ínstars, conforme indicado pelo intervalo de confiança a 95% de probabilidade (Tabela 2). Portanto, o estágio crítico de mortalidade de *B. brassicae* foi o 5º ínstar ninfal.

3.1.3. Fatores chave de mortalidade de *Brevicoryne brassicae*

Os fatores de mortalidade de ninfas de 5º ínstar de *B. brassicae* foram predação, parasitismo, chuvas, distúrbios fisiológicos do inseto e fungos Entomophthorales. A curva de mortalidade parcial de *B. brassicae* causada por predadores foi a que teve maior coeficiente angular (b) significativo, conforme indicado pelo intervalo de confiança a 95% de probabilidade. Ao retirar a mortalidade causada por predadores, verificou-se que as curvas de mortalidade parcial causada por parasitóides e chuvas

foram as que tiveram maior coeficiente angular (b) significativo, conforme indicado pelo intervalo de confiança a 95% de probabilidade. Ao retirar a mortalidade causada por parasitóides e chuvas, as curvas de mortalidade parcial de *B. brassicae* causada por distúrbios fisiológicos do inseto foram as que tiveram maior coeficiente angular (b) significativo, conforme indicado pelo intervalo de confiança a 95% de probabilidade (Tabela 3).

Os predadores que causaram mortalidade às ninfas de 5º instar de *B. brassicae* foram larvas de Syrphidae, larvas de Coccinellidae, larvas de *Aphidoletes* sp. e aranhas. Dentre estes predadores, as larvas de Syrphidae tiveram sua curva de mortalidade parcial com maior coeficiente angular (b) significativo, conforme indicado pelo intervalo de confiança a 95% de probabilidade. Ao retirar a mortalidade causada por larvas de Syrphidae, as larvas de Coccinellidae tiveram curva de mortalidade parcial com maior coeficiente angular (b), conforme indicado pelo intervalo de confiança a 95% de probabilidade. Ao retirar a mortalidade causada por larvas de Coccinellidae, as larvas de *Aphidoletes* sp. tiveram curva de mortalidade parcial com maior coeficiente angular (b), conforme indicado pelo intervalo de confiança a 95% de probabilidade (Tabela 3).

Portanto, o fator chave de mortalidade de ninfas de 5º instar de *B. brassicae* foi predação, seguido por parasitismo e chuvas, distúrbios fisiológicos do inseto e fungos Entomophthorales. Dentre os predadores, as larvas de Syrphidae causaram maior mortalidade neste estágio, seguidas por larvas de Coccinellidae, larvas de *Aphidoletes* sp. e aranhas.

3.2. Tabelas de vidas ecológicas de *Lipaphis erysimi*

3.2.1. Fatores de mortalidade de *Lipaphis erysimi*

A mortalidade média de todo ciclo de vida de *L. erysimi* foi de 90,28%. A mortalidade de cada estágio foi de 45,38% no 1º instar; 36,02% no 2º instar; 27,59% no 3º instar; 20,27% no 4º instar; 36,77% no 5º instar e 23,77% na fase adulta. Em média, dos 130,13 indivíduos que foram colocados nas plantas, 16,6 chegaram à fase adulta e somente 12,65 entraram na fase reprodutiva, ou seja, colocaram ninfas. Com base na fecundidade obtida das colônias mantidas nas plantas utilizadas para determinação da mortalidade por distúrbios fisiológicos do inseto (46,42 ninfas/fêmea), verificou-se que a taxa líquida reprodutiva (R_0) média de *L. erysimi* foi de 4,95 (Tabela 4).

As mortalidades causadas por distúrbios fisiológicos do inseto ocorreram em todos os instares ninfais de *L. erysimi*. Já as chuvas causaram mortalidade em todos os estádios. A predação por larvas de Coccinellidae foi verificada no 1º, 4º e 5º instar e no estágio adulto. Enquanto que a predação por adultos de Coccinellidae foi verificada no 1º, 2º, 4º e 5º instar ninfal. A predação por larvas de Syrphidae e de aranhas foi verificada do 2º, ao 5º instar e no estágio adulto. Já por larvas de *Aphidoletes* sp. no 3º, 4º, 5º instar e no estágio adulto. A predação por formigas foi verificada no 1º, 2º, 5º instar e pelas larvas de *Chrysoperla externa* Hagen (Neuroptera: Chrysopidae), somente no 3º instar ninfal. A infecção por Entomophthorales ocorreu do 3º ao 5º e no estágio adulto. O parasitismo por *D. rapae* ocorreu no 4º e 5º instar e no estágio adulto, enquanto que por *A. colemani* ocorreu somente no 5º instar e no estágio adulto de *L. erysimi* (Tabela 4).

As espécies de Syrphidae e Coccinellidae encontradas predando *L. erysimi* são as mesmas encontradas predando *B. brassicae*. As formigas predadoras mais comuns foram *Solenopsis* spp. (Hymenoptera: Formicidae).

3.2.2. Estádios críticos de mortalidade de *Lipaphis erysimi*

A curva de mortalidade de *L. erysimi* no estágio de ninfa foi a que apresentou maior semelhança com a curva de mortalidade total deste pulgão, conforme indicado pelo coeficiente de correlação (r) positivo e significativo ($p < 0,05$). As mortalidades parciais de todos os ínstars tiveram correlação de Pearson com a mortalidade total no estágio ninfal. Entretanto, a curva de mortalidade do 1º instar teve maior coeficiente angular (b) significativo, conforme indicado pelo intervalo de confiança a 95% de probabilidade (Tabela 5). Portanto, o estágio crítico de mortalidade de *L. erysimi* foi o 1º instar ninfal.

3.2.3. Fatores chave de mortalidade de *Lipaphis erysimi*

Os fatores de mortalidade de ninfas de 1º instar de *L. erysimi* foram distúrbios fisiológicos do inseto, predação e chuvas. A curva de mortalidade parcial de *L. erysimi* causada por distúrbios fisiológicos do inseto foi a que teve maior coeficiente angular (b) significativo, conforme indicado pelo intervalo de confiança a 95% de probabilidade. Entre os fatores predação e chuvas, a curva de mortalidade parcial de *L. erysimi* causada por predação foi a que teve maior coeficiente angular (b) significativo, conforme indicado pelo intervalo de confiança a 95% de probabilidade (Tabela 6).

Os predadores que causaram mortalidade às ninfas de 1º instar de *L. erysimi* foram formigas e larvas e adultos de Coccinellidae. A curva de mortalidade parcial de *L. erysimi* causada por larvas de Coccinellidae foi a que teve maior coeficiente angular (b) significativo, conforme indicado pelo intervalo de confiança a 95% de probabilidade. Entre os adultos de Coccinellidae e as formigas, os adultos de Coccinellidae tiveram

curva de mortalidade com maior coeficiente angular (b) significativo, conforme indicado pelo intervalo de confiança a 95% de probabilidade (Tabela 6).

Portanto, o principal fator chave de mortalidade de ninfas de 1º instar de *L. erysimi* foi os distúrbios fisiológicos do inseto, seguidos de predação e chuvas, respectivamente. Dentre os predadores, as larvas de Coccinellidae foram as que causaram maior mortalidade neste estágio, seguidas dos adultos de Coccinellidae e formigas, respectivamente.

3. 3. Tabelas de vidas ecológicas de *Myzus persicae*

3.3.1. Fatores de mortalidade de *Myzus persicae*

A mortalidade média de todo ciclo de vida de *M. persicae* foi de 94,57%. A mortalidade de cada estágio foi de 45,01 % no 1º instar; 34,38% no 2º instar, 37,7% no 3º instar; 22,40% no 4º instar; 46,08% no 5º instar e 42,25% na fase adulta. Em média, dos 102,91 indivíduos que foram colocados nas plantas; 9,68 chegaram à fase adulta e somente 5,86 entraram na fase reprodutiva, ou seja, colocaram ninfas. Com base na fecundidade obtida das colônias mantidas nas plantas utilizadas para determinação da mortalidade por distúrbios fisiológicos do inseto (17,33 ninfas/fêmea), verificou-se que a taxa líquida reprodutiva (R_0) média de *M. persicae* foi de 1,06 (Tabela 7).

As mortalidades causadas por distúrbios fisiológicos do inseto ocorreram em todos os estágios ninfais de *M. persicae*. Já as chuvas causaram mortalidade em todos os estágios. A predação por larvas de Coccinellidae ocorreu no 3º e 4º instar, enquanto que de adultos deste predador ocorreu no 1º e 2º instar. A predação por larvas de Syrphidae ocorreu do 2º ao 5º instar e de larvas de *Aphidoletes* sp. do 3º ao 5º instar e no estágio adulto. A predação por aranhas foi verificada somente no 4º instar. A infecção por Entomophthorales ocorreu do 3º ao 5º instar. O parasitismo por *D. rapae* foi verificado

do 3º ao 5º ínstar e no estágio adulto, enquanto que por *A. colemani* no 4º e 5º ínstar de *M. persicae* (Tabela 7).

As espécies de Syrphidae e Coccinellidae entradas predando *M. persicae* são as mesmas encontradas predando *B. brassicae* e *L. erysimi*.

3.3.2. Estádios críticos de mortalidade de *Myzus persicae*

As curvas de mortalidade de *M. persicae* nos estádios de adulto e de ninfa apresentaram semelhança com a curva de mortalidade total deste pulgão, conforme indicado pelo coeficiente de correlação (r) positivo e significativo ($p < 0,05$). Entretanto, a curva de mortalidade do estágio ninfal apresentou maior coeficiente angular (b) significativo, conforme indicado pelo intervalo de confiança a 95% de probabilidade. A curva de mortalidade parcial de *M. persicae* no 3º ínstar foi a que mais se assemelhou a curva de mortalidade total de ninfas, conforme indicado pelo coeficiente de correlação (r) positivo e significativo ($p < 0,05$) e pelo maior coeficiente angular (b), de acordo com o intervalo de confiança a 95% de probabilidade (Tabela 8). Portanto, o estágio crítico de mortalidade de *M. persicae* foi o 3º ínstar ninfal.

3.3.3. Fatores chave de mortalidade de *Myzus persicae*

Os fatores de mortalidade de ninfas de 3º ínstar de *M. persicae* foram predação, distúrbios fisiológicos do inseto, parasitismo, fungos Entomophthorales e chuva. A curva de mortalidade parcial de *M. persicae* causada por predadores foi a que teve maior coeficiente angular (b), conforme indicado pelo intervalo de confiança a 95% de probabilidade. Ao retirar a mortalidade por predadores os demais fatores tiveram curvas de mortalidades semelhantes, conforme indicado pelo intervalo de confiança a 95% de probabilidade (Tabela 9).

Os predadores que causaram mortalidade às ninfas de 3º instar de *M. persicae* foram larvas de Coccinellidae, larvas de Syrphidae e larvas de *Aphidoletes* sp. A curva de mortalidade parcial de *M. persicae* causada por larvas de Coccinellidae foi a que teve maior coeficiente angular (*b*), conforme indicado pelo intervalo de confiança a 95% de probabilidade (Tabela 9).

Portanto, o fator chave de mortalidade de ninfas de 3º instar de *M. persicae* foi a predação, seguido de distúrbios fisiológicos do inseto, parasitismo, fungos Entomophthorales e chuva. Dentre os predadores, os adultos de Coccinellidae causaram maior mortalidade, seguidos das larvas de Coccinellidae e de Syrphidae e larvas de *Aphidoletes* sp. e aranhas, respectivamente.

Tabela 1. Tabela de vida ecológica de *Brevicoryne brassicae* em repolho. Viçosa, MG. 2007-2009.

Estádio/Fator de mortalidade	<i>lx</i>	<i>dx</i>	100<i>qx</i>	100<i>rx</i>	<i>MM (k)</i>
Ninfas de 1º ínstar	97,13±12,02	27,22±4,81	28,02	28,02	(0,146)
Distúrbios fisiológicos		18,04±3,72	18,58	18,58	20,51 (0,1)
Chuvas		6,35±3,4	6,54	6,54	6,54 (0,029)
Larvas de Coccinellidae		2,83±1,12	2,91	2,91	3,89 (0,017)
Ninfas de 2º ínstar	69,91±11,95	22,26±4,08	31,84	50,94	(0,179)
Distúrbios fisiológicos		11,52±2,45	16,48	11,86	19,36 (0,093)
Larvas de Coccinellidae		7,74±2,38	11,07	7,97	13,88 (0,065)
Chuvas		2,65±1,47	3,79	2,73	3,79 (0,017)
Fungos Entomophthorales		0,35±0,15	0,50	0,36	0,99 (0,003)
Ninfas de 3º ínstar	47,65±9,94	17,83±6,22	37,41	69,29	(0,219)
Larvas de Coccinellidae		10,22±4,71	21,44	10,52	25,00 (0,125)
Distúrbios fisiológicos		4,87±1,6	10,22	5,01	13,71 (0,064)
Chuvas		1,91±0,98	4,01	1,97	4,01 (0,018)
Fungos Entomophthorales		0,65±0,18	1,36	0,67	2,12 (0,009)
Fungos <i>Lecanicillium lecanii</i>		0,17±0,12	0,36	0,18	0,57 (0,002)
Ninfas de 4º ínstar	29,83±4,63	10,35±3,07	34,69	79,95	(0,197)
Larvas de Syrphidae		5,96±2,69	19,97	6,13	22,50 (0,111)
Distúrbios fisiológicos		2,48±0,5	8,31	2,55	11,00 (0,051)
Fungos Entomophthorales		0,57±0,13	1,90	0,58	2,82 (0,012)
Chuvas		0,83±0,43	2,77	0,85	2,77 (0,012)
<i>Diaeretiella rapae</i>		0,48±0,16	1,60	0,49	2,33 (0,01)
Aranhas		0,04±0,04	0,15	0,04	0,21 (0,001)
Ninfas de 5º ínstar	19,48±2,71	7,00±1,29	35,94	87,15	(0,227)
Larvas de Syrphidae		1,40±0,14	7,19	1,44	9,57 (0,044)
Distúrbios fisiológicos		1,30±0,23	6,57	1,34	9,23 (0,033)
Chuvas		1,74±0,74	8,93	1,79	8,93 (0,041)
Larvas de Coccinellidae		0,91±0,12	4,67	0,95	6,21 (0,028)
Larvas de <i>Aphidoletes</i> sp.		0,68±0,13	3,50	0,70	4,73 (0,021)
<i>Diaeretiella rapae</i>		0,57±0,22	2,90	0,58	4,11 (0,018)
Fungos Entomophthorales		0,30±0,15	1,56	0,31	2,33 (0,01)
Aranhas		0,23±0,04	1,17	0,23	1,63 (0,007)
<i>Aphidius colemani</i>		0,13±0,13	0,67	0,13	0,95 (0,004)
Adultos iniciais	12,48±2,08	5,09±0,8	40,77	92,39	(0,241)
<i>Diaeretiella rapae</i>		1,65±0,42	13,24	1,70	16,10 (0,076)
Fungos Entomophthorales		1,17±0,25	9,41	1,21	13,71 (0,064)
Chuvas		1,48±0,48	11,85	1,52	11,85 (0,055)
Larvas de <i>Aphidoletes</i> sp.		0,47±0,21	3,77	0,48	4,49 (0,020)
Aranhas		0,13±0,09	1,08	0,14	1,33 (0,006)
Larvas de Syrphidae		0,13±0,06	1,08	0,14	1,33 (0,006)
<i>Aphidius colemani</i>		0,04±0,04	0,35	0,04	0,42 (0,002)
Adultos em reprodução	7,39±1,57				

Fecundidade = 19,86; Mortalidade total = 92,39%; $R_0 = 1,84$

lx = insetos vivos (média ± erro padrão) no início de cada estágio, *dx* = insetos mortos (média±erro padrão) num estágio ou mortos por um fator neste estágio, 100*qx* = mortalidade aparente ou não acumulativa (%), 100*rx* = mortalidade real ou mortalidade acumulativa (%), *MM* = mortalidade marginal (%), *k* = $-\log(1-MM/100)$ e R_0 = taxa reprodutiva líquida.

Tabela 2. Análise de correlação de Pearson e regressão linear simples para determinação do estágio crítico de mortalidade de *Brevicoryne brassicae* em repolho. Viçosa, MG. 2007-2009.

Estádios	r	p	b	p
Fase crítica de mortalidade				
Adulto	0,63	0,0013	0,25	<0,0001
Ninfa	0,90	<0,0001	0,75 [□]	<0,0001
----- Ínstar crítico de mortalidade				
1° ínstar	0,34	0,1161	0,17	<0,0001
2° ínstar	0,39	0,0650	0,18	<0,0001
3° ínstar	0,46	0,0278	0,20	<0,0001
4° ínstar	0,49	0,0173	0,20	<0,0001
5° ínstar	0,60	0,0023	0,26 [□]	<0,0001

No cabeçalho: r = coeficiente de correlação e b = coeficiente angular da curva de mortalidade.

[□] Maior coeficiente angular baseado no intervalo de confiança a 95% de probabilidade.

Tabela 3. Coeficientes angulares da curva de regressão linear simples para determinação dos fatores chave de mortalidade para ninfas de quinto ínstar de *Brevicoryne brassicae* em repolho. Viçosa, MG. 2007-2009.

Fator de mortalidade	Passos da análise [‡]		
	1	2	3
Análise para determinação da principal causa de mortalidade no 5° ínstar			
Predação	0,38* [□]		
Parasitismo	0,25	0,35* [□]	
Chuva	0,20	0,39* [□]	
Distúrbios fisiológicos	0,11	0,13*	0,37* [□]
Fungos Entomophthorales	0,03	0,06	0,19*
----- Análise para determinação do principal predador de ninfas de 5° ínstar			
Larvas de Syrphidae	0,62* [□]		
Larvas de Coccinellidae	0,29*	0,76* [□]	
Larvas de <i>Aphidoletes</i> sp.	0,07	0,18*	0,76* [□]
Aranhas	0,02	0,06*	0,24*

* Coeficiente angular significativo a $p < 0,05$.

[□] Maior coeficiente angular baseado no intervalo de confiança a 95% de probabilidade.

[‡] No primeiro passo todos os fatores foram submetidos à análise de regressão. Nos passos seguintes foram submetidos a esta análise os fatores com coeficientes angulares que diferiram significativamente do máximo valor deste coeficiente no passo anterior.

Tabela 4. Tabela de vida ecológica de *Lipaphis erysimi* em repolho. Viçosa, MG. 2007-2009.

Estádio/Fator de mortalidade	<i>lx</i>	<i>dx</i>	100<i>qx</i>	100<i>rx</i>	<i>MM (k)</i>
Ninfas de 1º instar	130,13±13,67	59,05±6,33	45,38	45,38	(0,261)
Distúrbios fisiológicos		39,89±4,54	30,66	30,66	35,95 (0,193)
Larvas de Coccinellidae		6,75±1,56	5,19	5,19	7,57 (0,025)
Formigas		6,31±0,38	4,85	4,85	7,08 (0,032)
Adultos de Coccinellidae		5,01 ±0,11	3,85	3,85	5,62 (0,034)
Chuvas		1,09±1,09	0,84	0,84	0,84 (0,004)
Ninfas de 2º instar	71,07±10,63	25,6±5,04	36,02	65,06	(0,194)
Distúrbios fisiológicos		17,71±4,61	24,92	13,61	24,92 (0,124)
Aranhas		2,33±0,12	3,28	1,79	4,38 (0,019)
Larvas de Syrphidae		2,10±0,26	2,96	1,61	3,94 (0,017)
Adultos de Coccinellidae		2,10±0,15	2,96	1,61	3,94 (0,017)
Formigas		1,28±,15	1,81	0,99	2,41 (0,011)
Chuvas		0,07±0,07	0,10	0,06	0,10 (0,0004)
Ninfas de 3º instar	45,47±6,6	12,55±2,53	27,59	74,70	(0,137)
Chuvas		3,98±1,69	8,76	3,06	8,76 (0,04)
Distúrbios fisiológicos		3,62±0,62	7,96	2,78	7,96 (0,036)
Larvas de Syrphidae		2,26±0,16	4,97	1,74	5,96 (0,027)
Larvas de <i>Aphidoletes</i> sp.		1,74±0,16	3,83	1,34	4,60 (0,020)
Larvas de <i>Chrysoperla externa</i>		0,62±0,09	1,37	0,48	1,64 (0,007)
Aranhas		0,25±0,04	0,55	0,19	0,66 (0,003)
Fungos Entomophthorales		0,07±0,06	0,16	0,06	0,22 (0,001)
Ninfas de 4º instar	32,93±5,64	6,67±1,18	20,27	79,82	(0,098)
Chuvas		2,24±0,86	6,79	1,72	6,79 (0,031)
Larvas de Syrphidae		1,15±0,17	3,48	0,88	3,81 (0,017)
Larvas de Coccinellidae		0,95±0,18	2,90	0,73	3,18 (0,014)
Adultos de Coccinellidae		0,84±0,06	2,55	0,65	2,80 (0,012)
Distúrbios fisiológicos		0,64±0,14	1,93	0,49	1,93 (0,008)
Fungos Entomophthorales		0,45±0,24	1,38	0,35	1,70 (0,007)
Aranhas		0,19±0,03	0,58	0,15	0,64 (0,003)
Larvas de <i>Aphidoletes</i> sp.		0,19±0,04	0,58	0,15	0,64 (0,003)
<i>Diaeretiella rapae</i>		0,02±0,02	0,06	0,01	0,07 (0,0003)
Ninfas de 5º instar	26,25±4,9	9,73±2,1	36,77	87,24	(0,176)
Chuvas		3,24±1,16	12,19	2,46	12,19 (0,056)
Larvas de Syrphidae		2,28±0,07	8,7	1,76	10,52 (0,048)
Distúrbios fisiológicos		1,36±0,35	5,12	1,03	5,12 (0,023)
Adultos de Coccinellidae		0,80±0,16	3,03	0,61	3,67 (0,016)
Aranhas		0,61±0,07	2,32	0,47	2,81 (0,012)
Larvas de <i>Aphidoletes</i> sp.		0,61±0,09	2,32	0,47	2,81 (0,012)
Fungos Entomophthorales		0,29±0,12	1,11	0,22	1,73 (0,008)
Larvas de Coccinellidae		0,23±0,05	0,87	0,18	1,05 (0,005)
Formigas		0,23±0,05	0,87	0,18	1,05 (0,005)
<i>Aphidius colemani</i>		0,02±0,02	0,14	0,03	0,22 (0,001)
<i>Diaeretiella rapae</i>		0,04±0,04	0,07	0,01	0,11 (0,0005)
Adultos iniciais	16,6±3,28	3,95±1,03	23,77	90,28	(0,115)
Chuva		1,82±0,77	10,95	1,40	10,95 (0,05)
<i>Diaeretiella rapae</i>		0,82±0,30	4,93	0,63	5,79 (0,026)
Fungos Entomophthorales		0,62±0,13	3,72	0,48	4,66 (0,021)
Larvas de <i>Aphidoletes</i> sp.		0,40±0,15	2,41	0,31	2,70 (0,011)
Larvas de Syrphidae		0,12±0,06	0,72	0,09	0,81 (0,003)
<i>Aphidius colemani</i>		0,04±0,04	0,22	0,03	0,26 (0,001)
Larvas de Coccinellidae		0,02±0,02	0,12	0,02	0,14 (0,001)
Aranhas		0,02±0,02	0,12	0,02	0,14 (0,001)
Adultos em reprodução	12,65±2,42				

Fecundidade = 46,42; Mortalidade total = 90,28%; $R_0 = 4,95$

lx = insetos vivos (média ± erro padrão) no início de cada estágio, dx = insetos mortos (média±erro padrão) num estágio ou mortos por um fator neste estágio, $100qx$ = mortalidade aparente ou não acumulativa (%), $100rx$ = mortalidade real ou mortalidade acumulativa (%), MM = mortalidade marginal (%), $k = -\log(1-MM/100)$ e R_0 = taxa reprodutiva líquida.

