

**ÉZIO MARQUES DA SILVA**

**FATORES DETERMINANTES DO ATAQUE DE *Neoleucinodes elegantalis* AO  
TOMATEIRO**

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**

**Ficha catalográfica preparada pelo Setor de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca UFV Campus de Rio Paranaíba**

T

S586f  
2010  
Silva, Ézio Marques da, 1975-  
Fatores determinantes do ataque de *Neoleucinodes  
elegantis* ao tomateiro / Ézio Marques da Silva. – Viçosa,  
MG, 2010.  
viii, 81 f. : il. ; 29 cm.

Orientador: Marcelo Coutinho Picanço.  
Tese (doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, 2010.  
Inclui bibliografia.

1. Tomate - Pragas - Controle. 2. Pragas agrícolas -  
Controle biológico. 3. Pragas agrícolas - Controle integrado.  
4. Relação inseto-planta. 5. *Neoleucinodes elegantalis*. 6.  
Inseto - Populações - Fatores climáticos. 7. Broca - pequena  
- do - tomateiro. I. Universidade Federal de Viçosa. II.  
Título.

CDD 22. ed. 595.78

**ÉZIO MARQUES DA SILVA**

**FATORES DETERMINANTES DO ATAQUE DE *Neoleucinodes elegantalis* AO  
TOMATEIRO**

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: 26 de fevereiro de 2010.

---

Prof. Leandro Bacci  
(Co-orientador)

---

Prof. Raul Narciso Carvalho Guedes

---

Dra. Nelsa Maria Pinho Guedes

---

Dra. Ana Paula Albano Araújo

---

Prof. Marcelo Coutinho Picanço  
(Orientador)

*A Deus, por poder estar aqui.*

### **Agradeço**

*Aos meus pais, Pedro Xavier da Silva (in memoria) e a Eni Marques dos Santos Silva,  
por me preparem para a vida*

*Às minhas irmãs, Adrienne, Thaís e Érica pelo convívio e amizade.*

*A Nelson Marciano (in memoria) e Maria Aparecida Marciano, por me acolherem e  
pelo exemplo de dedicação.*

*A minha esposa, Ana Paula da Silva, pelo amor e paciência.*

*Ao meu filhinho Bruno, pelo amor e momentos de alegria. E ao Miguel que está a  
caminho.*

### **Dedico**

*Ao povo brasileiro.*

### **Ofereço**

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa e a coordenação do Programa de Pós-graduação em Entomologia, pela oportunidade de realização deste curso. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo fornecimento da bolsa que permitiu a realização deste curso.

Ao Professor Marcelo Coutinho Picanço, pelos valorosos ensinamentos, orientações, críticas e amizade ao longo dos meus 11 anos como estudante na UFV, muito obrigado. Meus agradecimentos também a sua esposa Kátia e aos seus filhos Mayara, Luíza e Marcelo Filho, pelo agradável convívio.

Ao Adriano, Aelton, Altair, Anália, Carla, Darley, Elisa, Emerson, Flávio, Geraldo, Gerson, Jander, Jardel, Jorgiane, Júlio, Karina, Laércio, Leidiane, Lucília, Maira, Marcelo Bahia, Matheus Campos, Matheus Chediak, Nilson, Pablo, Patrícia, Paulo, Renan, Renata, Ricardo, Rodrigo, Rogério, Tarcisio, Valquíria, Vânia, Wander e Wesley pela amizade e valiosa ajuda durante a coleta dos dados. Em especial gostaria de expressar minha gratidão ao Leandro de quem a ajuda e críticas contribuíram na minha formação e na execução desse trabalho.

Aos demais estagiários do Laboratório de Manejo Integrado de Pragas, pela amizade e agradável convívio.

Aos membros da banca de qualificação Prof. Leandro Bacci, Prof. Eliseu José Guedes Pereira, Prof. Dr. Márcio Dionízio Moreira e Dr. Sérgio Verçosa de Magalhães pelas críticas e sugestões.

Aos membros da banca de tese Prof. Raul Narciso Carvalho Guedes, Dra. Nelsa Maria Pinho Guedes e Dra. Ana Paula Albano Araújo pelas críticas e sugestões feitas para a melhoria deste trabalho.

Aos demais docentes da Universidade Federal de Viçosa pelos conhecimentos repassados durante minha formação.

Aos tomaticultores Aloízio, Assis, Elias, Isael, Joanito, João, Júlio, Luiz, Nilson, Roberto, Sebastião, Silvano e Wanderley do município de Coimbra, MG, por permitirem a execução desta pesquisa em suas propriedades.

Agradeço também aos funcionários da UFV, em especial à D. Paula, Míriam e José Evaristo pela amizade e atenção durante o convívio na Entomologia.

A todos aqueles que, não foram citados mas que estiveram juntos na realização desta pesquisa ou torceram para que tudo desse certo. Muito obrigado!

## BIOGRAFIA

ÉZIO MARQUES DA SILVA, filho de Pedro Xavier da Silva e Eni Marques dos Santos Silva, nasceu no dia 30 de junho de 1975, em Pará de Minas, MG. cursou o ensino secundário na Central de Ensino e Desenvolvimento Agrário de Florestal - CEDAF em Florestal, MG, concluindo-o em 1995. Em março de 1999 iniciou o curso de Agronomia na Universidade Federal de Viçosa onde se graduou Engenheiro Agrônomo em janeiro de 2004. Durante o período de graduação iniciou seus trabalhos na área entomológica em 1999 com o Prof. Marcelo Coutinho Picanço, sendo bolsista de iniciação científica do PIBIC/CNPq durante três anos, onde desenvolveu pesquisas na área de manejo integrado de pragas de hortaliças, fruteiras e cafeeiro.

Em março de 2004, ingressou no curso de mestrado em Entomologia na Universidade Federal de Viçosa, defendendo tese no dia 22 de fevereiro de 2006. Em seguida, ingressou no Doutorado em Entomologia na mesma instituição, em junho de 2009 foi aprovado no concurso para professor assistente da Universidade Federal de Viçosa *Campus* de Rio Paranaíba, defendendo tese em 26 de fevereiro de 2010.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	vii
<b>ABSTRACT</b> .....	viii
<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	1
<b>LITERATURA CITADA</b> .....	6
<b>CAPÍTULO I: VARIAÇÃO SAZONAL DOS FATORES DE MORTALIDADE DE <i>Neoleucinodes elegantalis</i></b> .....	11
RESUMO .....	11
ABSTRACT .....	12
1.1. INTRODUÇÃO .....	13
1.2. MATERIAL E MÉTODOS .....	15
1.2.1. Condições experimentais .....	15
1.2.2. Criação de <i>N. elegantalis</i> em laboratório .....	16
1.2.3. Estabelecimento da coorte .....	17
1.2.4. Avaliação dos fatores de mortalidade .....	18
1.2.5. Construção e análise das tabelas de vida .....	21
1.3. RESULTADOS .....	25
1.3.1. Variação sazonal da mortalidade de <i>N. elegantalis</i> .....	25
1.3.2. Caracterização da mortalidade de <i>N. elegantalis</i> ao longo das estações .....	25
1.3.3. Estádios críticos e fatores chave de mortalidade de <i>N. elegantalis</i> .....	28
1.4. DISCUSSÃO .....	39
1.5. LITERATURA CITADA .....	45
<b>CAPÍTULO II: SAZONALIDADE DE <i>Neoleucinodes elegantalis</i> NO TOMATEIRO</b> .....	51
RESUMO .....	51
ABSTRACT .....	52
2.1. INTRODUÇÃO .....	53
2.2. MATERIAL E MÉTODOS .....	55
2.2.1. Condições experimentais .....	55
2.2.2. Amostragem populacional de <i>N. elegantalis</i> .....	56
2.2.3. Dados climáticos .....	56
2.2.4. Análise dos dados .....	57
2.3. RESULTADOS .....	61
2.3.1. Mortalidade natural de <i>N. elegantalis</i> .....	61
2.3.2. Efeito dos elementos climáticos na variação sazonal de <i>N. elegantalis</i> .....	61
2.3.3. Flutuação populacional de <i>N. elegantalis</i> .....	63
2.4. DISCUSSÃO .....	70
2.5. LITERATURA CITADA .....	76
<b>CONCLUSÕES GERAIS</b> .....	81



## RESUMO

SILVA, Ézio Marques da, D.Sc. Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2010.  
**Fatores determinantes do ataque de *Neoleucinodes elegantalis* ao tomateiro.**  
Orientador: Marcelo Coutinho Picanço. Co-orientadores: Leandro Bacci, Márcio Dionízio Moreira e Gulab Newandran Jham.

A broca pequena *Neoleucinodes elegantalis* (Lepidoptera: Crambidae) é considerada uma praga de grande importância devido aos sérios prejuízos causados na cultura do tomateiro. Para o planejamento de estratégias e táticas de manejo de *N. elegantalis* é fundamental a determinação dos fatores que afetam sua dinâmica populacional e o conhecimento de seus estádios e fatores chave de mortalidade. Assim, o objetivo deste trabalho foi identificar os estádios críticos e os fatores chaves de mortalidade de *N. elegantalis* e determinar os efeitos dos elementos climáticos e da mortalidade natural na sua dinâmica populacional. Para tanto foram conduzidos dois experimentos. No primeiro monitorou-se a mortalidade de *N. elegantalis* nas quatro estações ao longo de dois anos e no segundo as densidades do inseto e os elementos climáticos. Foram feitas tabelas de vida ecológicas para cada estação do ano, diagramas da análise de redundância e trilha e gráficos das densidades e dados climáticos. Os estádios críticos de mortalidade foram: pupa (primavera), ovo e pupa (verão e outono) e ovo, larva e pupa (inverno). Os fatores chaves de mortalidade foram a predação de pupas pelo pássaro *Zonotrichia* sp. (primavera e outono) e pela formiga *Solenopsis* sp. (verão e inverno), predação de ovos (inverno) e o parasitismo destes por *Trichogramma pretiosum* (verão, outono e inverno) e distúrbios fisiológicos em larvas (inverno). As maiores densidades de *N. elegantalis* ocorreram entre o verão e o outono e está associada a altas temperaturas, ocorrência de chuvas e quando o fotoperíodo é decrescente.

## ABSTRACT

SILVA, Ézio Marques da, D.Sc. Universidade Federal de Viçosa, February, 2010.  
**Factors determinating the attack of *Neoleucinodes elegantalis* on tomato.**  
Adviser: Marcelo Coutinho Picanço. Co-advisers: Leandro Bacci, Márcio Dionízio  
Moreira and Gulab Newandran Jham.

The small tomato borer *Neoleucinodes elegantalis* (Lepidoptera: Crambidae) is considered a major pest due to serious damage in tomato. For the planning of strategies and tactics of management of *N. elegantalis* is essential to determine the factors that affect population dynamics and knowledge of stages and key factors of mortality. Therefore, objective of this study was to identify the critical stages and key factors of mortality of *N. elegantalis* and determine the effects of climatic factors and natural mortality in their population dynamics. Two experiments were conducted. In the first monitored the mortality of *N. elegantalis* the four seasons in two years and the second experiment the densities of these insect and climatic elements. We were make ecological life tables for each season, diagrams of the redundancy analysis, path analysis and graphs of densities and climatic elements. The critical stages of mortality were pupa (spring), eggs and pupa (summer and autumn) and egg, larva and pupa (winter). The key factors of mortality were predation of pupae by the bird *Zonotrichia* sp. (spring and autumn) and the ant *Solenopsis* sp. (summer and winter), predation of eggs (winter) and parasitism of *Trichogramma pretiosum* (summer, autumn and winter) and physiological disorders in larvae (winter). The highest densities of *N. elegantalis* occurred between the summer and autumn and are associated with high temperatures, rainfall and when the photoperiod is decreasing.

## INTRODUÇÃO GERAL

A broca pequena do tomateiro *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée) (Lepidoptera: Crambidae) é considerada uma praga importante do tomateiro devido aos sérios prejuízos causados por suas larvas à esta cultura (Leiderman & Sauer, 1953; Picanço *et al.*, 2007b). Esta espécie é de ocorrência neotropical englobando América Central e do Sul (Capps, 1948; Muñoz *et al.*, 1989; Marcano, 1991; Salas *et al.*, 1991; Accordi & Hartz, 2006).

Os adultos são mariposas com 25 mm de envergadura com coloração predominantemente branca e asas transparentes. As asas anteriores possuem uma mancha de cor marrom avermelhado e as posteriores têm pequenas manchas marrons esparsas (Fernández & Salas, 1985; Marcano, 1991).

Uma fêmea pode ovipositar 160 ovos, os quais são postos em pequenos grupos ou isolados sendo que a postura ocorre principalmente nos frutos de tomate com diâmetro de 0,5 a 4 cm (Marcano, 1991; Blackmer *et al.*, 2001; Crespo, 2003). Os ovos são pequenos com 0,53mm de diâmetro e de formato circular e achatado. Logo após a oviposição a sua coloração é branco leitosa, com o desenvolvimento embrionário passa a amarelo claro, alaranjado e avermelhado quando próximos à eclosão (Toledo, 1948; Fernández & Salas, 1985). A eclosão dos ovos ocorre nas primeiras horas de luz do dia,

entre o quinto e o décimo dia após a postura. A larva recém eclodida apresenta coloração branca e demora 50 minutos para penetrar totalmente nos frutos (Blackmer *et al.*, 2001). Ao penetrar no fruto a larva confecciona uma galeria que cicatriza deixando uma pequena marca na superfície do mesmo. A larva desenvolve-se à medida que os frutos de tomate crescem, permanecendo aproximadamente 30 dias no seu interior. No quinto ínstar o tamanho da larva varia de 11 a 13 mm de comprimento e sua coloração é rósea avermelhada. Neste estágio, ela abandona o fruto deixando uma perfuração de saída de cerca de 4 mm de diâmetro, para se transformar em pupa seja nas folhas ou no solo em torno da planta onde o seu casulo é confeccionado (Toledo, 1948; Fernández & Salas, 1985; Marcano, 1991). O tempo de duração do estágio pupal varia de 15 a 30 dias dependendo da temperatura. O adulto emerge nas primeiras horas da noite. As fêmeas adultas vivem de 4,6 a 7,2 dias dependendo da temperatura do ar (Toledo, 1948; Muñoz *et al.*, 1989; Marcano, 1991).

A larva, ao penetrar no fruto, não ocasiona a queda do mesmo. Os danos são causados pelo processo de alimentação da larva na polpa dos frutos que serão percebidos quando o mesmo estiver totalmente desenvolvido no momento da colheita ou nos locais de exposição para a venda em função dos orifícios de saída. Desta forma, o fruto torna-se impróprio para o consumo *in natura* e também para a indústria (Picanço *et al.*, 2000; Picanço *et al.*, 2007b).

Para o desenvolvimento de programas de manejo integrado de pragas é necessário a realização de pesquisas que dêem suporte à manipulação dos fatores que influenciam a intensidade de ataque das pragas. O controle de *N. elegantalis* é difícil em virtude das larvas estarem protegidas dentro do fruto. Contudo, as populações deste inseto podem ser reguladas por fatores bióticos e abióticos e o conhecimento destes fatores é fundamental para o manejo desta praga. Entre os fatores bióticos estão os inimigos naturais e a planta hospedeira (Muñoz *et al.*, 1989; Plaza *et al.*, 1992; Bennett & Wallsgrove, 1994; Bernays & Chapman, 1994) e entre os fatores abióticos estão os elementos climáticos (Kobori & Amano, 2003; Way & Heong, 2009).

Os inimigos naturais relatados controlando *N. elegantalis* são os entomopatógenos *Bacillus thuringiensis* e *Beauveria* sp. (Muñoz *et al.*, 1989; Plaza *et al.*, 1992), os parasitóides himenópteros das famílias Chalcididae, Encyrtidae, Eulophidae, Ichneumonidae e Trichogrammatidae e os dípteros Tachinidae (Muñoz *et al.*, 1989; Plaza *et al.*, 1992; Miranda *et al.*, 1998; Tróchez *et al.*, 1999; Viáfara *et al.*, 1999; Blackmer *et al.*, 2001). O conhecimento da época e magnitude destes fatores é fundamental para o estudo da dinâmica de populações e desenvolvimento de eficientes sistemas de manejo de pragas.

Entre os instrumentos de pesquisa utilizados nos estudos de fatores que determinam o ataque das pragas às culturas estão as tabelas de vida ecológicas, as análises de redundância, de regressão linear múltipla e de trilha (Southwood, 1968; Mitchell, 1993; Ter Braak & Šmilauer, 1998; Hair *et al.*, 2005).

As tabelas de vida baseiam seu estudo em um grupo de organismos de mesma idade cronológica que tem o seu desenvolvimento acompanhado ao longo do tempo (Rabinovich, 1978). Estudos relacionados com tabelas de vida fornecem informações importantes para o desenvolvimento de modelos que têm se mostrado úteis no estudo da dinâmica populacional de pragas (Gilbert *et al.*, 1976). No caso de insetos, tais informações dizem respeito à sua distribuição e a abundância, prevendo a ocorrência de pragas e inimigos naturais (Albergaria *et al.*, 2003). Além disso, as tabelas de vida ajudam ainda a elucidar interações ecológicas de pragas e inimigos naturais (Miranda *et al.*, 1998; Gonring *et al.*, 2003), simulam a biologia de insetos e determinam quais os fatores bióticos e abióticos de mortalidade das pragas (Godoy & Cividanes, 2002; Liu *et al.*, 2004; Pilkington & Hoddle, 2006; Iversen & Harding, 2007). As tabelas de vida mais utilizadas para estudos da dinâmica populacional de insetos são divididas basicamente em biológica e ecológica. As tabelas de vida simples ou biológicas são feitas em condições de laboratório fornecendo subsídios para as ecológicas.

Já as tabelas de vida ecológicas são obtidas em condições de campo e podem ser realizadas através de amostragem ou por experimentos com todas as fases de

desenvolvimento do inseto ao longo de várias gerações sucessivas. Os principais parâmetros estimados nesta análise são as mortalidades aparente, acumulativa, marginal e insubstituível (Southwood, 1968; Royama, 1981; Southwood & Henderson, 2000).

A mortalidade aparente é a proporção de indivíduos mortos em um determinado estágio do ciclo de vida do inseto levando-se em conta o número de indivíduos que iniciaram tal estágio. A mortalidade acumulativa ou real é obtida igualmente a anterior, contudo, leva-se também em consideração o número de indivíduos que iniciaram a geração (Southwood, 1968). Em alguns casos, o fator que está causando a mortalidade pode não ser facilmente detectado. Isto ocorre quando dois ou mais fatores ocorrem simultaneamente causando mortalidade. Por isto calcula-se a mortalidade marginal, que é a proporção de indivíduos mortos por um fator considerando-o como este fosse o único fator de mortalidade atuante (Royama, 1981; Buonaccorsi & Elkinton, 1990).

Desta forma, estas estimativas permitem o estudo qualitativo e quantitativo da mortalidade dos insetos (Morris, 1963; Harcourt, 1969; Varley *et al.*, 1973; Podoler & Rogers, 1975; Royama, 1981; Elkinton *et al.*, 1992; Royama, 1996; Dent, 1997) assim como a determinação dos estádios críticos e dos fatores chave de mortalidade dos indivíduos da espécie estudada (Harcourt, 1969; Bacci *et al.*, 2006; Asiimwe *et al.*, 2007). O estágio crítico é aquele que determina o tamanho da população. Já o fator chave de mortalidade é aquele de maior importância relativa no estágio crítico (Morris, 1963; Harcourt, 1969; Varley *et al.*, 1973; Podoler & Rogers, 1975).

A análise de redundância é uma técnica estatística multivariada de gradiente direto, que relaciona os padrões de distribuição das espécies e os fatores ambientais. Esta análise é adequada quando se tem um número grande de indivíduos e necessita-se estudar simultaneamente suas relações com as variáveis ambientais que influenciam sua densidade (Gauch, 1989). Esta análise especifica estatisticamente a relevância de cada um dos fatores ambientais na distribuição da espécie em estudo, contribuindo assim para detectar padrões de distribuição linear de insetos praga contra um gradiente ambiental (Ter Braak & Šmilauer, 1998). O método de análise por regressão linear

múltipla é apropriado quando o problema em estudo envolve uma variável dependente relacionada a duas ou mais variáveis independentes (Hair *et al.*, 2005). Desta forma, é possível prever mudanças nas densidades populacionais em função dos fatores que afetam o ataque de pragas.

Outra ferramenta que vem sendo utilizada para investigar modelos complexos que envolvem mais de uma variável dependente é a análise de trilha (Mitchell, 1993; Eubanks, 2001). Esta análise é utilizada para identificar e quantificar interações diretas e indiretas entre a densidade populacional de um inseto praga com os elementos climáticos. Entretanto, tem sido pouco explorada em estudos de *N. elegantalis*, uma vez que não há relatos sobre a ação conjunta dos inimigos naturais e os efeitos dos elementos climáticos sobre suas populações em cultivos de tomate. Mesmo em outros países, geralmente tais estudos foram feitos com cada fator de mortalidade isolado, fornecendo assim poucas informações deste agroecossistema como um todo (Capps, 1948; Toledo, 1948; Leiderman & Sauer, 1953; Muñoz *et al.*, 1989; Plaza *et al.*, 1992; Viáfara *et al.*, 1999; Paron & Berti-Filho, 2000; Blackmer *et al.*, 2001; Miranda *et al.*, 2005; Diaz & Solis, 2007; Picanço *et al.*, 2007a).

Assim, esta pesquisa teve como objetivos: construir e analisar tabelas de vida ecológicas para *N. elegantalis* em diferentes estações do ano, com o intuito de identificar os estádios críticos e os fatores chave de mortalidade desta praga e estudar os efeitos dos fatores climáticos na dinâmica populacional deste inseto.

## LITERATURA CITADA

- Accordi, I.A.; Hartz, S.M. Distribuição espacial e sazonal da avifauna em uma área úmida costeira do sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ornitologia**, 14: 117-135. 2006.
- Albergaria, N.M.M.S.; Cividanes, F.J.; Dória, H.O.S. Tabela de vida ecológica de *Bemisia tabaci* (Genn.) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae). **Neotropical Entomology**, 32: 559-563. 2003.
- Asimwe, P.; Ecaat, J.S.; Otim, M.; Gerling, D.; Kyamanywa, S.; Legg, J.P. Life-table analysis of mortality factors affecting populations of *Bemisia tabaci* on cassava in Uganda. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, 122: 37-44. 2007.
- Bacci, L.; Picanco, M.C.; Gonring, A.H.R.; Guedes, R.N.C.; Crespo, A.L.B. Critical yield components and key loss factors of tropical cucumber crops. **Crop Protection**, 25: 1117-1125. 2006.
- Bennett, R.N.; Wallsgrove, R.M. Secondary metabolites in plant defense-mechanisms. **New Phytologist**, 127: 617-633. 1994.
- Bernays, E.A.; Chapman, R.F. **Host-plant selection by phytophagous insects**. New York: Chapman & Hall. 1994. 325p.
- Blackmer, J.L.; Eiras, A.E.; Souza, C.L.M. Oviposition preference of *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée) (Lepidoptera: Crambidae) and rates of parasitism by *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) on



- Lycopersicon esculentum* in São José de Ubá, RJ, Brazil. **Neotropical Entomology**, 30: 89-95. 2001.
- Buonaccorsi, J.P.; Elkinton, J.S. Estimation of contemporaneous mortality factors. **Researches on Population Ecology**, 32: 151-171. 1990.
- Capps, H.W. Status of the pyraustid moths of the genus *Leucinodes* in the world, with descriptions of new genus and species. **Proceeding of the United States National Museum**, 98: 69-85. 1948.
- Crespo, A.L.B. **Unidades amostrais de *Neoleucinodes elegantalis* em tomateiro**. 2003. 45p. Tese (Mestrado em Entomologia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2003.
- Dent, D.R. Quantifying insect populations: Estimates and parameters. In: Dent, D.R.; Walton, M.P. (Eds.). **Methods in ecological & agricultural entomology**. New York: CAB. 1997. p.57-109.
- Diaz, A.E.; Solis, M.A. A new species and species distribution records of *Neoleucinodes* (Lepidoptera: Crambidae: Spilomelinae) from Colombia feeding on *Solanum* sp. **Proceedings of the Entomological Society of Washington**, 109: 897-908. 2007.
- Elkinton, J.S.; Buonaccorsi, J.P.; Bellows, T.S.; Vandriesche, R.G. Marginal attack rate, k-values and density dependence in the analysis of contemporaneous mortality factors. **Researches on Population Ecology**, 34: 29-44. 1992.
- Eubanks, M.D. Estimates of the direct and indirect effects of red imported fire ants on biological control in field crops. **Biological Control**, 21: 35-43. 2001.
- Fernández, S.; Salas, A.J. Estudios sobre la biología del perforador del fruto del tomate *Neoleucinodes elegantalis* Guenée (Lepidoptera: Pyraustidae). **Agronomía Tropical**, 35: 77-82. 1985.
- Gauch, H.G. **Multivariate analysis in community ecology**. London: Cambridge. 1989. 298p.
- Gilbert, N.; Gutierrez, A.P.; Frazer, B.D.; Jones, R.E. **Ecological relationships**. San Francisco: W. H. Freeman. 1976. 256p.

- Godoy, K.B.; Cividanes, F.J. Tabelas de esperança de vida e fertilidade para *Lipaphis erysimi* (Kalt.) (Hemiptera: Aphididae) em condições de laboratório e campo. **Neotropical Entomology**, 31: 041-048. 2002.
- Gonring, A.H.R.; Picanco, 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**, 13: 361-366. 2003.
- Hair, J.F.; Anderson, R.E.; Tatham, R.L.; Black, W. **Análise multivariada de dados**. Porto Alegre: ArtMed. 2005. 593p.
- Harcourt, D.G. Development and use of life tables in study of natural insect populations. **Annual Review of Entomology**, 14: 175-196. 1969.
- Iversen, T.; Harding, S. Life table parameters affecting the population development of the woolly beech aphid, *Phyllaphis fagi*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, 123: 109-117. 2007.
- Kobori, Y.; Amano, H. Effect of rainfall on a population of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). **Applied Entomology and Zoology**, 38: 249-253. 2003.
- Leiderman, L.; Sauer, H.F.G. A broca pequena do fruto do tomateiro. **O Biológico**, 19: 182-186. 1953.
- Liu, Z.D.; Li, D.M.; Gong, P.Y.; Wu, K.J. Life table studies of the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae), on different host plants. **Environmental Entomology**, 33: 1570-1576. 2004.
- Marcano, R.V. Estudio de la biología y algunos aspectos del comportamiento del perforador del fruto del tomate *Neoleucinodes elegantalis* (Lepidoptera: Pyralidae) en tomate. **Agronomía Tropical**, 41: 257-263. 1991.
- Miranda, M.M.M.; Picanco, M.C.; Zanuncio, J.C.; Bacci, L.; Silva, E.M. Impact of integrated pest management on the population of leafminers, fruit borers, and natural enemies in tomato. **Ciência Rural**, 35: 204-208. 2005.
- Miranda, M.M.M.; Picanço, M.C.; Zanuncio, J.C.; Guedes, R.N.C. Ecological life table of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). **Biocontrol Science and Technology**, 8: 597-606. 1998.

- Mitchell, R.J. Path analysis: Pollination. In: Scheiner, S.M.; Gurevitch, J. (Eds.). **Design and analysis of ecological experiments**. New York: Chapman & Hall. 1993. p.217-234.
- Morris, R.F. Predictive population equations based on key factors. **Memoirs of the Entomological Society of Canada**, 32: 6-21. 1963.
- Muñoz, L.E.; Serrano, A.; Pulido, J.; Cruz, L. Ciclo de vida y enemigos naturales de *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée) (Lepidoptera: Pyralidae) pasador del fruto del lulo *Solanum quitoense* Lam. en el Valle del Cauca. **Acta Agronómica**, 41: 99-104. 1989.
- Paron, M.R.; Berti-Filho, E. Capacidade reprodutiva de *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) em pupas de diferentes hospedeiros (Lepidoptera). **Scientia Agricola**, 57: 355-358. 2000.
- Picanço, M.C.; Bacci, L.; Crespo, A.L.B.; Miranda, M.M.M.; Martins, J.C. Effect of integrated pest management practices on tomato production and conservation of natural enemies. **Agricultural and Forest Entomology**, 9: 327-335. 2007a.
- Picanço, M.C.; Bacci, L.; Silva, E.M.; Morais, E.G.F.; Silva, G.A.; Silva, N.R. Manejo integrado das pragas do tomateiro no Brasil. In: Silva, D.J.H.; Vale, F.X.R. (Eds.). **Tomate tecnologia de produção**. Visconde do Rio Branco: Suprema. 2007b. p.199-232.
- Picanço, M.C.; Gusmão, M.R.; Galvan, T.L. Manejo integrado de pragas de hortaliças. In: Zambolim, L. (Ed.). **Manejo integrado de doenças, pragas e ervas daninhas**. Visconde do Rio Branco: Suprema. 2000. p.275-324.
- Pilkington, L.J.; Hoddle, M.S. Use of life table statistics and degree-day values to predict the invasion success of *Gonatocerus ashmeadi* (Hymenoptera: Mymaridae), an egg parasitoid of *Homalodisca coagulata* (Hemiptera: Cicadellidae), in California. **Biological Control**, 37: 276-283. 2006.
- Plaza, A.S.; Leon, E.M.; Fonseca, J.P.; Cruz, J.D.L. Biología, hábitos y enemigos naturales del *Neoleucinoides elegantalis* (Guenée). **Revista Colombiana de Entomología**, 18: 32-37. 1992.
- Podoler, H.; Rogers, D. A new method for the identification of key factors from life-table data. **Journal of Animal Ecology**, 44: 85-114. 1975.
- Rabinovich, J.E. **Ecología de poblaciones animales**. Washington: OEA. 1978. 114p.

- Royama, T. Evaluation of mortality factors in insect life table analysis. **Ecological Monographs**, 51: 495-505. 1981.
- Royama, T. A fundamental problem in key factor analysis. **Ecology**, 77: 87-93. 1996.
- Salas, J.; Alavarez, C.; Parra, A. Contribución al conocimiento de la ecología del perforador del fruto del tomate *Neoleucinodes elegantalis* Guenée (Lepidoptera: Pyraustidae). **Agronomía Tropical**, 41: 275-283. 1991.
- Southwood, T.R.E. **Ecological methods with particular reference to the study of insect populations**. London: Butler & Tanner. 1968. 409p.
- Southwood, T.R.E.; Henderson, P.A. **Ecological methods**. London: Blackwell Science. 2000. 576p.
- Ter Braak, C.J.F.; Šmilauer, P. **CANOCO Reference manual and CanoDraw for windows user's guide: Software for canonical community ordination (version 4)**. Ithaca: Microcomputer Power. 1998. 352p.
- Toledo, A.A. Contribuição para o estudo de *Leucinodes elegantalis* Guén. praga do tomate. **O Biológico**, 14: 103-108. 1948.
- Tróchez, G.A.; Díaz, A.E.; García, F. Recuperación de *Copidosoma* sp. (Hymenoptera: Encyrtidae), parasitoide de huevos de *Neoleucinodes elegantalis* (Lepidoptera: Pyralidae) en tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*). **Revista Colombiana de Entomología**, 25: 179-183. 1999.
- Varley, C.G.; Gradwell, G.R.; Hassell, M.P. **Insect population ecology – An analytical approach**. Berkeley: University of California. 1973. 212p.
- Viáfara, H.F.M.; Roa, F.G.; Diaz, A.E. Parasitismo natural de *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée) (Lepidoptera: Pyralidae) en algunas zonas productoras de Solanaceas del Cauca y Valle del Cauca Colombia. **Revista Colombiana de Entomología**, 25: 151-159. 1999.
- Way, M.J.; Heong, K.L. Significance of the tropical fire ant *Solenopsis geminata* (Hymenoptera: Formicidae) as part of the natural enemy complex responsible for successful biological control of many tropical irrigated rice pests. **Bulletin of Entomological Research**, 99: 503-512. 2009.

## **CAPÍTULO I: VARIAÇÃO SAZONAL DOS FATORES DE MORTALIDADE DE *Neoleucinodes elegantalis***

RESUMO - A determinação da variação sazonal dos estádios críticos e dos fatores chave de mortalidade das pragas possibilita o planejamento de estratégias e táticas de manejo adaptadas às diversas situações de cultivo. A broca pequena do tomateiro *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée) (Lepidoptera: Crambidae) é uma praga de grande importância para o cultivo do tomateiro na região neotropical. Assim, este trabalho teve como objetivo analisar a variação sazonal do controle natural de *N. elegantalis* nas estações do ano identificando os estádios críticos e fatores chave de mortalidade que influenciam na dinâmica populacional dessa praga. Para tanto, monitorou-se a mortalidade de *N. elegantalis* nas estações ao longo de dois anos. Utilizando esses dados foram feitas tabelas de vida ecológicas para as quatro estações de cada ano. A mortalidade no estágio pupal foi determinante da densidade de *N. elegantalis* em todas as estações do ano. Fato semelhante foi observado para o estágio de ovo com exceção da primavera. A mortalidade no estágio larval só foi importante na determinação da densidade de *N. elegantalis* no inverno. Os fatores chave de mortalidade foram a predação de pupas pelo pássaro *Zonotrichia* sp. (primavera e outono) e pela formiga *Solenopsis* sp. (verão e inverno), predação de ovos (inverno) e o parasitismo dos ovos por *Trichogramma pretiosum* (verão, outono e inverno) e distúrbios fisiológicos em larvas (inverno).

**Palavras-chave:** Tabela de vida ecológica, controle biológico, parasitóide, pássaro, tomateiro.

## CHAPTER I: SEASONAL VARIATION OF FACTORS OF MORTALITY *Neoleucinodes elegantalis*

ABSTRACT - The determination of the seasonal variation of the critical stages and key factors of mortality of pests enable the planning of strategies and tactics of management adapted to the various culture situations. The small tomato borer *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée) (Lepidoptera: Crambidae) is a pest of great importance to the cultivation of tomato in region Neotropical. Therefore, objective of this study was analyzing the seasonal variation of natural control of *N. elegantalis* in the seasons by identifying the critical stages and key factors influencing mortality in the population dynamics of this pest. We monitored the mortality of *N. elegantalis* in the seasons by two years. From the data collected were made ecological life tables for the four seasons of each year. Mortality in the pupa stage was instrumental in the density of *N. elegantalis* in all seasons. Since the mortality of eggs in the spring was not a factor regulating the population density of this insect. Mortality in the larval stage was not important in determining the density of *N. elegantalis* winter. The key factors of mortality were predation of pupa by the bird *Zonotrichia* sp. (spring and autumn) and the ant *Solenopsis* sp. (summer and winter), predation of eggs (winter) and the parasitism by *Trichogramma pretiosum* (summer, autumn and winter) and physiological disorders in larvae (winter).

**Keywords:** Ecological life table, biological control, parasitoids, bird, tomato.

## 1.1. INTRODUÇÃO

O estudo de fatores determinantes do ataque de insetos praga às culturas são de fundamental importância para a identificação dos fatores chave e estádios críticos de mortalidade que regulam o tamanho das populações das espécies (Gonring *et al.*, 2003; Naranjo & Ellsworth, 2005; Pereira *et al.*, 2007). Entre as ferramentas de pesquisa que possibilitam a determinação destes parâmetros estão as tabelas de vida ecológicas (Albergaria *et al.*, 2003; Gonring *et al.*, 2003; Lioni & Cividanes, 2004). Estas permitem o estudo qualitativo e quantitativo dos fatores de mortalidade natural (Miranda *et al.*, 1998; Asiimwe *et al.*, 2007; Iversen & Harding, 2007; Pereira *et al.*, 2007), possibilitando a identificação de fatores chave e de estádios críticos de mortalidade de insetos (Harcourt, 1969). O estágio crítico é aquele que determina o tamanho de determinada população e o fator chave é o que possui maior importância relativa na fase crítica, atuando na regulação do tamanho da população (Morris, 1963; Harcourt, 1969; Varley *et al.*, 1973; Elkinton *et al.*, 1992; Royama, 1996; Southwood & Henderson, 2000).

Nestes estudos é de fundamental importância a avaliação da variação sazonal dos estádios e fatores críticos de mortalidade, uma vez que esta determinação permite o

planejamento de estratégias e táticas de manejo de pragas adequadas para cada estação do ano ou para locais que possuam certa variação climática temporal.

Entre as causas de mortalidade dos insetos estão os inimigos naturais e os elementos climáticos. A ocorrência de inimigos naturais de *N. elegantalis* tem sido registradas na cultura do tomateiro (Muñoz *et al.*, 1989; Plaza *et al.*, 1992; Tróchez *et al.*, 1999; Viáfara *et al.*, 1999; Blackmer *et al.*, 2001; Miranda *et al.*, 2005). Já a influência dos elementos climáticos sobre a densidade populacional desta praga não se tem relatos. Nenhum estudo quantificou a importância relativa destes fatores na mortalidade natural desta praga. Além destes fatores, as características da própria planta hospedeira (aleloquímicos) também podem afetar o desempenho reprodutivo e a mortalidade de *N. elegantalis*. Estes fatores podem reduzir a viabilidade dos ovos e afetar os processos fisiológicos durante os períodos de muda e metamorfose aumentando assim a mortalidade nos estágios imaturos do inseto (Panda & Khush, 1995; Leite *et al.*, 1999).

Devido a falta de estudos sobre os fatores que afetam a dinâmica populacional de *N. elegantalis*, objetivou-se com este trabalho analisar a variação sazonal dos fatores de mortalidade de *N. elegantalis* por meio de tabelas de vida ecológicas em diferentes estações do ano com o intuito de identificar os estádios críticos e os fatores chave de mortalidade que influenciam a dinâmica populacional desta praga.



## 1.2. MATERIAL E MÉTODOS

### 1.2.1. Condições experimentais

O estudo foi realizado em Viçosa (20° 28' e 21° 20' S; 42° 20' e 43° 13'W; altitude 750 m), Minas Gerais, Brasil. Os dados para a construção das tabelas de vida foram coletados em lavouras de *Solanum lycopersicon*, entre setembro de 2006 a setembro de 2008.

As lavouras foram conduzidas em uma área de 864 m<sup>2</sup> pertencente a Universidade Federal de Viçosa (UFV). A área foi dividida em 4 blocos de 180 m<sup>2</sup> separados 4 m entre si. As lavouras foram constituídas por 12 fileiras de 30 plantas dispostas no espaçamento 1 × 0,5 m. Para o estabelecimento das lavouras, o solo foi arado, gradeado, sulcado e adubado conforme a recomendação da análise de solo. A adubação de cobertura foi parcelada, sendo a primeira 15 dias após o transplante e as demais semanalmente.

As plantas foram conduzidas com uma haste utilizando-se o tutoramento com bambu na forma de cerca cruzada. A irrigação foi realizada com mangueira, duas a quatro vezes por semana, e as práticas de desbrota e amarrio foram feitas a cada 15 dias. Para o controle de doenças foram aplicados alternadamente, de uma a duas vezes por

semana, os fungicidas: cimoxanil 80g/kg + mancozebe 640g/kg (3,0 kg p.c./ha), clorotalonil 675g/kg + metalaxil-M 67,5g/kg (1,5 kg p.c./ha), clorotalonil 500g/L + dimetomorfê 100g/L (3,0 L p.c./ha), cloridrato de propamocarbe 722g/L (1,5 L p.c./ha), oxiclureto de cobre 850g/kg (2,0 kg p.c./ha), mancozebe 640g/kg + metalaxil-M 40g/kg (2,5 kg p.c./ha), tebuconazol 200g/L (1,0 L p.c./ha) e azoxistrobina 500g/L (160 g p.c./ha). Entretanto, não foi feito o uso de inseticidas para o controle de pragas.

### **1.2.2. Criação de *N. elegantalis* em laboratório**

Os estádios de desenvolvimento de *N. elegantalis* utilizados nos experimentos, ovos e pupas, foram obtidos da criação mantida no Laboratório de Manejo Integrado de Pragas da UFV. Para a formação desta criação, frutos de tomate (*S. lycopersicon*) contendo larvas de *N. elegantalis* foram coletados em lavouras de tomate localizadas no município de Viçosa, Minas Gerais. Esses frutos foram acondicionados em bandeja plástica (47 x 35 x 7 cm) e cobertos com papel toalha, para que as larvas ao saírem dos frutos utilizassem o papel como substrato para formação das pupas.