Tabela 5. Análise de correlação de Pearson e regressão linear simples para determinação do estágio crítico de mortalidade de *Lipaphis erysimi* em repolho. Viçosa, MG. 2007-2009.

Estádios	r	p	b	p
Fase crítica de mortalidade				
Adulto	0,21	0,1165	0,12	<0,0001
Ninfa	0,93	<0,0001	0,88 [□]	<0,0001
Ínstar crítico de mortalidade				
1º ínstar	0,46	0,0004	0,29 [□]	<0,0001
2º ínstar	0,36	0,0068	0,18	<0,0001
3º ínstar	0,53	<0,0001	0,17	<0,0001
4º ínstar	0,45	0,0005	0,12	<0,0001
5º ínstar	0,61	<0,0001	0,24	<0,0001

No cabeçalho: r = coeficiente de correlação e b = coeficiente angular da curva de mortalidade.

[□] Maior coeficiente angular baseado no intervalo de confiança a 95% de probabilidade.

Tabela 6. Coeficientes angulares da curva de regressão linear simples para determinação dos fatores chave de mortalidade para ninfas de primeiro ínstar de *Lipaphis erysimi* em repolho. Viçosa, MG. 2007-2009.

Fator de mortalidade	Passos da análise [‡]	
	1	2
Análise para determinação da principal causa de mortalidade no 1º ínstar		
Distúrbios fisiológicos	0,76* [□]	
Predação	0,18*	0,65* [□]
Chuvas	0,06	0,35*
Análise para determinação do principal predador de ninfas de 1º ínstar		
Larvas de Coccinellidae	0,61* [□]	
Adultos de Coccinellidae	0,31*	0,80* [□]
Formigas	0,08	0,20*

* Coeficiente angular significativo a $p < 0,05$.

[□] Maior coeficiente angular baseado no intervalo de confiança a 95% de probabilidade.

[‡] No primeiro passo todos os fatores foram submetidos à análise de regressão. Nos passos seguintes foram submetidos a esta análise os fatores com coeficientes angulares que diferiram significativamente do máximo valor deste coeficiente no passo anterior.

Tabela 7. Tabela de vida para *Myzus persicae* em repolho. Viçosa, MG. 2007-2009.

Estádio/Fator de mortalidade	<i>lx</i>	<i>dx</i>	100<i>qx</i>	100<i>rx</i>	<i>MM (k)</i>
Ninfas de 1º ínstar	102,91±16,22	46,32 ± 9,88	45,01	45,01	(0,291)
Distúrbios fisiológicos		26,18±5,58	25,44	25,44	31,63 (0,165)
Adultos de Coccinellidae		15,64±3,29	15,19	15,19	21,77 (0,107)
Chuvas		4,5±0,96	4,37	4,37	4,37 (0,019)
Ninfas de 2º ínstar	56,59±11,55	19,45±5,92	34,38	63,91	(0,199)
Larvas de Syrphidae		8,90±1,22	15,72	8,65	19,33 (0,093)
Larvas de Coccinellidae		3,14±0,76	5,55	3,05	7,80 (0,035)
Distúrbios fisiológicos		3,18±0,68	5,62	3,09	7,79 (0,035)
Chuvas		3,18±0,68	5,62	3,09	5,62 (0,025)
Adultos de Coccinellidae		0,27±0,06	0,48	0,27	0,73 (0,003)
Ninfas de 3º ínstar	37,14±8,07	14±2,98	37,70	77,52	(0,241)
Larvas de Coccinellidae		2,71±0,52	7,30	2,63	13,17 (0,061)
Larvas de Syrphidae		2,71±0,52	7,30	2,63	13,17 (0,061)
Distúrbios fisiológicos		3,00±0,64	8,08	2,92	11,4 (0,053)
Chuvas		3,68±0,78	9,91	3,58	9,91 (0,045)
Larvas de <i>Aphidoletes</i> sp.		1,58±0,27	4,26	1,54	8,33 (0,037)
Fungos Entomophthorales		0,18±0,04	0,49	0,18	0,78 (0,003)
<i>Diaeretiella rapae</i>		0,14±0,03	0,37	0,13	0,58 (0,003)
Ninfas de 4º ínstar	23,14±5,01	5,18±1,10	22,40	82,55	(0,119)
Larvas de Coccinellidae		1,59±0,26	6,89	1,55	7,92 (0,006)
Distúrbios fisiológicos		1,14±0,24	4,91	1,10	5,92 (0,027)
Larvas de <i>Aphidoletes</i> sp.		1,06±0,12	4,59	1,03	5,42 (0,024)
Larvas de Syrphidae		0,53±0,02	2,30	0,52	2,79 (0,012)
<i>Diaeretiella rapae</i>		0,36±0,08	1,57	0,35	1,96 (0,009)
Aranhas		0,27±0,11	1,15	0,26	1,41 (0,006)
<i>Aphidius colemani</i>		0,14±0,03	0,59	0,13	0,74 (0,003)
Fungos Entomophthorales		0,09±0,02	0,39	0,09	0,5 (0,002)
Ninfas de 5º ínstar	17,95±4,81	8,27±1,76	46,08	90,59	(0,324)
Larvas de Syrphidae		3,64±0,52	20,25	3,53	40,61 (0,226)
Larvas de <i>Aphidoletes</i> sp.		1,82±0,41	10,13	1,77	25,48 (0,128)
Distúrbios fisiológicos		0,82±0,17	4,56	0,80	7,76 (0,035)
<i>Diaeretiella rapae</i>		0,82±0,17	4,56	0,80	7,69 (0,035)
Chuvas		1,05±0,22	5,82	1,02	5,82 (0,026)
<i>Aphidius colemani</i>		0,09±0,02	0,51	0,09	0,85 (0,004)
Fungos Entomophthorales		0,05±0,01	0,25	0,04	0,47 (0,002)
Adultos finais	9,68±2,46	4,09±0,87	42,25	94,57	(0,238)
<i>Diaeretiella rapae</i>		1,64±0,35	16,90	1,59	22,64 (0,111)
Chuvas		2,00±0,43	20,66	1,94	20,66 (0,1)
Larvas de <i>Aphidoletes</i> sp.		0,45±0,06	4,69	0,44	5,92 (0,026)
Adultos em reprodução	5,86±1,83				

Fecundidade = 17,33; Mortalidade total = 94,57; $R_0 = 1,06$

lx = insetos vivos (média ± erro padrão) no início de cada estágio, *dx* = insetos mortos (média±erro padrão) num estágio ou mortos por um fator neste estágio, 100*qx* = mortalidade aparente ou não acumulativa (%), 100*rx* = mortalidade real ou mortalidade acumulativa (%), *MM* = mortalidade marginal (%), $k = -\log(1-MM/100)$ e R_0 = taxa reprodutiva líquida.

Tabela 8. Análise de correlação de Pearson e regressão linear simples para determinação do estágio crítico de mortalidade de *Myzus persicae* em repolho. Viçosa, MG. 2007-2009.

Estádios	r	p	b	p
Fase crítica de mortalidade				
Adulto	0,69	0,0004	0,20	<0,0001
Ninfa	0,93	<0,0001	0,80 [□]	<0,0001
Ínstar crítico de mortalidade				
1º ínstar	0,27	0,2282	0,25	<0,0001
2º ínstar	0,37	0,0902	0,15	<0,0001
3º ínstar	0,55	0,0083	0,22 [□]	<0,0001
4º ínstar	0,31	0,1615	0,16	<0,0001
5º ínstar	0,34	0,1259	0,22	<0,0001

No cabeçalho: r = coeficiente de correlação e b = coeficiente angular da curva de mortalidade.

□ Maior coeficiente angular baseado no intervalo de confiança a 95% de probabilidade.

Tabela 9. Coeficientes angulares da curva de regressão linear simples para determinação dos fatores chave de mortalidade para ninfas de terceiro ínstar de *Myzus persicae*. Viçosa, MG. 2007-2009.

Fator de mortalidade	Passos da análise [‡]	
	1	2
Análise para determinação da principal causa de mortalidade no 3º ínstar		
Predação	0,69* [□]	
Distúrbios fisiológicos	0,13*	0,27* [□]
Parasitismo	0,06*	0,17* [□]
Fungos Entomophthorales	0,07	0,29* [□]
Chuvas	0,05	0,27* [□]
Análise para determinação do principal predador de ninfas de 3º ínstar		
Larvas de Coccinellidae	0,71* [□]	
Larvas de Syrphidae	0,13	0,46* [□]
Larvas de <i>Aphidoletes</i> sp,	0,15	0,54* [□]

* Coeficiente angular significativo a $p < 0,05$.

□ Maior coeficiente angular baseado no intervalo de confiança a 95% de probabilidade.

‡ No primeiro passo todos os fatores foram submetidos à análise de regressão. Nos passos seguintes foram submetidos a esta análise os fatores com coeficientes angulares que diferiram significativamente do máximo valor deste coeficiente no passo anterior.

4. DISCUSSÃO

O conhecimento de quais e quanto cada fator afeta a dinâmica populacional de insetos pragas é fundamental para o desenvolvimento de sistemas eficientes de manejo destes organismos em cultivos agrícolas. As populações dos pulgões *B. brassicae*, *L. erysimi* e *M. persicae* são reguladas por fatores bióticos e abióticos. Estes fatores causaram uma redução de 90,28; 92,39 e 94,57 % nas populações de *B. brassicae*, *L. erysimi* e *M. persicae*, respectivamente. Entretanto, no geral, estes pulgões tiveram um aumento populacional ao longo do ano ($R_0 > 1$). Isto mostra, por conseguinte que os fatores de mortalidade natural não são suficientes para reduzir as densidades destes insetos em cultivos de repolho. Portanto, outras táticas e estratégias de manejo devem ser adotadas, a fim de maximizar ou complementar a ação dos agentes de mortalidade natural no campo.

A predação por larvas de Syrphidae foi um dos fatores-chaves de mortalidade de *B. brassicae* e *M. persicae*. Para *B. brassicae*, este predador foi o fator de mortalidade mais importante. As espécies de Syrphidae encontradas predando estes pulgões foram *O. gastrostactus*, *A. exotica* e *P. clavatus*. A predação por larvas de Syrphidae pôde ser facilmente quantificada, uma vez que elas são pouco móveis e permanecem na folha até consumir todos os pulgões ou empuparem. As larvas de Syrphidae são verificadas como um dos predadores mais importantes de pulgões em muitos agroecossistemas. No Brasil, existem diversos relatos destes inimigos naturais causando mortalidade de pulgões, como é o caso de *Allograpta neotropica* Curran, *Ocyptamus gastrostactus* Wiedemann, *Syrphus phaetostigma* Wiedemann, *Ocyptamus dimidiatus* Fabricius e *Pseudodorus clavatus* Fabricius (Diptera: Syrphidae) predando o pulgões no citros, couve, pepino, trigo e batata (Auaad & Trevizani, 2005). As larvas de Syrphidae se alimentam de uma grande quantidade de pulgões. Nos experimentos deste trabalho verificou-se que uma larva muitas das vezes era capaz de extinguir toda uma colônia.

Uma larva pode se alimentar de 660 a 1140 pulgões de terceiro ínstar durante seu desenvolvimento larval (Tenhumberg & Poehling, 1995; Soleyman-Nezhadiyan & Laughlin, 1998), sendo capazes de controlar as populações de pulgões (Michaud & Belliure, 2001). Os adultos destes Syrphidae predadores se alimentam de pólen e são verificados em flores de plantas espontâneas presentes nas entrelinhas ou no entorno dos cultivos. Os Syrphidae são predadores relativamente específicos, se alimentando preferencialmente de pulgões (Rotheray, 1989; Gilbert, 1993).

Como as larvas de Syrphidae são pouco móveis, as fêmeas destes predadores são altamente seletivas quanto ao local de oviposição, portanto escolhem colônias com altas densidades, afim de garantir alimento suficiente a sua prole (Bargen et al., 1998; Scholz & Poehling, 2000; Almohamad et al., 2007). Já foi observado que uma fêmea de Syrphidae geralmente coloca ovos em colônias de pulgões com mais de 50 indivíduos (Donaldson et al., 2007), portanto a densidade de pulgões nos experimentos deste trabalho foi suficiente para que houvesse oviposição de Syrphidae nas plantas.

A predação por larvas de Coccinellidae foi o fator de mortalidade mais importante para *M. persicae* e o segundo fator de mortalidade mais importante para *B. brassicae*. As espécies de joaninhas (Coccinellidae) encontradas predando estes pulgões foram *C. sanguinea*, *E. connexa* e *H. axyridis*. Adultos e larvas de joaninhas são predadores vorazes, que apresentam alta mobilidade. Apesar de serem predadores generalistas, as joaninhas estão frequentemente associadas aos pulgões, influenciando, portanto, as populações destes insetos no campo (Snyder & Ives, 2003). Durante sua fase larval, uma joaninha necessita se alimentar de cerca de 500 pulgões, sendo capaz de predação em média 14 indivíduos por dia (Shannag & Obeidat, 2006). Neste experimento, verificou-se que larvas e adultos de joaninhas, na maioria das vezes, ao chegarem à planta alimentavam-se rapidamente de todos os indivíduos da colônia.

As larvas de *Aphidoletes* sp. foram importantes predadores de *B. brassicae* e *M. persicae*. As larvas de Cecidomyiidae do gênero *Aphidoletes* são verificadas como predadores especialistas de pulgões (Harris, 1973; Nijveldt, 1988). As larvas de

Aphidoletes sp. encontradas neste estudo apresentam coloração amarelo claro e medem cerca de 2-3 mm de comprimento. Os adultos são pequenos mosquitos de 2-3 mm de comprimento, de cor preta e corpo delicado, com antenas e pernas longas. As larvas de *Aphidoletes* sp. são pouco móveis na planta permanecendo todo seu ciclo de vida numa única folha. Os ovos são ovalados e de coloração branco leitoso e também foram observados durante as avaliações da tabela de vida. As fêmeas de *Aphidoletes* sp. colocavam normalmente apenas um ovo por folha. Isto também tem sido verificado em outros estudos (Nijveldt, 1988). Apesar de serem encontrados com maior frequência que os sirfídeos, a taxa de predação por larvas de *Aphidoletes* sp. são menores, devido principalmente ao seu tamanho reduzido. Uma larva de *A. aphidimyza* necessita de cerca de sete pulgões para completar seu ciclo, entretanto dependendo do tamanho do pulgão e das condições ambientais uma larva pode consumir até 80 indivíduos durante sua vida (George, 1957; Nijveldt, 1988). A espécie *A. aphidimyza* é encontrada frequentemente predando pulgões em diversos cultivos agrícolas (Adams & Prokopy, 1980; Tracewski et al., 1984; Schmidt et al., 2004) e também tem sido utilizada para o controle aplicado de pulgões em casas de vegetação (Van Schelt & Mulder, 2000).

As aranhas foram importantes predadores de *B. brassicae*. As aranhas são predadores generalistas, que apresentaram baixa taxa de consumo quando comparadas com os outros predadores encontrados. As morfoespécies encontradas predando os pulgões neste experimento medem cerca de 3-5 mm e a maioria não constrói teia. Certos grupos de aranhas, como é o caso das aranhas da família Thomisidae, são especializados em predação de pequenos insetos de corpo mole (Nyffeler et al., 1994). A densidade de aranhas é aumentada com a presença de presas alternativas, como por exemplo, as colêmbolas (Dinter, 2002; Harwood et al., 2004; Madsen et al., 2004; Gavish-Regev et al., 2009). As aranhas verificadas neste estudo geralmente permaneciam todo o tempo na planta e ocasionalmente predavam pulgões. No caso das espécies que construíam teia era comum encontrar pulgões presos a estas teias.

As formigas foram importantes predadores de *L. erysimi*. As espécies encontradas predando estes pulgões são do gênero *Solenopsis* spp. Nas três espécies de pulgões estudadas neste trabalho não foi verificado mutualismo destes insetos com formigas. Na verdade, o que comumente observou-se no campo foram formigas predando os pulgões que caíam no solo ou movimentavam-se na planta. A predação por formigas *Solenopsis* spp. já foi verificada em outros pulgões, sendo estas capazes de predação inclusive múmias parasitadas (Hill & Hoy, 2003). Mesmo em outras espécies de pulgões que apresentam mutualismo com formigas, existem algumas situações, principalmente na falta de outras presas, em que as formigas se alimentam dos pulgões, não sendo portanto, honestas a relação (Edinger, 1985; Sakata, 1995).

O fator de mortalidade mais importante para *L. erysimi* foi devido aos problemas fisiológicos. A maior quantidade de indivíduos mortos por distúrbios fisiológicos no primeiro ínstar se deve principalmente por estes indivíduos serem pequenos e mais frágeis. Os distúrbios fisiológicos em pulgões estão relacionados com a qualidade nutricional e os compostos de defesas produzidos pela planta, visto que as ninfas de ínstars iniciais são mais afetadas por estes fatores (Cornell & Hawkins, 1995). A planta de repolho apresenta diversos compostos que afetam negativamente a sobrevivência de pulgões, principalmente os glucosinolatos (Cole, 1997; Tosh et al., 2003; Newton et al., 2009). A cera presente nas folhas de repolho também pode afetar a sobrevivência e a fixação dos pulgões na planta (Eigenbrode, 1996; Powell et al., 1999). Os compostos presentes na epicutícula das folhas podem ser deterrentes e antixenóticos, além destes compostos podem ser atrativos aos inimigos naturais. Além disso, tem-se verificado que nesta camada existem cristais que podem dificultar a fixação dos pulgões às plantas (White & Eigenbrode, 2000).

As chuvas causaram mortalidades significativas nas três espécies de pulgões. Este fator tem ação imediata e tardia na mortalidade de pulgões. Imediata, devido a derrubada de indivíduos da planta pelas gotas de água e tardia, devido a lama que respinga nas folhas e cobrem estes insetos e os matam por asfixia. Após as chuvas

foram verificados pulgões mortos cobertos de lama, principalmente nas folhas mais baixas.

O parasitismo consiste no segundo fator de mortalidade mais importante para *B. brassicae* e *M. persicae*. Os parasitóides encontrados parasitando estes pulgões foram *A. colemani* e *D. rapae*. O parasitismo foi facilmente contabilizado devido a presença das múmias. As fêmeas destes parasitóides também foram verificadas ovipositando nos pulgões. A morte pelos parasitóides acontece a partir do 3º ínstar, entretanto, a oviposição ocorre geralmente no segundo e terceiro ínstar (Perdikis et al., 2004). *A. colemani* é comercializado para o controle de *M. persicae* e *A. gossypii* na Europa (Van Schelt, 1994).

Os fungos Entomophthorales foram importantes fatores de mortalidade de *B. brassicae* e *M. persicae*. Antes de morrerem, os pulgões infectados ficam alaranjados ou róseos e após a morte, os cadáveres ficam aderidos às folhas. A adesão das múmias infectadas por Entomophthorales à planta é feita pelo estilete e em alguns casos pelos próprios rizóides do fungo (Pell et al., 2001). Durante a conidiogênese, os cadáveres ficam achatados e cobertos por uma massa de conídios e conidióforos de cor branca.

A infecção por fungos acontece geralmente quando os indivíduos da colônia estão nos últimos instares ninfais. Os conídios dos fungos Entomophthorales podem chegar às colônias por meio dos predadores e parasitóides, alados provenientes de outras plantas do cultivo ou de cultivos próximos, pelo vento ou até mesmo por esporos de resistência presentes no solo. Estudos recentes têm demonstrado a importância dos alados de pulgões na dispersão de Entomophthorales, visto que cerca de 20 a 30% dos alados que chegam aos cultivos estão infectados por estes fungos (Feng & Chen, 2002; Chen et al., 2008; Huang et al., 2008). Dentre os predadores, as joaninhas são verificadas como os principais dispersores de esporos dos fungos Entomophthorales, pois elas apresentam alta mobilidade (Roy & Pell, 2000; Roy et al., 2001).