As larvas após passarem para o estágio de pupa nas folhas de papel toalha foram retiradas e acondicionadas em potes plásticos (250 mL) forrados com papel toalha no interior de gaiolas (50 × 50 × 50 cm) construídas de armação de madeira e teladas com organza. Os adultos que emergiram dessas gaiolas foram alimentados com o auxílio de um algodão, fixado na parte superior das gaiolas, umedecido em solução de mel a 10%. Para a oviposição, utilizou-se cinco bolas de isopor (4 cm de diâmetro) cobertas com parafina de cor verde fixadas na parte superior da gaiola. Essas bolas foram trocadas a cada 24 horas até a morte dos adultos e após a retirada das gaiolas foram acondicionadas em potes plásticos de 500 mL forrados com papel toalha. Após a eclosão dos ovos, as larvas de primeiro ínstar foram transferidas para frutos de jiló (*Solanum gilo*) em bandejas plásticas e após duas semanas eles foram cobertos com

papel toalha para a coleta das pupas. Todos os estádios da criação foram mantidos em salas de criação do Laboratório de Manejo Integrado de Pragas do Departamento de Biologia Animal da Universidade Federal de Viçosa. A criação foi mantida em condição de temperatura e luminosidade ambiente. Os frutos de jiló utilizados na criação foram obtidos no comércio local.

### **1.2.3. Estabelecimento da coorte**

O ciclo de vida de *N. elegantalis* foi acompanhado no campo durante as quatro estações do ano, ao longo de dois anos. Em cada estação, o delineamento foi inteiramente casualizado com 8 parcelas. Cada parcela foi constituída de quatro plantas de tomate no estádio reprodutivo.

As fêmeas da *N. elegantalis* ovipositam 89% de seus ovos em frutos pequenos ( $23,1 \pm 0,95$  mm) e 76% dos ovos são colocados sobre os quatro primeiros frutos basais da penca de tomates (Blackmer *et al.*, 2001). Dessa forma, quando as plantas de tomate apresentaram três cachos formados, um cacho apical de cada planta (total de 32 cachos) foi inspecionado e limpo para a retirada de pragas e frutos com doenças, a fim de se proceder a instalação das parcelas com ovos e posteriormente larvas.

Para o estabelecimento inicial da coorte, 320 fêmeas acasaladas de *N. elegantalis*, provenientes da criação, foram levadas para o campo para a obtenção de ovos. Esses insetos foram divididos em 8 parcelas (40 fêmeas/parcela) e mantidos em sacolas de organza (30 x 40 cm). Os cachos previamente limpos foram envoltos pelas sacolas contendo as fêmeas (10 fêmeas/cacho). Após 24 horas os adultos foram mortos e as sacolas retiradas.

Os ovos foram contados com o auxílio de uma lente de aumento de 10X e mapeados em um desenho esquemático do cacho para facilitar o processo de avaliação. O número médio de ovos por parcela foi 100, totalizando em média 800 ovos por

coorte. As parcelas foram identificadas através de etiquetas dispostas nos bambus de tutoramento da planta e no pedúnculo do cacho. Os ovos eclodidos deram início ao estágio larval. O número de larvas que iniciaram este estágio foi variável entre as parcelas, como resultado da diferença entre os números de ovos iniciais e ovos que não originaram larvas. Duas semanas após a eclosão dos ovos, os cachos foram envoltos com papel toalha em sacolas de organza (40 x 40 cm) e levados para o laboratório para a retirada das larvas que broquearam os frutos.

Um total de 160 pupas foram levadas para o campo, sendo adicionadas 20 pupas por parcela. As pupas de *N. elegantalis* são frequentemente encontradas no solo, mas podem também permanecer em folhas em um casulo de seda (Fernández & Salas, 1985; Marcano, 1991). Assim, as pupas de cada parcela foram primeiramente divididas igualmente para desenvolverem-se no solo e na parte aérea da planta. As pupas utilizadas na determinação dos fatores de mortalidades que ocorrem no solo, foram acondicionadas em potes plásticos (10 cm Ø e 7 cm de altura) preenchidos com areia e furados na lateral e base para permitir a drenagem de água. As pupas foram cobertas com cerca de 3 mm de areia e os potes foram enterrados ao nível do solo próximo à base da planta. Na parte aérea, as pupas foram retiradas da criação juntamente com o papel para facilitar a fixação nas folhas das plantas de tomate. As parcelas foram identificadas através de etiquetas fixadas junto ao bambu e no solo ao lado dos potes de plástico. Para padronizar o momento da retirada das pupas do campo, foi levado em conta o tempo gasto para emergência dos adultos na criação. Algumas parcelas de pupas foram repetidas devido à morte de todos os insetos.

#### **1.2.4. Avaliação dos fatores de mortalidade**

As causas de mortalidade no estágio de ovo, desde o estabelecimento até seu término, foram monitoradas diariamente no campo. Três avaliações (início, meio e final

do dia) foram realizadas através da contagem. Ao longo de todo o dia as parcelas foram observadas para a identificação dos fatores de mortalidade.

Fatores de mortalidade com ação direta e imediata sobre ovos, como predação, morte por chuvas e queda do fruto foram observados diretamente no campo. Já os fatores de mortalidade que possuem ação lenta, como parasitismo por endoparasitóides e distúrbios fisiológicos de ovos foram avaliados no laboratório. Distúrbios fisiológicos, parasitismo pelo endoparasitóide *Copidosoma* sp. (Hymenoptera: Encyrtidae) e chuvas puderam ser avaliados no campo e laboratório. Os fatores de mortalidade de pupa foram observados no campo e laboratório. Em todos os casos foi contabilizado o número de indivíduos restante em cada estágio de desenvolvimento do inseto.

Os ovos que desapareceram entre duas avaliações subseqüentes, na ausência de chuvas, foram considerados mortos por predação. O mesmo ocorreu com os ovos danificados que apresentaram apenas o córion. Ovos que sumiram após um evento de chuva foram considerados mortos por este fator. Com o auxílio de um pincel, os ovos não eclodidos foram retirados do campo e depositados em tubos de vidro (10 cm de comprimento e 2 cm Ø) contendo em seu interior um pedaço de algodão umedecido para manutenção da umidade. Os tubos foram fechados com um filme plástico de PVC perfurado para permitir ventilação. Estes tubos contendo os ovos foram levados para o laboratório para posterior análise. Após 30 dias da retirada dos ovos, foi contabilizado o número de ovos parasitados por *Trichogramma pretiosum* Riley. (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Os ovos que não emergiram parasitóides foram considerados mortos por distúrbios fisiológicos.

Após a eclosão dos ovos no campo as larvas demoram entre 20 a 45 minutos para penetrarem no fruto, devido ao tempo gasto percorrendo a superfície do mesmo antes de iniciarem o broqueamento (Muñoz *et al.*, 1989; Marcano, 1991; Plaza *et al.*, 1992). Larvas de 1º instar que sumiram neste período sob a ocorrência de chuvas foram

consideradas mortas por este fator. As larvas mortas que não apresentaram distúrbios fisiológicos e parasitismo foram consideradas mortas por fator desconhecido.

As larvas no último ínstar foram coletadas nas folhas de papel toalha e acondicionadas juntamente com parte do papel onde estavam fixadas em potes plásticos de 250 mL. As tampas dos potes possuíam orifícios de 2 cm<sup>2</sup> cobertos com organza para permitir a ventilação. Os insetos foram mantidos no laboratório em condições de temperatura e umidade ambiente até o estágio adulto para a verificação da emergência de parasitóides e distúrbios fisiológicos.

As pupas da parte aérea e dos potes com areia, ao final do período de desenvolvimento no campo, foram coletadas e levadas para o laboratório para posterior análise. A areia foi peneirada para retirar as pupas remanescentes. Por diferença entre o número inicial e o restante de pupas obteve-se o número de pupas predadas. As pupas restantes foram colocadas em tubos de vidro da mesma forma como foi feito para os ovos não eclodidos. As pupas foram mantidas nos tubos por 30 dias até a emergência dos adultos ou parasitóides. As pupas restantes foram classificadas como mortas por má formação, chuvas, bactérias e fungos. A mortalidade por chuvas foi estimada no laboratório. Para tanto, volumes diários de chuvas ocorridos durante o período em que as pupas permaneceram no campo foram coletados através de um pluviômetro instalado na lavoura. Foi realizado um teste no laboratório com e sem a adição destes volumes de água em potes nas mesmas condições em que foram expostos no campo. A diferença de mortalidade foi atribuída à ação das chuvas e este percentual foi utilizado na estimativa da mortalidade das pupas remanescentes. As pupas infectas por fungos apresentaram hifas cobrindo toda a sua estrutura e aquelas por bactérias apresentavam-se liquefeitas e odor característico de putrefação. O restante das pupas que não originaram adultos foi atribuído a má formação.

O parasitóide de ovos *T. pretiosum* foi identificado pela Dra. Angélica Maria Penteado Martins Dias da Universidade Federal de São Carlos, Brasil. A identificação de *Copidosoma* sp. foi feita de acordo com as descrições do trabalho de Doult (1947) e a de *Trichospilus* sp. através dos trabalhos de Paron & Berti-Filho (2000), Ubaidillah (2006) e Pereira *et al.* (2008). Já os parasitóides Chalcididae e Braconidae foram identificados a nível de família. A espécie *Solenopsis* sp. foi identificada pela doutoranda Myriam Marques Ramos Ribeiro do Programa de Pós-Graduação em Entomologia da Universidade Federal de Viçosa.

### 1.2.5. Construção e análise das tabelas de vida

Na construção das tabelas de vida foram utilizados os métodos padrões (Varley *et al.*, 1973; Southwood & Henderson, 2000). Para permitir comparações, a taxa reprodutiva líquida ( $R_0$ ) foi estimada através da divisão do número de ovos esperados na próxima geração (número de adultos sobreviventes da coorte original  $\times$  razão sexual  $\times$  fecundidade) pelo número original de ovos na coorte:

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

Foram consideradas uma razão sexual ( $rs$ ) de 0,5818 (Fernández & Salas, 1985) e fecundidade ( $f$ ) de 160 ovos/ fêmea (Blackmer *et al.*, 2001).

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

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

onde  $x$  representa os estádios de ovos ( $o$ ), larvas ( $l$ ) e pupas ( $p$ ), respectivamente,  $(lx - 1)$  e  $(dx - 1)$  representam  $lx$  e  $dx$  do estágio anterior e  $dx$  representa o número insetos mortos em um estágio ou mortos por um fator dentro de um estágio. O  $l_0$  foi transformado para 10000.

Para ovos, os valores de  $dx$  foram obtidos diretamente dos dados de campo. Para larvas e pupas,  $dx$  para os estádios ( $dx_e$ ) e para os fatores de mortalidade ( $dx_{fm}$ ) foram obtidos através das equações 3 e 4:

$$dx_e = \left[ \frac{dx(\text{campo})}{lx(\text{campo})} \right] \times lx \quad (3)$$

$$dx_{fm} = \left[ \frac{dx_{fm}(\text{campo})}{lx(\text{campo})} \right] \times lx \quad (4)$$

onde  $x$  representa os estádios de larvas ( $l$ ) e pupas ( $p$ ),  $[dx(\text{campo})/lx(\text{campo})]$  são valores obtidos diretamente no campo. Os outros componentes da fórmula ( $dx$  e  $lx$ ) foram descritos previamente.

Através da combinação de dados obtidos no campo e no laboratório, as mortalidades em cada estágio e as causadas por cada fator foram calculadas através das fórmulas 5 e 6:

$$100qx = (dx/lx) \times 100 \quad (5)$$

$$100rx = (dx/l_0) \times 100 \quad (6)$$

onde  $100qx$  representa a mortalidade aparente (%) e  $100rx$  a mortalidade real ou acumulativa (%). Os outros componentes da fórmula ( $dx$ ,  $lx$  e  $l_0$ ) foram descritos previamente.

A mortalidade causada por distúrbios fisiológicos, chuvas, predação, parasitismo e doenças ocorreram de forma simultânea no campo. O conceito originalmente proposto por Royama (1996) 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 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, parasitismo e doenças normalmente gastam mais tempo para matar. A mortalidade devido às chuvas não foi obscurecida por qualquer outro fator e por isso sua mortalidade marginal foi considerada igual à mortalidade aparente.

Assumiu-se que a probabilidade de predação de larvas parasitadas e larvas não-parasitadas foi a mesma. Para os demais fatores de mortalidade, a mortalidade marginal  $MM_B$  (%) foi estimada através das equações padrão:

$$MM_B = \frac{100qx_B}{1 - cMM_A} \quad (7)$$

$$MM_A = \frac{b - ((b^2 - 4c \sum 100qx)^{1/2})}{2c} \quad (8)$$

$$b = c(\sum 100qx + 100qx_B) + 1 - 100qx_B \quad (9)$$

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 8 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:

$$MM_B = \frac{100qx_B}{(1 - \sum 100qx/100)} \quad (10)$$

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

$$k = -\log(1 - MM_x/100) \quad (11)$$

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- $k$  ( $K = \sum k$ ).

Foi realizada uma análise de variância (ANOVA) para testar os efeitos do ano, das estações e interação ano x estações na mortalidade dos estádios imaturos de *N. elegantalis* [PROC MIXED; (SAS, 2002)]. Os pressupostos para análise de variância foram investigados utilizando-se os procedimentos univariate e gplot [PROC UNIVARIATE e PROC GPLOT (SAS, 2002)].

Para a identificação dos estádios críticos e dos fatores chave de mortalidades foram realizadas análises de regressão linear simples [PROC REG (SAS, 2002)] entre as mortalidades parciais ( $k$ ) e a mortalidade total ( $K$ ). O estágio crítico mais importante foi aquele que apresentou maior inclinação positiva e significativa 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 através dos mesmos procedimentos utilizados para o estágio crítico (Podoler & Rogers, 1975).

O método proposto por Smith (1973) foi utilizado após a determinação do estágio crítico para examinar a importância relativa de todos os fatores de mortalidade neste estágio. Nesse método todos os fatores de mortalidade foram submetidos à análise de regressão linear simples. Sequencialmente, os fatores mais importante são eliminados em um processo iterativo e os fatores restantes são novamente analisados da mesma maneira. Esse processo é feito até que restem pelo menos dois fatores. 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 por ele.

### 1.3. RESULTADOS

#### 1.3.1. Variação sazonal da mortalidade de *N. elegantalis*

Verificou-se, através da análise de variância, diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) na mortalidade de *N. elegantalis* em função das estações do ano ( $F_{3;56} = 7,51$ ;  $P < 0,001$ ). Entretanto, não se detectou diferenças significativas do ano ( $F_{1;56} = 0,33$ ;  $P > 0,40$ ) e da interação entre anos  $\times$  estações ( $F_{3;56} = 2,01$ ;  $P = 0,12$ ). Assim, o estudo dos fatores de mortalidade natural de *N. elegantalis* foi realizado separadamente para as estações ao longo do ano.

#### 1.3.2. Caracterização da mortalidade de *N. elegantalis* ao longo das estações

As tabelas de vida para *N. elegantalis* estão apresentadas separadamente por estações do ano (Tabelas de 1 a 4). Para cada tabela os valores representam a média de 16 tabelas de vida (8 lavouras  $\times$  2 anos).

Durante a primavera a mortalidade total dos estádios imaturos de *N. elegantalis* foi em média 99,25%; sendo 55,8; 38,6 e 4,86% nos estádios de ovo, larva e pupa, respectivamente. Desta forma, apenas 75 insetos adultos emergiram de um total de 10.000 indivíduos. Considerando-se a razão sexual de 0,582 (Fernández & Salas, 1985)

e fecundidade de 160 ovos/fêmea (Blackmer *et al.*, 2001) a taxa líquida reprodutiva ( $R_0$ ) de *N. elegantalis* foi de 0,70 (Tabela 1).

A mortalidade de ovos foi causada por chuvas, queda de frutos e predação por artrópodes. Também houve parasitismo por *T. pretiosum* e distúrbios fisiológicos em ovos (inviabilidade). No estágio larval os fatores de mortalidade foram: parasitismo (*Copidosoma* sp.), distúrbios fisiológicos (muda incompleta) e fatores desconhecidos. As mortalidades do estágio de pupa ocorreram devido a chuvas, predação (*Zonotrichia* sp., *Protonectarina sylveirae* e *Solenopsis* sp.), distúrbios fisiológicos (má formação) e fungos (Tabela 1).

Os fatores com maiores mortalidades marginais (MM) no estágio de ovo foram *T. pretiosum* (31,8%), predação (20,7%) e inviabilidade (15,3%). No estágio larval, a maior mortalidade por fator conhecido foi causada por distúrbios fisiológicos (8,24%). Já no estágio de pupa, os fatores com as maiores MM foram predação por *Zonotrichia* sp. (54,7%) e *P. sylveirae* (22,0%) (Tabela 1).

No verão a mortalidade total dos estádios imaturos de *N. elegantalis* foi em média 93,87%; sendo 73,86; 14,31 e 5,70% nos estádios de ovo, larva e pupa, respectivamente. Desta forma, 613 insetos adultos emergiram de um total de 10.000 indivíduos. Considerando-se a razão sexual de 0,5818 (Fernández & Salas, 1985) e fecundidade de 160 ovos/fêmea (Blackmer *et al.*, 2001) a taxa líquida reprodutiva ( $R_0$ ) de *N. elegantalis* foi de 5,70 (Tabela 2).

A mortalidade de ovos foi causada por chuvas, queda de frutos e predação por artrópodes. Também houve parasitismo *T. pretiosum* e distúrbios fisiológicos em ovos (inviabilidade). No estágio larval os fatores de mortalidade foram: chuvas, distúrbios fisiológicos (muda incompleta) e fatores desconhecidos. As mortalidades do estágio de pupa ocorreram devido a chuvas, predação (*Solenopsis* sp.) e distúrbios fisiológicos (má formação) (Tabela 2).

Os fatores com maiores mortalidades marginais (MM) no estágio de ovo foram *T. pretiosum* (43,4%), predação (23,6%) e inviabilidade (8,8%). No estágio larval, a maior mortalidade por fator conhecido foi causada por distúrbios fisiológicos (6,06%). Já no estágio de pupa, os fatores com as maiores MM foram chuvas (18,6%) e predação por *Solenopsis* sp. (17,7%) (Tabela 2).

Durante o outono a mortalidade total dos estádios imaturos de *N. elegantalis* foi em média 93,35%; sendo 69,1; 17,4 e 6,79% nos estádios de ovo, larva e pupa, respectivamente. Desta forma, 665 insetos adultos emergiram de um total de 10.000 indivíduos. Considerando-se a razão sexual de 0,5818 (Fernández & Salas, 1985) e fecundidade de 160 ovos/fêmea (Blackmer *et al.*, 2001) a taxa líquida reprodutiva ( $R_0$ ) de *N. elegantalis* foi de 6,19 (Tabela 3).

A mortalidade de ovos foi causada por queda de frutos, predação por artrópodes, parasitismo (*T. pretiosum*) e distúrbios fisiológicos (inviabilidade). No estágio larval os fatores de mortalidade foram: parasitismo (*Copidosoma* sp.) e fatores desconhecidos. As mortalidades do estágio de pupa ocorreram devido a predação (*Zonotrichia* sp. e *Solenopsis* sp.), distúrbios fisiológicos (má formação), doenças (fungos e bactérias) e parasitismo (Chalcididae e *Trichospilus* sp.) (Tabela 3).

Os fatores com maiores mortalidades marginais (MM) no estágio de ovo foram inviabilidade (34,3%) e *T. pretiosum* (33,3%). No estágio larval, a maior mortalidade por fator conhecido foi causada por *Copidosoma* sp. (5,5%). Já no estágio de pupa, os fatores com as maiores MM foram predação por *Zonotrichia* sp. (23,6%) e distúrbios fisiológicos (21,8%) (Tabela 3).

Já no inverno 2006-2008 a mortalidade total dos estádios imaturos de *N. elegantalis* foi em média 95,36%; sendo 58,25; 30,71 e 6,40% nos estádios de ovo, larva e pupa, respectivamente. Desta forma, apenas 464 insetos adultos emergiram de um total de 10.000 indivíduos. Considerando-se a razão sexual de 0,5818 (Fernández &

Salas, 1985) e fecundidade de 160 ovos/fêmea (Blackmer *et al.*, 2001) a taxa líquida reprodutiva ( $R_0$ ) de *N. elegantalis* foi de 4,32 (Tabela 4).

A mortalidade de ovos foi causada por chuvas, queda de frutos, predação por artrópodes, parasitismo (*T. pretiosum*) e distúrbios fisiológicos em ovos (inviabilidade). No estágio larval os fatores de mortalidade foram: distúrbios fisiológicos (muda incompleta) e fatores desconhecidos. As mortalidades do estágio de pupa ocorreram devido a predação (*P. sylveirae* e *Solenopsis* sp.), distúrbios fisiológicos (má formação), doenças (fungos e bactérias) e parasitismo (Chalcididae, *Trichospilus* sp. e Braconidae) (Tabela 4).

Os fatores com maiores mortalidades marginais (MM) no estágio de ovo foram predação (25,1%) e inviabilidade (24,1%). No estágio larval, a maior mortalidade por fator conhecido foi causada distúrbios fisiológicos (0,2%). Já no estágio de pupa, os fatores com as maiores MM foram *Solenopsis* sp. (24,4%) e distúrbios fisiológicos (23,6%) (Tabela 4).

### **1.3.3. Estádios críticos e fatores chave de mortalidade de *N. elegantalis***

O estágio de pupa na primavera foi o que apresentou o maior coeficiente angular (Tabela 5). Portanto, este foi o estágio crítico de mortalidade de *N. elegantalis* nesta estação. A análise do fator chave de mortalidade pelo método do coeficiente de regressão (Smith, 1973; Podoler & Rogers, 1975), demonstrou que *Zonotrichia* sp. teve maior influência na mortalidade deste estágio. E caso esse fator fosse eliminado, *P. sylveirae* e fungos seriam os mais importantes na mortalidade de pupas. E com a eliminação dos fatores anteriores, *Solenopsis* sp. e chuvas passariam a ser os mais relevantes. Distúrbios fisiológicos não causaram mortalidades relevantes nesta estação (Tabela 5). Portanto, o fator chave de mortalidade de *N. elegantalis* na primavera foi predador de pupas *Zonotrichia* sp.

No verão, ovos e pupas foram os estádios com maiores coeficientes angulares (Tabela 6). Portanto, estes foram os estádios críticos de mortalidade de *N. elegantalis* nesta estação. O parasitóide *T. pretiosum* foi o fator mais importante na mortalidade de ovos. Eliminando-se este fator, a predação juntamente com distúrbios fisiológicos e chuvas seriam os agentes mais importantes na mortalidade de ovos. A queda de frutos não representou um importante fator de mortalidade nesta estação (Tabela 6). No estágio pupal, o fator mais importante de mortalidade foi *Solenopsis* sp., seguido de chuvas. Distúrbios fisiológicos (má formação) não influenciaram significativamente na mortalidade deste estágio (Tabela 6). Portanto, no verão os fatores chave de mortalidade de *N. elegantalis* foram *T. pretiosum* para ovos e *Solenopsis* sp. em pupas.

Os estádios de ovos e pupas apresentaram os maiores coeficientes angulares no outono (Tabela 7). Portanto, estes foram os estádios críticos de mortalidade de *N. elegantalis* nesta estação. O parasitóide *T. pretiosum* foi o fator mais importante na mortalidade de ovos. Eliminando-se este fator, os distúrbios fisiológicos seriam os agentes mais importantes na mortalidade de ovos. E na ausência dos dois anteriores, a predação seria o terceiro fator em importância na mortalidade e queda de frutos não teve influência significativa nesta estação (Tabela 7). No estágio pupal, o fator mais importante de mortalidade foi *Zonotrichia* sp. Eliminando-se este fator, *Solenopsis* sp. e distúrbios fisiológicos seriam os agentes mais importantes. Na ausência dos três anteriores, Chalcididae seria o fator mais influente na mortalidade de pupas. Bactérias, fungos e *Trichospilus* sp. seriam os fatores mais importantes com influências semelhantes na mortalidade total de pupas, caso as mortalidades causadas pelos outros fatores fossem eliminadas (Tabela 7). Portanto, no outono os fatores chave de mortalidade de *N. elegantalis* foram *T. pretiosum* para ovos e *Zonotrichia* sp. em pupas.

Já no inverno, os estádios do ciclo de vida de *N. elegantalis* foram igualmente importantes para a redução da densidade deste inseto (Tabela 8). No estágio de ovo, a

influência dos distúrbios fisiológicos, predação e *T. pretiosum* na mortalidade deste estágio foram semelhantes. Na ausência dos anteriores a queda de frutos seria o fator mais importante e chuva não seria relevante nesta estação (Tabela 8). No estágio larval, distúrbios fisiológicos foram os fatores de mortalidade mais importantes. Em pupas, *Solenopsis* sp. foi mais influente na mortalidade deste estágio. Eliminando-se este fator, os distúrbios fisiológicos seriam os agentes mais importantes na mortalidade de pupas. E na ausência dos dois anteriores, *P. sylveirae* seria o terceiro fator em importância na mortalidade. Chalcididae seria um fator importante com a eliminação das mortalidades causadas pelos fatores citados anteriormente. Braconidae, *Trichospilus* sp., bactérias e fungos seriam os fatores mais importantes com influências semelhantes na mortalidade total de pupas, caso as mortalidade causadas pelos outros fatores fossem eliminadas (Tabela 8). Portanto, no inverno os fatores chave de mortalidade de *N. elegantalis* foram distúrbios fisiológicos (inviabilidade), predação e *T. pretiosum* para ovos, distúrbios fisiológicos (muda incompleta) em larvas e *Solenopsis* sp. em pupas.



Tabela 1. Tabela de vida ecológica para *Neoleucinodes elegantalis* em tomateiro cultivado na primavera. Viçosa, MG. 2006-2008.

Estádio/ Fator de mortalidade	$lx$	$Dx$	100qx	100rx	MM (k)
Ovos	10000	5582,1 ± 312,4	55,8	55,8	(0,355)
<i>Trichogramma pretiosum</i>		2432,8 ± 300,9	24,3	24,3	31,8 (0,166)
Predação		1997,3 ± 397,1	20,0	20,0	20,7 (0,101)
Distúrbios fisiológicos		797,4 ± 165,3	7,97	7,97	15,3 (0,072)
Queda de frutos		343,8 ± 302,2	3,44	3,44	3,4 (0,015)
Chuvas		10,8 ± 10,8	0,11	0,11	0,11 (0,0005)
Larvas	4417,9 ± 312,4	3857,2 ± 334,9	86,9	38,6	(0,883)
Distúrbios fisiológicos		58,8 ± 26,9	1,18	0,59	8,2 (0,037)
<i>Copidosoma</i> sp.		4,8 ± 4,8	0,12	0,05	0,81 (0,004)
Desconhecido		3793,6 ± 330,9	85,6	37,9	85,6 (0,842)
Pupas	560,7 ± 144,5	486,0 ± 133,3	85,2	4,86	(0,649)
<i>Zonotrichia</i> sp.		301,6 ± 130,0	46,0	3,02	54,7 (0,344)
Chuvas		67,5 ± 42,1	7,55	0,67	7,6 (0,034)
<i>Protonectarina sylveirae</i>		53,2 ± 19,1	18,6	0,53	22,0 (0,108)
Fungos		27,6 ± 14,7	4,21	0,28	21,0 (0,102)
<i>Solenopsis</i> sp.		22,5 ± 8,7	7,76	0,23	8,4 (0,038)
Distúrbios fisiológicos		13,6 ± 13,6	1,04	0,14	5,2 (0,023)
Adultos	74,7 ± 20,0				

Mortalidade total = 99,25%

$R_0 = 0,70$

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

Tabela 2. Tabela de vida ecológica para *Neoleucinodes elegantalis* em tomateiro cultivado no verão. Viçosa, MG. 2006-2008.

Estádio/ Fator de mortalidade	$lx$	$Dx$	$100qx$	$100rx$	$MM (k)$
Ovos	10000	7386,0 ± 190,2	73,9	73,9	(0,583)
<i>Trichogramma pretiosum</i>		2680,7 ± 285,8	26,8	26,8	43,4 (0,247)
Predação		1903,9 ± 363,2	19,0	19,0	23,6 (0,117)
Chuvas		1408,4 ± 299,0	14,1	14,1	14,1 (0,066)
Distúrbios fisiológicos		878,6 ± 207,5	8,8	8,8	25,2 (0,126)
Queda de frutos		514,4 ± 199,9	5,1	5,1	6,0 (0,027)
Larvas	2614,0 ± 190,2	1430,7 ± 244,6	52,9	14,3	(0,326)
Distúrbios fisiológicos		99,0 ± 47,0	3,2	0,99	6,1 (0,027)
Chuvas		61,9 ± 26,5	2,3	0,62	4,6 (0,020)
Desconhecido		1269,8 ± 219,5	47,4	12,7	47,4 (0,279)
Pupas	1183,2 ± 190,1	570,3 ± 186,6	42,0	5,70	(0,237)
<i>Solenopsis</i> sp.		262,5 ± 132,3	14,4	2,63	17,7 (0,084)
Chuvas		222,2 ± 95,7	18,6	2,22	18,6 (0,089)
Distúrbios fisiológicos		85,6 ± 24,7	9,0	0,86	13,5 (0,063)
Adultos	612,9 ± 113,1				
Mortalidade total = 93,87%					
$R_0 = 5,70$					

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

Tabela 3. Tabela de vida ecológica para *Neoleucinodes elegantalis* em tomateiro cultivado no outono. Viçosa, MG. 2006-2008.

Estádio/ Fator de mortalidade	$lx$	$dx$	$100qx$	$100rx$	$MM (k)$
Ovos	10000	6913,1 ± 357,5	69,1	69,1	(0,510)
Predação		2871,2 ± 307,9	28,7	28,7	29,0 (0,148)
<i>Trichogramma pretiosum</i>		2348,1 ± 304,5	23,5	23,5	33,3 (0,176)
Distúrbios fisiológicos		1611,0 ± 258,5	16,1	16,1	34,3 (0,182)
Queda de frutos		82,8 ± 59,6	0,83	0,83	0,83 (0,004)
Larvas	3086,9 ± 357,5	1742,9 ± 237,8	53,8	17,4	(0,335)
<i>Copidosoma</i> sp.		51,7 ± 20,7	2,69	0,52	5,5 (0,025)
Desconhecido		1691,2 ± 243,0	51,1	16,9	51,1 (0,311)
Pupas	1344,0 ± 160,7	679,3 ± 116,1	48,9	6,79	(0,289)
<i>Zonotrichia</i> sp.		267,7 ± 83,7	21,1	2,68	23,6 (0,117)
Distúrbios fisiológicos		217,9 ± 56,2	14,9	2,18	21,8 (0,107)
<i>Solenopsis</i> sp.		161,6 ± 76,9	10,6	1,62	10,6 (0,049)
<i>Trichospilus</i> sp.		9,4 ± 9,4	0,60	0,09	1,3 (0,006)
Chalcididae		8,2 ± 6,5	0,63	0,08	0,94 (0,004)
Bactérias		7,4 ± 7,4	0,42	0,07	0,62 (0,003)
Fungos		7,0 ± 4,1	0,66	0,07	0,97 (0,004)
Adultos	664,8 ± 99,5				

Mortalidade total = 93,35%

$R_0 = 6,19$

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

Tabela 4. Tabela de vida ecológica para *Neoleucinodes elegantalis* em tomateiro cultivado no inverno. Viçosa, MG. 2006-2008.

Estádio/ Fator de mortalidade	$lx$	$dx$	$100qx$	$100rx$	$MM (k)$
Ovos	10000	5824,9 ± 396,5	58,3	58,3	(0,379)
Predação		2331,4 ± 419,8	23,3	23,3	25,1 (0,126)
<i>Trichogramma pretiosum</i>		1458,6 ± 277,8	14,6	14,6	21,0 (0,102)
Distúrbios fisiológicos		1322,1 ± 206,8	13,2	13,2	24,1 (0,119)
Queda de frutos		668,1 ± 432,2	6,68	6,68	6,7 (0,030)
Chuvas		44,6 ± 44,6	0,45	0,45	0,45 (0,002)
Larvas	4175,1 ± 396,5	3070,9 ± 351,9	71,3	30,7	(0,542)
Distúrbios fisiológicos		3,7 ± 3,7	0,05	0,04	0,19 (0,001)
Desconhecido		3067,3 ± 349,8	71,2	30,7	71,2 (0,541)
Pupas	1104,2 ± 158,8	640,3 ± 138,0	51,6	6,40	(0,303)
<i>Solenopsis</i> sp.		357,2 ± 118,3	24,4	3,57	24,4 (0,122)
Distúrbios fisiológicos		164,0 ± 32,4	16,7	1,64	23,6 (0,117)
Chalcididae		62,9 ± 26,9	3,95	0,63	5,7 (0,026)
<i>Protonectarina sylveirae</i>		39,4 ± 27,7	4,5	0,39	6,0 (0,027)
Bactérias		6,4 ± 5,5	0,66	0,06	0,93 (0,004)
<i>Trichospilus</i> sp.		4,3 ± 4,3	0,60	0,04	0,91 (0,004)
Fungos		3,9 ± 2,9	0,42	0,04	0,59 (0,003)
Braconidae		2,2 ± 2,2	0,31	0,02	0,35 (0,002)
Adultos	463,9 ± 72,6				

Mortalidade total = 95,36%

$R_0 = 4,32$

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

Tabela 5. Coeficientes angulares das curvas de regressão linear simples para determinação do estágio crítico e dos fatores chave de mortalidade de *Neoleucinodes elegantalis* na primavera. Viçosa, MG. 2006-2008.

Estádio/ Fator de mortalidade	Passos da análise <sup>1</sup>		
	1	2	3
	(Estádio crítico de mortalidade no ciclo de vida)		
Ovos	0,24*		
Larvas	0,28*		
Pupas	0,49* <sup>φ</sup>		
	(Fator chave de mortalidade no estágio pupal)		
<i>Zonotrichia</i> sp.	0,55* <sup>φ</sup>		
<i>Protonectarina sylveirae</i>	0,02*	0,38* <sup>φ</sup>	
Fungos	0,17*	0,32* <sup>φ</sup>	
Chuvas	0,05	0,10*	0,45* <sup>φ</sup>
<i>Solenopsis</i> sp.	0,05	0,14*	0,28* <sup>φ</sup>
Distúrbios fisiológicos	0,02	0,06	0,27*

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

<sup>φ</sup> Maior coeficiente angular baseado no seu intervalo de confiança a 95% de probabilidade.

<sup>1</sup> No 1º 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 6. Coeficientes angulares das curvas de regressão linear simples para determinação do estágio crítico e dos fatores chave de mortalidade de *Neoleucinodes elegantalis* no verão. Viçosa, MG. 2006-2008.

Estádio/ Fator de mortalidade	Passos da análise <sup>1</sup>	
	1	2
	(Estádio crítico de mortalidade no ciclo de vida)	
Ovos	0,48* <sup>φ</sup>	
Larvas	0,12*	
Pupas	0,40* <sup>φ</sup>	
	(Fator chave de mortalidade no estágio de ovo)	
<i>Trichogramma pretiosum</i>	0,43* <sup>φ</sup>	
Predação	0,22*	0,38* <sup>φ</sup>
Distúrbios fisiológicos	0,17*	0,31* <sup>φ</sup>
Chuvas	0,12*	0,22* <sup>φ</sup>
Queda de frutos	0,05*	0,08*
	(Fator chave de mortalidade no estágio pupal)	
<i>Solenopsis</i> sp.	0,75* <sup>φ</sup>	
Chuvas	0,22*	
Distúrbios fisiológicos	0,03	

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

<sup>φ</sup> Maior coeficiente angular baseado no seu intervalo de confiança a 95% de probabilidade.

<sup>1</sup> No 1º 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. Coeficientes angulares das curvas de regressão linear simples para determinação do estágio crítico e dos fatores chave de mortalidade de *Neoleucinodes elegantalis* no outono. Viçosa, MG. 2006-2008.

Estádio/ Fator de mortalidade	Passos da análise <sup>1</sup>			
	1	2	3	4
	(Estádio crítico de mortalidade no ciclo de vida)			
Ovos	0,49* <sup>φ</sup>			
Larvas	0,10			
Pupas	0,46* <sup>φ</sup>			
	(Fator chave de mortalidade no estágio de ovo)			
<i>Trichogramma pretiosum</i>	0,43* <sup>φ</sup>			
Distúrbios fisiológicos	0,17*	0,59* <sup>φ</sup>		
Predação	0,22*	0,40*	0,98* <sup>φ</sup>	
Queda de frutos	0,05*	0,01	0,02	
	(Fator chave de mortalidade no estágio pupal)			
<i>Zonotrichia</i> sp.	0,61* <sup>φ</sup>			
<i>Solenopsis</i> sp.	0,20*	0,44* <sup>φ</sup>		
Distúrbios fisiológicos	0,09	0,33* <sup>φ</sup>		
Chalcididae	0,10*	0,21*	0,95* <sup>φ</sup>	
Bactérias	0,001	0,01	0,01	0,31* <sup>φ</sup>
Fungos	0,001	0,01	0,01	0,27* <sup>φ</sup>
<i>Trichospilus</i> sp.	0,002	0,01	0,02	0,42* <sup>φ</sup>

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

<sup>φ</sup> Maior coeficiente angular baseado no seu intervalo de confiança a 95% de probabilidade.

<sup>1</sup> No 1º 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 8. Coeficientes angulares das curvas de regressão linear simples para determinação do estágio crítico e dos fatores chave de mortalidade de *Neoleucinodes elegantalis* no inverno. Viçosa, MG. 2006-2008.

Estádio/ Fator de mortalidade	Passos da análise <sup>1</sup>				
	1	2	3	4	5
	(Estádio crítico de mortalidade no ciclo de vida)				
Ovos	0,35* <sup>φ</sup>				
Larvas	0,28* <sup>φ</sup>				
Pupas	0,37* <sup>φ</sup>				
	(Fator chave de mortalidade no estágio de ovo)				
Distúrbios fisiológicos	0,31* <sup>φ</sup>				
Predação	0,30* <sup>φ</sup>				
<i>Trichogramma pretiosum</i>	0,27* <sup>φ</sup>				
Queda de frutos	0,12	0,995* <sup>φ</sup>			
Chuvvas	0,003	0,005			
	(Fator chave de mortalidade no estágio larval)				
Distúrbios fisiológicos	0,02* <sup>φ</sup>				
	(Fator chave de mortalidade no estágio pupal)				
<i>Solenopsis</i> sp.	0,47* <sup>φ</sup>				
Distúrbios fisiológicos	0,29*	0,52* <sup>φ</sup>			
<i>Protonectarina sylveirae</i>	0,11*	0,27*	0,59* <sup>φ</sup>		
Chalcididae	0,11*	0,18*	0,34*	0,93* <sup>φ</sup>	
Braconidae	0,01	0,02	0,06*	0,03	0,36* <sup>φ</sup>
<i>Trichospilus</i> sp.	0,003	0,01	0,01	0,02	0,27* <sup>φ</sup>
Bactérias	0,003	0,01	0,005	0,02	0,24* <sup>φ</sup>
Fungos	0,001	0,003	0,003	0,01	0,13* <sup>φ</sup>

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

<sup>φ</sup> Maior coeficiente angular baseado no seu intervalo de confiança a 95% de probabilidade.

<sup>1</sup> No 1º 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.



## 1.4. DISCUSSÃO

Neste trabalho verificou-se que a sazonalidade da mortalidade de *N. elegantalis* é regulada pelos fatores bióticos e abióticos que atuam em cada estação do ano. Os fatores de mortalidade natural atuam no tempo e espaço gerando uma variação sazonal na abundância dos insetos fitófagos. A mortalidade de *N. elegantalis* foi maior durante a primavera do que nas demais estações. Os fatores de mortalidade atuaram nos estádios imaturos de *N. elegantalis* reduzindo sua população na primavera ( $R_0 = 0,70$ ). Entretanto o mesmo não ocorreu na mesma intensidade nas demais estações, já que nestas suas taxas de crescimento populacional foram maiores que um, apesar das altas taxas de mortalidade observadas.

Como esperado, *N. elegantalis* foi mais vulnerável aos fatores de mortalidade nos estádios de ovo e de pupa, já que se encontram externamente aos frutos (Fernández & Salas, 1985; Marcano, 1991). De forma geral, pupa foi o estágio mais importante na mortalidade total do ciclo de vida de *N. elegantalis*, seguido por ovos.

A identificação dos estádios de desenvolvimento nos quais a maior parte da mortalidade ocorre, assim como os fatores de mortalidade que atuam nestes estádios, têm implicação direta no manejo de pragas. Em épocas de picos populacionais de *N.*

*elegantalis* estratégias e táticas de manejo devem ser planejadas a fim de que os fatores de mortalidade atuem de forma mais efetiva na regulação da dinâmica populacional desta praga. Uma vez que os inimigos naturais representam o fator mais importante, o controle biológico conservativo é a melhor tática a ser considerada. Assim, o nível populacional dos inimigos naturais deve ser considerado durante a tomada de decisão de controle, a fim de preservar ou aumentar a ação benéfica destes sobre a broca pequena.