O fato das espécies de pulgões do repolho apresentar diferentes estádios críticos de mortalidade implica na adoção de métodos de controle em momentos diferentes do

ciclo de vida destes insetos. *Brevicoryne brassicae* por exemplo, dever ser controlado no final de seu desenvolvimento, visto que seu estágio crítico de mortalidade é o 5º ínstar. Já para *L. erysimi*, ocorre o inverso, uma vez que seu estágio crítico de mortalidade é o 1º ínstar. Enquanto que, *M. persicae* se situa numa posição intermediária e seu controle deve ser realizado no 3º ínstar , já que este é seu estágio crítico de mortalidade.

A informação de que *B. brassicae*, *L. erysimi* e *M. persicae* apresentam fatores chaves de mortalidade diferentes é importante para a implementação de estratégias e táticas de manejo destas pragas do repolho. Neste contexto, tanto *B. brassicae* como *M. persicae* apresentam predadores como agentes chaves de controle populacional. Portanto, práticas que visam a preservação destes inimigos naturais devem ser adotadas, tais como: evitar aplicação de pesticidas em horário mais quentes do dia, o uso de produtos seletivos e o fornecimento de alimentos alternativos a estes agentes. Uma das formas de fornecer alimento a estes inimigos naturais seria por meio do plantio de plantas que florescem e que são hospedeiras de outras espécies de pulgões.

Além disso, visto que *B. brassicae* apresenta as larvas de Syrphidae como predador chave e *M. persicae* apresenta os adultos de Coccinellidae, a adoção de estratégias e táticas de manejo destes pulgões deve contemplar as peculiaridades de cada um destes predadores. Assim, nas áreas com maiores densidades de *B. brassicae*, uma das formas de se atrair os adultos de Syrphidae poderia ser via aplicação de pólen e sais, sabendo-se que adultos destes predadores usam o pólen como alimento e são atraídos por soluções salinas. Também deve-se realizar uma seleção mais rigorosa dos inseticidas a serem usados, visto que as larvas de Syrphidae são pouco tolerantes a produtos não seletivos.

Por outro lado o uso de plantas tolerantes e de inseticidas com mecanismo de ação sobre a muda se mostra como táticas promissoras para o manejo de *L. erysimi*, já que este pulgão apresenta os distúrbios fisiológicos como fator chave de mortalidade.

5. LITERATURA CITADA

- Adams, R. G.; Prokopy, R. J. *Aphidoletes aphidimyza* (Rondani) (Diptera: Cecidomyiidae): an effective predator of the apple aphid (Homoptera: Aphididae) in Massachusetts. **Protection Ecology**, v.2, p.27–39. 1980.
- Almohamad, R.; Verheggen, F. J.; Francis, F.; Haubruge, E. Predatory hoverflies select their oviposition site according to aphid host plant and aphid species. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.125, n.1, p.13-21. 2007.
- Auad, A. M.; Trevizani, R. Occurrence of aphidophagous syrphids (Diptera, Syrphidae) in Lavras, MG. **Revista Brasileira De Entomologia**, v.49, n.3, p.425-426. 2005.
- Bacci, L. **Fatores determinantes do ataque de *Tuta absoluta* ao tomateiro**. Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006. 133 p.
- Bargen, H.; Saudhof, K.; Poehling, H. M. Prey finding by larvae and adult females of *Episyrphus balteatus*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.87, p.245-254. 1998.
- Blackman, R. L.; Eastop, V. F. **Aphids on the World's Crops: An Identification and Information Guide**. Chichester: Wiley. 2000. 466p.
- Buonaccorsi, J. P.; Elkinton, J. S. Estimation of contemporaneous mortality factors. **Researches on Population Ecology**, v.32, p.151-171. 1990.
- Catie - Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. **Guia para el manejo integrado de plagas del cultivo de repollo**. Turrialba: CATIE. 1990. 81p.
- Chen, B.; Li, Z. Y.; Feng, M. G. Occurrence of entomopathogenic fungi in migratory alate aphids in Yunnan Province of China. **Biocontrol**, v.53, n.2, p.317-326. 2008.
- Cole, R. A. The relative importance of glucosinolates and amino acids to the development of two aphid pests *Brevicoryne brassicae* and *Myzus persicae* on

- wild and cultivated brassica species. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.85, n.2, p.121-133. 1997.
- Collier, R. H.; Finch, S. IPM Case Studies: Brassicas. In: H. F. Van Emden; Harrington, R. (Eds.). **Aphids as crop pests** London: CAB International, 2007, p.549-560
- Cornell, H. V.; Hawkins, B. A. Survival patterns and mortality sources of herbivorous insects: some demographic trends. **The American Naturalist**, v.145, p.563-593. 1995.
- Debaraj, Y.; Singh, T. K. Studies on some aspects of prey-predator interaction with reference to cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus) and its predatory insects. **Journal of Advanced Zoology**, v.19, n.1, p.50-54. 1998.
- Desh, R.; Kumar, S. Comparative biology of *Myzus persicae* Sulzer (Homoptera: Aphididae) on three Brassica oilseed crops. **Journal of Entomological Research**, v.18, n.2, p.147-150. 1994.
- Devi, P. B.; Devi, L. C.; Varatharajan, R.; Singh, T. K. On the density and composition of natural enemies of cabbage infesting aphids from Manipur. **Journal of Advanced Zoology**, v.17, n.2, p.74-78. 1996.
- Dinter, A. Microcosm studies on intraguild predation between female erigonid spiders and lacewing larvae and influence of single versus multiple predators on cereal aphids. **Journal of Applied Entomology**, v.126, n.5, p.249-257. 2002.
- Donaldson, J. R.; Myers, S. W.; Gratton, C. Density-dependent responses of soybean aphid (*Aphis glycines* Matsumura) populations to generalist predators in mid to late season soybean fields. **Biological Control**, v.43, n.1, p.111-118. 2007.
- Edinger, B. B. Conditional mutualism in tree aphid-tending ants. **Bulletin of the Ecological Society of America**, v.66, n.168. 1985.
- Eigenbrode, S. D. Plant surface waxes and insect behaviour. In: G. Kerstiens (Eds.). **Plant cuticles: An integrated functional approach**. Oxford: BIOS Scientific Publisher, 1996, p.201-222

- Elkinton, J. S.; Buonaccorsi, J. P.; Bellows, T. S.; Van Driesche, R. G. Marginal attack rate, k-values and density dependence in the analysis of contemporaneous mortality factors. **Researches on Population Ecology**, v.34, p.29-44. 1992.
- Feng, M. G.; Chen, C. Incidence of infected *Myzus persicae* alatae trapped in flight imply place-to-place dissemination of entomophthoralean fungi in aphid populations through migration. **Journal of Invertebrate Pathology**, v.81, n.1, p.53-56. 2002.
- Filgueira, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura - Agrotecnologia Moderna na Produção e Comercialização de Hortaliças**. Editora UFV: Viçosa. 2007. 423 p.
- Gavish-Regev, E.; Rotkopf, R.; Lubin, Y.; Coll, M. Consumption of aphids by spiders and the effect of additional prey: evidence from microcosm experiments. **Biocontrol**, v.54, n.3, p.341-350. 2009.
- Geiger, F.; Bianchi, F.; Wackers, F. L. Winter ecology of the cabbage aphid *Brevicoryne brassicae* (L.) (Hom., Aphididae) and its parasitoid *Diaeretiella rapae* (McIntosh) (Hym., Braconidae: Aphidiidae). **Journal of Applied Entomology**, v.129, n.9-10, p.563-566. 2005.
- George, K. S. Preliminary investigations on the biology and ecology of the parasites and predators of *Brevicoryne brassicae* (L.). **Bulletin of Entomological Research**, v.48, p.619–629. 1957.
- Gilbert, F. S. **Hoverflies. Naturalists' Handbooks**. Slough: Richmond Press. 1993. 72p.
- Gonring, A. H. R.; Picanço, M. C.; Guedes, R. N. C.; Silva, E. M. Natural biological control and key mortality factors of *Diaphania hyalinata* (Lepidoptera: Pyralidae) in cucumber. **Biocontrol Science and Technology**, v.13, n.3, p.361-366. 2003.
- Harcourt, D. G. The development and use of life tables in study of natural insect populations. **Annual Review of Entomology**, v.14, n.6, p.22. 1969.
- Harris, K. M. Aphidophagous Cecidomyiidae (Diptera): taxonomy, biology and assessment of field populations. **Bulletin of Entomological Research** v.63, p.305–325. 1973.

- Harwood, J. D.; Sunderland, K. D.; Symondson, W. O. C. Prey selection by linyphiid spiders: molecular tracking of the effects of alternative prey on rates of aphid consumption in the field. **Molecular Ecology**, v.13, n.11, p.3549-3560. 2004.
- Hill, S.; Hoy, M. A. Interactions between the red imported fire ant *Solenopsis invicta* and the parasitoid *Lipolexis scutellaris* potentially affect classical biological control of the aphid *Toxoptera citricida*. **Biological Control**, v.27, n.1, p.11-19. 2003.
- Huang, Z. H.; Feng, M. G.; Chen, X. X.; Liu, S. S. Pathogenic Fungi and Parasitoids of Aphids Present in Air Captures of Migratory Alates in the Low-latitude Plateau of Yunnan, China. **Environmental Entomology**, v.37, n.5, p.1264-1271. 2008.
- Kashyap, N. P.; Sharma, K. K. Biology of cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* L. on toria, sarson and raya. **Journal of Entomological Research** v.18, p.49-51. 1994.
- Kavallieratos, N. G.; Tomanovic, Z.; Sarlis, G. P.; Fasseas, C.; Emmanouel, N. E. A review of the genus *Aphidius* Nees in Greece (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) with the description of a new species. **Journal of Natural History**, v.40, n.17-18, p.1179-1197. 2006.
- Liu, T. X.; Yue, B. S. Comparison of some life history parameters between alate and apterous forms of turnip aphid (Homoptera: Aphididae) on cabbage under constant temperatures. **Florida Entomologist**, v.84, n.2, p.239-242. 2001.
- Madsen, M.; Terkildsen, S.; Toft, S. Microcosm studies on control of aphids by generalist arthropod predators: Effects of alternative prey. **Biocontrol**, v.49, n.5, p.483-504. 2004.
- Michaud, J. P.; Belliure, B. Impact of syrphid predation on production of migrants in colonies of the brown citrus aphid, *Toxoptera citricida* (Homoptera: Aphididae). **Biological Control**, v.21, n.1, p.91-95. 2001.
- Morris, R. F. Predictive population equations based on key factors. **Memoirs of the Entomological Society of Canada**, v.32, n.1, p.16-21. 1963.
- Naranjo, S. E.; Ellsworth, P. C. Mortality dynamics and population regulation in *Bemisia tabaci*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.116, n.2, p.93-108. 2005.

- Newton, E.; Bullock, J. M.; Hodgson, D. Bottom-up effects of glucosinolate variation on aphid colony dynamics in wild cabbage populations. **Ecological Entomology**, v.34, n.5, p.614-623. 2009.
- Nieto, D. J.; Shennan, C.; Settle, W. H.; O'malley, R.; Bros, S.; Honda, J. Y. How natural enemies and cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae* L.) population dynamics affect organic broccoli harvest. **Environmental Entomology**, v.35, n.1, p.94-101. 2006.
- Nijveldt, W. Cecidomyiidae. In: A. K. Minks; Harrewijn, P. **Aphids. Their Biology, Natural Enemies and Control**. Amsterdam: Elsevier, 1988, p.271–277
- Nyffeler, M.; Sterling, W. L.; Dean, D. A. How spiders make a living. **Environmental Entomology**, v.23, p.1357–1367. 1994.
- Obrycki, J. J.; Harwood, J. D.; Kring, T. J.; O'neil, R. J. Aphidophagy by Coccinellidae: Application of biological control in agroecosystems. **Biological Control**, v.51, n.2, p.244-254. 2009.
- Pell, J. K.; Eilenberg, J.; Hajek, A. E.; Steinkraus, D. C. Biology, ecology and pest management potential of Entomophthorales. In: T. M. Butt; Jackson, C.; Magan, N. (Eds.). **Fungi as Biocontrol Agents: Progress, Problems and Potential**. Wallingford: CAB International, 2001, p.71–153
- Perdikis, D. C.; Lykouressis, D. R.; Garantonakis, N. G.; Iatrou, S. A. Instar preference and parasitization of *Aphis gossypii* and *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) by the parasitoid *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Aphididae). **European Journal of Entomology**, v.101, n.2, p.333-336. 2004.
- Pereira, E. J. G.; Picanço, M. C.; Bacci, L.; Lucia, T. M. C. D.; Silva, É. M.; Fernandes, F. L. Natural mortality factors of *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) on *Coffea arabica*. **Biocontrol Science and Technology**, v.17, p.441-455. 2007.
- Podoler, H.; Rogers, D. New method for identification of key factors from life-table data. **Journal of Animal Ecology**, v.44, n.1, p.85-114. 1975.
- Powell, G.; Maniar, S. P.; Pickett, J. A.; Hardie, J. Aphid responses to non-host epicuticular lipids. **Entomologia Experimentalis et Applicata** v.91, p.115-123. 1999.

- Powell, W.; Pell, J. K. Biological Control. In: H. F. Van Emden; Harrington, R. (Eds.). **Aphids as crop pests**. London: CABI Publishing, 2007, p.569-514
- Rabinovich, J. E. **Ecologia de poblaciones animales**. Washington: OEA. 1978. 114p.
- Rotheray, G. E. **Aphid Predators. Cambridge Naturalists' Handbooks**. Cambridge: Cambridge University Press. 1989
- Roy, H. E.; Pell, J. K. Interactions between entomopathogenic fungi and other natural enemies: implications for biological control. **Biocontrol Science and Technology**, v.10, p.737- 752. 2000.
- Roy, H. E.; Pell, J. K.; Alderson, P. G. Targeted dispersal of the aphid pathogenic fungus *Erynia neoaphidis* by the aphid predator *Coccinella septempunctata*. **Biocontrol Science and Technology** v.11, p. 101-112. 2001.
- Royama, T. Fundamental concepts and methodology for the analysis of animal population dynamics, with particular reference to univoltine insects. **Ecological Monographs**, v. 51, p.473-493. 1981.
- Sakata, H. Density-dependent predation of the ant *Lasius niger* (Hymenoptera: Formicidae) on two attended aphids *Lachnus tropicalis* and *Myzocallis kuricola* (Homoptera: Aphididae). **Researches on Population Ecology**, v.37, p.159-164. 1995.
- Schmidt, M. H.; Thewes, U.; Thies, C.; Tschardtke, T. Aphid suppression by natural enemies in mulched cereals. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.113, n.2, p.87-93. 2004.
- Scholz, D.; Poehling, H. M. Oviposition site selection of *Episyrphus balteatus*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.94, p.149–158. 2000.
- Scorsetti, A. C.; Humber, R. A.; Garcia, J. J.; Lastra, C. C. L. Natural occurrence of entomopathogenic fungi (Zygomycetes: Entomophthorales) of aphid (Hemiptera: Aphididae) pests of horticultural crops in Argentina. **Biocontrol**, v.52, n.5, p.641-655. 2007.
- Shannag, H. K.; Obeidat, W. M. Voracity and conversion efficiency by larvae of *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae) on *Aphis fabae* Scop.

- (Homoptera: Aphididae) reared on two faba bean cultivars with different levels of resistance. **Applied Entomology and Zoology**, v.41, n.3, p.521-527. 2006.
- Smith, R. H. The analysis of intra-generation changes in animal populations. **Journal of Animal Ecology**, v.42, p.611–622. 1973.
- Snyder, W. E. P.; Ives, A. R. Interactions between specialist and generalist natural enemies: parasitoids, predators, and pea aphid biological control. **Ecology**, v.84, p.91-107. 2003.
- Soleyman-Nezhadiyan, E.; Laughlin, R. Voracity of larvae, rate of development in eggs, larvae and pupae, and flight seasons of adults of the hoverflies *Melangyna viridiceps* Macquart and *Simosyrphus grandicornis* Macquart (Diptera: Syrphidae). **Australian Journal of Entomology**, v.37, n.243–248. 1998.
- Southwood, T. R. E.; Henderson, P. **Ecological methods**. London: Blackwell Science. 2000. 576p.
- Sunil, J.; Poorani, J. **Aphids of Karnataka**. 2007. Disponível em: http://www.aphidweb.com/aphidbioagents/Diaeretiella_rapae.htm. Acesso em: 29 de Janeiro de 2010.
- Tenhumberg, B.; Poehling, H. M. Syrphids as natural enemies of cereal aphids in Germany: aspects of their biology and efficacy in different years and regions. **Agriculture, Ecosystems and Environment** v.52, p.39–43. 1995.
- Tosh, C. R.; Powell, G.; Holmes, N. D.; Hardie, J. Reproductive response of generalist and specialist aphid morphs with the same genotype to plant secondary compounds and amino acids. **Journal of Insect Physiology**, v.49, p.1173–1182. 2003.
- Tracewski, K. T.; Johnson, P. C.; Eaton, A. T. Relative densities of predaceous Diptera (Cecidomyiidae, Chamaemyiidae, Syrphidae) and their aphid prey in New Hampshire, USA, apple orchards. **Protection Ecology**, v.6, p.199–207. 1984.
- Van Schelt, J. The selection and utilisation of parasitoids for aphid control in glasshouses. **Proceedings of Experimental and Applied Entomology**, v.5, p.151-155. 1994.

- Van Schelt, J.; Mulder, S. Improved methods of testing and release of *Aphidoletes aphidimyza* (Diptera: Cecidomyiidae) for aphid control in glasshouses. **European Journal of Entomology**, v.97, n.4, p.511-515. 2000.
- Varley, G. C.; Gradwell, G. R.; Hassell, M. P. **Insect Population Ecology: An Analytical Approach**. London: Blackwell Scientific Publications. 1973. 212p.
- Vu, V. H.; Il Hong, S.; Kim, K. Selection of entomopathogenic fungi for aphid control. **Journal of Bioscience and Bioengineering**, v.104, n.6, p.498-505. 2007.
- White, C.; Eigenbrode, S. D. Leaf surface waxbloom in *Pisum sativum* influences intra-guild predation interactions involving two predator species. **Oecologia**, v.124, p.252–259. 2000.

CAPÍTULO 2: SAZONALIDADE DE *Brevicoryne brassicae*, *Lipaphis erysimi* E *Myzus persicae*: FENOLOGIA DO REPOLHO, ELEMENTOS CLIMÁTICOS E INIMIGOS NATURAIS

RESUMO - Muitos fatores bióticos e abióticos influenciam a variação sazonal das populações de insetos praga. O conhecimento da época de maior ataque das pragas bem como dos fatores que afetam a dinâmica destas populações é fundamental para o desenvolvimento de programas de manejo de pragas eficientes e que preservem o ambiente. Entre as principais pragas do repolho estão os pulgões *Brevicoryne brassicae*, *Lipaphis erysimi* e *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae). Assim, objetivou-se estudar os efeitos da fenologia das plantas, dos elementos climáticos e das populações de inimigos naturais no ataque de pulgões ao repolho. O estudo foi realizado de 2007 a 2009 em 16 cultivos de repolho, onde foram monitoradas semanalmente as fases fenológicas das plantas e as densidades dos pulgões e de seus inimigos naturais chave. Os dados dos elementos climáticos: ventos, chuvas, fotoperíodo, umidade relativa do ar e temperatura do ar foram monitorados diariamente durante o período experimental. As maiores densidades das três espécies de pulgão ocorreram no inverno. *Brevicoryne brassicae* ataca preferencialmente a fase de desenvolvimento da cabeça do repolho. Já *L. erysimi* ocorreu mais nos estádios de desenvolvimento e fechamento da cabeça do repolho e *M. persicae* ocorreu mais nas fases de início de formação e de desenvolvimento da cabeça do repolho. As densidades de *B. brassicae* e *L. erysimi* foram maiores nos períodos secos e de menor temperatura. Maiores densidades de pulgões alados foram observadas no início e no final dos cultivos. A produção de formas aladas por *B. brassicae* e *L. erysimi* foi proporcional às densidades de pulgões da espécie e também foi afetada positivamente pelo parasitismo e a densidade do predador *Aphidoletes* sp. (Diptera: Cecidomyiidae). Os fungos entomopatogênicos da ordem Entomophthorales foram afetados positivamente por seu inóculo e pelas chuvas e negativamente pela temperatura do ar. Já o parasitismo de *M. persicae* apresentou densidade dependente e foi mais intenso em períodos chuvosos. A abundância de larvas de *Aphidoletes* sp. apresentou dependente da densidade de pulgões.

Palavras-chave: Pulgões, dinâmica populacional, vento, temperatura, chuva, inimigos naturais.

**CHAPTER 2: SAZONALITY OF *Brevicoryne brassicae*, *Lipaphis erysimi* AND
Myzus persicae: CABBAGE PHENOLOGY, CLIMATIC ELEMENTS AND
NATURAL ENIMIES**

ABSTRACT – Sazonal variation of pests is influenced by biotical and abiotical factors. The knowledge about the season of the highest attack of pests and the factors that affect the dynamical population is fundamental for development of efficient insect pest management programs that preserving the environment. The aphids *Brevicoryne brassicae*, *Lipaphis erysimi* e *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) are between the mainly cabbage pest. Thus, this research aimed to study the effects of plant phenology, climactic elements and natural enemies in attack of these aphids on cabbage. This reseach was realized in cabbage crops cultivated from 2007 to 2009. The plant phenological stages and the aphids densities and of their key natural enimies were monitorated weekly. Climatic elements data: winds, rainfall, photoperiod, air relative humidity were monitorated daily during the experimental period. The highest densities of three aphid's species were in winter. *Brevicoryne brassicae* preferentially attacked the stage of cabbage-heads development. While *L. erysimi* occurred more in the stage of development and maturation cabbage-heads and *M. persicae* occurred more in in the stages of early formation and development cabbage-heads. The highest attack of *B. brassicae* and *L. erysimi* occurred in dry periods and low temperatures. Densities of winged were higher in the early crop and in the stage of aturation cabbage-heads. The production of winged morphs of *B. brassicae* e *L. erysimi* was proportional to densities of aphids of species and was also affected positively by parasitism and by the density of predator *Aphidoletes* sp. (Diptera: Cecidomyiidae). The entomopathogenics fungi of Entomophthorales order were positively affected by their inoculo and rainfall and negatively by air temperature. While the parasitism was dependent density and occurred in rainy periods. Abundacy of *Aphidoletes* sp. larvae was dependent of aphids's density.