Entre as técnicas de controle de pragas compatíveis com o controle biológico natural está a utilização de infoquímicos que modificam o comportamento dos insetos e a resistência da planta hospedeira. O emprego de feromônio sexual (Cabrera *et al.*, 2001; Jaffe *et al.*, 2007) e o desenvolvimento de cultivares resistentes (Williams *et al.*, 1980; Juvik & Stevens, 1982; Bennett & Wallsgrove, 1994; Reese *et al.*, 1994; Duffey & Stout, 1996) podem ser técnicas empregadas neste caso, no entanto, estudos adicionais são necessários a fim de investigar suas aplicabilidades. Já o controle químico quando necessário deve priorizar o uso de inseticidas seletivos para evitar a redução das populações de inimigos naturais (Guedes *et al.*, 1994; Xu *et al.*, 2004; Moura *et al.*, 2005; Vianna *et al.*, 2009), especialmente aqueles que causaram maior mortalidade a *N. elegantalis*. Estas são estratégias de manejo que visam contribuir para a preservação e também aumento da população dos agentes de controle biológicos naturais, que desempenham importante papel na redução da população de *N. elegantalis*.

Dentre os fatores de mortalidade, os predadores e parasitóides foram os mais importantes. Estes resultados estão de acordo com o padrão observado para fitófagos da ordem Lepidoptera (Kamata, 2000; Gonring *et al.*, 2003; Pereira *et al.*, 2007). Os predadores foram importantes em todas as estações do ano e os parasitóides no verão e no outono. O pássaro *Zonotrichia* sp. foi importante na primavera e no outono e a formiga *Solenopsis* sp. teve importância no verão e no inverno. O parasitóide *T.*

*pretiosum* foi importante no verão e no outono. A alta eficiência destes inimigos naturais e a sazonalidade de sua intensidade de atuação sugerem que o clima influencia a ação destes agentes do controle biológico.

Os relatos na literatura têm mostrado que os pássaros são influenciados indiretamente pela temperatura via disponibilidade de alimento (Visser *et al.*, 2009). Em condições de baixa (inverno) os pássaros gastam maior tempo e energia na procura por recursos alimentares. Por isso, muitas espécies reproduzem na primavera pelo estímulo de temperatura mais favoráveis propiciando maior disponibilidade de alimento, o que reflete em um aumento do seu forrageamento em função dos gastos energéticos com a reprodução (Giesbrecht & Ankney, 1998). Desta forma o pássaro *Zonotrichia* sp. ocorreu como predador importante no outono e primavera pode ser associado a influência da temperatura do ar. Essas duas épocas do ano estão associadas ao aumento do forrageamento, seja pela redução gradual na disponibilidade de alimento pela proximidade da estação de baixa temperatura (outono) ou por ser a época do ano em que ocorre a reprodução do indivíduo (primavera).

A formiga predadora *Solenopsis* sp. causou maior mortalidade nas épocas chuvosas e secas. Este resultado está de acordo com os obtidos por Xu *et al.* (2009) que verificaram que *Solenopsis invicta* Buren responde positivamente ao aumento da umidade do solo e seleciona áreas com maior umidade. Estes autores demonstraram que esta espécie tem baixa tolerância a épocas secas e que sua atividade é aumentada em períodos de maior umidade no solo. O forrageamento desta formiga predadora ocorre em temperaturas entre 10 e 50°C (Drees *et al.*, 2007), sendo que há uma relação linear positiva entre a velocidade de deslocamento no forrageamento e a temperatura. Como *Solenopsis* sp. é uma formiga onívora sua ocorrência, em épocas chuvosa e seca, além dos fatos anteriormente relatados, pode estar associada a maior disponibilidade de presas presas alternativas e outros recursos como néctar e água.

A capacidade de busca de hospedeiros pelos parasitóides também pode ser afetada pelas condições climáticas. A variação sazonal na disponibilidade e quantidade de plantas que representam recursos potenciais para adultos de parasitóides também pode contribuir para a variação na taxa de parasitismo. A resposta dos adultos de *Trichogramma chilonis* aos voláteis de seus hospedeiros tem uma faixa adequada de temperatura entre 25 e 35°C (Hance *et al.*, 2007). Segundo estes autores temperaturas mais elevadas podem afetar fortemente a dinâmica hospedeiro-parasitóide por alterar a capacidade do agente de controle biológico facilitando a localização do hospedeiro ou de seu habitat. Os resultados do presente estudo estão em concordância com os encontrados por estes autores, visto que, a mortalidade de ovos por *T. pretiosum* ocorreu em todas as épocas do ano e a menor mortalidade (14,6%) devido a este fator ocorreu no inverno (Tabela 4).

O desaparecimento de ovos sem a ocorrência de chuvas foi associada com a predação por artrópodes. Este fator foi mais importante no inverno, mas apresentou importância secundária também no verão. Os tripses da família Phlaeothripidae e os percevejos *Lasiochilus* sp., *Orius* sp. (Heteroptera: Anthocoridae) foram encontrados nas plantas de tomate, servindo como indicativo do desaparecimento dos restos de córion.

Miranda *et al.* (2005) verificaram mortalidade de ovos de *N. elegantalis* por predadores pertencentes às famílias Anthocoridae e Phlaeothripidae. Assim, inseticidas não seletivos podem reduzir grandemente a ação destes organismos benéficos e aumentar a sobrevivência de ovos de *N. elegantalis*.

A inviabilidade de ovos e a muda incompleta de larvas no inverno foram fatores chave de mortalidade de *N. elegantalis* (Tabela 8). A ocorrência destes distúrbios está possivelmente associada com qualidade da planta como fonte de alimento para as larvas de *N. elegantalis*. A planta de tomate produz compostos secundários que participam ativamente de sua defesa contra a ação de insetos fitófagos (Leite *et al.*, 1999). Dentre

esses compostos podemos citar as metilcetonas, glicocalóides e compostos fenólicos em *Lycopersicon hirsutum* (Kozukue *et al.*, 1994; Maluf *et al.*, 1997; Kozukue *et al.*, 2004; Isman, 2006) e acilaçúcares em *L. pennellii* (Goffreda *et al.*, 1989). De forma geral os compostos secundários do tomateiro estão distribuídos em todos os órgãos da planta, protegendo-os (Kozukue *et al.*, 2004). Esses compostos podem atuar nos processos fisiológicos do inseto levando a um baixo desempenho reprodutivo ou mesmo causando sua morte (Panda & Khush, 1995). Uma forma de elevar a mortalidade causada por distúrbios fisiológicos é o uso de variedades resistentes.

Deve-se considerar, entretanto, que em outras épocas estes distúrbios fisiológicos também foram importantes, mas não regularam a dinâmica populacional de *N. elegantalis*. Dessa forma, nossos resultados sugerem que a ocorrência de tais distúrbios pode também estar associada à variação na qualidade dos frutos. Assim, as características químicas da planta hospedeira afetando a sobrevivência e fecundidade de *N. elegantalis* merecem investigações futuras.

Embora fatores relacionados à planta hospedeira reduzam a sobrevivência de insetos fitófagos, estudos de tabela de vida ecológica não podem detectá-los diretamente, o que implica em uma subestimação do efeito da planta no inseto (bottom up). O fator de mortalidade “desconhecido” em larvas *N. elegantalis* possivelmente está associado principalmente às características químicas da planta hospedeira.

Os resultados encontrados neste trabalho elucidam fatores e mecanismos que afetam a flutuação populacional de *N. elegantalis* ao longo das estações e identifica fatores que devem ser considerados para o desenvolvimento de estratégias e táticas de manejo. A mortalidade natural desta praga é alta e variável entre os períodos amostrados. De uma forma geral, estes fatores causam redução populacional de *N. elegantalis* em todas as estações do ano, mas somente na primavera estes fatores levaram a um decréscimo na densidade deste inseto. Embora a mortalidade seja elevada

no verão, outono e inverno a população de *N. elegantalis* apresentou crescimento ( $R_0 > 1$ ). Os estádios críticos de mortalidade de *N. elegantalis* foram variáveis entre as estações, sendo que o fator crítico na primavera foi o estágio de pupa, no verão e outono foram ovos e pupas e no inverno todos os estádios.

O fator chave de mortalidade importante na primavera foi *Zonotrichia* sp., no verão *T. pretiosum* e *Solenopsis* sp., no outono *T. pretiosum* e *Zonotrichia* sp. e no inverno distúrbios fisiológicos, predação por artrópodes, *T. pretiosum* e *Solenopsis* sp. Os inimigos naturais podem ser favorecidos pelas táticas de manejo de pragas e seus níveis populacionais devem ser considerados durante o processo de tomada de decisão. A importância relativa dos múltiplos fatores de mortalidade no manejo de *N. elegantalis* representa o primeiro passo para um melhor entendimento de sua dinâmica populacional.

## 1.5. LITERATURA CITADA

- Albergaria, N.M.M.S.; Cividanes, F.J.; Dória, H.O.S. Tabela de vida ecológica de *Bemisia tabaci* (Genn.) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae). **Neotropical Entomology**, 32: 559-563. 2003.
- Asiimwe, P.; Ecaat, J.S.; Otim, M.; Gerling, D.; Kyamanywa, S.; Legg, J.P. Life-table analysis of mortality factors affecting populations of *Bemisia tabaci* on cassava in Uganda. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, 122: 37-44. 2007.
- Bennett, R.N.; Wallsgrove, R.M. Secondary metabolites in plant defense-mechanisms. **New Phytologist**, 127: 617-633. 1994.
- Blackmer, J.L.; Eiras, A.E.; Souza, C.L.M. Oviposition preference of *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée) (Lepidoptera: Crambidae) and rates of parasitism by *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) on *Lycopersicon esculentum* in São José de Ubá, RJ, Brazil. **Neotropical Entomology**, 30: 89-95. 2001.
- Buonaccorsi, J.P.; Elkinton, J.S. Estimation of contemporaneous mortality factors. **Researches on Population Ecology**, 32: 151-171. 1990.
- Cabrera, A.; Eiras, A.E.; Gries, G.; Gries, R.; Urdaneta, N.; Miras, B.; Badji, C.; Jaffe, K. Sex pheromone of tomato fruit borer, *Neoleucinodes elegantalis*. **Journal of Chemical Ecology**, 27: 2097-2107. 2001.

- Doutt, R.L. Polyembryony in *Copidosoma koehleri* Blanchard. **The American Naturalist**, 81: 435-453. 1947.
- Drees, B.B.M.; Summerlin, B.; Vinson, S.B. Foraging activity and temperature relationship for the red imported fire ant. **Southwestern Entomologist**, 32: 149-155. 2007.
- Duffey, S.S.; Stout, M.J. Antinutritive and toxic components of plant defense against insects. **Archives of Insect Biochemistry and Physiology**, 32: 3-37. 1996.
- Elkinton, J.S.; Buonaccorsi, J.P.; Bellows, T.S.; Vandriesche, R.G. Marginal attack rate, k-values and density dependence in the analysis of contemporaneous mortality factors. **Researches on Population Ecology**, 34: 29-44. 1992.
- Fernández, S.; Salas, A.J. Estudios sobre la biología del perforador del fruto del tomate *Neoleucinodes elegantalis* Guenée (Lepidoptera: Pyraustidae). **Agronomía Tropical**, 35: 77-82. 1985.
- Giesbrecht, D.S.; Ankney, C.D. Predation risk and foraging behaviour: An experimental study of birds at feeders. **Canadian Field Naturalist**, 112: 668-675. 1998.
- Goffreda, J.C.; Mutschler, M.A.; Avé, D.A.; Tingey, W.M.; Steffens, J.C. Aphid deterrence by glucose esters in glandular trichome exudate of the wild tomato, *Lycopersicon pennellii*. **Journal of Chemical Ecology**, 15: 2135-2147. 1989.
- Gonring, A.H.R.; Picanco, 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**, 13: 361-366. 2003.
- Guedes, R.N.C.; Picanço, M.C.; Matioli, A.L.; Rocha, D.M. Efeito de inseticidas e sistemas de condução do tomateiro no controle de *Scrobipalpuloides absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, 23: 321-325. 1994.
- Hance, T.; Van Baaren, J.; Vernon, P.; Boivin, G. Impact of extreme temperatures on parasitoids in a climate change perspective. **Annual Review of Entomology**, 52: 107-126. 2007.



- Harcourt, D.G. Development and use of life tables in study of natural insect populations. **Annual Review of Entomology**, 14: 175-196. 1969.
- Isman, M.B. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. **Annual Review of Entomology**, 51: 45-66. 2006.
- Iversen, T.; Harding, S. Life table parameters affecting the population development of the woolly beech aphid, *Phyllaphis fagi*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, 123: 109-117. 2007.
- Jaffe, K.; Miras, B.; Cabrera, A. Mate selection in the moth *Neoleucinodes elegantalis*: Evidence for a supernormal chemical stimulus in sexual attraction. **Animal Behaviour**, 73: 727-734. 2007.
- Juvik, J.A.; Stevens, M.A. Physiological mechanisms of host plant resistance in the genus *Lycopersicon* to *Heliothis zea* and *Spodoptera exigua*, two insect pests of the cultivated tomato. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, 107: 1065-1069. 1982.
- Kamata, N. Population dynamics of the beech caterpillar, *Syntypistis punctatella*, and biotic and abiotic factors. **Population Ecology**, 42: 267-278. 2000.
- Kozukue, N.; Han, J.S.; Lee, K.R.; Friedman, M. Dehydrotomatine and  $\alpha$ -tomatine content in tomato fruits and vegetative plant tissues. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 52: 2079-2083. 2004.
- Kozukue, N.; Kozukue, E.; Yamashita, H.; Fujii, S. Alpha-tomatine purification and quantification in tomatoes by HPLC. **Journal of Food Science**, 59: 1211-1212. 1994.
- Leite, G.L.D.; Picanco, M.C.; Azevedo, A.A. Efeito de tricomas, aleloquímicos e nutrientes na resistência de *Lycopersicon hirsutum* à traça-do-tomateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 34: 2059-2064. 1999.
- Lioni, A.S.R.; Cividanes, F.J. Ecological life table of the citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae). **Neotropical Entomology**, 33: 407-415. 2004.

- Maluf, W.R.; Barbosa, L.V.; Santa-Cecília, L.V.C. 2-Tridecanone mediated mechanisms of resistance to the South American tomato pinworm *Scrobipalpuloides absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) in *Lycopersicon* spp. **Euphytica**, 93: 189-194. 1997.
- Marcano, R.V. Estudio de la biología y algunos aspectos del comportamiento del perforador del fruto del tomate *Neoleucinodes elegantalis* (Lepidoptera: Pyralidae) en tomate. **Agronomía Tropical**, 41: 257-263. 1991.
- Miranda, M.M.M.; Picanco, M.C.; Zanuncio, J.C.; Bacci, L.; Silva, E.M. Impact of integrated pest management on the population of leafminers, fruit borers, and natural enemies in tomato. **Ciência Rural**, 35: 204-208. 2005.
- Miranda, M.M.M.; Picanço, M.C.; Zanuncio, J.C.; Guedes, R.N.C. Ecological life table of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). **Biocontrol Science and Technology**, 8: 597-606. 1998.
- Morris, R.F. Predictive population equations based on key factors. **Memoirs of the Entomological Society of Canada**, 32: 6-21. 1963.
- Moura, A.P.; Carvalho, G.A.; Rigitano, R.L.O. Toxicidade de inseticidas utilizados na cultura do tomateiro a *Trichogramma pretiosum*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 40: 203-210. 2005.
- Muñoz, L.E.; Serrano, A.; Pulido, J.; Cruz, L. Ciclo de vida y enemigos naturales de *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée) (Lepidoptera: Pyralidae) pasador del fruto del lulo *Solanum quitoense* Lam. en el Valle del Cauca. **Acta Agronómica**, 41: 99-104. 1989.
- Naranjo, S.E.; Ellsworth, P.C. Mortality dynamics and population regulation in *Bemisia tabaci*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, 116: 93-108. 2005.
- Panda, N.; Khush, G.S. **Host plant resistance to insects**. Wallingford: CAB. 1995. 444p.
- Paron, M.R.; Berti-Filho, E. Capacidade reprodutiva de *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) em pupas de diferentes hospedeiros (Lepidoptera). **Scientia Agricola**, 57: 355-358. 2000.

- Pereira, E.J.G.; Picanço, M.C.; Bacci, L.; Della Lucia, T.M.C.; Silva, E.M.; Fernandes, F.L. Natural mortality factors of *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) on *Coffea arabica*. **Biocontrol Science and Technology**, 17: 441-455. 2007.
- Pereira, F.F.; Zanuncio, J.C.; Tavares, M.T.; Pastori, P.L.; Jacques, G.C.; Vilela, E.F. New record of *Trichospilus diatraeae* as a parasitoid of the eucalypt defoliator *Thyrintina arnobia* in Brazil. **Phytoparasitica**, 36: 304-306. 2008.
- Plaza, A.S.; Leon, E.M.; Fonseca, J.P.; Cruz, J.D.L. Biología, hábitos y enemigos naturales del *Neoleucinoides elegantalis* (Guenée). **Revista Colombiana de Entomología**, 18: 32-37. 1992.
- Podoler, H.; Rogers, D. A new method for the identification of key factors from life-table data. **Journal of Animal Ecology**, 44: 85-114. 1975.
- Reese, J.C.; Schwenke, J.R.; Lamont, P.S.; Zehr, D.D. Importance and quantification of plant tolerance in crop pest-management programs for aphids-greenbug resistance in sorghum. **Journal of Agricultural Entomology**, 11: 255-270. 1994.
- Royama, T. A fundamental problem in key factor analysis. **Ecology**, 77: 87-93. 1996.
- SAS. **SAS/STAT software**. Cary: Statistical Analysis System Institute. 2002.
- Smith, R.H. The analysis of intra-generation change in animal populations. **Journal of Animal Ecology**, 42: 611-622. 1973.
- Southwood, T.R.E.; Henderson, P.A. **Ecological methods**. London: Blackwell Science. 2000. 576p.
- Tróchez, G.A.; Díaz, A.E.; García, F. Recuperación de *Copidosoma* sp. (Hymenoptera: Encyrtidae), parasitoide de huevos de *Neoleucinodes elegantalis* (Lepidoptera: Pyralidae) en tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*). **Revista Colombiana de Entomología**, 25: 179-183. 1999.
- Ubaidillah, R. Eulophine parasitoids of the genus *Trichospilus* in Indonesia, with the description of two new species (Hymenoptera: Eulophidae). **Entomological Science**, 9: 217-222. 2006.
- Varley, C.G.; Gradwell, G.R.; Hassell, M.P. **Insect population ecology – An analytical approach**. Berkeley: University of California. 1973. 212p.

- Viáfara, H.F.M.; Roa, F.G.; Diaz, A.E. Parasitismo natural de *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée) (Lepidoptera: Pyralidae) en algunas zonas productoras de Solanaceas del Cauca y Valle del Cauca Colombia. **Revista Colombiana de Entomología**, 25: 151-159. 1999.
- Vianna, U.R.; Pratisoli, D.; Zanoncio, J.C.; Lima, E.R.; Brunner, J.; Pereira, F.F.; Serrão, J.E. Insecticide toxicity to *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) females and effect on descendant generation. **Ecotoxicology**, 18: 180-186. 2009.
- Visser, M.E.; Holleman, L.J.M.; Caro, S.P. Temperature has a causal effect on avian timing of reproduction. **Proceedings of the Royal Society of Edimburg - Section B: Biological Sciences**, 276: 2323-2331. 2009.
- Williams, W.G.; Kennedy, G.G.; Yamamoto, R.T.; Thacker, J.D.; Bordner, J. 2-Tridecanone - Naturally occurring insecticide from the wild tomato *Lycopersicon hirsutum* f. *glabratum*. **Science**, 207: 888-889. 1980.
- Xu, Y.; Zeng, L.; Lu, Y.; Liang, G. Effect of soil humidity on the survival of *Solenopsis invicta* Buren workers. **Insectes Sociaux**, 56: 367-373. 2009.
- Xu, Y.Y.; Liu, T.X.; Leibe, G.L.; Jones, W.A. Effects of selected insecticides on *Diadegma insulare* (Hymenoptera: Ichneumonidae), a parasitoid of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). **Biocontrol Science and Technology**, 14: 713-723. 2004.

## CAPÍTULO II: SAZONALIDADE DE *Neoleucinodes elegantalis* NO TOMATEIRO

RESUMO – 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. A broca pequena do tomateiro *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée) (Lepidoptera: Crambidae) é uma praga importante na cultura do tomateiro. Assim, o objetivo deste estudo foi determinar a influência dos elementos climáticos e da mortalidade natural na variação sazonal de *N. elegantalis* em cultivos de tomate. O estudo foi realizado ao longo de três anos em 15 cultivos de tomate. Foram monitorados semanalmente as densidades de ovos, larvas e pupas de *N. elegantalis*. Os dados dos elementos climáticos: ventos, chuvas, fotoperíodo, umidade relativa e temperatura do ar foram monitorados diariamente durante o período experimental. A maior mortalidade de *N. elegantalis* ocorreu na primavera. O pico de *N. elegantalis* foi maior entre o verão e o outono e a sua ocorrência está associada aos períodos chuvosos com altas temperaturas e quando o fotoperíodo é decrescente.