Keywords: Aphids, populations dynamic, wind, temperature, rainfall, natural enimies.

1. INTRODUÇÃO

A abundância de artrópodes herbívoros apresenta frequentes variações ao longo do ano e dos estádios fenológicos da planta hospedeira (Waltz & Whitham, 1997; Campos et al., 2006). Estas sazonalidades resultam das mudanças nas taxas de natalidade, mortalidade e migração de indivíduos da população. Fatores bióticos e abióticos podem afetar estas taxas e, por conseguinte regular as densidades populacionais. Dentre os fatores bióticos que regulam as populações de pulgões estão os inimigos naturais, os organismos competidores e a planta hospedeira. Dos fatores abióticos estão as condições climáticas ou aquelas induzidas pelo homem, como por exemplo, o uso de inseticidas. Os modelos de previsão das mudanças populacionais de herbívoros permitem avaliar os efeitos destas espécies sobre o agroecossistema, além de serem fundamentais para o desenvolvimento de programas de manejo integrado de pragas.

Os pulgões *Brevicoryne brassicae* L., *Lipaphis erysimi* Kalt. e *Myzus persicae* Sulz (Hemiptera: Aphididae) são importantes pragas de brássicas, incluindo o repolho *Brassica oleracea* var. *capitata* (Blackman & Eastop, 2000; Collier & Finch, 2007). Altas infestações destes insetos são verificadas com frequência em cultivos de brássicas, causando, portanto, severos danos às plantas devido a sucção de seiva, injeção de toxinas e transmissão de viroses (Hughes, 1963; Liu & Yue, 2001; Newton et al., 2009) e no caso do repolho má formação de cabeças (Catie, 1990). Devido às elevadas taxas reprodutivas e ao curto ciclo de vida destes insetos, surtos populacionais em condições favoráveis podem ocorrer em curto espaço de tempo, fazendo com que a maioria dos agricultores use os inseticidas como principal método de controle (Ellis et al., 1999; Collier & Finch, 2007).

Estudos de desenvolvimento de modelos de dinâmica populacional de pulgões têm contribuído para o manejo integrado destas pragas em diversos agroecossistemas (Watt, 1983; Watt et al., 1984; Hamback et al., 2007; Matis et al., 2009; Merrill et al., 2009). Estes estudos são difíceis de serem realizados em espécies que atacam plantas herbáceas, uma vez que estas variam em abundância e distribuição ao longo do ano (Kindlmann et al., 2007). Por este motivo, a maioria dos estudos de dinâmica populacional de pulgões foi realizada com espécies que atacam plantas perenes (Dixon, 1970; Chambers et al., 1985; Dixon et al., 1993; Dixon et al., 1996)

A dinâmica populacional de pulgões é afetada principalmente pelas mudanças na composição química e nutricional da planta, pois a taxa de desenvolvimento destes insetos é altamente dependente de nutrientes e compostos presentes no floema (Dixon, 1998; Kindlmann et al., 2007). A concentração de compostos e a qualidade nutricional das plantas de repolho podem ainda variar com a época do ano e com a fenologia da planta (Cole, 1997b; Carvalho et al., 2008).

Entretanto, cada espécie de pulgão pode responder de modo diferente a estas mudanças. *M. persicae*, por exemplo, são estimulados pela presença de aminoácidos livres no floema (Hopkins et al., 1998). Além disso, estudos têm verificado que os compostos secundários produzidos pelas brássicas, como os glucosinolatos, podem afetar negativamente as praga polífagas como o *M. persicae*, enquanto que *B. brassicae* apresenta maior taxa intrínseca de crescimento em plantas como maior concentração destes compostos (Cole, 1997b; a; Hopkins et al., 1998).

As populações de pulgões também são influenciadas pelos fatores abióticos, principalmente a temperatura (Harrington et al., 1995; Morgan, 2000). A temperatura pode afetar indiretamente a densidade de pulgões, influenciando as taxas de desenvolvimento, reprodução e migração e diretamente, causando mortalidades em temperaturas extremas (Bale et al., 2007; Hazell et al., 2008). Elevadas temperaturas

podem ainda induzir a produção de formas aladas em pulgões (Liu, 1994). Estes insetos são produzidos nestas condições porque além de serem mais resistentes às intempéries climáticas, podem migrar para áreas mais adequadas (Liu, 1994; Müller et al., 2001). Apesar de poucos estudos que verificam a ação dos demais elementos climáticos, também pressupõe-se que a dinâmica populacional de pulgões é afetada pelas chuvas, ventos e umidade relativa do ar (McDonald et al., 2003; Atsebeha et al., 2009).

A ação dos inimigos naturais também consiste em um importante fator de regulação das densidades populacionais de pulgões em cultivos de brássicas (Raworth, 1984; Nirmala et al., 1996; Collier & Finch, 2007). Os principais inimigos naturais de *B. brassicae*, *L. erysimi* e *M. persicae* são os fungos da ordem Entomophthorales e do gênero *Lecanicillium* (Scorsetti et al., 2007; Vu et al., 2007), os parasitóides da família Braconidae e Aphelinidae (Geiger et al., 2005; Powell & Pell, 2007) e os predadores das famílias Coccinellidae e Syrphidae (Nieto et al., 2006; Ambrosino et al., 2007; Powell & Pell, 2007; Obrycki et al., 2009).

Assim, neste trabalho objetivou-se estudar os efeitos da fenologia do repolho, dos elementos climáticos e das populações de inimigos naturais na variação sazonal de populações dos pulgões *B. brassicae*, *L. erysimi* e *M. persicae* em cultivos de repolho na região de Viçosa, MG. Estas informações serão fundamentais para elaboração de estratégias e táticas de manejo destes insetos, possibilitando assim inúmeros benefícios econômicos, ecológicos e sócio-ambientais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Localização e condução dos cultivos

Este estudo foi realizado em 16 cultivos de repolho *Brassica oleracea* var. *capitata* do Híbrido “Sekai F1” conduzidas na Área Experimental da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG (20° 28' e 21° 20' S; 42° 20' e 43° 13'W; limite altitudinal 750 m). Estes cultivos foram estabelecidos a cada aproximadamente 40 dias, apresentavam as mesmas características e modo de condução semelhante ao trabalho anterior (Vide capítulo 1). Os dados foram coletados de 30 de abril de 2007 a 16 de junho de 2009.

2.2. Monitoramento de *B. brassicae*, *L. erysimi* e *M. persicae* e seus inimigos naturais

A densidade populacional dos pulgões *B. brassicae*, *L. erysimi* e *M. persicae* e de seus inimigos naturais foi avaliada semanalmente, desde a implantação dos cultivos até o fechamento das cabeças de repolho. Durante o desenvolvimento dos cultivos foi anotada a fase fenológica das plantas de repolho, sendo consideradas quatro fases distintas, de acordo com a formação das cabeças (Tabela 1).

Tabela 1. Fases fenológicas do repolho (Adaptado de Andaloro et al., 1983).

Fase fenológica do repolho	Características da planta
I	Pré-formação da cabeça: plantas com até 12 folhas verdadeiras e base do talo ainda visível de cima.
II	Início da formação da cabeça: base do talo e das folhas não visível de cima; folhas apicais, ou seja, do “coração” visivelmente distintas das folhas circunvizinhas.
III	Desenvolvimento da cabeça: cabeça já em desenvolvimento (como a estrutura de uma bola) escondida pelas folhas circunvizinhas.
IV	Fechamento da cabeça: cabeça de aproximadamente 23 cm de diâmetro, pronta para colheita, não há mais produção de folhas.

A cada avaliação foram amostradas, aleatoriamente, 20 plantas de repolho, quatro em cada fileira, sendo verificadas a segunda, terceira, quarta, quinta e sexta folhas expandidas do repolho. Em cada folha foi contado o número de pulgões ápteros e alados de cada espécie, pulgões parasitados e infectados por fungos, e os predadores e adultos de parasitóides destes insetos.

Múmias parasitadas foram levadas para o laboratório e colocadas em potes plásticos de 100 mL para emergência dos adultos dos parasitóides. Estes adultos foram coletados, separados por morfoespécie e mantidos em álcool 70%. Pulgões infectados por fungos também foram levados para o laboratório e montados em lâminas de microscópio para identificação destes entomopatógenos. Exemplares de predadores e adultos de parasitóides foram coletados e mantidos em álcool a 70%.

Os parasitóides foram identificados de acordo com Kavallieratos et al., (2006) e Sunil & Poorani (2007). Os Syrphidae foram identificados com base no trabalho de

Auad & Trevizani (2005). Os demais inimigos naturais foram identificados no Laboratório de Manejo Integrado de pragas da UFV.

2.3. Dados climáticos

Os dados de velocidade do vento, precipitação pluviométrica e temperatura do ar, foram monitorados, diariamente, durante todo o período experimental através da estação meteorológica principal da Universidade Federal de Viçosa.

2.4. Análise dos dados

A abundância de alados e ápteros de cada espécie de pulgão foi relacionada, através da análise de redundância (RDA) com: as fases fenológicas da cultura; as estações do ano; a temperatura média do ar, a umidade relativa média do ar, a média dos ventos e as chuvas acumuladas da semana anterior à amostragem dos pulgões. A visualização dos autovalores (scores de ordenação das variáveis dependentes da ordenação) e dos scores das variáveis explanatórias (independentes) foi efetuada por meio de gráficos do tipo *bi-plots*, o qual constitui a projeção dos pontos variáveis. A análise de redundância (RDA) foi feita no programa Canoco 3.1 e os gráficos de ordenação foram confeccionados no programa Canodraw 3.0 (Ter Braak & Šmilauer, 2002).

A análise de redundância (RDA) é uma técnica estatística multivariada de gradiente direta, derivada dos principais componentes, que relaciona os padrões de distribuição das espécies e os fatores ambientais com dimensionalidade reduzida. Esta análise é adequada quando se tem um número grande de indivíduos e necessita-se estudar simultaneamente suas relações (Gauch, 1982). A análise de RDA especifica estatisticamente os fatores ambientais mais ou menos importantes em relação aos

padrões de distribuição das espécies e detecta padrões de distribuição linear da espécie contra um gradiente ambiental. Os gradientes ambientais significativos são apresentados como vetores da origem do diagrama de ordenação. No diagrama de ordenação da RDA o comprimento dos vetores é proporcional à sua importância e o ângulo entre um determinado vetor e cada eixo de ordenação representa o seu grau de correlação com o eixo (Ter Braak & Šmilauer, 2002).

Análise de regressão linear múltipla foi utilizada para verificar a relação entre a taxa de infecção por fungos Entomophthorales e as densidades de pulgões sadios e infectados na semana anterior a avaliação e a média dos dados dos elementos climáticos nos 6º, 7º e 8º dias anteriores a avaliação. Os dados climáticos destes três dias foram utilizados porque o período de incubação destes fungos em pulgões é de cerca de 5-7 dias (Steinkraus et al., 1993; Dromph et al., 2002). Esta análise foi realizada somente com este grupo de fungos porque estes foram identificados como importante fator de mortalidade dos pulgões no estudo de tabelas de vida ecológicas e foram verificados com maior frequência e abundância no campo.

Análise de regressão linear múltipla também foi utilizada para verificar a relação entre o número de pulgões parasitados de cada espécie e a densidade de pulgões sadios e parasitados da respectiva espécie na semana anterior a avaliação e os dados médios dos elementos climáticos da semana anterior a avaliação. A relação entre a densidade de *Aphidoletes* sp., aranhas, Coccinellidae e Syrphidae e a densidade de *B. brassicae*, *L. erysimi* e *M. persicae* e os dados médios dos elementos climáticos da semana anterior a avaliação também foi verificada por meio da análise de regressão linear múltipla. Esta análise foi realizada com somente estes predadores porque eles foram fator chave de mortalidade dos pulgões no estudo de tabelas de vida ecológicas.

As análises de regressão múltipla foram feitas no programa SAS (PROC REG; SAS Institute, 2002).

3. RESULTADOS

Através da análise de redundância foi possível correlacionar as densidades de alados e ápteros de *B. brassicae*, *L. erysimi* e *M. persicae* com as fases fenológicas da cultura do repolho, as estações do ano e os elementos climáticos. Considerando os dois primeiros eixos significativos pelo teste de permutação de Monte Carlo ($F= 2,17$; $p = 0,004, 499$ permutações), o modelo explicou 73,8% da variância total. A análise de redundância (RDA) mostrou que as fases fenológicas da cultura do repolho tiveram baixa influência na densidade de pulgões. As maiores densidades de alados e ápteros do pulgão *B. brassicae* ocorreram no inverno, principalmente na fase de desenvolvimento das cabeças (Fase III). Alados e ápteros desta espécie foram afetados negativamente pelas chuvas e elevadas temperatura média e umidade relativa média do ar (Figura 1).

De acordo com análise de regressão múltipla a produção de alados de *B. brassicae* é induzida pelas altas densidades de pulgões sadios ($b= 0,43$) e parasitados ($b=0,58$) na planta ($R^2= 0,55$; $F= 9,6$; $p<0,0001$) (Tabela 1). Os alados do pulgão *B. brassicae* foram encontrados nas plantas de repolho de junho a novembro de 2007, em fevereiro de 2008 e de maio a novembro de 2008. Seus picos populacionais foram nos meses de agosto de 2007 e setembro de 2008, com cerca de 4 alados/planta no primeiro ano e 3 alados/planta no segundo ano (Figura 2A). Os ápteros do pulgão *B. brassicae* foram encontrados nas plantas de repolho de junho a novembro de 2007, fevereiro a setembro de 2008 e em novembro de 2008. Seus picos populacionais foram em outubro de 2007, com cerca de 1800 ápteros/planta e em setembro de 2008, com cerca de 460 ápteros/planta (Figura 2B). Estes picos coincidem com o início da elevação das temperaturas média do ar e baixa ocorrência de chuvas (Figuras 2A, 2B e 6).

As maiores densidades de alados e ápteros do pulgão *L. erysimi* ocorreram no inverno, entre as fases de desenvolvimento (Fase III) e fechamento (Fase IV) das cabeças de repolho. Os alados foram afetados positivamente pela velocidade média do

vento, enquanto que ambas as formas foram afetadas negativamente pelas chuvas e elevadas temperatura média e umidade relativa média do ar (Figura 1).

De acordo com análise de regressão múltipla a maior produção alados de *L. erysimi* ocorre quando as densidades de pulgões sadios ($b= 0,50$), de larvas de *Aphidoletes* sp. ($0,13$) e de Syrphidae ($0,22$) são altas e as temperaturas média do ar estão elevadas ($b=0,80$) ($R^2= 0,80$; $F= 32,15$; $p<0,0001$) (Tabela 1). Os alados e ápteros do pulgão *L. erysimi* foram encontrados durante quase todo o ano (Figura 3A e 3B). Os picos populacionais de alados ocorreram em maio, setembro e outubro de 2007 e agosto de 2008, com cerca de 6-7 alados/planta (Figura 3A). Enquanto que os picos populacionais de ápteros foram em setembro de 2007, com cerca de 4.000 ápteros/planta e em agosto de 2008, com cerca de 1600 ápteros/planta (Figura 3B). Estes picos também coincidem com a elevação das temperaturas do ar e baixa ocorrência de chuvas (Figuras 3A, 3B e 6)

As maiores densidades de alados e ápteros do pulgão *M. persicae* ocorreram no inverno e primavera, especialmente no inverno e entre as fases de início de formação (Fase II) e desenvolvimento (Fase III) das cabeças do repolho. As densidades de *M. persicae* não foram afetadas pelos elementos climáticos (Figura 1).

O modelo de regressão linear múltipla entre a densidade de alados de *M. persicae* e a densidade de pulgões sadios, infectados por fungos e parasitados na planta e a densidade de *Aphidoletes* sp., Coccinellidade, Syrphidae e aranhas na planta e a temperatura do ar não foi significativo a $p<0,05$ ($R^2= 0,13$; $F= 1,20$; $p=0,3118$). Entretanto observou-se que o aumento da densidade de alados de *M. persicae* é diretamente proporcional a densidade de pulgões infectados na planta (Tabela 1). Os alados de *M. persicae* foram encontrados durante praticamente todo o ano, exceto de fevereiro a junho de 2009. Seus picos populacionais foram em agosto e setembro de 2008, com cerca de 2 alados/planta (Figura 4A). Já os ápteros de *M. persicae* também foram encontrados em baixas densidades praticamente todo o ano, com pico populacional de 400 ápteros/planta em agosto de 2008 (Figura 4B).

A espécie de pulgão mais abundante foi a de *L. erysimi* com média geral de 92 pulgões/planta, seguida de *B. brassicae*, com média de 39 pulgões/planta e *M. persicae*, com média de 8 pulgões/planta (Tabela 2).

Dois grupos de fungos entomopatogênicos foram encontrados infectando os pulgões do repolho, os Entomophthorales e *Lecanicillium lecanii*. O fungo *Lecanicillium lecanii* foi verificado infectando ápteros de *B. brassicae* e *L. erysimi*. Os Entomophthorales infectam ápteros e alados das três espécies de pulgões. O pulgão mais infectado por fungos foi *L. erysimi*, sendo que a espécie de fungo predominante é a de Entomophthorales. Também foram encontrados ápteros e alados de *B. brassicae* e *L. erysimi* com micélios de fungos saprófitas, que provavelmente foram infectados pelos fungos Entomophthorales (Tabela 2).

Os pulgões infectados pelos fungos Entomophthorales apresentam coloração rósea ou alaranjada antes de morrerem e as múmias mortas por este fungo ficam com aspecto encharcado e achatado e cobertas com micélio e esporos de cor rósea clara. Já as múmias mortas pelo fungo *Lecanicillium lecanii* ficam inchadas e cobertas por micélios de cor branca. Dois fungos saprófitas foram encontrados, um apresentava micélio verde (provavelmente do gênero *Clamidosporum*) e outro micélio de cor cinza. Estes fungos cresciam sobre múmias que possivelmente foram mortas por Entomophthorales.

A taxa de infecção pelo fungo Entomophthorales aumentou com a densidade de pulgões infectados na planta 7 dias antes da avaliação, com a ocorrência de chuvas e com o aumento da temperatura média do ar às 24 horas e diminuição da temperatura média do ar do dia aos 6º, 7º e 8º dias antes da avaliação (Tabela 3). Pulgões *B. brassicae* infectados por Entomophthorales foram encontrados em outubro e novembro de 2007 e de julho e setembro de 2008, com maior taxa de ataque (100%) em novembro de 2007 (Figura 2C). As infecções de *L. erysimi* por Entomophthorales foram verificadas durante praticamente todo ano, com maiores taxas, de aproximadamente 50 a 80%, de novembro de 2007 a fevereiro de 2008 e em maio de 2009 (Figura 3C). Já as

infecções de *M. persicae* por este grupo de fungos ocorreram de junho a outubro de 2007, de fevereiro a março de 2008, de maio de 2008 a janeiro de 2009 e em maio de 2009, com taxas de 100% de infecção em julho e setembro de 2007 e em dezembro de 2008 (Figura 4C).

Os fungos *Lecanicillium lecanii* infectando *B. brassicae* s foram encontrados somente em duas avaliações: 10 de março e 01 de setembro de 2008 e infectando *L. erysimi* em quatro avaliações: 26 de fevereiro, 10 e 17 de março e 18 de agosto de 2008. As taxas de infecção destas duas espécies de fungo em ambas as espécies de pulgão foram menores que 1% em todas as avaliações.

Os parasitóides *Aphidius colemani* Viereck e *Diaeretiella rapae* McIntosh (Hymenoptera: Braconidae) foram encontrados parasitando os pulgões *B. brassicae*, *L. erysimi* e *M. persicae*, sendo que *D. rapae* ocorreu em maiores densidades (Tabela 2). O modelo de regressão linear múltipla entre a taxa de parasitismo de pulgões *B. brassicae* e a densidade total de pulgões sadios e parasitados e a média dos elementos climáticos na semana anterior a avaliação não foi significativo a $p < 0,05$ ($R^2 = 0,13$; $F = 0,79$; $p = 0,5850$) (Tabela 4). Já o aumento da taxa de parasitismo de *L. erysimi* foi diretamente proporcional com a densidade de pulgões parasitados na semana anterior a avaliação ($b = 0,61$; $R^2 = 0,13$; $F = 0,79$; $p = 0,5850$). Enquanto que a taxa de parasitismo de *M. persicae* aumenta apenas com a densidade de pulgões parasitados na semana anterior a avaliação ($b = 1,91$) e com a ocorrência de chuvas ($b = 0,75$) e diminui com o aumento da densidade de pulgões sadios na semana anterior à avaliação ($b = -1,89$) ($R^2 = 0,69$; $F = 11,32$; $p < 0,0001$) (Tabela 4).

Pulgões *B. brassicae* parasitados foram encontrados de julho a novembro de 2007 e de fevereiro a novembro de 2008, com taxas de parasitismo que chegam próximo de 50% (Figura 2D). Pulgões *L. erysimi* parasitados foram encontrados praticamente todo o ano, com maior taxa de parasitismo, cerca de 40%, em julho de 2007 (Figura 3D). Já pulgões *M. persicae* parasitados foram encontrados em fevereiro

de 2008, de maio a dezembro 2008, com maiores taxas, com cerca de 50% de parasitismo, em maio, novembro e dezembro de 2008 (Figura 4D).