**Palavras-chave:** Broca pequena do tomateiro, dinâmica populacional, temperatura, chuva, fotoperíodo.

## **CHAPTER II: THE SEASONAL *Neoleucinodes elegantalis* IN TOMATO**

**ABSTRACT** – Knowledge the period of greatest attack of pests and the factors that affect the dynamics of these populations is fundamental to the development of programs for pest management. The small tomato borer *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée) (Lepidoptera: Crambidae) is an important pest of tomato. Therefore, objective of this study was to determine the influence of climatic factors and natural mortality in the seasonal variation of *N. elegantalis* in tomato crops. The study was conducted over three years in 15 crops of tomatoes. We were monitored weekly densities of eggs, larvae and pupae of *N. elegantalis*. Climatic data winds, rainfall, photoperiod, relative humidity and air temperature were monitored daily during the experimental period. The higher mortality of *N. elegantalis* occurred in the spring. The high densities of *N. elegantalis* occurred between the summer and fall and their occurrence is associated with the rainy season, high temperatures and when the photoperiod is decreasing.

**Keywords:** Small tomato borer, population dynamic, temperature, rainfall, photoperiod.

## 2.1. INTRODUÇÃO

A sazonalidade em populações de insetos é a variação de suas densidades populacionais entre as épocas do ano (Campos *et al.*, 2006). Dentre os fatores que regulam a variação sazonal dos insetos fitófagos estão os inimigos naturais, as características da planta hospedeira e os elementos climáticos. O conhecimento da época e da magnitude de atuação destes fatores é fundamental no estabelecimento de modelos de previsão das mudanças populacionais destes insetos e no desenvolvimento de programas de manejo integrado de pragas.

A broca pequena do tomateiro *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée) (Lepidoptera: Crambidae) é uma praga chave do tomate *Solanum lycopersicon* L. na América do Sul. As perdas devido ao ataque deste inseto podem variar ao longo do ano, podendo chegar a mais de 90% (Miranda *et al.*, 2005; Picanço *et al.*, 2007b).

A sazonalidade de *N. elegantalis* em tomateiros é especialmente interessante porque esta planta é cultivada durante todo o ano, por isso a hipótese de que ciclos sazonais em populações de insetos tropicais são resultantes da variação na disponibilidade de recursos (Janzen, 1987; Wolda, 1988) não se aplica neste caso. Desta forma, parece que *N. elegantalis* tem sua história de vida ajustada às variações

climáticas, pois este inseto possui grande capacidade de vôo (Cabrera *et al.*, 2001), o que possibilita seu deslocamento entre os cultivos de tomate, permitindo o seu estabelecimento em plantios de tomate durante o ano todo.

As variações climáticas podem influenciar diretamente ou indiretamente os insetos fitófagos. A ação direta se deve ao seu efeito sobre oviposição, alimentação, crescimento, desenvolvimento, reprodução e migração (Kamata, 2000; Hopkins & Memmott, 2003; Drees *et al.*, 2007). Já a ação indireta ocorre sobre os inimigos naturais e nas mudanças fisiológicas e bioquímicas da planta hospedeira (Hopkins & Memmott, 2003; Hance *et al.*, 2007). As dinâmicas populacionais dos insetos fitófagos estão geralmente sincronizadas com as estações chuvosas, por ocorrer, nesta época do ano, maior produtividade e desenvolvimento de suas plantas hospedeiras (Wolda, 1988; Nummelin, 1989).

Desta forma, elementos climáticos e características da planta hospedeira representam importantes reguladores da dinâmica populacional por afetarem a mortalidade natural dos insetos praga. O conhecimento da variação sazonal destes fatores é essencial para o entendimento das forças que atuam sobre a população. Cultivos comerciais de tomate utilizam grande número de aplicações de inseticidas (Picanço *et al.*, 2000; Picanço *et al.*, 2007a) e, portanto impossibilitam o estudo dos fatores de mortalidade natural de fitófagos devido aos efeitos deletérios diretos destes sobre os inimigos naturais (Moura *et al.*, 2005).

Em ambientes tropicais, os padrões de sazonalidade de insetos são pouco entendidos, portanto tais estudos são fundamentais para a elaboração de estratégias e táticas de manejo de insetos praga e podem possibilitar inúmeros benefícios econômicos, ecológicos e sócio-ambientais. Assim, o objetivo deste trabalho foi estudar a influência dos elementos climáticos e da mortalidade natural na variação sazonal de *N. elegantalis* em cultivos de tomate.



## 2.2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.2.1. Condições experimentais

Foram conduzidos dois experimentos. O primeiro foi realizado para avaliação da mortalidade de *N. elegantalis* e o segundo para avaliação sazonal da intensidade de ataque deste inseto no tomateiro. Esse estudo foi realizado em lavouras de tomate *S. lycopersicon* no município Coimbra (20°51'24"S, 42°48'10"W; altitude 750 m), MG, onde o tomateiro é cultivado durante todo o ano. Os dados foram coletados de fevereiro de 2004 a abril de 2007 em 15 lavouras comerciais com o cultivar Débora. As lavouras foram conduzidas no espaçamento de 1 × 0,5 m em áreas que variaram de 0,45 a 1,50 ha, com média de 0,91 ha.

Para a avaliação da mortalidade natural de *N. elegantalis*, os estádios de desenvolvimento desta praga (ovos e pupas) foram obtidos da criação mantida no Laboratório de Manejo Integrado de Pragas da UFV. O ciclo de vida de *N. elegantalis* foi acompanhado no campo durante as quatro estações do ano e as causas de mortalidade nos estádios de ovos, larvas e pupas foram monitoradas. Para esse experimento, os procedimentos realizados foram os mesmos apresentados no capítulo I.

### **2.2.2. Amostragem populacional de *N. elegantalis***

A densidade populacional de *N. elegantalis* foi monitorada semanalmente desde o surgimento de frutos de tomate com diâmetro maior que 0,5 cm até a última colheita. Este tamanho mínimo de fruto amostrado (0,5 cm) é conhecido por ser o menor fruto no qual este inseto oviposita (Crespo, 2003).

Nas amostragens *N. elegantalis* foram utilizadas 50 unidades amostrais/lavoura/semana para cada parâmetro avaliado. As amostras foram coletadas de modo a cobrir toda a lavoura, eliminando dessa forma possíveis tendências direcionais da avaliação (Bacci *et al.*, 2009). Assim, as plantas avaliadas localizavam-se equidistantes ao longo e entre as linhas de plantio, de modo a obter pontos sistematizados de amostragem.

As unidades amostrais avaliadas foram: o último cacho do ápice para a base em plantas com até três cachos e o 2° e 3° cachos apicais em plantas com mais de três cachos (Crespo, 2003). Em cada amostragem, avaliou-se, das 8:00 às 12:00 h, o número de ovos, furos de entrada e furos de saída. Os furos de entrada confeccionados pelas larvas de 1° instar serviram para quantificar o número de larvas e os furos de saída para o número de pupas. A mortalidade de ovos (%) foi estimada a partir da diferença entre o número médio de ovos encontrados nos frutos e os furos de entrada confeccionados pelas larvas de 1° instar. Esse procedimento foi utilizado também para a estimativa da mortalidade de larvas (%) por diferença entre o número de furos de entrada e furos de saída.

### **2.2.3. Dados climáticos**

Os dados de velocidade do vento, fotoperíodo, chuvas, umidade relativa e temperatura do ar foram monitorados diariamente em Coimbra durante todo o período experimental. Para isso, utilizou-se uma estação meteorológica ( $\mu$ METOS® SMR 300)

instalada na estação experimental da Universidade Federal de Viçosa localizada neste município.

#### **2.2.4. Análise dos dados**

##### **2.2.4.1. Mortalidade natural de *N. elegantalis***

Pela diferença entre o número de unidades dos estádios imaturos colocados no campo (Viçosa) e do número de unidades restantes após o término de cada estágio, calculou-se a mortalidade natural de *N. elegantalis* através das equações:

$$100rx = (dx / lo) \times 100 \quad (1)$$

onde 100rx é a mortalidade real ou acumulativa (%), x (o, l, p representa os estádios de ovo, larva e pupa), dx é o número insetos mortos em um estágio e lx é o número de insetos vivos no início de cada estágio.

Para permitir comparações, a taxa reprodutiva líquida ( $R_0$ ) foi estimada através da divisão do número de ovos esperados na próxima geração (número de adultos sobreviventes da coorte original  $\times$  razão sexual  $\times$  fecundidade) pelo número original de ovos na coorte:

$$R_0 = \frac{(N^\circ \text{ adultos sobreviventes} \times rs \times f)}{N^\circ \text{ original de ovos}} \quad (3)$$

Foram consideradas uma razão sexual ( $rs$ ) de 0,5818 (Fernández & Salas, 1985) e fecundidade ( $f$ ) de 160 ovos/fêmea (Blackmer *et al.*, 2001).

##### **2.2.4.2. Flutuação do clima, mortalidade natural e densidade populacional de *N. elegantalis***

As flutuações de fotoperíodo, temperatura do ar, precipitação pluviométrica e densidade populacional de ovos, larvas e pupas de *N. elegantalis* foram plotadas para análise gráfica inicial. Análise de variância (ANOVA) foi usada para verificar diferenças na mortalidade total do ciclo e da taxa reprodutiva líquida ( $R_0$ ) de *N.*

*elegantalis* ( $P < 0,05$ ) entre os anos, estações do ano e na interação do ano x estações [Proc Mixed (SAS, 2002)]. As médias das mortalidades totais e das taxas reprodutivas líquidas de cada estação do ano foram comparadas pelo Tukey ( $p < 0,05$ ) [Proc GLM (SAS, 2002)].

#### **2.2.4.3. Determinação dos efeitos dos elementos climáticos na densidade populacional de *N. elegantalis***

A abundância de ovos, de larvas e de pupas de *N. elegantalis* foi relacionada, através da análise de redundância (RDA) com as estações do ano. A visualização dos autovalores (escores de ordenação das variáveis dependentes da ordenação) e dos escores 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, 1998).

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, 1989). 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, 1998).

Análise de regressão linear múltipla feita no programa SAS [PROC REG; (SAS, 2002)] foi utilizada para verificar a relação entre os elementos climáticos, a densidade de ovos e a mortalidade de ovos. Esta análise também foi utilizada para verificar a relação entre o número de larvas por fruto e a mortalidade de ovos. A relação entre a densidade de pupas e mortalidade de larvas também foi verificada por esta análise, os resultados obtidos foram utilizados para selecionar quais variáveis iriam compor a análise de trilha.

A análise de trilha foi utilizada para identificar e quantificar as interações diretas e indiretas entre a densidade populacional de *N. elegantalis* com a velocidade do vento, temperatura do ar e precipitação pluviométrica. As interações são representadas por coeficientes de regressão e correlação. O coeficiente de trilha quantifica a intensidade de cada efeito direto na variável resposta (Li, 1975; Sokal & Rohlf, 1995). Interações entre variáveis independentes são representadas por coeficientes de correlação. O efeito indireto de uma variável é calculado quando a trilha passa por uma ou mais variáveis intermediárias até chegar à variável resposta. Um coeficiente indireto é obtido através do produto de todos os coeficientes ao longo de uma trilha. Quando mais de uma trilha chega à variável resposta os coeficientes de trilha indiretos são somados para calcular o coeficiente indireto total (Li, 1975; Sokal & Rohlf, 1995). Os diagramas de trilha testados no presente trabalho estão indicados na Figura 1. Estas análises foram realizadas utilizando os procedimentos Proc Reg e Proc Calis do SAS (2002).

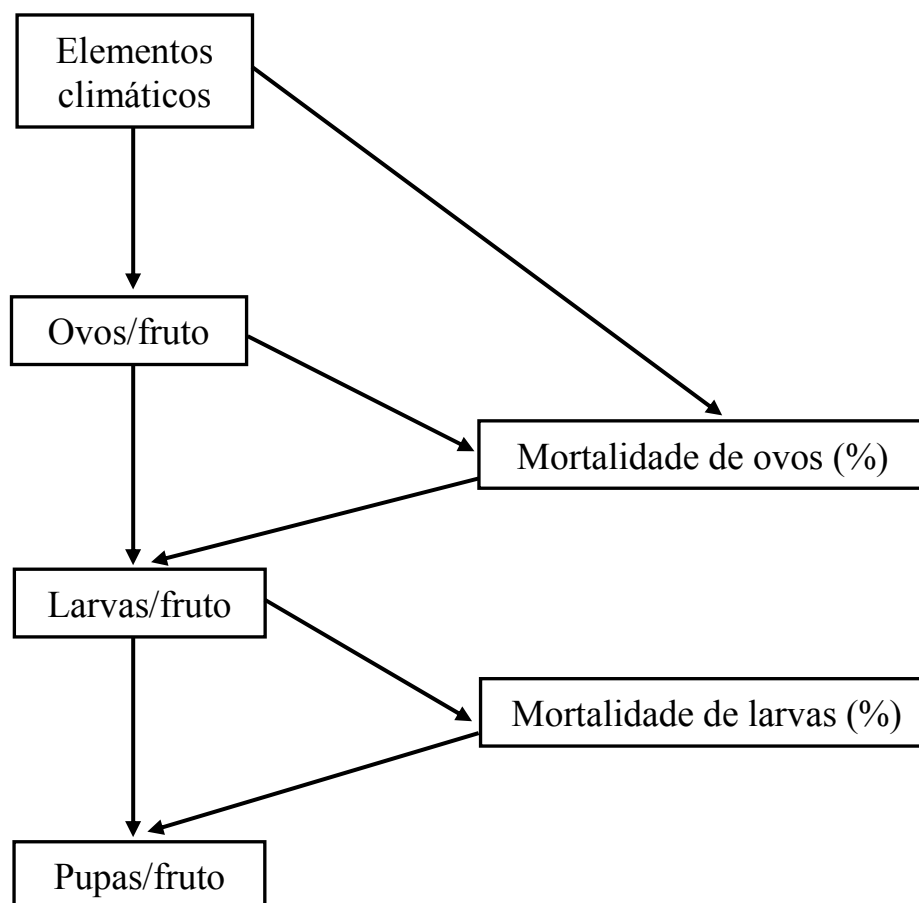


Figura 1. Esquemas das análises de trilha testadas para a verificação do efeito da temperatura do ar, velocidade do vento, precipitação pluviométrica e fotoperíodo na densidade populacional de *N. elegantalis*. As interações através de coeficientes de regressão estão indicadas por setas unidirecionais.

## **2.3. RESULTADOS**

### **2.3.1. Mortalidade natural de *N. elegantalis***

A mortalidade de *N. elegantalis* foi maior na primavera (99,25%) do que no verão (93,87%), outono (93,35%) e inverno (95,36%). Já o inverso ocorreu com taxa reprodutiva líquida ( $R_0$ ). Considerando-se apenas as taxas de mortalidade natural, a população de *N. elegantalis* seria crescente no verão ( $R_0= 5,7$ ), outono ( $R_0= 6,19$ ) e inverno ( $R_0= 4,32$ ) (Figuras 2A e 2B).

### **2.3.2. Efeito dos elementos climáticos na variação sazonal de *N. elegantalis***

Pela análise de redundância (RDA), verificou-se correlação entre as densidades de ovos, de larvas e de pupas com as estações do ano. Considerando os primeiros eixos significativos pelo teste de permutação de Monte Carlos ( $F= 32,76$ ;  $P= 0,002$  e 499 permutações), o modelo explicou 98,5% da variância total. A análise de redundância (RDA) mostrou que as estações do ano tiveram uma alta influência da densidade de *N. elegantalis* e estas ocorrem entre o verão e outono (Figura 3). Como entre as estações do ano ocorre variação dos elementos climáticos foi realizada uma análise de regressão para testar o efeito desses fatores e das taxas de mortalidade da broca pequena do tomateiro sobre as densidades de *N. elegantalis*.

Verificou-se com a análise de regressão relação significativa da densidade de ovos/fruto com a temperatura do ar, chuvas e fotoperíodo. No entanto, não detectou-se influência de ventos e umidade relativa sobre a densidade de ovos. A mortalidade de ovos apresentou relação significativa com o número de ovos/fruto e vento. Já a densidade de larvas/fruto teve relação com o número de ovos/fruto e a mortalidade de ovos. A densidade de pupas formadas por fruto apresentou relação com o número de larvas/fruto e a mortalidade de larvas (Tabela 1).

Desta forma, o modelo proposto (Figura 1) foi desenvolvido e testado através da análise de trilha. O modelo foi significativo ( $P > 0,05$ ) pelo teste de  $\chi^2$  indicado na Figura 4. As densidades de ovos de *N. elegantalis* foram parcialmente reguladas pelos efeitos diretos e positivos das chuvas e da temperatura do ar e diretos e negativos do fotoperíodo. A influência destes elementos climáticos sobre as densidades de larvas e de pupas foi indireta através de seus efeitos sobre ovos. Da mesma forma, os elementos climáticos afetaram as mortalidades de ovos e de larvas por efeitos indiretos através de seus efeitos sobre ovos e larvas (Figura 4 e Tabela 2).

O aumento das chuvas e da temperatura do ar propiciou condições favoráveis, ao passo que o aumento do fotoperíodo foi desfavorável ao aumento da densidade de ovos ( $R^2 = 0,20$ ;  $P < 0,0001$ ) (Figura 4 e Tabela 2). A mortalidade de ovos foi regulada pelos efeitos diretos e positivos de ovos. Esta mortalidade também tem um efeito direto e positivo sobre o número de larvas por fruto. Já as larvas têm um efeito direto e positivo sobre a mortalidade de larvas. O número de pupas não é influenciado significativamente pela mortalidade de larvas. Portanto, o número de larvas é afetado pelo número de ovos e pela mortalidade de ovos. Já o número de pupas é influenciado principalmente pelo número de larvas.

Foram observadas correlações positivas e significativas entre chuvas, fotoperíodo e temperatura. O maior número de ovos resultou em maior número de larvas e aumento da mortalidade de ovos. O número de larvas por sua vez aumentou a mortalidade de larvas e o número de pupas (Figura 4). A magnitude destas interações é proporcional aos coeficientes de regressão e correlação indicados na Figura 4. Como as interações entre ovos, larvas e



pupas foram positivas, os efeitos indiretos das chuvas, fotoperíodo e temperatura do ar sobre os estádios de larva e pupa mantiveram as mesmas tendências das interações destes elementos com o estágio de ovo (Tabela 2).

Os efeitos diretos das chuvas e temperatura do ar foram mais importantes para ovos de *N. elegantalis*. Já para a densidade de larvas e pupas, os efeitos positivos dos estádios precedentes e a mortalidade de ovos foram mais relevantes que os elementos climáticos, apresentando maiores coeficientes de trilha. Assim, com a redução do fotoperíodo e os aumentos de temperatura e de chuvas, foram observadas maiores densidades de larvas ( $R^2=0,47$  e  $P<0,0001$ ) e pupas ( $R^2=0,23$  e  $P<0,0001$ ), respectivamente (Tabela 2).

### **2.3.3. Flutuação populacional de *N. elegantalis***

Ao longo do ano, as maiores densidades de ovos, larvas e pupas de *N. elegantalis* foram observadas em épocas com alta precipitação pluviométrica e crescente redução da temperatura do ar e do fotoperíodo (Figura 5).

Os ovos de *N. elegantalis* foram observados em frutos de tomate de fevereiro a setembro de 2004, janeiro a junho de 2005, novembro de 2005 a junho de 2006 e janeiro a abril de 2007. Sendo que seus picos populacionais foram nos meses de junho a julho 2004 (4,5 ovos/ 10 frutos), junho a julho 2005 (11,0 ovos/ 10 frutos), maio a junho 2006 (0,5 ovo/fruto) e de março a abril 2007 (12,9 ovos/ 10 frutos) (Figura 5).

As larvas de *N. elegantalis* foram encontradas em frutos de tomate de março a setembro de 2004, março a julho de 2005, março de 2006 a junho de 2006 e março a abril de 2007. Sendo que seus picos populacionais foram nos meses de abril a maio 2004 (3,4 larvas/ 10 frutos), maio a junho 2005 (1,3 larva/ 10 frutos), março a junho 2006 (0,3 larva/ 10 frutos) e de fevereiro a abril 2007 (7,8 larvas/ 10 frutos) (Figura 5).