Os predadores de *B. brassicae*, *L. erysimi* e *M. persicae* encontrados foram adultos de Carabidae, larvas de *Aphidoletes* sp. (Diptera: Cecidomyiidae), adultos de Diptera: Dolichopodidae, as formigas dos gêneros *Camponotus* spp. (Hymenoptera: Formicidae) e *Solenopsis* spp. (Hymenoptera: Formicidae), adultos e larvas das joaninhas *Azia luteipes* Mulsant, *Cycloneda sanguinea* L., *Eriopis connexa* Germar, *Harmonia axyridis* Pallas e *Psyllobora* sp. (Coleoptera: Coccinellidae), as larvas e adultos dos sirfídeos *Allograpta exotica* Wiedemann e *Ocyptamus gastrostactus* Wiedemann (Diptera: Syrphidae), a vespa *Protonectrina sylveirae* (Hymenoptera: Vespidae), a tesourinha *Doru luteipes* (Dermaptera: Forficulidae), um tripes predador (Thysanoptera) e diversas espécies de aranhas. O predador mais abundante foi as aranhas, seguidas das larvas de *A. exotica* e larvas e adultos de *H. axyridis* (Tabela 2).

A densidade de aranhas, larvas e adultos de Coccinellidae e larvas de Syrphidae não foram influenciadas pelos elementos climáticos. Verificou-se que somente as densidades das larvas de *Aphidoletes* sp. foram influenciadas positivamente pelas densidades de *L. erysimi* (Tabela 5). As larvas de *Aphidoletes* sp. foram encontradas somente em novembro de 2007, em fevereiro, março, julho, agosto e dezembro de 2008 (Figura 5A). As aranhas foram encontradas durante todo o período de avaliação com densidades semelhantes ao longo do ano (Figura 5B). Larvas e adultos de joaninhas (Coccinellidae) também foram encontrados praticamente todo o ano e seus picos populacionais foram em julho de 2008 e março de 2009 (Figura 5C). As larvas de Syrphidae também foram encontradas todo ano, exceto de fevereiro a junho de 2009, com um pico populacional em maio de 2007 (Figura 5D).

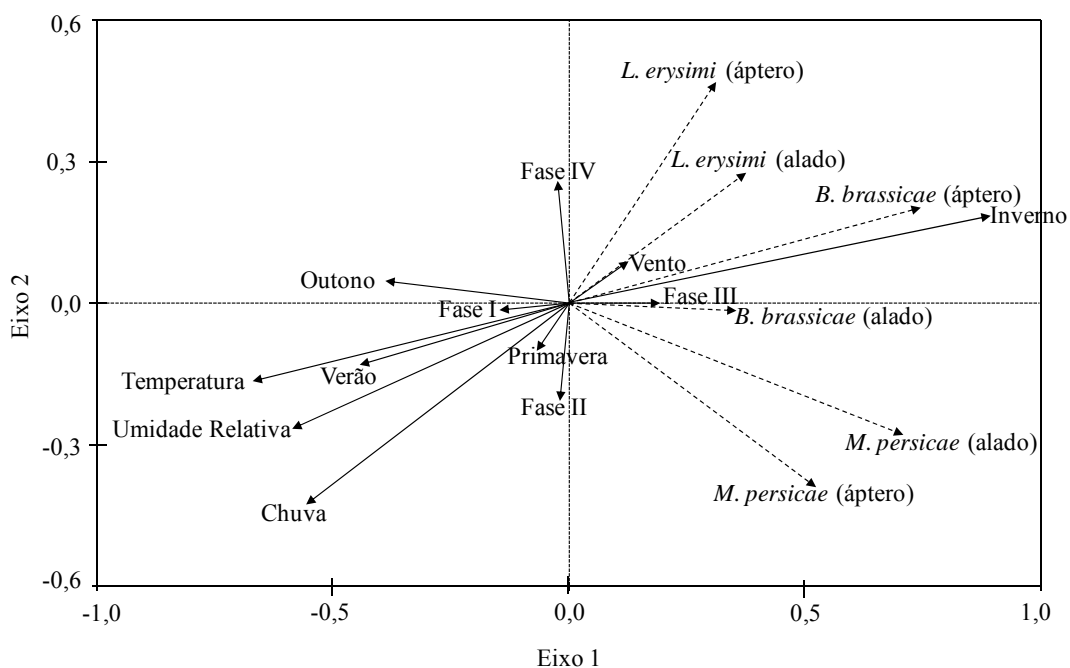


Figura 1. Diagrama de ordenação da análise de redundância (RDA) da influência dos estádios fenológicos do repolho, das estações do ano e elementos climáticos na abundância de alados e ápteros de *Brevicoryne brassicae*, *Lipaphis erysimi* e *Myzus persicae*. O primeiro e segundo eixos contribuíram com 55,3 e 18,5% da variância, respectivamente. O comprimento dos vetores é proporcional à importância da variável. Variáveis com correlação positiva possuem vetores na mesma direção e sentido e elas têm correlação negativa quando seus vetores possuem mesma direção e sentido contrário. Quando o ângulo entre os vetores é de 90° as variáveis não são correlacionadas. Fases fenológicas do repolho: I= Pré-formação da cabeça, II= início da formação da cabeça, III= desenvolvimento da cabeça e IV= fechamento das cabeças.

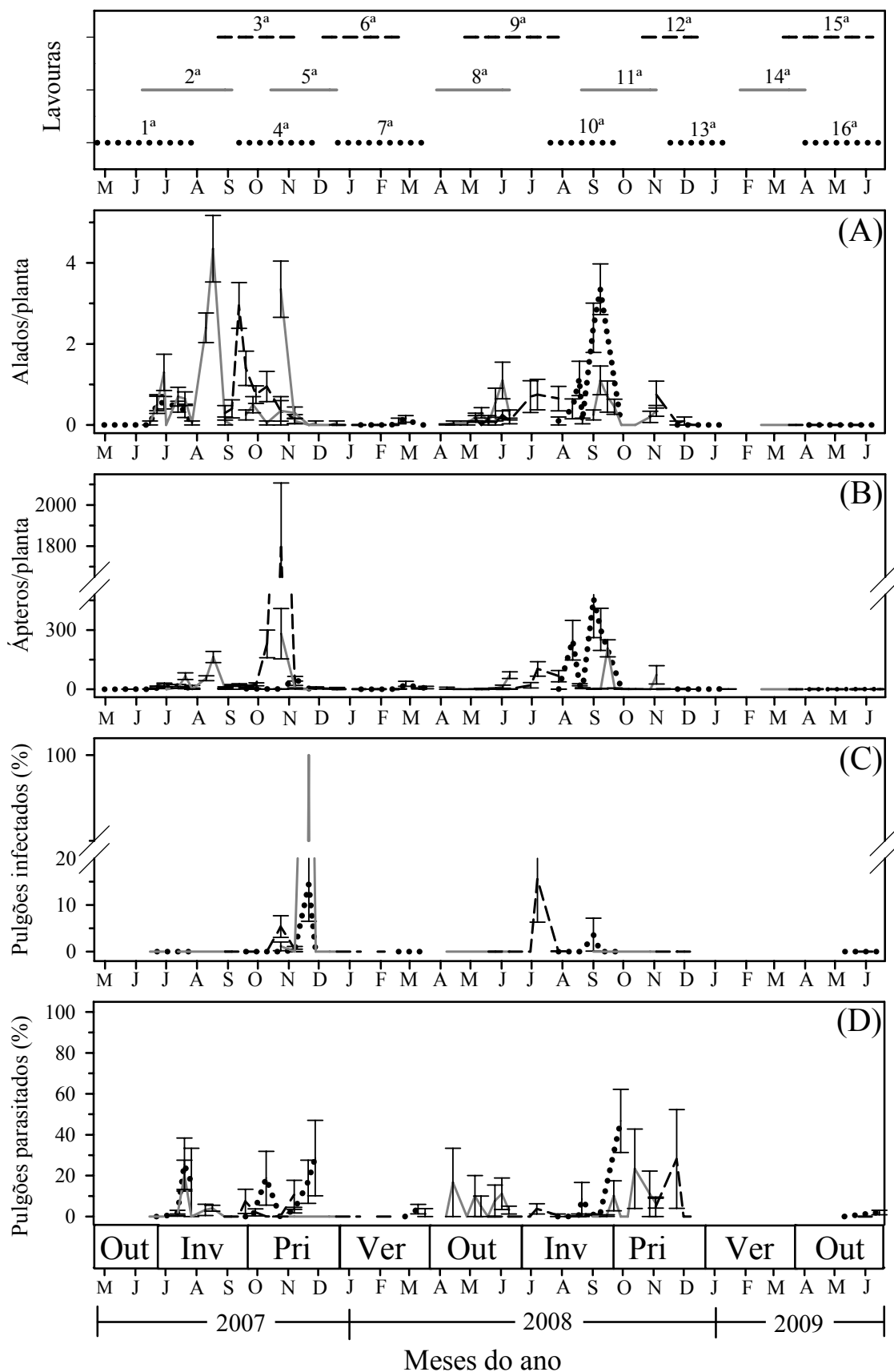


Figura 2. Variação sazonal das densidades de alados (A), ápteros (B), pulgões infectados por Entomophthorales (C) e parasitados (D) de *Brevicoryne brassicae* em 16 cultivos de repolho cultivados em Viçosa, MG de Abril de 2007 a Junho de 2009. Estações do ano: Out= outono, Inv= inverno, Pri= primavera e Ver= verão. As barras verticais representam o erro padrão da média.

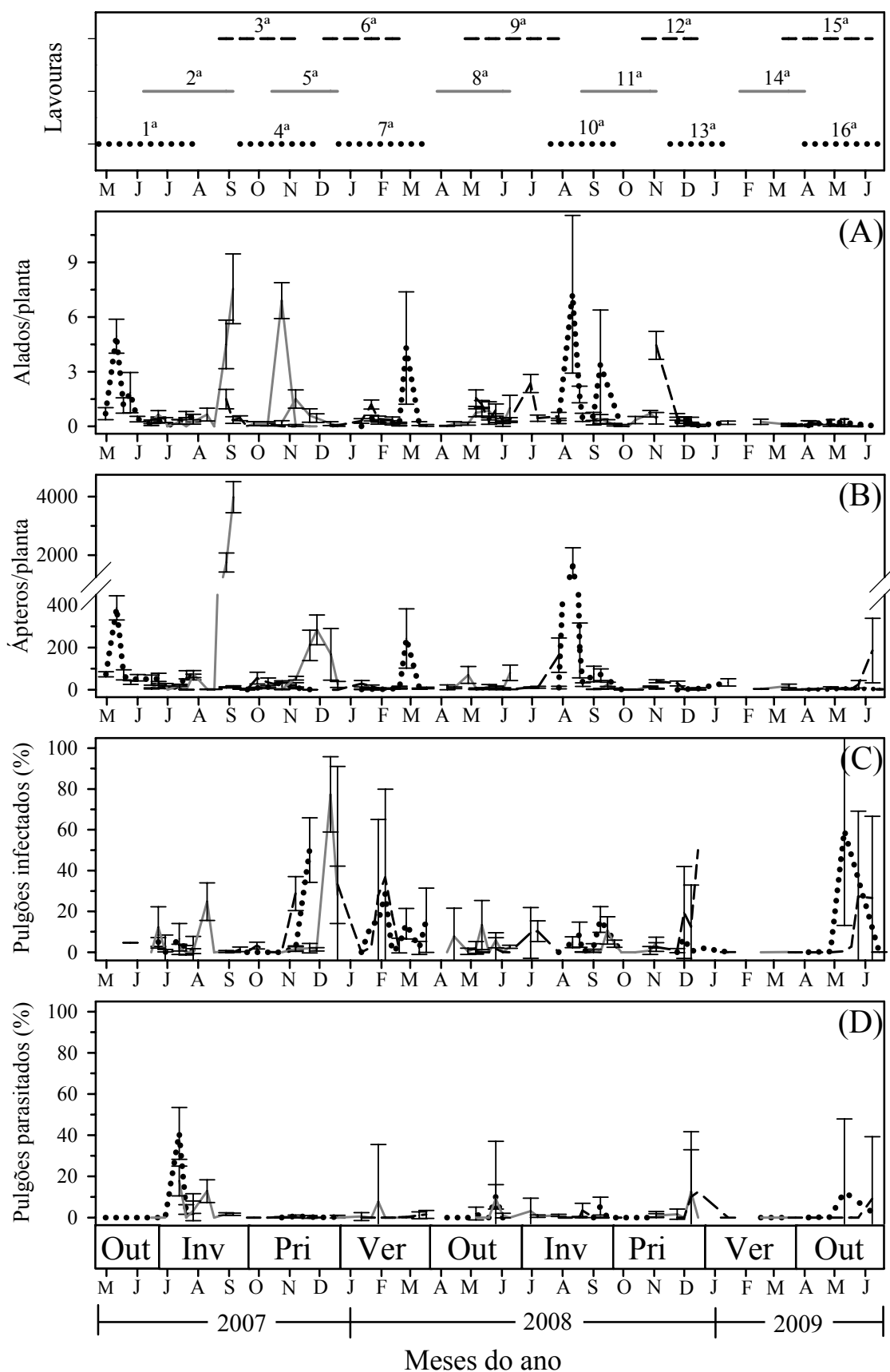


Figura 3. Variação sazonal das densidades de alados (A), ápteros (B), pulgões infectados por Entomophthorales (C) e parasitados (D) de *Lipaphis erysimi* em 16 cultivos de repolho cultivados em Viçosa, MG de Abril de 2007 a Junho de 2009. Estações do ano: Out= outono, Inv= inverno, Pri= primavera e Ver= verão. As barras verticais representam o erro padrão da média.

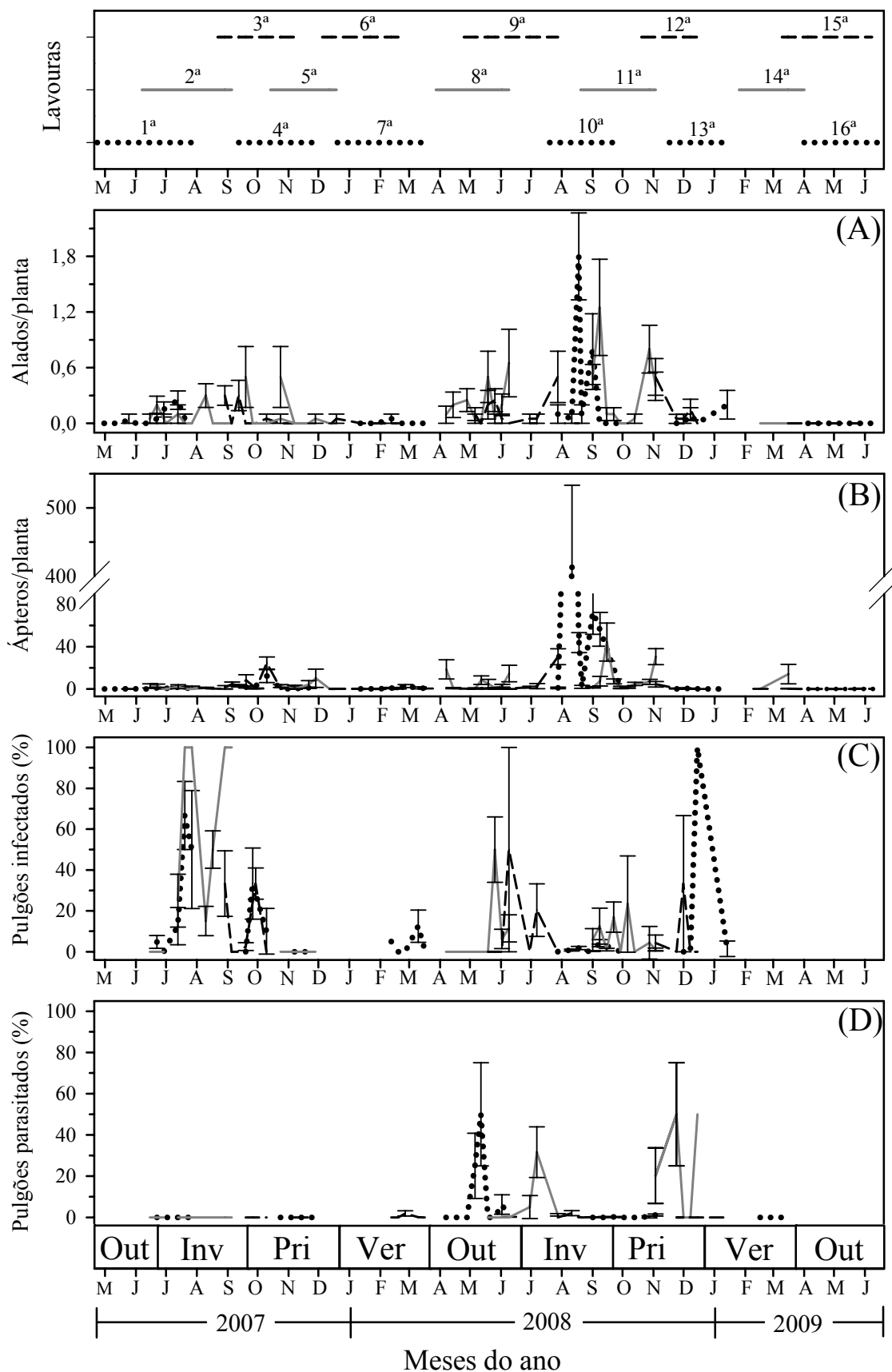


Figura 4. Variação sazonal das densidades de alados (A), ápteros (B), pulgões infectados por Entomophthorales (C) e parasitados (D) de *Myzus persicae* em 16 cultivos de repolho cultivados em Viçosa, MG de Abril de 2007 a Junho de 2009. Estações do ano: Out= outono, Inv= inverno, Pri= primavera e Ver= verão. As barras verticais representam o erro padrão da média.

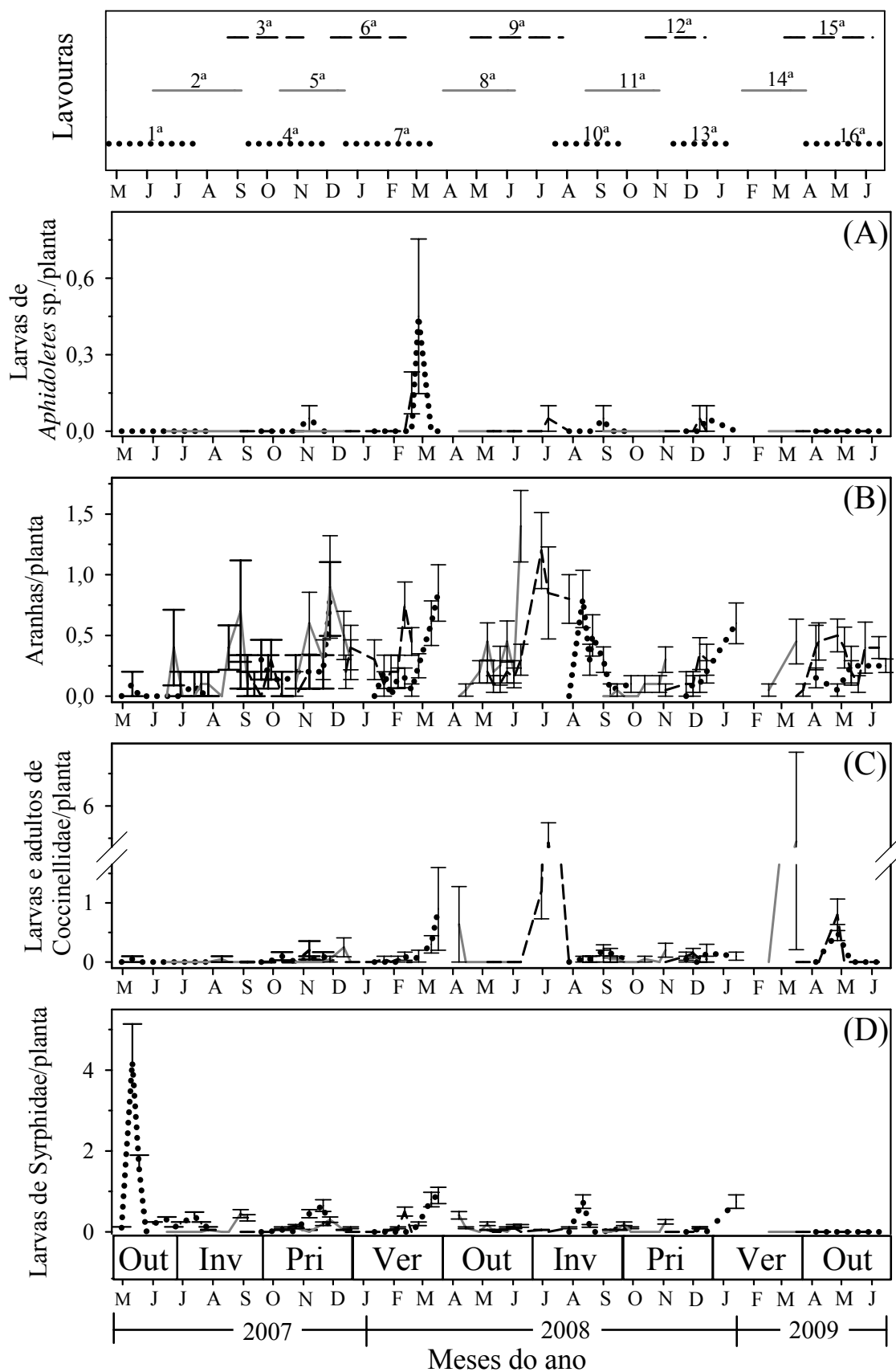


Figura 5. Variação sazonal de larvas de *Aphidoletes* sp. (Cecidomyiidae) (A), aranhas (B), larvas e adultos de Coccinellidae (C) e larvas de Syrphidae (D) em 16 cultivos de repolho cultivados em Viçosa, MG de Abril de 2007 a Junho de 2009. Estações do ano: Out=outono, Inv= inverno, Pri=primavera e Ver= verão. As barras verticais representam o erro padrão da média.

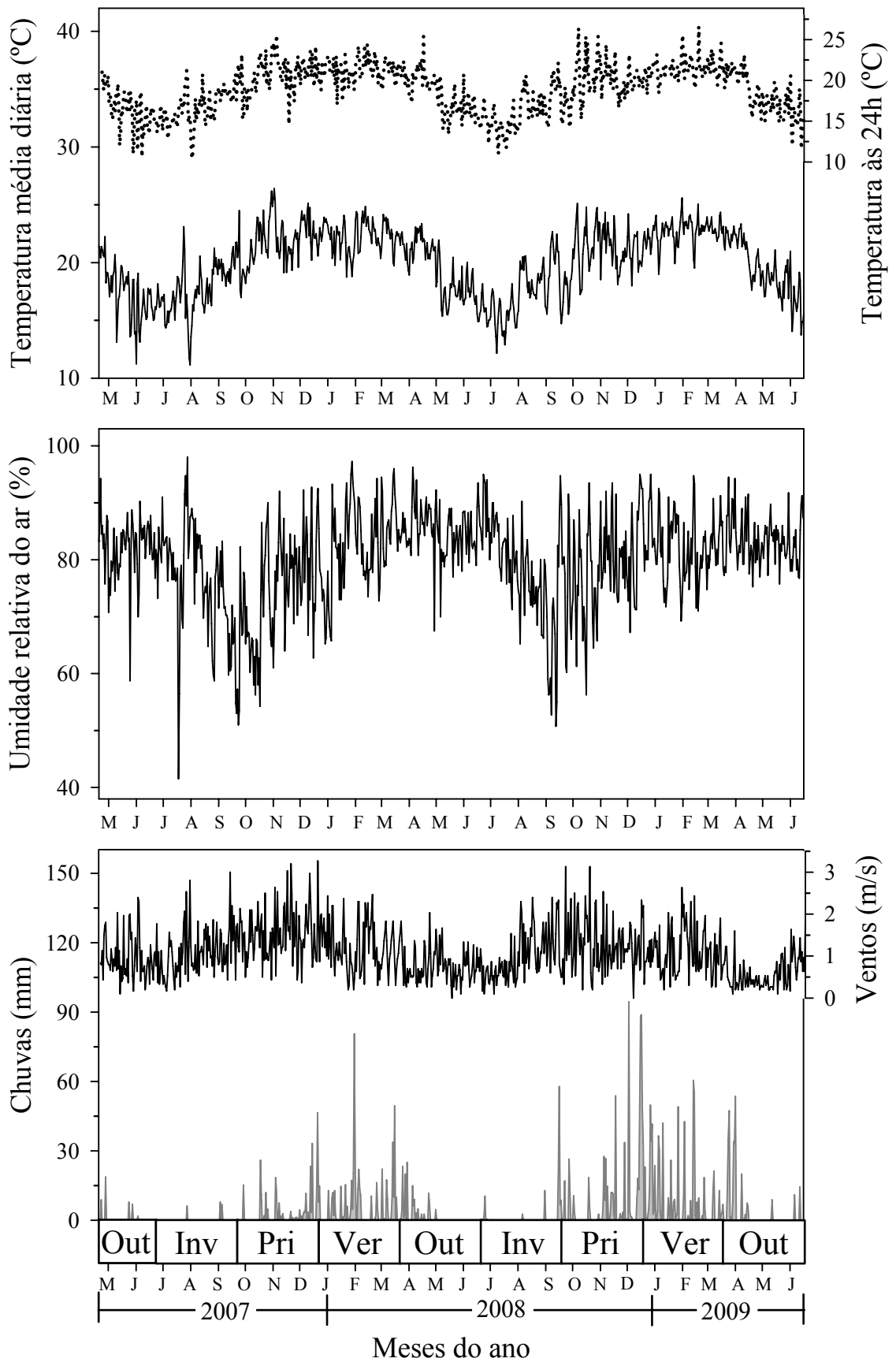


Figura 5. Variação da temperatura do ar às 24 horas e dos dados diários médios de temperatura do ar, umidade relativa do ar, chuvas e ventos em Viçosa, MG de abril de 2007 a junho de 2009. Estações do ano: Out=outono, Inv= inverno, Pri=primavera e Ver= verão.

Tabela 1. Coeficientes angulares das regressões lineares múltiplas das densidades de alados de *Brevicoryne brassicae*, *Lipaphis erysimi* e *Myzus persicae* em função da densidade de pulgões, abundância de inimigos naturais e elementos climáticos. Viçosa, MG. 2007-2009.

Variável independente	Coeficientes angulares da regressão linear múltipla		
	<i>B. brassicae</i>	<i>L. erysimi</i>	<i>M. persicae</i>
Pulgões sadios /planta [‡]	0,43*	0,50*	0,35
Pulgões infectados por fungos/planta [‡]	-0,19	-0,10	0,80*
Pulgões parasitados/planta [‡]	0,58*	-0,13	-0,35
<i>Aphidoletes</i> sp./planta	-0,08	0,13*	0,00
Aranhas/planta	-0,08	0,02	0,04
Adultos e larvas de Coccinellidae/planta	0,03	0,07	-0,04
Larvas de Syrphidae/planta	-0,06	0,22*	-0,09
Temperatura média do ar (°C)	-0,04	0,80*	-0,64
R ²	0,55	0,80	0,13
F	9,6	32,15	1,20
p	<0,0001	<0,0001	0,3118

[‡] A variável independente que recebe este símbolo representa a densidade total de *B. brassicae*, *L. erysimi* ou *M. persicae*.

* Coeficientes significativos pelo teste F a p<0,05.

Tabela 2. Densidade por planta (média \pm erro padrão) de alados e ápteros de *Brevicoryne brassicae*, *Lipaphis erysimi* e *Myzus persicae* e seus inimigos naturais em cada fase fenológica do repolho em 16 cultivos. Viçosa, MG. 2007-2009.

Taxa	Fase fenológica do repolho*				Média geral
	I	II	III	IV	
<i>B. brassicae</i> (Alado)	0,31 \pm 0,04	0,27 \pm 0,03	0,55 \pm 0,06	0,12 \pm 0,03	0,35 \pm 0,02
<i>B. brassicae</i> (Áptero)	17,4 \pm 4,6	11,48 \pm 3,02	95,55 \pm 15,99	15,56 \pm 4,51	38,31 \pm 5,05
<i>B. brassicae</i> (Alados) infectado por Entomophthorales	0,05 \pm 0,02	0,04 \pm 0,01	0,1 \pm 0,03	0,00 \pm 0,00	0,06 \pm 0,01
<i>B. brassicae</i> (Áptero) infectado por Entomophthorales	0,68 \pm 0,5	0,14 \pm 0,05	1,07 \pm 0,26	0,54 \pm 0,18	0,61 \pm 0,16
<i>B. brassicae</i> (Áptero) infectado por <i>Lecanicillium lecanii</i>	0,002 \pm 0,002	0,00 \pm 0,00	0,04 \pm 0,04	0,00 \pm 0,00	0,01 \pm 0,01
<i>B. brassicae</i> (Áptero) parasitado	0,04 \pm 0,02	0,17 \pm 0,04	0,56 \pm 0,12	0,57 \pm 0,17	0,29 \pm 0,04
<i>L. erysimi</i> (Alado)	0,68 \pm 0,07	0,75 \pm 0,13	0,65 \pm 0,14	0,76 \pm 0,19	0,7 \pm 0,06
<i>L. erysimi</i> (Áptero)	24,48 \pm 3,28	77,27 \pm 19,19	75,57 \pm 15,33	348,65 \pm 77,6	91,74 \pm 11,56
<i>L. erysimi</i> (Alados) infectado por Entomophthorales	0,09 \pm 0,03	0,04 \pm 0,02	0,1 \pm 0,03	0,18 \pm 0,13	0,09 \pm 0,02
<i>L. erysimi</i> (Áptero) infectado por Entomophthorales	0,1 \pm 0,04	2,53 \pm 1,17	10,32 \pm 2,55	14,67 \pm 6,86	5,47 \pm 1,13
<i>L. erysimi</i> (Áptero) infectado por <i>Lecanicillium lecanii</i>	0,001 \pm 0,001	0,001 \pm 0,001	0,17 \pm 0,08	0,11 \pm 0,11	0,06 \pm 0,03
<i>L. erysimi</i> (Alado) parasitado	0,003 \pm 0,002	0,004 \pm 0,002	0,01 \pm 0,01	0,02 \pm 0,02	0,01 \pm 0,004
<i>L. erysimi</i> (Áptero) parasitado	0,02 \pm 0,01	0,12 \pm 0,02	0,75 \pm 0,18	5,49 \pm 1,34	0,86 \pm 0,16
<i>M. persicae</i> (Alado)	0,13 \pm 0,02	0,11 \pm 0,02	0,12 \pm 0,02	0,07 \pm 0,03	0,12 \pm 0,01
<i>M. persicae</i> (Áptero)	3,16 \pm 0,85	13,88 \pm 9,5	8,78 \pm 8,38	5,09 \pm 1,06	7,87 \pm 2,68
<i>M. persicae</i> (Alado) infectado por Entomophthorales	0,04 \pm 0,01	0,02 \pm 0,01	0,03 \pm 0,01	0,01 \pm 0,01	0,02 \pm 0,01
<i>M. persicae</i> (Áptero) infectado por Entomophthorales	0,05 \pm 0,02	0,08 \pm 0,03	0,23 \pm 0,11	0,09 \pm 0,03	0,12 \pm 0,03
<i>M. persicae</i> (Áptero) parasitado	0,02 \pm 0,01	0,06 \pm 0,03	0,04 \pm 0,02	0,12 \pm 0,05	0,05 \pm 0,01
<i>Aphidius colemani</i> (Braconidae) (Adulto)	0,03 \pm 0,01	0,02 \pm 0,01	0,04 \pm 0,01	0,17 \pm 0,05	0,05 \pm 0,01
<i>Diaeretiella rapae</i> (Braconidae) (Adulto)	0,07 \pm 0,01	0,18 \pm 0,02	0,29 \pm 0,03	0,99 \pm 0,19	0,27 \pm 0,02
Carabidae (Adultos)	0,01 \pm 0,01	0,00 \pm 0,00	0,06 \pm 0,02	0,004 \pm 0,004	0,02 \pm 0,01
<i>Aphidoletes</i> sp. (Cecidomyiidae) (Larva)	0,002 \pm 0,002	0,001 \pm 0,001	0,02 \pm 0,01	0,01 \pm 0,01	0,01 \pm 0,003
Dolichopodidae (Adulto)	0,006 \pm 0,003	0,003 \pm 0,002	0,01 \pm 0,004	0,02 \pm 0,01	0,01 \pm 0,002
<i>Camponotus</i> spp. (Formicidae)	0,01 \pm 0,01	0,001 \pm 0,001	0,003 \pm 0,002	0,004 \pm 0,004	0,01 \pm 0,002
<i>Solenopsis</i> spp. (Formicidae)	0,01 \pm 0,01	0,004 \pm 0,002	0,01 \pm 0,005	0,03 \pm 0,02	0,01 \pm 0,003
<i>Azia</i> sp. (Coccinellidae) (Adulto)	0,007 \pm 0,01	0,11 \pm 0,11	0,02 \pm 0,01	0,004 \pm 0,004	0,04 \pm 0,03
<i>Cycloneda sanguinea</i> (Coccinellidae) (Larvas e adulto)	0,003 \pm 0,002	0,01 \pm 0,00	0,004 \pm 0,003	0,02 \pm 0,02	0,01 \pm 0,002
<i>Eriopis connexa</i> (Coccinellidae) (Larva e adulto)	0,004 \pm 0,004	0,004 \pm 0,003	0,02 \pm 0,01	0,01 \pm 0,01	0,01 \pm 0,003
<i>Harmonia axyridis</i> (Coccinellidae) (Larva e adulto)	0,01 \pm 0,01	0,03 \pm 0,01	0,19 \pm 0,04	0,01 \pm 0,01	0,07 \pm 0,01
<i>Psyllobora</i> sp. (Coccinellidae) (Adulto)	0,003 \pm 0,003	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,06 \pm 0,05	0,01 \pm 0,01
<i>Allograpta exotica</i> (Syrphidae) (Larva)	0,11 \pm 0,04	0,04 \pm 0,01	0,11 \pm 0,03	0,13 \pm 0,05	0,09 \pm 0,02
<i>Ocyrtamus gastrostactus</i> (Syrphidae) (Larva)	0,02 \pm 0,01	0,01 \pm 0,01	0,01 \pm 0,01	0,01 \pm 0,01	0,01 \pm 0,01
<i>Protonectrina sylveirae</i> (Vespidae) (Adulto)	0,007 \pm 0,004	0,00 \pm 0,00	0,01 \pm 0,004	0,004 \pm 0,004	0,005 \pm 0,002
<i>Doru luteipes</i> (Forficulidae)	0,003 \pm 0,003	0,00 \pm 0,00	0,003 \pm 0	0,01 \pm 0,01	0,003 \pm 0,001
Thysanoptera predador	0,003 \pm 0,003	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,001 \pm 0,001
Aranhas	0,13 \pm 0,02	0,2 \pm 0,02	0,34 \pm 0,03	0,36 \pm 0,05	0,24 \pm 0,01

* I= Pré-formação, II= início da formação, III= desenvolvimento e IV= fechamento das cabeças de repolho.

Tabela 3. Coeficientes angulares da regressão linear múltipla da taxas de infecção de *Brevicoryne brassicae*, *Lipaphis erysimi* e *Myzus persicae* pelos fungos Entomophthorales em função dos elementos climáticos e densidade de pulgões sadios e infectados por planta sete dias antes da avaliação. Viçosa, MG. 2007-2009.

Variável independente	Coeficientes angulares da regressão linear múltipla
Pulgões sadios/planta [‡]	-0,17
Pulgões infectados pelos fungos/planta [‡]	0,76*
Déficit hídrico do ar às 24h (mmHg) [‡]	0,00
Chuvas (mm) [‡]	0,26*
Temperatura do ar às 24hs (°C) [‡]	0,83*
Temperatura do ar do dia (°C) [‡]	-0,75*
Umidade relativa do ar às 24hs (%) [‡]	0,11
Umidade relativa do ar (%) [‡]	-0,02
R ²	0,74
F	16,91
p	<0,0001

[‡] Pulgões na semana anterior a avaliação.

[‡] Média do 6º, 7º e 8º dias anteriores a avaliação.

* Coeficientes significativos pelo teste F a p<0,05.

Tabela 4. Coeficientes angulares das regressões lineares múltiplas das taxas de parasitismo de *Brevicoryne brassicae*, *Lipaphis erysimi* e *Myzus* em função da densidade total de pulgões sadios e parasitados sete dias antes da avaliação e os elementos climáticos. Viçosa, MG. 2007-2009.

Variável independente	Coeficientes angulares da regressão linear múltipla		
	<i>B. brassicae</i>	<i>L. erysimi</i>	<i>M. persicae</i>
Pulgões sadios/planta [‡]	-0,04	-0,11	-1,89*
Pulgões parasitados/planta [‡]	-0,15	0,61*	1,91*
Velocidade dos ventos (m/s) [‡]	-0,34	-0,02	0,15
Chuvas (mm) [‡]	-0,04	0,05	0,75*
Temperatura do ar (°C) [‡]	0,10	-0,11	-0,16
Umidade relativa do ar (%) [‡]	-0,42	0,07	0,08
R ²	0,13	0,28	0,69
F	0,79	2,64	11,32
p	0,5850	0,0296	<0,0001

[‡] A variável independente que recebe este símbolo representa a densidade total de *B. brassicae*, *L. erysimi* ou *M. persicae* na semana anterior a avaliação.

[‡] Total da semana anterior a avaliação de pulgões parasitados.

* Coeficientes significativos pelo teste F a p<0,05.

Tabela 5. Coeficientes angulares das regressões lineares múltiplas das densidades de aranhas, larvas e adultos de Coccinellidae, larvas de *Aphidoletes* sp. (Cecidomyiidae) e larvas de Syrphidae em função da densidade de *Brevicoryne brassicae*, *Lipaphis erysimi* e *Myzus persicae*. Viçosa, MG. 2007-2009.

Variável independente	Coeficientes angulares da regressão linear múltipla			
	Aranhas	Coccinellidae	<i>Aphidoletes</i> sp.	Syrphidae
<i>B. brassicae</i> /planta	-0,11	0,01	0,17	-0,19
<i>L. erysimi</i> /planta	0,07	-0,39	0,87*	0,77
<i>M. persicae</i> /planta	0,08	-0,14	-0,12	-0,44
R ²	0,03	0,26	0,95	0,38
F	0,37	0,35	46,51	2,84
p	>0,05	>0,05	<0,0001	0,0757

* Coeficientes significativos pelo teste F a $p < 0,05$.

4. DISCUSSÃO

Os pulgões *B. brassicae*, *L. erysimi* e *M. persicae* apresentam variação sazonal diferente ao longo das fases do repolho. Apesar de em alguns momentos estas três espécies ocorrerem concomitantemente no campo, verificou-se que estes pulgões apresentam diferentes formas de exploração da planta hospedeira. O *B. brassicae*, por exemplo, ataca as folhas mais jovens do repolho, formando colônias no ápice, enquanto que *L. erysimi* e *M. persicae* são encontrados principalmente nas folhas medianas e baixas. Estas estratégias de variação no tempo e no espaço devem minimizar os efeitos causados pela competição interespecífica, permitindo assim a coexistência destes pulgões explorando o mesmo recurso.

A preferência de *B. brassicae* pelas partes mais novas da planta está relacionada com o fato desta espécie de pulgão ser monófaga e apresentar adaptações às defesas químicas da planta hospedeira. O repolho, assim como as demais espécies do gênero *Brassica*, produz os compostos de defesas denominados glucosinolatos, que geralmente estão em maiores concentrações nas brotações das plantas (Cole, 1997b). Entretanto, têm-se verificado que *B. brassicae* é capaz de sequestrar estes compostos e hidrolisá-los através da enzima myrosinase (Jones et al., 2001; Pontoppidan et al., 2001; Jones et al., 2002; Husebye et al., 2005).

O ataque de pulgões nas plantas de repolho iniciou com a chegada de alados que possivelmente são provenientes de cultivos próximos de repolho ou de outras espécies hospedeiras destes insetos. Como os cultivos de repolho estavam próximas umas das outras e foram estabelecidas a cada 40 dias aproximadamente, os alados produzidos no final do cultivo migram para os novos cultivos implantados, devido à senescência das plantas e as altas densidades populacionais da praga nas plantas já desenvolvidas. Isto explica, portanto as maiores densidades de alados no início e final dos cultivos. A densidade populacional foi um fator determinante na produção de alados de *B.*

brassicae e *L. erysimi*, pois em ataques severos destes insetos, a qualidade e a quantidade de alimento diminui. A sucção contínua do floema acelera o processo de senescência da planta, diminuindo assim sua qualidade nutricional (Burd et al., 1993; Ni et al., 2001).

O adensamento de pulgões tem sido considerado como um dos principais fatores de desencadeamento da produção de alados nestes insetos (Müller et al., 2001). Neste caso a indução pode ocorrer de duas maneiras, por meio de estímulos táteis entre indivíduos da colônia, principalmente pelo toque entre antenas (Johnson, 1965; Lees, 1967) ou pela própria queda da qualidade nutricional da planta (Mittler & Dadd, 1966; Dixon & Glen, 1971).

A produção de formas aladas em *M. persicae* não esteve relacionada com o aumento da densidade de pulgões nas plantas. Em experimentos com *M. persicae* tem-se verificado que esta espécie de pulgão tem mostrado que a espécie nem sempre aumenta a produção de formas aladas em resposta ao adensamento (Williams et al., 2000; Michaud, 2001). Müller et al. (2001) postularam que este fato poderia ser devido a não agregação dos indivíduos desta espécie em colônias, visto que os insetos não ficam próximos a ponto de se tocarem. De fato, *M. persicae* foi a espécie com menores densidades populacionais nos cultivos de repolho, ficando dispersos na folha e não formando colônias bem definidas.

A presença de inimigos naturais também foi verificada como um fator determinante na produção de alados de *B. brassicae*, *L. erysimi* e *M. persicae*. A maior proporção de alados permite que os pulgões escapem, migrando para novas áreas sem ou com menos inimigos naturais. Estudos recentes têm verificado que a presença de inimigos naturais é um fator responsável pela indução de formas aladas em pulgões (Dixon & Agarwala, 1999; Weisser et al., 1999; Kunert & Weisser, 2003). No caso de *B. brassicae*, a indução de alados é desencadeada pela ocorrência de parasitismo, enquanto que em *L. erysimi* a indução ocorre com a presença de larvas de *Aphidoletes* sp. e Syrphidae e de *M. persicae* pela presença de pulgões infectados por fungos. O

principal estímulo para a indução de formas aladas na presença de inimigos naturais é o feromônio de alarme (E) β -farfaseseno (Weisser & Braendle, 2001; Kunert et al., 2005). Entretanto, outros estímulos também são verificados, como o próprio contato dos pulgões com seus predadores ou adultos de parasitóides (Kunert & Weisser, 2005). Os indivíduos da colônia atacados por inimigos naturais liberam pelos sinfúculos o feromônio alarme e a percepção é realizada em órgãos sensoriais especializados, localizados nas rinárias das antenas (Dawson et al., 1987). A indução de alados em pulgões devido a ocorrência de fungos foi verificado em somente um estudo com o pulgão *Acyrtosiphon pisum* Harris sendo infectado por *Erynia neoaphidis* Remaudière & Hennebert (Entomophthorales: Entomophthoraceae) (Müller et al., 2001).