As pupas de *N. elegantalis* provenientes dos frutos de tomate ocorreram de março a agosto de 2004, março a julho de 2005, março a junho de 2006 e março a abril de 2007. Sendo que seus picos populacionais foram nos meses de maio a junho 2004 (0,5 pupa/ 10 frutos), maio a abril 2005 (0,6 pupa/ 10 frutos), março a abril 2006 (0,06 pupa/ 10 frutos) e de março a abril 2007 (1,2 pupa/ 10 frutos) (Figura 5).

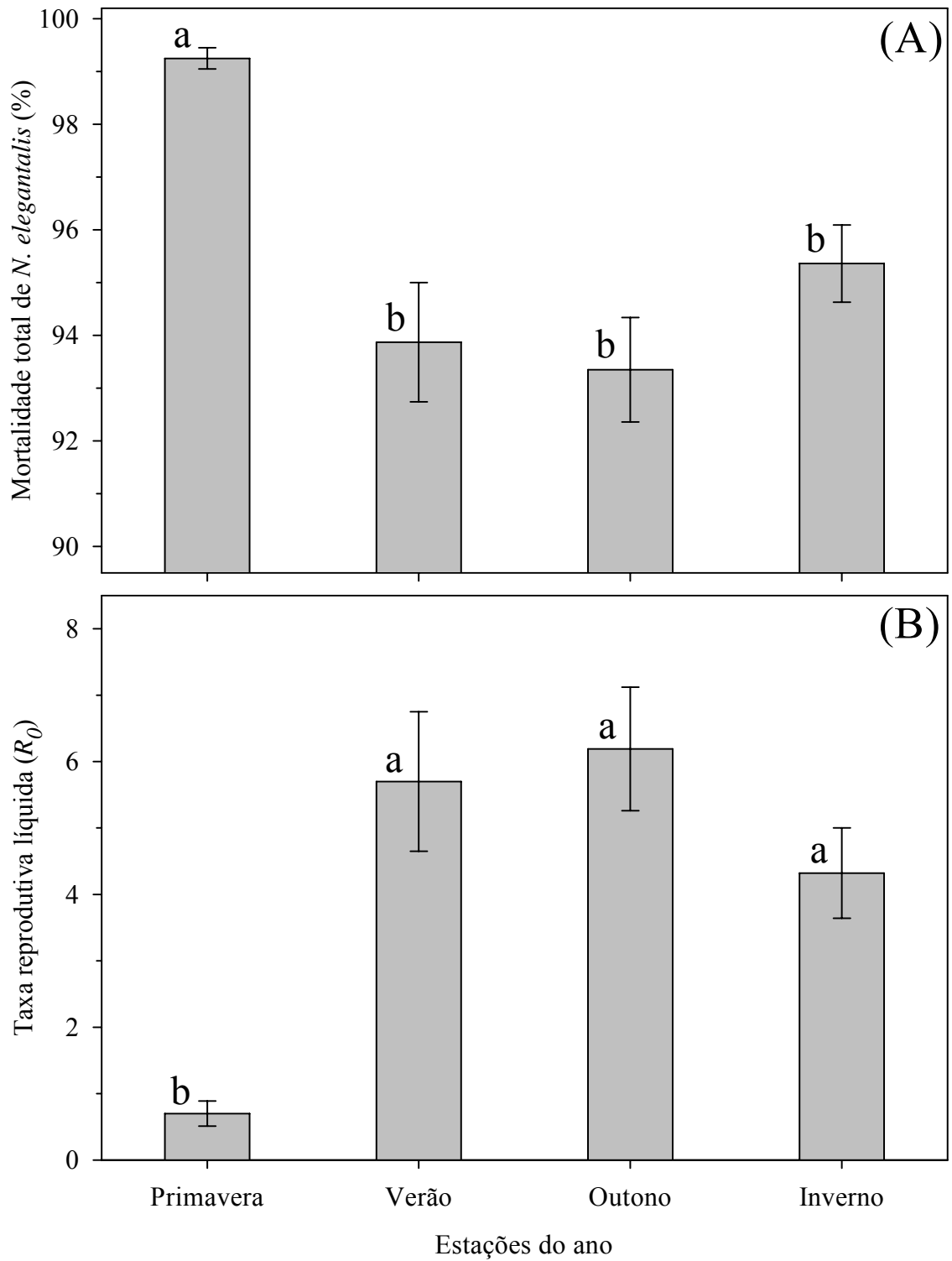


Figura 2. Mortalidade total e taxa reprodutiva líquida ( $R_0$ ) de *Neoleucinodes elegantalis* nas estações do ano. Os histogramas seguidos por letras diferentes possuem médias significativamente diferentes pelo teste Tukey a  $p < 0,05$ . Os segmentos de reta verticais representam os erros padrões.

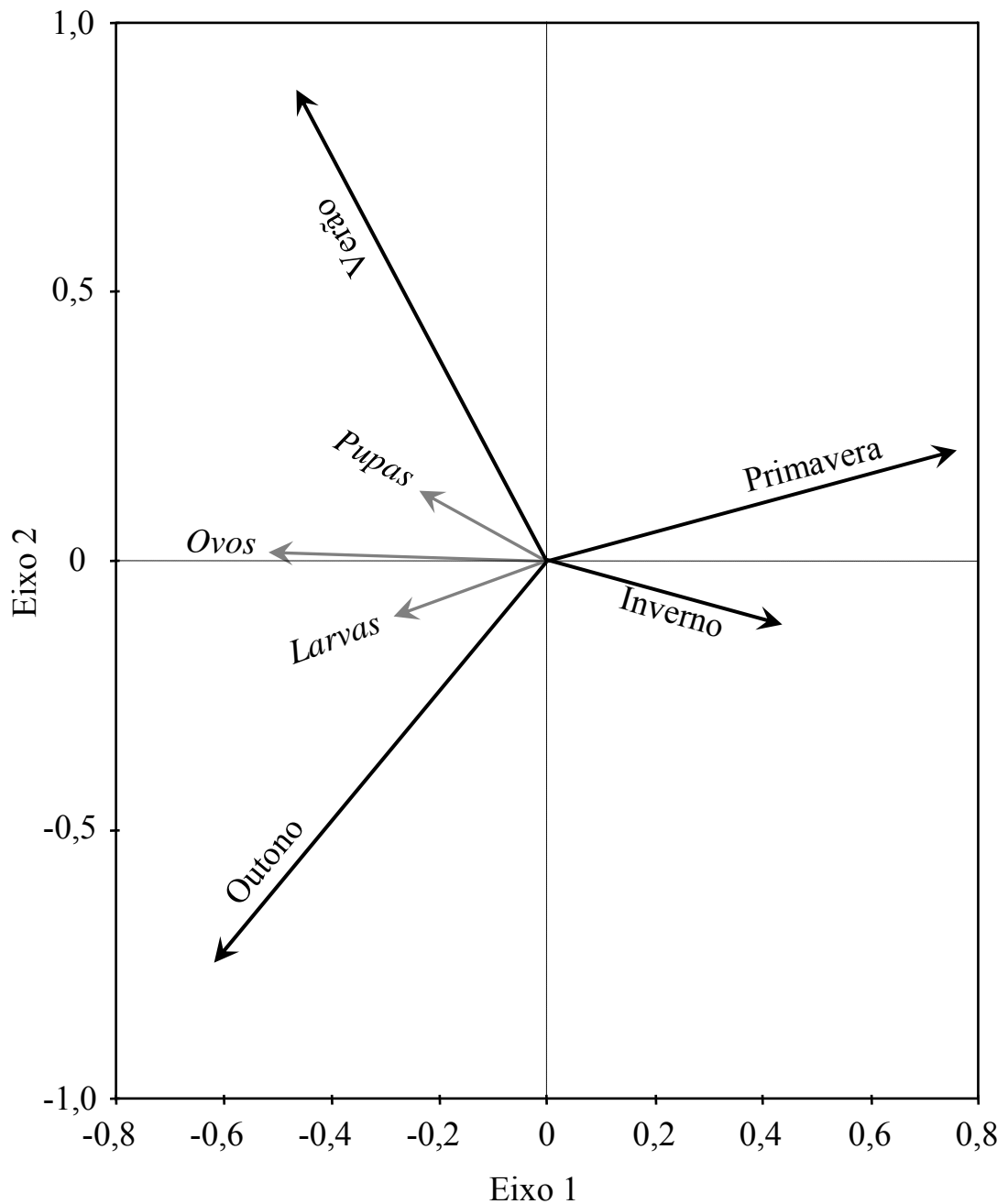


Figura 3. Diagrama da análise de redundância (RDA) da influência das estações do ano na densidade de *Neoleucinodes elegantalis*. O primeiro e segundo eixos contribuíram com 98,5 e 1,5% de explicação da variância total ( $p= 0,002$  e 499 permutações). O comprimento das setas é proporcional à importância da variável. Variáveis com correlação positiva possuem vetores na mesma direção e sentido. Variáveis com correlação negativa possuem vetores com mesma direção e sentido contrário. Quando o ângulo entre as setas é de  $90^\circ$  as variáveis não são correlacionadas.

Tabela 1. Coeficientes angulares (b) da curva de regressão linear múltipla para seleção das características que influenciam as densidades de *Neoleucinodes elegantalis* para compor a análise de trilha.

Variáveis independentes	<i>b</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
Variável dependente: Ovos/fruto			
Temperatura do ar (°C)	0,47	3,27	0,0005
Umidade relativa do ar (%)	0,10	0,90	0,1839
Chuvas (mm)	0,30	2,67	0,0039
Ventos (m/s)	0,11	1,01	0,1568
Fotoperíodo (h)	-0,71	-4,25	0,0010
$R^2 = 0,20$ ; $F = 5,97$ ; $p = 0,0001$			
-----			
Variável dependente: Mortalidade de ovos (%)			
Ovos/fruto	0,37	4,17	0,0001
Temperatura do ar (°C)	0,04	0,30	0,3837
Umidade relativa do ar (%)	0,01	0,13	0,4490
Chuvas (mm)	0,15	1,33	0,0905
Ventos (m/s)	0,23	-2,07	0,0193
Fotoperíodo (h)	-0,11	-0,65	0,2580
$R^2 = 0,27$ ; $F = 6,97$ ; $p < 0,0001$			
-----			
Variável dependente: Larvas/fruto			
Ovos/fruto	0,73	9,82	0,0001
Mortalidade de ovos (%)	-0,52	7,03	0,0001
$R^2 = 0,47$ ; $F = 52,60$ ; $p < 0,0001$			
-----			
Variável dependente: Pupas/fruto			
Larvas/frutos	0,56	5,95	0,0001
Mortalidade de larvas (%)	-0,23	-2,43	0,0076
$R^2 = 0,23$ ; $F = 18,05$ ; $p < 0,0001$			

$$\chi^2 = 18,18; \text{gl} = 12; p = 0,1104$$

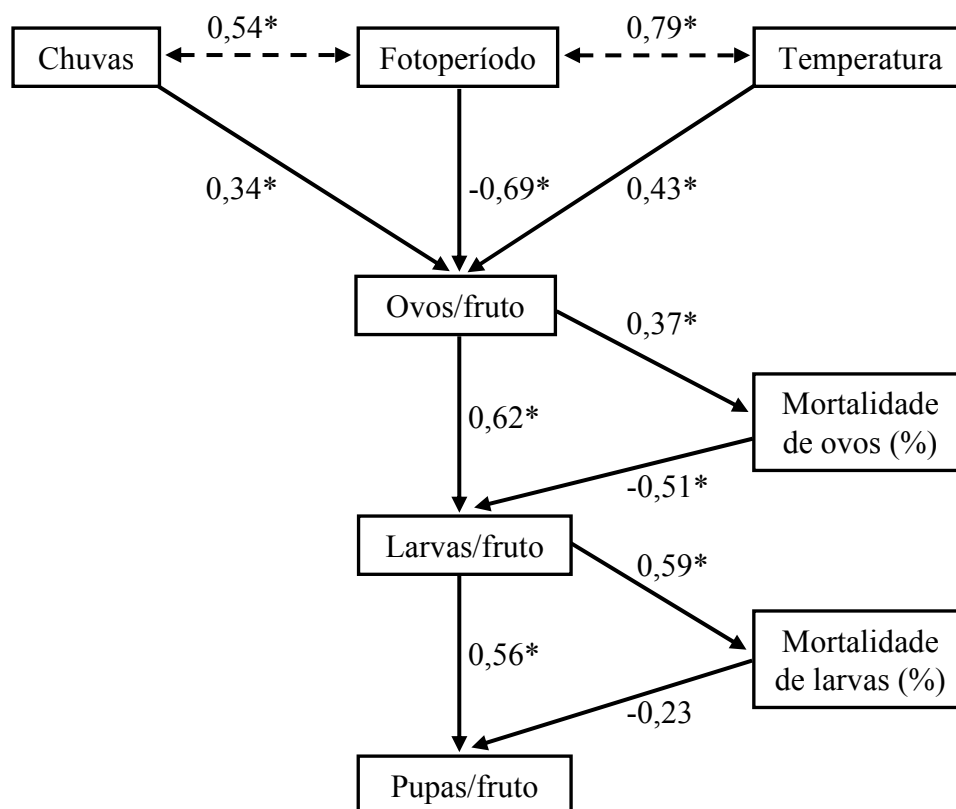


Figura 4. Diagrama da análise de trilha da influência dos elementos climáticos e das taxas de mortalidade (%) nas densidades de *Neoleucinodes elegantalis* em lavouras de tomate. Coimbra, MG. 2004-2007. Os coeficientes de trilha (efeitos diretos) estão indicados em cada interação. Setas unidirecionais indicam interação causal de uma variável com a outra e setas bidirecionais indicam uma correlação. \* Coeficientes de regressão ou correlação significativos a  $p < 0,05$ .

Tabela 2. Efeito direto (ED), indireto (EI) e total (ET) do diagrama de trilha para o modelo da influência dos elementos climáticos e das taxas de mortalidade na densidade de *Neoleucinodes elegantalis* em lavouras de tomate em Coimbra, MG. 2004-2007.

Variável	Ovos/fruto			Mortalidade de ovos (%)			Larvas/fruto			Pupas/fruto			Mortalidade de larvas (%)		
	ED	EI	ET	ED	EI	ET	ED	EI	ET	ED	EI	ET	ED	EI	ET
Ovos/fruto	-	-	-	0,37	0,00	0,37	0,62	-0,19	0,43	0,00	0,18	0,18	0,00	0,26	0,26
Mortalidade de ovos (%)	-	-	-	-	-	-	-0,51	0,00	-0,51	0,00	-0,22	-0,22	0,00	-0,30	-0,30
Larvas/fruto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,56	-0,14	0,43	0,59	0,00	0,59
Mortalidade de larvas (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,23	0,00	-0,23	-	-	-
Temperatura do ar (°C)	0,43	0,00	0,43	0,00	0,16	0,16	0,00	0,18	0,18	0,00	0,08	0,08	0,00	0,11	0,11
Chuvas (mm/dia)	0,34	0,00	0,34	0,00	0,12	0,12	0,00	0,15	0,15	0,00	0,06	0,06	0,00	0,09	0,09
Vento (m/s)	-	-	-	-0,08	0,00	-0,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fotoperíodo (h)	-0,69	0,00	-0,69	0,00	-0,25	-0,25	0,00	-0,30	-0,30	0,00	-0,13	-0,13	0,00	-0,18	-0,18
R <sup>2</sup>		0,20			0,25			0,47			0,23			0,28	
P		<0,0001			<0,0001			<0,0001			<0,0001			<0,0001	

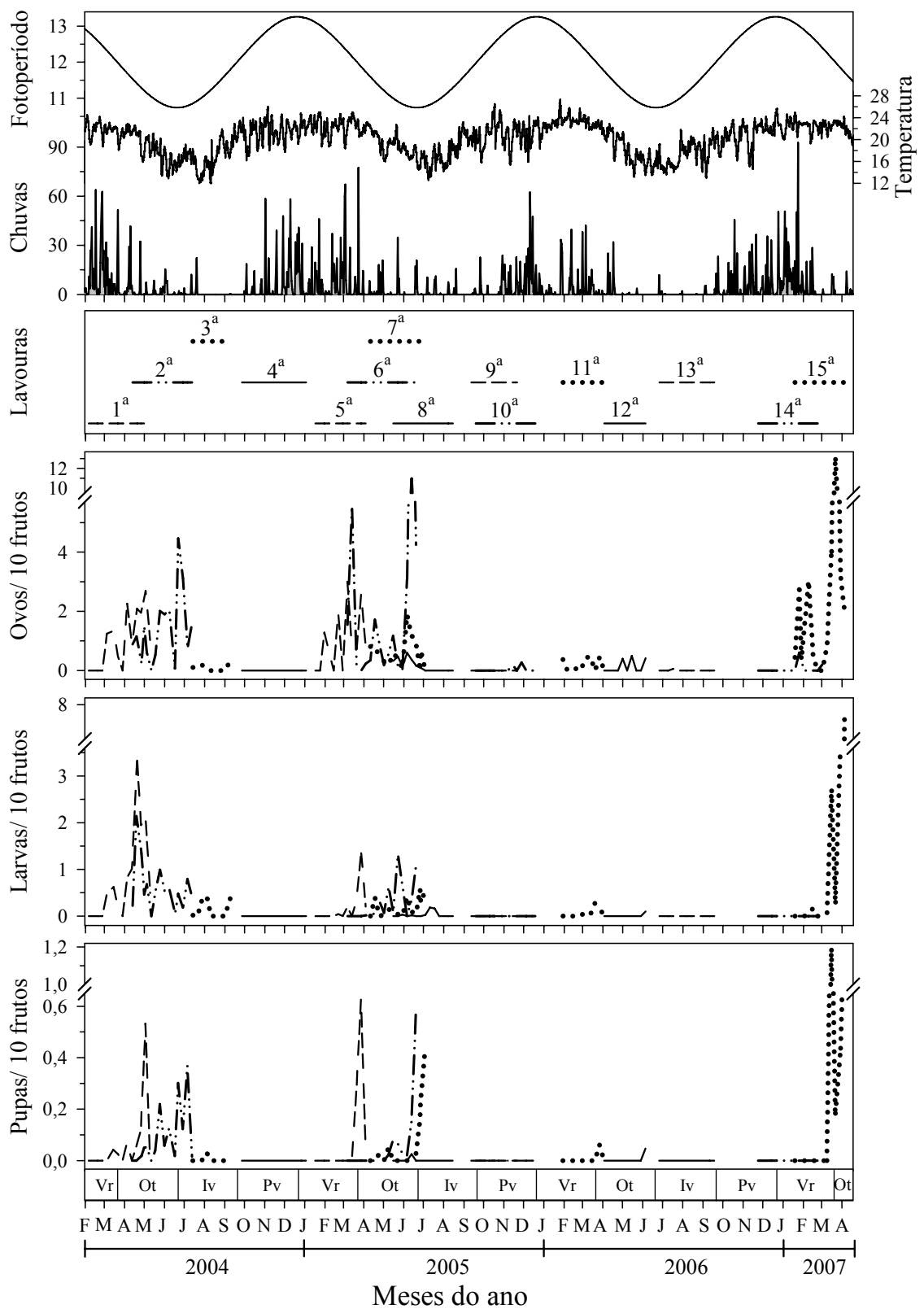


Figura 5. Variação sazonal do fotoperíodo (horas de luz/ dia), temperatura média do ar (°C) e total de chuvas (mm/dia), densidades de ovos, larvas e pupas de *Neoleucinodes elegantalis* em 15 lavouras de tomate em Coimbra, MG. 2004 - 2007. Estações do ano: Vr= verão, Ot= outono, Iv= inverno e Pv= primavera.

## 2.4. DISCUSSÃO

O ataque de *N. elegantalis* ao tomateiro apresenta variação sazonal e a história de vida desta praga está associada à mortalidade natural e às variações climáticas. Os resultados desse trabalho demonstram que os ciclos sazonais de *N. elegantalis* não são determinados pela variação temporal na disponibilidade de recursos. Isso se deve ao fato que na região onde o estudo foi realizado o tomateiro é cultivado durante todo o ano. Resultado semelhante foi observado Kasenene & Roininen (1999), esses autores verificaram que não foi a disponibilidade da planta *Neoboutonia macrocalyx* Pax. (Euphorbiaceae) ao longo do ano que levou a sazonalidade dos insetos fitófagos desta planta.

Os cultivos de tomate mesmo disponíveis durante todo o ano, caracterizam-se por serem efêmeros e distribuírem-se de forma irregular e imprevisível no espaço, sob a forma de manchas temporárias de recursos. Dessa forma, para manter suas populações com o fim dos cultivos até a formação de novos frutos, *N. elegantalis* poderia adotar duas estratégias: diapausa ou dispersão.