Assim, observa-se que os inimigos naturais apresentam dois benefícios para o manejo integrado de pragas, o de reduzir a população dos pulgões ao predá-los, parasitá-los ou infectá-los e o de induzir saída de indivíduos alados da planta. Ainda que estes alados migrem para outras plantas da cultura em questão, como a fecundidade destes é menor do que a dos ápteros, a taxa de crescimento populacional diminui por um determinado tempo (Elliott et al., 1988; Newton & Dixon, 1990; Collins & Leather, 2001).

O efeito das altas temperaturas na produção de alados de *L. erysimi* também foi verificado. A temperatura tem um efeito indireto na determinação de formas aladas em pulgões, uma vez que em temperaturas elevadas os pulgões se movimentam mais na planta, aumentando assim a probabilidade de contato entre eles (Müller et al., 2001). Além disso, as altas temperaturas podem alterar a produção de compostos secundários e acelerar a senescência das plantas (Bouchereau et al., 1996). Em brássicas tem-se verificado que a produção de glucosinolatos pelas plantas sob estresse por altas temperaturas é aumentada e isto pode ter desencadeado a produção de alados (Pereira et al., 2002).

A determinação da produção de formas aladas, tanto devido a densidade populacional quanto a presença de inimigos naturais pode ocorrer antes do nascimento,

em que a fêmea recebe o estímulo e já coloca ninfas pré-determinadas a serem aladas (Johnson, 1965; Judge & Schaefer, 1971). Entretanto, em alguns casos, ninfas de até terceiro instar também podem ser induzidas a produzir asas (Michaud, 2001).

A queda brusca nas densidades de pulgões durante a primavera deve estar relacionada com as altas mortalidades destes insetos devido às chuvas e ação de inimigos naturais. Verificou-se que a densidade populacional das três espécies de pulgões eleva-se consideravelmente no final do inverno e na metade da primavera estas populações apresentam quedas bruscas, mantendo-se em baixas densidades no verão e outono. As gotas de chuva podem derrubar facilmente os pulgões das plantas, já que eles apresentam o corpo extremamente frágil e se prendem às plantas somente pela inserção do estilete. Apesar destes insetos se alojarem na superfície abaxial das folhas, como as folhas da planta de repolho são planas, dispostas na posição horizontal e muito próximas ao solo, durante as chuvas mais intensas os respingos de água e lama podem derrubar estes insetos ou até mesmo matá-los. Após as chuvas é comum encontrar colônias de pulgões cobertas por lama, que acabam matando os indivíduos por asfixia.

Os fungos Entomophthorales foram os entomopatógenos mais importantes dos pulgões nos cultivos de repolho. Epizootias causadas por estes fungos em pulgões são verificadas em várias partes do mundo (Steinkraus et al., 1995; Dara & Semtner, 2001; Chen & Feng, 2005; Scorsetti et al., 2007), inclusive na América do Sul (Argentina) (Scorsetti et al., 2007). As epizootias causadas por Entomophthorales em *B. brassicae*, *L. erysimi* e *M. persicae* dependem da quantidade de inóculo (pulgões infectados), da ocorrência de chuvas e de temperaturas médias do ar amenas.

Como a dispersão dos Entomophthorales ocorre via liberação de conídios a curtas distâncias (até 5 cm) em que o fungo é transmitido para outros pulgões da colônia, quanto maior a quantidade de insetos infectados na planta, maior será a possibilidade de infecção de novos indivíduos. Assim, o declínio da população devido a infecção por estes fungos depende da proporção de indivíduos infectados. Como os pulgões vivem agregados, com adultos e ninfas vivendo na mesma colônia, a

transmissão de inóculo pode ser tanto horizontal (entre irmãos), quanto vertical (de mãe para filhas). Hollingsworth et al. (1995) e Abney et al. (2008) verificaram que a população de pulgões cai abruptamente após a taxa de infecção atingir 15%.

A chegada de alados infectados provenientes de plantas próximas deve ser a principal forma de se iniciar uma epizootia no campo. Durante as avaliações foram encontrados com frequência alados infectados, que possivelmente transmitiam fungos para sua prole ou até mesmo para outras colônias próximas. Estudos recentes têm demonstrado a importância dos alados de pulgões na dispersão de Entomophthorales. Chen et al. (2008) verificaram que 33% dos alados de pulgões capturados em armadilhas em cultivos de repolho estavam infectados por fungos desta ordem. Huang et al. (2008) também demonstraram que 19,2% dos alados de *B. brassicae*, *L. erysimi* e *M. persicae* que chegaram num cultivo de couve chinesa (*Brassica campestris* ssp. *pekinensis*) localizado num platô no sudoeste da China estavam infectados por este grupo de fungos. Estes autores verificaram ainda que os alados que chegaram na área provavelmente percorreram uma distância de 4 quilômetros, demonstrando assim a enorme capacidade de dispersão destes insetos e conseqüentemente de seus fungos.

Além da presença de inóculo, a ocorrência de epizootias causadas por Entomophthorales depende de condições climáticas favoráveis, sendo elas altas umidades do ar e temperaturas amenas, principalmente da noite (Pell et al., 2001; Elliot et al., 2002; Feng & Li, 2003; Delalibera et al., 2006; Baverstock et al., 2008). O fato das infecções de *B. brassicae*, *L. erysimi* e *M. persicae* pelos Entomophthorales terem maior ocorrência durante os períodos chuvosos, deve estar relacionado com o aumento da umidade próximo às folhas, favorecendo assim a esporulação e germinação dos conídios. Como a planta de repolho apresenta porte baixo e folhas planas e cerosas, durante os períodos chuvosos observa-se que as folhas permanecem sempre molhadas. Mesmo após as chuvas, a arquitetura da planta também permite que o solo fique úmido por mais tempo, mantendo assim um microclima ao redor da planta favorável à ocorrência de fungos. A chuva pode ser ainda um indutor de germinação de esporos de

resistência, indicando que a umidade relativa está favorável. Em *Entomophaga maimaiga* por exemplo, verifica-se que esporos presentes no solo germinam 1-2 dias após as chuvas (Weseloh & Andreadis, 1992).

A faixa de temperatura ideal para ocorrência da maioria das espécies de Entomophthorales está entre 16 a 25 °C, ou seja, temperaturas amenas (Feng & Li, 2003; Li et al., 2006; Uziel & Shtienberg, 2008). A temperatura afeta o tempo que o inseto infectado demora para morrer, sendo que elevadas temperaturas podem inativar as enzimas envolvidas no processo de colonização do hospedeiro (Milner & Bourne, 1983; Baverstock et al., 2008). Glare et al. (1986) verificaram que em temperaturas acima de 25 °C a produção e descarga de conídios de *Zoophthora phalloides* em *M. persicae* é menor quando comparadas com temperaturas de 10, 15 e 20 °C.

As espécies de parasitóides encontrados parasitando os pulgões *B. brassicae*, *L. erysimi* e *M. persicae* foram *A. colemani* e *D. rapae*. Ambas as espécies são endoparasitóides solitários utilizados no controle biológico aplicado, principalmente em casa de vegetação. *Aphidius colemani* é uma parasitóide polífago, introduzido no Brasil para controle de pulgões do trigo (Gassen & Tambasco, 1983). Este parasitóide tem mostrado bons resultados para o controle de *M. persicae* em diversos cultivos (Foster et al., 2003; Kavallieratos et al., 2005) e de *Aphis gossypii* Glover em cultivos de melão (Jacobson & Croft, 1998).

Apesar de *D. rapae* ser um parasitóide polífago, ele apresenta preferência por pulgões das brássicas *B. brassicae*, *L. erysimi* e *M. persicae* (Zhang & Hassan, 2003; Geiger et al., 2005; Ponti et al., 2007). Os parasitóides são os inimigos naturais mais utilizados em programas de controle biológico de pulgões (Powell & Pell, 2007).

A ocorrência de parasitismo em *L. erysimi* e *M. persicae* foi dependente da densidade de pulgões parasitados na semana anterior a avaliação. Assim, o parasitismo deve ter ocorrido pelas fêmeas emergidas dos pulgões parasitados no próprio cultivo. Com isso, as fêmeas devem encontrar seus hospedeiros mais rapidamente e seu risco de morte deve diminuir. A mortalidade de fêmeas adultas de parasitóides é um dos

principais limitantes à ocorrência de parasitismo (Weisser et al., 1994; Mackauer et al., 1996).

As aranhas, joaninhas e sirfídeos foram os predadores dos pulgões *B. brassicae*, *L. erysimi* e *M. persicae* mais encontrados nos cultivos de repolho. Apesar de terem sido encontradas com frequência nas avaliações, as aranhas são predadores generalistas que geralmente apresentam baixa taxa de consumo, comparados com joaninhas e sirfídeos (Sunderland et al., 1986; Nienstedt & Poehling, 2004; Harwood et al., 2005). Isto foi verificado no experimento das tabelas de vida ecológicas (Vide capítulo 1). Entretanto, em altas densidades, as aranhas podem suprimir a densidade populacional de pulgões, principalmente em agroecossistemas com presas alternativas, como as colêmbolas (Dinter, 2002; Harwood et al., 2004; Madsen et al., 2004; Gavish-Regev et al., 2009).

Por outro lado, as joaninhas são predadores altamente vorazes, em que tanto as larvas quanto os adultos predam uma grande quantidade de pulgões. Algumas espécie podem preda mais de 600 pulgões durante seu estágio larval (Shannag & Obeidat, 2006). Uma das explicações para as joaninhas não terem sido afetadas pela densidade de pulgões na planta é devida a alta mobilidade destes predadores, que podem migrar para outros cultivos ou até mesmo plantas invasoras infestadas por pulgões. A joaninha mais encontrada foi a *H. axyridis*. Esta espécie é originada da Ásia e foi introduzida provavelmente acidentalmente no Brasil (Almeida & Silva, 2002). Por apresentar comportamento extremamente agressivo e preda outros inimigos naturais, inclusive outras joaninhas, a *H. axyridis* tem sido considerada uma ameaça a diversos agroecossistemas (Cottrell & Yeorgan, 1998; Michaud, 2002; Sato et al., 2005).

A ocorrência de larvas de *Aphidoletes* sp. e de sirfídeos foram dependentes da densidade de pulgões, sendo diretamente relacionada com densidade de *L. erysimi* na planta. Como as larvas destes predadores são pouco móveis e geralmente incapazes de migrar para outras plantas, os seus adultos selecionam plantas com maior densidade de presas para garantir alimento suficiente a sua prole. Ambrosino et al. (2007) verificou que as fêmeas de sirfídeos colocam ovos somente em colônias com mais de 50 pulgões

das espécies *B. brassicae* e *M. persicae* em cultivos de brócolis. Os estímulos utilizados pela fêmea de sirfídeo para a seleção de uma colônia para oviposição podem ser os odores emitidos pelo *honeydew* produzido pelos pulgões e pelos compostos e substâncias emitidas pela planta infestada (Bargen et al., 1998). A escolha da fêmea de *Aphidoletes* sp. por plantas mais infestadas por pulgões também é importante para a localização da presa pelas larvas recém nascidas, já que elas são muito pequenas e não conseguem andar grandes distâncias (Wilbert, 1973).

O conhecimento dos fatores que afetam a densidade de *L. erysimi*, *B. brassicae*, *M. persicae* e de seus inimigos naturais em cultivos de repolho é de fundamental importância para o manejo destas pragas. Uma das estratégias a ser considerada no manejo seria a manipulação do ambiente de cultivo de modo a preservar e incrementar os inimigos naturais destes pulgões. A manutenção de plantas espontâneas próximas ou nas entrelinhas das lavouras poderia ser uma das formas de aumentar as densidades populacionais dos inimigos naturais no campo. Os adultos de sirfídeos, por exemplo, necessitam de pólen como alimento e a presença de plantas que floresçam frequentemente pode atrair estes predadores para a área. White et al. (1995) verificaram que a densidade de sirfídeos é aumentada com o plantio de *Phacelia tanacetifolia* Benth. (Boraginaceae) próximo ao cultivo de repolho. Neste caso, esta planta apresenta abundante oferta de pólen para os adultos de sirfídeos e a densidade de pulgões foi reduzida a níveis aceitáveis para comercialização do produto. Além disso, muitas plantas espontâneas são hospedeiras de diversas espécies de pulgões, fornecendo assim, alimento alternativo para os inimigos naturais, inclusive em épocas em que *L. erysimi*, *B. brassicae*, *M. persicae* não estão ocorrendo no campo ou estão em baixas densidades. Estas plantas funcionam, portanto como uma fonte natural de fungos entomopatogênicos, parasitóides e predadores.

O manejo da irrigação também poderia ser uma alternativa para o incremento da ação dos fungos entomopatogênicos destes pulgões. O uso da irrigação por gotejamento pode aumentar a umidade do ar próximo solo, criando assim microclima favorável ao

desenvolvimento dos fungos entomopatogênicos. O fato das folhas do repolho serem planas e próximas permite ainda que estas fiquem frequentemente com sua face abaxial umedecidas.

Outra tática de manejo que favorece a ação dos inimigos naturais seria o uso de inseticidas seletivos. Muitos produtos têm se mostrado seletivos em favor de inimigos naturais dos pulgões das brássicas. Bacci et. al. (2009) verificaram que os inseticidas dimetoato, metamidofós e metil paration foram seletivos em favor aos predadores *Acanthinus* sp. (Coleoptera: Anthicidae) e *C. sanguinea*, sendo que o inseticida pirimicarbe também foi seletivo a estes dois predadores, bem como o parasitóide *D. rapae*.

Os resultados deste trabalho irão permitir que novos estudos de dinâmica populacional de pulgões em brássicas sejam realizados. Com base nestes dados seria possível, por exemplo, elaborar modelos de previsão de ocorrência destes insetos no campo.

5. LITERATURA CITADA

- Abney, M. R.; Ruberson, J. R.; Herzog, G. A.; Kring, T. J.; Steinkraus, D. C.; Roberts, P. M. Rise and fall of cotton aphid (Hemiptera: Aphididae) populations in southeastern cotton production systems. **Journal of Economic Entomology**, v.101, n.1, p.23-35. 2008.
- Almeida, L. M.; Silva, V. B. First record of *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera, Coccinellidae): a lady beetle native to the Palaearctic region. **Revista Brasileira de Zoologia** v.19, p.941-944. 2002.
- Ambrosino, M. D.; Jepson, P. C.; Luna, J. M. Hoverfly oviposition response to aphids in broccoli fields. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.122, n.2, p.99-107. 2007.
- Andaloro, J. T.; Rose, K. B.; Shelton, A. M.; Hoy, C. W.; Becker, R. F. Cabbage Growth Stages. New York's Food and Life. **Sciences Bulletin**, v.101, p.362-369. 1983.
- Atsebeha, S.; Alemu, T.; Azerefgne, F.; Addis, T. Population dynamics of aphids and incidence of Ethiopian Pepper Mottle Virus in the Central Rift Valley of Ethiopia. **Crop Protection**, v.28, n.5, p.443-448. 2009.
- Auad, A. M.; Trevizani, R. Occurrence of aphidophagous syrphids (Diptera, Syrphidae) in Lavras, MG. **Revista Brasileira De Entomologia**, v.49, n.3, p.425-426. 2005.
- Bacci, L.; Picanco, M. C.; Rosado, J. F.; Silva, G. A.; Crespo, A. L. B.; Pereira, E. J. G.; Martins, J. C. Conservation of natural enemies in brassica crops: comparative selectivity of insecticides in the management of *Brevicoryne brassicae* (Hemiptera: Sternorrhyncha: Aphididae). **Applied Entomology and Zoology**, v.44, n.1, p.103-113. 2009.
- Bale, J. S.; Ponder, K. L.; Pritchard, J. Coping with Stress. In: H. F. Van Emden; Harrington, R. (Eds.). **Aphids as crop pests**. London: CABI Publishing, 2007

- Bargen, H.; Saudhof, K.; Poehling, H. M. Prey finding by larvae and adult females of *Episyrphus balteatus*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.87, p.245-254. 1998.
- Baverstock, J.; Clark, S. J.; Pell, J. K. Effect of seasonal abiotic conditions and field margin habitat on the activity of *Pandora neoaphidis* inoculum on soil. **Journal of Invertebrate Pathology**, v.97, n.3, p.282-290. 2008.
- Blackman, R. L.; Eastop, V. F. **Aphids on the World's Crops: An Identification and Information Guide**. Chichester: Wiley. 2000. 466p.
- Bouchereau, A.; Clossaisbesnard, N.; Bensaoud, A.; Leport, L.; Renard, M. Water stress effects on rapeseed quality. **European Journal of Agronomy**, v.5, p.19–30. 1996.
- Burd, J. D.; Burton, R. L.; Webster, J. A. Evaluation of Russian wheat aphid (Homoptera: Aphididae) damage on resistant and susceptible hosts with comparisons of damage ratings to quantitative plant measurements. **Journal of Economic Entomology**, v.86, p.974-980. 1993.
- Campos, W. G.; Schoereder, J. H.; Desouza, O. F. Seasonality in neotropical populations of *Plutella xylostella* (Lepidoptera): resource availability and migration. **Population Ecology**, v.48, n.2, p.151-158. 2006.
- Carvalho, C. A.; Silva, M. B.; Oliveira, T. G.; Lima, J. D.; Rosa, M. B. Spectrometric study at different phenologic stages of the cabbage (*Brassica oleraceae* var. *capitata*). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.18, n.2, p.249-257. 2008.
- Catie - Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. **Guia para el manejo integrado de plagas del cultivo de repollo**. Turrialba: CATIE. 1990. 81p.
- Chambers, R. J.; Wellings, P. W.; Dixon, A. F. G. Sycamore aphid numbers and population density: Some processes. **Journal of Animal Ecology**, v.54, p.425-442. 1985.
- Chen, B.; Li, Z. Y.; Feng, M. G. Occurrence of entomopathogenic fungi in migratory alate aphids in Yunnan Province of China. **Biocontrol**, v.53, n.2, p.317-326. 2008.

- Chen, C.; Feng, M. G. Epizootiological modeling of *Pandora neoaphidis* mycosis transmission in *Myzus persicae* colonies initiated by primarily infected alates. **Applied and Environmental Microbiology**, v.71, n.7, p.4104-4107. 2005.
- Cole, R. A. Comparison of feeding behaviour of two Brassica pests *Brevicoryne brassicae* and *Myzus persicae* on wild and cultivated Brassica species. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.85, n.2, p.135-143. 1997a.
- Cole, R. A. The relative importance of glucosinolates and amino acids to the development of two aphid pests *Brevicoryne brassicae* and *Myzus persicae* on wild and cultivated brassica species. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.85, n.2, p.121-133. 1997b.
- Collier, R. H.; Finch, S. IPM Case Studies: Brassicas. In: H. F. Van Emden; Harrington, R. (Eds.). **Aphids as crop pests** London: CABI Publishing, 2007, p.549-560
- Collins, C. M.; Leather, S. R. Effect of temperature on fecundity and development of the giant willow aphid, *Tuberolachnus salignus* (Sternorrhyncha: Aphididae). **European Journal of Entomology**, v.98, p.177–182. 2001.
- Cottrell, T. E.; Yeargan, K. V. Intraguild predation between an introduced lady beetle, *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae), and a native lady beetle, *Coleomegilla maculata* (Coleoptera: Coccinellidae). **Journal of the Kansas Entomological Society**, v.71, n.2, p.159-163. 1998.
- Dara, S. K.; Semtner, P. J. Incidence of *Pandora neoaphidis* (Remaudiere and Hennebert) Humber (Zygomycetes: Entomophthorales) in the *Myzus persicae* (Sulzer) complex (Homoptera: Aphididae) on three species of Brassica in the fall and winter. **Journal of Entomological Science**, v.36, n.2, p.152-161. 2001.
- Dawson, G. W.; Griffiths, D. C.; Pickett, J. A.; Wadhams, L. J.; Woodcock, C. M. Plant-derived synergists of alarm pheromone from turnip aphid, *Lipaphis (Hyadaphis) erysimi* (Homoptera, Aphididae). **Journal of Chemical Ecology**, v.13, p.1663–1671. 1987.
- Delalibera, I.; Demetrio, C. G. B.; Manly, B. F. J.; Hajek, A. E. Effect of relative humidity and origin of isolates of *Neozygites tanajoae* (Zygomycetes: Entomophthorales) on production of conidia from cassava green mite,

- Mononychellus tanajoa* (Acari: Tetranychidae), cadavers. **Biological Control**, v.39, n.3, p.489-496. 2006.
- Dinter, A. Microcosm studies on intraguild predation between female erigonid spiders and lacewing larvae and influence of single versus multiple predators on cereal aphids. **Journal of Applied Entomology-Zeitschrift für Angewandte Entomologie**, v.126, n.5, p.249-257. 2002.
- Dixon, A. F. G. Stabilisation of aphid populations by an aphid induced plant factor. **Nature**, v.227, p.1368-1369. 1970.
- Dixon, A. F. G. **Aphid Ecology**. London: Chapman & Hall. 1998
- Dixon, A. F. G.; Agarwala, B. K. Ladybird-induced life-history changes in aphids. **Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences**, v.266, n.1428, p.1549-1553. 1999.
- Dixon, A. F. G.; Glen, D. M. Morph determination in the bird cherry-oat aphid, *Rhopalosiphum padi* L. **Annals of Applied Biology Letters**, v.68, p.11-21. 1971.
- Dixon, A. F. G.; Kindlmann, P.; Sequeira, R. Population regulation in aphids. In: R. B. Floyd; Sheppard, A. W.; Barro, P. J. (Eds.). **Frontiers of Population Ecology**. Melbourne: CSIRO Publishing, 1996, p.103-114
- Dixon, A. F. G.; Wellings, P. W.; Carter, C.; Nichols, J. F. A. The role of food quality and competition in shaping the seasonal cycle in the reproductive activity of the sycamore aphid. **Oecologia**, v.95, p.89-92. 1993.
- Dromph, K. M.; Pell, J. K.; Eilenberg, J. Influence of flight and colour morph on susceptibility of *Sitobion avenae* to infection by *Erynia neoaphidis*. **Biocontrol Science and Technology**, v.12, p.753-756. 2002.
- Elliot, S. L.; De Moraes, G. J.; Mumford, J. D. Importance of ambient saturation deficits in an epizootic of the fungus *Neozygites floridana* in cassava green mites (*Mononychellus tanajoa*). **Experimental and Applied Acarology**, v.27, n.1-2, p.11-25. 2002.
- Elliott, N.; Kieckhefer, R.; Walgenbach, D. Effects of constant and fluctuating temperatures on developmental rates and demographic statistics for the corn leaf

- aphid (Homoptera: Aphididae). **Journal of Economic Entomology**, v.81, p.1383–1389. 1988.
- Ellis, S. A.; Oakley, J. N.; Parker, W. E.; Raw, K. The development of an action threshold for cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae*) in oilseed rape in the UK. **Annals of Applied Biology**, v.134, n.2, p.153-162. 1999.
- Feng, M. G.; Li, H. P. Experimental epizootiology of *Zoophthora anhuiensis* (Entomophthorales) against *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae) with a description of a modified Gompertz model for aphid epizootics. **Environmental Microbiology**, v.5, n.11, p.1203-1211. 2003.
- Foster, S. P.; Kift, N. B.; Baverstock, J.; Sime, S.; Reynolds, K.; Jones, J. E.; Thompson, R.; Tatchell, G. M. Association of MACE-based insecticide resistance in *Myzus persicae* with reproduction rate, response to alarm pheromone and vulnerability to attack by *Aphidius colemani*. **Pest Management Science**, v.59, p.1169-1178. 2003.
- Gassen, D. N.; Tambasco, F. J. Controle biológico dos pulgões do trigo no Brasil. **Informe Agropecuário**, v.9, p.49-51. 1983.
- Gauch, H. G. **Multivariate Analysis in Community Structure**. London: Cambridge University Press. 1982
- Gavish-Regev, E.; Rotkopf, R.; Lubin, Y.; Coll, M. Consumption of aphids by spiders and the effect of additional prey: evidence from microcosm experiments. **Biocontrol**, v.54, n.3, p.341-350. 2009.
- Geiger, F.; Bianchi, F.; Wackers, F. L. Winter ecology of the cabbage aphid *Brevicoryne brassicae* (L.) (Hom., Aphididae) and its parasitoid *Diaeretiella rapae* (McIntosh) (Hym., Braconidae: Aphidiidae). **Journal of Applied Entomology**, v.129, n.9-10, p.563-566. 2005.
- Glare, T. R.; Milner, R. J.; Chilvers, G. A. The effect of environmental factors on the production, discharge, and germination of primary conidia of *Zoophthora phalloides* Batko. **Journal of Invertebrate Pathology**, v.48, p.275-283. 1986.

- Hamback, P. A.; Vogt, M.; Tschardtke, T.; Thies, C.; Englund, G. Top-down and bottom-up effects on the spatiotemporal dynamics of cereal aphids: testing scaling theory for local density. **Oikos**, v.116, n.12, p.1995-2006. 2007.
- Harrington, R.; Bale, J. S.; Tatchell, G. M. Aphids in a changing climate. In: R. Harrington; Stork, N. E. (Eds.). **Insects in a Changing Environment**. London: Academic Press, 1995, p.125-155
- Harwood, J. D.; Sunderland, K. D.; Symondson, W. O. C. Prey selection by linyphiid spiders: molecular tracking of the effects of alternative prey on rates of aphid consumption in the field. **Molecular Ecology**, v.13, n.11, p.3549-3560. 2004.
- Harwood, J. D.; Sunderland, K. D.; Symondson, W. O. C. Monoclonal antibodies reveal the potential of the tetragnathid spider *Pachygnatha degeeri* (Araneae: Tetragnathidae) as an aphid predator. **Bulletin of Entomological Research** v. 95, p.161-167. 2005.
- Hazell, S. P.; Pedersen, B. P.; Worland, M. R.; Blackburn, T. M.; Bale, J. S. A method for the rapid measurement of thermal tolerance traits in studies of small insects. **Physiological Entomology**, v.33, n.4, p.389-394. 2008.
- Hollingsworth, R. G.; Steinkraus, D. C.; Mcnew, R. W. Sampling to predict fungal epizootics on cotton aphids (Homoptera: Aphididae). **Environmental Entomology**, v.24, p.1414-1421. 1995.
- Hopkins, R. J.; Ekbom, B.; Henkow, L. Glucosinolate content and susceptibility for insect attack of three populations of *Sinapis alba*. **Journal of Chemical Ecology**, v.24, p.1203-1216. 1998.
- Huang, Z. H.; Feng, M. G.; Chen, X. X.; Liu, S. S. Pathogenic Fungi and Parasitoids of Aphids Present in Air Captures of Migratory Alates in the Low-latitude Plateau of Yunnan, China. **Environmental Entomology**, v.37, n.5, p.1264-1271. 2008.
- Hughes, R. D. Population dynamics of the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (L.). **Journal of Animal Ecology**, v.32, p.393-424. 1963.
- Husebye, H.; Arzt, S.; Burmeister, W. P.; Hartel, F. V.; Brandt, A.; Rossiter, J. T.; Bones, A. M. Crystal structure at 1.1 angstrom resolution of an insect myrosinase

- from *Brevicoryne brassicae* shows its close relationship to beta-glucosidases. **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, v.35, n.12, p.1311-1320. 2005.
- Jacobson, R. J.; Croft, P. Strategies for the control of *Aphis gossypii* Glover (Hom.: Aphididae) with *Aphidius colemani* Viereck (Hym.: Braconidae) in protected cucumbers. **Biocontrol Science and Technology**, v.8, p.377-387. 1998.
- Johnson, B. Wing polymorphism in aphids II. Interaction between aphids. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.8, p.49-64. 1965.
- Jones, A. M. E.; Bridges, M.; Bones, A. M.; Cole, R.; Rossiter, J. T. Purification and characterisation of a non-plant myrosinase from the cabbage aphid *Brevicoryne brassicae* (L.). **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, v.31, n.1, p.1-5. 2001.
- Jones, A. M. E.; Winge, P.; Bones, A. M.; Cole, R.; Rossiter, J. T. Characterisation and evolution of a myrosinase from the cabbage aphid *Brevicoryne brassicae*. **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, v.32, p.275-284. 2002.
- Judge, F. D.; Schaefer, G. A. Effects of crowding on alary polymorphism in the aphid *Chaetosiphon fragaefolii* (Cockerell). **Journal of Insect Physiology**, v.17, p.143-148. 1971.
- Kavallieratos, N. G.; Athanassiou, C. G.; Tomanovic, Z.; Sciarretta, A.; Trematerra, P.; Zikic, V. Seasonal occurrence, distribution and sampling indices for *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphidoidea) and its parasitoids (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) on tobacco. **European Journal of Entomology**, v.102, n.3, p.459-468. 2005.
- Kavallieratos, N. G.; Tomanovic, Z.; Sarlis, G. P.; Fasseas, C.; Emmanouel, N. E. A review of the genus *Aphidius* Nees in Greece (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) with the description of a new species. **Journal of Natural History**, v.40, n.17-18, p.1179-1197. 2006.
- Kindlmann, P.; Jarošík, V.; Dixon, A. F. G. Population Dynamics. In: H. F. Van Emden; Harrington, R. (Eds.). **Aphids as crop pests**. London: CABI Publishing, 2007, p.115-134.

- Kunert, G.; Otto, S.; Rose, U. S. R.; Gershenzon, J.; Weisser, W. W. Alarm pheromone mediates production of winged dispersal morphs in aphids. **Ecology Letters**, v.8, n.6, p.596-603. 2005.
- Kunert, G.; Weisser, W. W. The interplay between density- and trait-mediated effects in predator-prey interactions: a case study in aphid wing polymorphism. **Oecologia**, v.135, n.2, p.304-312. 2003.
- Kunert, G.; Weisser, W. W. The importance of antennae for pea aphid wing induction in the presence of natural enemies. **Bulletin of Entomological Research**, v.95, n.2, p.125-131. 2005.
- Lees, A. D. The production of the apterous and alate forms in the aphid *Megoura viciae* Buckton, with special reference to the role of crowding. **Journal of Insect Physiology**, v.13, p.289-318. 1967.
- Li, W.; Xu, W. A.; Sheng, C. F.; Wang, H. T.; Xuan, W. J. Factors affecting sporulation and germination of *Pandora nouryi* (Entomophthorales: Entomophthoraceae), a pathogen of *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae). **Biocontrol Science and Technology**, v.16, n.6, p.647-652. 2006.
- Liu, S. Production of alatae in response to low temperature in aphids: a trait of seasonal adaptation. In: H. V. Danks (Ed.). **Insect life-cycle polymorphism**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1994, p.245-261
- Liu, T. X.; Yue, B. S. Comparison of some life history parameters between alate and apterous forms of turnip aphid (Homoptera: Aphididae) on cabbage under constant temperatures. **Florida Entomologist**, v.84, n.2, p.239-242. 2001.
- Mackauer, M.; Michaud, J. P.; Völkl, W. Host choice by aphidiid parasitoids (Hymenoptera: Aphidiidae): host recognition, host quality and host value. **Canadian Entomologist**, v.128, p.959-980. 1996.
- Madsen, M.; Terkildsen, S.; Toft, S. Microcosm studies on control of aphids by generalist arthropod predators: Effects of alternative prey. **Biocontrol**, v.49, n.5, p.483-504. 2004.
- Matis, J. H.; Kiffe, T. R.; Van Der Werf, W.; Costamagna, A. C.; Matis, T. I.; Grant, W. E. Population dynamics models based on cumulative density dependent feedback:

- A link to the logistic growth curve and a test for symmetry using aphid data. **Ecological Modelling**, v.220, n.15, p.1745-1751. 2009.
- Mcdonald, S. A.; Halbert, S. E.; Tolin, S. A.; Nault, B. A. Seasonal abundance and diversity of aphids (Homoptera: Aphididae) in a pepper production region in Jamaica. **Environmental Entomology**, v.32, n.3, p.499-509. 2003.
- Merrill, S. C.; Holtzer, T. O.; Peairs, F. B.; Lester, P. J. Modeling Spatial Variation of Russian Wheat Aphid Overwintering Population Densities in Colorado Winter Wheat. **Journal of Economic Entomology**, v.102, n.2, p.533-541. 2009.
- Michaud, J. P. Colony density and wing development in *Toxoptera citricida* (Homoptera: Aphididae). **Environmental Entomology**, v.30, n.6, p.1047-1051. 2001.
- Michaud, J. P. Invasion of the Florida citrus ecosystem by *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) and asymmetric competition with a native species, *Cycloneda sanguinea*. **Environmental Entomology**, v.31, n.5, p.827-835. 2002.
- Milner, R. J.; Bourne, J. Influence of temperature and duration of leaf wetness on infection of *Acyrtosiphon pisum*. **Annals of Applied Biology**, n. 102, p.19-27. 1983.
- Mittler, T. E.; Dadd, R. H. Food and wing determination in *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae). **Annals of the Entomological Society of America**, v.59, p.1162-1166. 1966.
- Morgan, D. Population dynamics of the bird cherry–oat aphid, *Rhopalosiphum padi* (L.), during the autumn and winter: a modelling approach. **Agricultural and Forest Entomology**, v.2, p. 297-304. 2000.
- Müller, C. B.; Williams, I. S.; Hardie, J. The role of nutrition, crowding and interspecific interactions in the development of winged aphids. **Ecological Entomology**, v.26, n.3, p.330-340. 2001.
- Newton, C.; Dixon, A. Embryonic growth rate and birth weight of the offspring of apterous and alate aphids: a cost of dispersal. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.55, p.223–230. 1990.

- Newton, E. L.; Bullock, J. M.; Hodgson, D. J. Glucosinolate polymorphism in wild cabbage (*Brassica oleracea*) influences the structure of herbivore communities. **Oecologia**, v.160, n.1, p.63-76. 2009.
- Ni, X. Z.; Quisenberry, S. S.; Markwell, J.; Heng-Moss, T.; Higley, L.; Baxendale, F.; Sarath, G.; Klucas, R. In vitro enzymatic chlorophyll catabolism in wheat elicited by cereal aphid feeding. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.101, n.2, p.159-166. 2001.
- Nienstedt, K. M.; Poehling, H. M. Invertebrate predation of ¹⁵N-marked prey in semi-field wheat enclosures. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.112, p.191-200. 2004.
- Nieto, D. J.; Shennan, C.; Settle, W. H.; O'malley, R.; Bros, S.; Honda, J. Y. How natural enemies and cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae* L.) population dynamics affect organic broccoli harvest. **Environmental Entomology**, v.35, n.1, p.94-101. 2006.
- Nirmala, D.; Desh, R.; Verma, S. C. Biology and feeding potential of *Coccinella septempunctata* Linn. (Coccinellidae: Coleoptera) on cabbage aphid *Brevicoryne brassicae* Linn. **Journal of Entomological Research** n.20, p.23–25. 1996.
- Obrycki, J. J.; Harwood, J. D.; Kring, T. J.; O'neil, R. J. Aphidophagy by Coccinellidae: Application of biological control in agroecosystems. **Biological Control**, v.51, n.2, p.244-254. 2009.
- Pell, J. K.; Eilenberg, J.; Hajek, A. E.; Steinkraus, D. C. Biology, ecology and pest management potential of Entomophthorales. In: T. M. Butt; Jackson, C.; Magan, N. (Eds.). **Fungi as Biocontrol Agents: Progress, Problems and Potential**. Wallingford: CAB International, 2001, p.71–153
- Pereira, F. M. V.; Rosa, E.; Fahey, J. W.; Stephenson, K. K.; Carvalho, R.; Aires, A. Influence of temperature and ontogeny on the levels of glucosinolates in broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) sprouts and their effect on the induction of mammalian phase 2 enzymes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.50, n.21, p.6239-6244. 2002.

- Ponti, L.; Altieri, M. A.; Gutierrez, A. P. Effects of crop diversification levels and fertilization regimes on abundance of *Brevicoryne brassicae* (L.) and its parasitization by *Diaeretiella rapae* (M'Intosh) in broccoli. **Agricultural and Forest Entomology**, v.9, n.3, p.209-214. 2007.
- Pontoppidan, P.; Ekbom, B.; Eriksson, S.; Meijer, J. Purification and characterization of myrosinase from the cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae*), a brassica herbivore. **European Journal of Biochemistry**, v.268, n.4, p.1041-1048. 2001.
- Powell, W.; Pell, J. K. Biological Control. In: H. F. Van Emden; Harrington, R. (Eds.). **Aphids as crop pests**. London: CABI Publishing, 2007, p.569-514
- Raworth, D. A. Population dynamics of the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (Homoptera: Aphididae), at Vancouver, British Columbia IV. Predation by *Aphidoletes aphidimyza* (Diptera: Cecidomyiidae). **Canadian Entomologist**, v.116, p.889–893. 1984.
- SAS Institute. **SAS for Windows Version 9.0**. SAS Institute, Cary, North Carolina, USA, 2002.
- Sato, S.; Yasuda, H.; Evans, E. W. Dropping behaviour of larvae of aphidophagous ladybirds and its effects on incidence of intraguild predation: interactions between the intraguild prey, *Adalia bipunctata* (L.) and *Coccinella septempunctata* (L.), and the intraguild predator, *Harmonia axyridis* Pallas. **Ecological Entomology**, v.30, n.2, p.220-224. 2005.
- Scorsetti, A. C.; Humber, R. A.; Garcia, J. J.; Lastra, C. C. L. Natural occurrence of entomopathogenic fungi (Zygomycetes: Entomophthorales) of aphid (Homoptera: Aphididae) pests of horticultural crops in Argentina. **Biocontrol**, v.52, n.5, p.641-655. 2007.
- Shannag, H. K.; Obeidat, W. M. Voracity and conversion efficiency by larvae of *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae) on *Aphis fabae* Scop. (Homoptera: Aphididae) reared on two faba bean cultivars with different levels of resistance. **Applied Entomology and Zoology**, v.41, n.3, p.521-527. 2006.
- Steinkraus, D. C.; Hollingsworth, R. G.; Slaymaker, P. H. Prevalence of *Neozygites fresenii* (Entomophthorales: Neozygiteaceae) on cotton aphids (Homoptera:

- Aphididae) in Arkansas cotton. **Environmental Entomology**, v.24, p.465-474. 1995.
- Steinkraus, D. C.; Boys, G. O.; Slaymaker, P. H. Culture, storage, and incubation period of *Neozygites fresenii* (Entomophthorales: Neozygiteaceae) a pathogen of the cotton aphid. **Southwestern Entomologist**, v.18, p.197–202. 1993.
- Sunderland, K. D.; A.M., F.; Dixon, A. F. G. Field and laboratory studies on money spiders (Lynxyphiidae) as predators of aphids. **Journal of Applied Ecology**, v.23, p.433-447. 1986.
- Sunil, J.; Poorani, J. **Aphids of Karnataka**. 2007. Disponível em: http://www.aphidweb.com/aphidbioagents/Diaeretiella_rapae.htm. Acesso em: 29 de Janeiro de 2010.
- Ter Braak, C. J. F.; Šmilauer, P. **CANOCO Reference Manual and CanoDraw for Windows User's Guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5)**. Ithaca NY: Microcomputer Power. 2002
- Uziel, A.; Shtienberg, D. Effect of meteorological variates on persistence of primary conidia and capilliconidia of *Erynia radicans* (Zygomycotin: Entomophthorales) under natural conditions. **Annals of Applied Biology**, v.122, p.441-450. 2008.
- Vu, V. H.; Il Hong, S.; Kim, K. Selection of entomopathogenic fungi for aphid control. **Journal of Bioscience and Bioengineering**, v.104, n.6, p.498-505. 2007.
- Waltz, A. M.; Whitham, T. G. Plant development affects arthropod communities: Opposing impacts of species removal. **Ecology**, v.78, n.7, p.2133-2144. 1997.
- Watt, A. D. The influence of forecasting on cereal aphid control strategies. **Crop Protection**, n.2, p.417-429. 1983.
- Watt, A. D.; Vickerman, G. P.; Wratten, S. D. The effect of the grain aphid, *Sitobion avenae* (F.), on winter wheat in England: an analysis of the economics of control practice and forecasting systems. **Crop Protection** n.3, p.209-222. 1984.
- Weisser, W. W.; Braendle, C. Body colour and genetic variation in winged morph production in the pea aphid. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.99, n.2, p.217-223. 2001.

- Weisser, W. W.; Braendle, C.; Minorette, N. Predator-induced morphological shift in the pea aphid. **Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences**, v.266, n.1424, p.1175-1181. 1999.
- Weisser, W. W.; Houston, A. I.; Völkl, W. Foraging strategies of solitary parasitoids: the trade-off between female and offspring mortality. **Evolutionary Ecology**, v.8, p.587-597. 1994.
- Weseloh, R. M.; Andreadis, T. G. Mechanisms of transmission of the gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) fungus, *Entomophaga maimaiga* (Entomophthorales: Entomophthoraceae) and effects of site conditions on its prevalence. **Environmental Entomology**, v.21, p.901-906. 1992.
- White, A. J.; Wratten, S. D.; Berry, N. A.; Weigmann, U. Habitat manipulation to enhance biological control of Brassica pests by hover flies (Diptera: Syrphidae). **Journal of Economic Entomology**, v.88, p.1171-1176. 1995.
- Wilbert, H. Zur Suchfähigkeit der Eilarven von *Aphidoletes aphidimyza* (Diptera: Cecidomyiidae). **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.16, p.514-524. 1973.
- Williams, I. S.; Dewar, A. M.; Dixon, A. F. G.; Thornhill, W. A. Alate production of *Myzus persicae* on sugar beet - how likely is the evolution of sugar beet specific biotypes? **Journal of Applied Ecology**, v.37, p.40-51. 2000.
- Zhang, W. Q.; Hassan, S. A. Use of the parasitoid *Diaeretiella rapae* (McIntoch) to control the cabbage aphid *Brevicoryne brassicae* (L.). **Journal of Applied Entomology**, v.127, n.9-10, p.522-526. 2003.

CONCLUSÕES GERAIS

Os estádios críticos de mortalidade de *Brevicoryne brassicae*, *Lipaphis erysimi* e *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) são quinto, primeiro e terceiro ínstar ninfal, respectivamente.

A predação por larvas de Syrphidae (Diptera) e larvas de Coccinellidae (Coleoptera) são os fatores chave de mortalidade de *B. brassicae* e *M. persicae*, respectivamente. Já para *L. erysimi* o fator chave de mortalidade são os distúrbios fisiológicos do inseto.

O maior ataque de pulgões ao repolho ocorre no inverno. *Brevicoryne brassicae* ataca preferencialmente a fase de desenvolvimento da cabeça do repolho. Já *L. erysimi* ocorre mais as fases de desenvolvimento e fechamento da cabeça do repolho e *M. persicae* ocorre mais nas fases de início de formação e de desenvolvimento da cabeça do repolho. As chuvas e as elevadas temperaturas e umidade relativa do ar afetam negativamente as densidades das três espécies de pulgão.

Os fungos entomopatogênicos da ordem Entomophthorales são afetados positivamente por seu inóculo e pelas chuvas, e negativamente pelas elevadas temperaturas do ar. O parasitismo de *M. persicae* apresenta densidade dependente e as maiores taxas ocorrem em períodos chuvosos. A abundância de larvas de *Aphidoletes* sp. (Diptera: Cecidomyiidae) é dependente da densidade de pulgões.