Desta forma, espera-se que exista intensa dispersão entre as manchas efêmeras constituídas pelos cultivos. A dispersão funcionaria como o elo entre os ciclos



populacionais locais de colonização e extinção nas manchas formadas pelas lavouras (Hanski, 1999). Espécies que exploram recursos em manchas temporárias tendem a possuir habilidade de dispersão bem desenvolvida (Southwood, 1962; Novotný, 1994). Quando a lavoura está em deterioração os indivíduos podem abandoná-la em busca de outra que seja mais favorável aos seus descendentes (Southwood, 1962). Isto provavelmente é o que ocorre com *N. elegantalis*. Esta hipótese é sustentada pelo fato de haver relatos de larvas deste lepidóptero encontradas em frutos de solanáceas silvestres (Diniz & Morais, 2002), mostrando que na tentativa de buscar novas fontes de recurso as fêmeas colocam seus ovos em plantas silvestres aparentadas. Este processo de busca de outro recurso mais favorável não é de natureza acidental, principalmente no caso de *N. elegantalis*, visto que este inseto coloca a grande maioria de seus ovos (89%) em frutos pequenos (Blackmer *et al.*, 2001). Assim, as mudanças estruturais, nutricionais e químicas previsíveis durante o desenvolvimento das lavouras de tomate, poderiam funcionar como pistas para *N. elegantalis* abandoná-las (Bernays & Chapman, 1994; Awmack & Leather, 2002; Agrawal, 2005).

Uma vez que *N. elegantalis* chega a outro cultivo de tomate, o estabelecimento, crescimento e desenvolvimento populacional será determinado por fatores bióticos e abióticos daquele local. O estudo em ambiente sem a utilização de inseticidas é importante por permitir a investigação da mortalidade natural de insetos fitófagos nos agroecossistemas.

Além dos problemas causados pelo uso excessivo de inseticidas, a dificuldade de controle de *N. elegantalis* está no fato deste inseto ser altamente adaptado ao tomateiro. A competição interespecífica com outros broqueadores de fruto de tomate é reduzida com a assincronia no tempo (ao longo do ano). Para outros insetos fitófagos, a competição interfere na abundância podendo influenciar significativamente as relações entre herbívoros e suas plantas hospedeiras (Siemens *et al.*, 2003).

O fato das larvas de *N. elegantalis* desenvolverem dentro de frutos é uma vantagem adaptativa no processo de fitofagia por reduzir ou eliminar os problemas com dessecação e fixação à planta (Bernays & Chapman, 1994). Contudo, partes reprodutivas e tecidos jovens de plantas de tomate são mais defendidos que outras partes da planta (Kozukue *et al.*, 2004). Isto conduz a uma variação de defesa física e química dentro da planta, onde as partes com maior probabilidade de ataque e maior valor na performance da planta são mais fortemente defendidas (Alves *et al.*, 2007). Dessa forma, alimentar-se dentro do fruto de tomate poderia ser uma desvantagem devido a maior concentração de compostos de defesa (Kozukue *et al.*, 2004). Entretanto, os insetos herbívoros possuem características fisiológicas que os tornam capazes de explorar suas plantas hospedeiras. As enzimas oxidases que agem na destoxificação quebrando as moléculas de defesa da planta (Feyereisen, 1999) estão entre as mais importantes características. As mortalidades ocorridas no estágio larval de *N. elegantalis* (Capítulo I) devido a distúrbios fisiológicos possivelmente estão associados aos compostos secundários de defesa da planta.

Durante o período experimental houve sobreposição de lavouras com diferentes idades numa mesma época do ano. Portanto, variações nas densidades entre lavouras de um mesmo local com as mesmas condições climáticas foram devidas às características da planta hospedeira.

Os picos eruptivos de *N. elegantalis* foram observados ao longo dos períodos de baixa mortalidade natural (verão, outono e inverno). Esta condição, aliada ao aumento da temperatura do ar, ocorrência de chuvas e redução do fotoperíodo (Figura 2A) propiciou o aumento populacional desta praga. O declínio da população foi devido às condições bióticas e abióticas adversas à sobrevivência e a reprodução de *N. elegantalis*. Muitos fatores bióticos apresentam relação densidade-dependente e, portanto atuam em condições de alta densidade populacional do inseto fitófago. De fato, na primavera, com

o aumento populacional propiciado no inverno anterior, foi verificada grande atuação do pássaro *Zonotrichia* sp. predando pupas presentes no solo (Capítulo I), o que reduziu o crescimento populacional ( $R_0=0,70$ ) de *N. elegantalis* (Figura 2B).

Populações neotropicais de insetos possuem ciclos sazonais de crescimento e de declínio, sendo a migração um fator-chave de sua dinâmica populacional. O efeito do fotoperíodo está relacionado com estímulos aos insetos, indicando mudanças de eventos sazonais em outros elementos climáticos (Campos, 2008). Este estímulo desencadeia uma série de mudanças fisiológicas preparatórias para uma iminente mudança nas condições ambientais. A diapausa é a mais conhecida resposta fotoperiódica em insetos (Beck, 1980; Leather *et al.*, 1993; Bell, 1994). Em alguns casos os insetos podem ser estimulados a aumentar o tempo de desenvolvimento, permanecendo um tempo maior em estádios jovens antes de chegar à fase adulta (Beck, 1980; Nechols *et al.*, 1999). A diapausa em adultos é caracterizada pela supressão total ou parcial da reprodução (Hodek, 1983). O desenvolvimento de formas migratórias em insetos pode ser estimulado pelo fotoperíodo (Rankin & Singer, 1984). Neste caso, o estímulo migratório pode ser o fator de supressão do desenvolvimento sexual ou amadurecimento dos oócitos (Zhou *et al.*, 2000; Campos, 2008). Isto pode ser uma possível explicação para o menor número de ovos de *N. elegantalis* colocados em períodos de menor fotoperíodo (Figura 5).

Na literatura existem relatos da diapausa reprodutiva sendo desencadeada nos adultos de lepidópteros, mas com os estímulos ocorrendo nos estádios imaturos do inseto (Leimar, 1996; Xiao *et al.*, 2008; Fujita *et al.*, 2009). A sazonalidade de *Polytonia c-aureum* (Lepidoptera: Nymphalidae) é determinada pela diapausa reprodutiva nos adultos (Fujita *et al.*, 2009). Nesse caso, os fatores desencadeadores desse processo fisiológico foram o fotoperíodo e a temperatura os quais as larvas foram submetidas no verão e outono. As fêmeas originadas no outono não produziram ovos

por aproximadamente 80 dias em condições de dia curto e temperatura baixa (<20°C). Os resultados apresentados neste trabalho demonstram que a flutuação de *N. elegantalis* baseada no número de ovos por frutos após o outono demora cerca de 100 dias para se verificar novamente a presença de ovos em plantas nos cultivos de tomate (Figura 5). Dessa forma, a temperatura e o fotoperíodo os quais os estádios imaturos desse inseto foram submetidos podem estar desencadeando uma diapausa reprodutiva nos seus adultos. Para *N. elegantalis*, os estímulos que provocam a diapausa reprodutiva podem ser percebidos pelas larvas indiretamente por intermédio da qualidade da planta hospedeira, como já relatado na literatura para a espécie *Byasa alcinous* (Lepidoptera: Papilionidae) (Takagi & Miyashita, 2008).

As chuvas afetaram positivamente as densidades de *N. elegantalis*, porque a época de seu ataque ao tomateiro coincide com a época chuvosa (Figura 5). Os insetos herbívoros cuja ocorrência é maior na estação chuvosa têm a vantagem comparativa desta ser a época que suas plantas hospedeiras têm maior crescimento e produção de frutos (Wolda, 1988; Nummelin, 1989). Embora a chuva cause morte (17%) em *N. elegantalis* no verão, esta mortalidade não foi um fator regulador da densidade populacional desse inseto praga nesta estação (Capítulo I).

Também a temperatura constitui um fator importante na dinâmica populacional de organismos que possuem baixa regulação térmica corporal por ter impacto no desenvolvimento biológico destas espécies (Wallner, 1987). Temperaturas entre 20 e 25°C representam a faixa ideal para o desenvolvimento normal de *N. elegantalis* (Marcano, 1991). Em temperaturas abaixo de 15°C a oviposição é reduzida ou ausente e aumenta o período de desenvolvimento larval (Marcano, 1991). Temperaturas acima de 30°C causam mortalidade de ovos e a 34,5°C o desenvolvimento larval não ocorre (Marcano, 1991).

Em conclusão a baixa densidade populacional de *N. elegantalis* durante a primavera se deve a alta mortalidade natural e aos efeitos diretos e indiretos dos elementos climáticos sobre esta praga. Portanto, ainda que *N. elegantalis* apresente alta atividade de dispersão entre as manchas efêmeras formadas pelos cultivos de tomate, este fenômeno não explica totalmente a variação sazonal desta praga. A redução da mortalidade natural, o aumento da temperatura do ar e a ocorrência de chuvas são as causas dos ciclos sazonais de crescimento das populações de *N. elegantalis* verificadas neste trabalho. Já o declínio das populações está correlacionado com o aumento da mortalidade natural e efeito negativo do fotoperíodo sobre *N. elegantalis*.

O conhecimento dos fatores que afetam a densidade de *N. elegantalis* 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. 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. Estas plantas fornecem pólen como alimento, atraindo e servindo como forma de subsistência aos inimigos naturais no local (White et al. 1995). Além disso, as plantas espontâneas são hospedeiras de diversas espécies de insetos, fornecendo assim, alimento alternativo para os inimigos naturais, inclusive em épocas em que *N. elegantalis* não está ocorrendo no campo ou que ocorre em baixa densidade. Os resultados deste trabalho irão permitir que novos estudos de dinâmica populacional de *N. elegantalis* no tomateiro sejam realizados. Com base nestes dados, seria possível, por exemplo, elaborar modelos de previsão de ocorrência destes insetos no campo.

## 2.5. LITERATURA CITADA

- Agrawal, A.A. Future directions in the study of induced plant responses to herbivory. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, 115: 97-105. 2005.
- Alves, M.N.; Sartoratto, A.; Trigo, J.R. Scopolamine in *Brugmansia suaveolens* (Solanaceae): Defense, allocation, costs, and induced response. **Journal of Chemical Ecology**, 33: 297-309. 2007.
- Awmack, C.S.; Leather, S.R. Host plant quality and fecundity in herbivorous insects. **Annual Review of Entomology**, 47: 817-844. 2002.
- Bacci, L.; Picanço, M.C.; Moura, M.F.; Della Lucia, T.M.C.; Semeão, A.A. Sampling plan for *Diaphania* spp. (Lepidoptera: Pyralidae) and for hymenopteran parasitoids on cucumber. **Journal of Economic Entomology**, 99: 2177-2184. 2009.
- Beck, S.D. **Insect photoperiodism**. New York: Academic. 1980. 397p.
- Bell, C.H. A review of diapause in stored-product insects. **Journal of Stored Products Research**, 30: 99-120. 1994.
- Bernays, E.A.; Chapman, R.F. **Host-plant selection by phytophagous insects**. New York: Chapman & Hall. 1994. 325p.
- Blackmer, J.L.; Eiras, A.E.; Souza, C.L.M. Oviposition preference of *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée) (Lepidoptera: Crambidae) and rates of parasitism by

- Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) on *Lycopersicon esculentum* in São José de Ubá, RJ, Brazil. **Neotropical Entomology**, 30: 89-95. 2001.
- Cabrera, A.; Eiras, A.E.; Gries, G.; Gries, R.; Urdaneta, N.; Miras, B.; Badji, C.; Jaffe, K. Sex pheromone of tomato fruit borer, *Neoleucinodes elegantalis*. **Journal of Chemical Ecology**, 27: 2097-2107. 2001.
- Campos, W.G. Photoperiodism and seasonality in neotropical population of *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Yponomeutidae). **Neotropical Entomology**, 37: 365-369. 2008.
- Campos, W.G.; Schoederer, J.H.; Souza, O.F. Seasonality in neotropical populations of *Plutella xylostella* (Lepidoptera): Resource availability and migration. **Population Ecology**, 48: 151-158. 2006.
- Crespo, A.L.B. **Unidades amostrais de *Neoleucinodes elegantalis* em tomateiro**. 2003. 45p. Tese (Mestrado em Entomologia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2003.
- Diniz, I.R.; Morais, H.C. Local pattern of host plant utilization by lepidopteran larvae in the cerrado vegetation. **Entomotropica**, 17: 115-119. 2002.
- Drees, B.B.M.; Summerlin, B.; Vinson, S.B. Foraging activity and temperature relationship for the red imported fire ant. **Southwestern Entomologist**, 32: 149-155. 2007.
- Fernández, S.; Salas, A.J. Estudios sobre la biología del perforador del fruto del tomate *Neoleucinodes elegantalis* Guenée (Lepidoptera: Pyraustidae). **Agronomía Tropical**, 35: 77-82. 1985.
- Feyereisen, R. Insect P450 enzymes. **Annual Review of Entomology**, 44: 507-533. 1999.
- Fujita, K.; Inoue, M.; Watanabe, M.; Islam, A.; Shahjahan, R.M.; Endo, K.; Yamanaka, A. Photoperiodic regulation of reproductive activity in summer and autumn morph butterflies of *Polygonia c-aureum* L. **Zoological Studies**, 48: 291-297. 2009.
- Gauch, H.G. **Multivariate analysis in community ecology**. London: Cambridge. 1989. 298p.

- Hance, T.; Van Baaren, J.; Vernon, P.; Boivin, G. Impact of extreme temperatures on parasitoids in a climate change perspective. **Annual Review of Entomology**, 52: 107-126. 2007.
- Hanski, I. **Metapopulation ecology**. Oxford: Oxford University. 1999. 324p.
- Hodek, I. Role of environmental factors and endogenous mechanisms in the seasonality of reproduction in insects diapausing as adults. In: Brown, V.K.; Hodek, I. (Eds.). **Diapause and life cycle strategies in insects**. The Hague: W. Junk Publishers. 1983. p.9-33.
- Hopkins, G.W.; Memmott, J. Seasonality of a tropical leaf-mining moth: Leaf availability versus enemy-free space. **Ecological Entomology**, 28: 687-693. 2003.
- Janzen, D.H. When, and when not to leave. **Oikos**, 49: 241-243. 1987.
- Kamata, N. Population dynamics of the beech caterpillar, *Syntypistis punctatella*, and biotic and abiotic factors. **Population Ecology**, 42: 267-278. 2000.
- Kasenene, J.M.; Roininen, H. Seasonality of insect herbivory on the leaves of *Neoboutonia macrocalyx* in the Kibale National Park, Uganda. **African Journal of Ecology**, 37: 61-68. 1999.
- Kozukue, N.; Han, J.S.; Lee, K.R.; Friedman, M. Dehydrotomatine and  $\alpha$ -tomatine content in tomato fruits and vegetative plant tissues. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 52: 2079-2083. 2004.
- Leather, S.R.; Walters, K.F.A.; Bale, J.S. **The ecology of insect overwintering**. Cambridge: Cambridge University. 1993. 268p.
- Leimar, O. Life history plasticity: Influence of photoperiod on growth and development in the common blue butterfly. **Oikos**, 76: 228-234. 1996.
- Li, C.C. **Path analysis: A primer**. Pacific Grove: Boxwood. 1975. 347p.
- Marcano, R.V. Estudio de la biología y algunos aspectos del comportamiento del perforador del fruto del tomate *Neoleucinodes elegantalis* (Lepidoptera: Pyralidae) en tomate. **Agronomía Tropical**, 41: 257-263. 1991.



- Miranda, M.M.M.; Picanco, M.C.; Zanuncio, J.C.; Bacci, L.; Silva, E.M. Impact of integrated pest management on the population of leafminers, fruit borers, and natural enemies in tomato. **Ciência Rural**, 35: 204-208. 2005.
- Moura, A.P.; Carvalho, G.A.; Rigitano, R.L.O. Toxicidade de inseticidas utilizados na cultura do tomateiro a *Trichogramma pretiosum*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 40: 203-210. 2005.
- Nechols, J.R.; Tauber, M.J.; Tauber, C.A.; Masaki, S. Adaptations to hazardous seasonal conditions: Dormancy, migration, and polyphenism. In: Huffaker, C.B.; Gutierrez, A.P. (Eds.). **Ecological entomology**. New York: Wiley. 1999. p.159-200.
- Novotný, V. Relation between temporal persistence of host plants and wing length in leafhoppers (Hemiptera: Auchenorrhyncha). **Ecological Entomology**, 19: 168-176. 1994.
- Nummelin, M. Seasonality and effects of forestry practices on forest floor arthropods in the Kibale Forest, Uganda. **Fauna Norvegica (Series B)**, 36: 17-25. 1989.
- Picanço, M.C.; Bacci, L.; Crespo, A.L.B.; Miranda, M.M.M.; Martins, J.C. Effect of integrated pest management practices on tomato production and conservation of natural enemies. **Agricultural and Forest Entomology**, 9: 327-335. 2007a.
- Picanço, M.C.; Bacci, L.; Silva, E.M.; Morais, E.G.F.; Silva, G.A.; Silva, N.R. Manejo integrado das pragas do tomateiro no Brasil. In: Silva, D.J.H.; Vale, F.X.R. (Eds.). **Tomate tecnologia de produção**. Visconde do Rio Branco: Suprema. 2007b. p.199-232.
- Picanço, M.C.; Gusmão, M.R.; Galvan, T.L. Manejo integrado de pragas de hortaliças. In: Zambolim, L. (Ed.). **Manejo integrado de doenças, pragas e ervas daninhas**. Visconde do Rio Branco: Suprema. 2000. p.275-324.
- Rankin, M.A.; Singer, M.C. Insect movement: Mechanisms and effects. In: Huffaker, C.B.; Rabb, R.L. (Eds.). **Ecological Entomology**. New York: Wiley. 1984. p.185-216.
- SAS. **SAS/STAT software**. Cary: Statistical Analysis System Institute. 2002.
- Siemens, D.H.; Lischke, H.; Maggiulli, N.; Schurch, S.; Roy, B.A. Cost of resistance and tolerance under competition: The defense-stress benefit hypothesis. **Evolutionary Ecology**, 17: 247-263. 2003.

- Sokal, R.R.; Rohlf, F.J. **Biometry: The principles and practice of statistics in biological research**. New York: W.F. Freeman. 1995. 887p.
- Southwood, T.R.E. Migration of terrestrial arthropods in relation to habitat. **Biological Reviews**, 37: 171-211. 1962.
- Takagi, S.; Miyashita, T. Host plant quality influences diapause induction of *Byasa alcinous* (Lepidoptera: Papilionidae). **Annals of the Entomological Society of America**, 101: 392-396. 2008.
- Ter Braak, C.J.F.; Šmilauer, P. **CANOCO Reference manual and CanoDraw for windows user's guide: Software for canonical community ordination (version 4)**. Ithaca: Microcomputer Power. 1998. 352p.
- Wallner, W.E. Factors affecting insect population dynamics: Differences between outbreak and non-outbreak species. **Annual Review of Entomology**, 32: 317-340. 1987.
- Wolda, H. Insect seasonality: Why? **Annual Review of Ecology and Systematics**, 19: 1-18. 1988.
- Xiao, H.J.; He, H.M.; Li, F.; Xue, F.S. Influence of pre-diapause temperature on intensity of summer and winter diapause in the cabbage butterfly *Pieris melete* (Lepidoptera: Pieridae). **European Journal of Entomology**, 105: 607-611. 2008.
- Zhou, X.; Coll, M.; Applebaum, S.W. Effect of temperature and photoperiod on juvenile hormone biosynthesis and sexual maturation in the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera*: Implications for life history traits. **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, 30: 863-868. 2000.

## CONCLUSÕES GERAIS

Em todas as estações do ano a mortalidade pupal é determinante da densidade total de *Neoleucinodes elegantalis*, sendo que o mesmo ocorre para a mortalidade de ovos com exceção da primavera. Já a mortalidade de larvas só é importante na determinação da densidade do inseto no inverno.

Os fatores chave de mortalidade são a predação de pupas pelo pássaro *Zonotrichia* sp. (primavera e outono) e pela formiga *Solenopsis* sp. (verão e inverno); predação de ovos (inverno) e o parasitismo destes por *Trichogramma pretiosum* (verão, outono e inverno) e distúrbios fisiológicos em larvas (inverno).

As maiores densidades de *N. elegantalis* ocorrem entre o verão e outono e está associada a altas temperaturas, ocorrência de chuvas e quando o fotoperíodo é decrescente.