

VÂNIA MARIA XAVIER

**VARIAÇÃO SAZONAL DOS FATORES DE MORTALIDADE NATURAL E
LIMIARES TÉRMICOS PARA *Liriomyza huidobrensis***

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

VIÇOSA

AGOSTO DE 2013

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

X3v
2013
Xavier, Vânia Maria, 1980-
Variação sazonal dos fatores de mortalidade natural e
limiares térmicos para *Liriomyza huidodrensis* / Vânia Maria
Xavier. – Viçosa, MG, 2013.
viii, 52f. : il. ; 29 cm.

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

1. Mosca-minadora. 2. Tábua de mortalidade. 3. Inseto -
Populações. 4. Mosca. 5. Populações animais - Fatores
climáticos. 6. Inseto - Fatores climáticos. I. Universidade Federal
de Viçosa. Departamento de Fitotecnia. Programa de
Pós-Graduação em Fitotecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 595.774

VÂNIA MARIA XAVIER

**VARIAÇÃO SAZONAL DOS FATORES DE MORTALIDADE NATURAL E
LIMIARES TÉRMICOS PARA *Liriomyza huidobrensis***

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

APROVADA: 29 de agosto de 2013

Leandro Bacci

Ana Paula Albano Araújo

Júlio Cláudio Martins

Eugênio Eduardo de Oliveira

Marcelo Coutinho Picanço
(Orientador)

Ao Deus que me concedeu a vida, por seu amor incondicional, pela paz e bênçãos concedidas e por sua proteção em todos os momentos

Ofereço

Aos meus pais, José Maria e Maria Helena, pela dedicação;

Aos meus irmãos pelo incentivo e amizade;

Ao meu esposo, Júnio, pelo amor e companheirismo;

Aos meus amigos, primos e tios.

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Fitotecnia pela oportunidade de realização deste curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudo.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES/PDSE) pela oportunidade e concessão da bolsa do doutorado sanduíche.

Ao orientador e amigo, professor Marcelo Coutinho Picanço, pela amizade e confiança, pelos ensinamentos valiosos, pela paciência e pelo estímulo ao longo desses anos. À sua esposa Kátia e aos seus filhos Mayara, Luíza e Marcelo Filho, pelo agradável convívio.

Ao Prof. Leandro Bacci pela co-orientação, pela amizade, pelo apoio incondicional, pelos conselhos enriquecedores, pela contribuição na minha formação profissional os quais serão levados por toda a minha vida.

Aos professores Eugênio Eduardo de Oliveira, Ana Paula Albano Araújo e Júlio Cláudio Martins componentes da banca, pela cordialidade em aceitar o convite e pela forma como participaram.

Aos estagiários do laboratório de Manejo Integrado de Pragas: Elenir, Elizeu, Izaílda, João Rafael, Dalton, Mirian, Reginaldo, Tânia, Thiago e Júlia pela convivência maravilhosa e enriquecedora, e principalmente a Tânia e a Elenir pela grande e essencial ajuda nos ensaios realizados na confecção deste trabalho.

Aos amigos da pós-graduação do Laboratório de Manejo Integrado de Pragas, Gerson, Antônio, Mateus, Tarcísio, Ricardo, Renata, Jorgiane, Rodrigo, Aelton, Paulo e Tamíris pela grande amizade, convívio e companheirismo ao longo da minha vida acadêmica. Em especial, gostaria de agradecer ao Gerson pela amizade e pela ajuda na execução deste trabalho, ao Tarcísio e o Ricardo pela ajuda na análise dos dados.

Aos meus companheiros de todas as horas Jorgiane, Rodrigo, Paulo e Renata pelos conselhos, pela ótima convivência e ajuda na condução dos bioensaios. Obrigada pela ajuda nas coletas de campo, o auxílio de vocês foram fundamentais neste trabalho.

Aos colegas dos cursos de Fitotecnia e Agronomia pelo agradável convívio durante as disciplinas cursadas e pela relação de amizade, entretenimento e divergência de idéias que fazem da Universidade um ambiente propício à formação profissional e intelectual.

Às secretárias do Programa de Pós-graduação em Fitotecnia Tatiani e Rafaela, pela amizade, seriedade e eficiência e ao funcionário Zé Evaristo pela amizade.

Ao meu esposo, Júnio Alexandre da Silva, pelo amor, amizade, companheirismo, apoio, confiança e paciência demonstrada ao longo desses anos de convivência.

A todos os meus familiares, que diretamente ou indiretamente ofereceram condições para que eu progredisse na minha caminhada.

Em especial, agradeço aos meus pais José Maria e Maria Helena Xavier, que me deram a vida e souberam me conduzir para que tivesse uma boa educação.

Por fim, a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a execução deste trabalho, os meus sinceros agradecimentos.

Muito obrigada a todos!

BIOGRAFIA

VÂNIA MARIA XAVIER, filha de José Maria e Maria Helena Xavier, nascida aos 25 de abril de 1980, em Viçosa-Minas Gerais.

Em maio de 2002, ingressou no curso de Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa, graduando-se em março de 2007. Durante a graduação, de março de 2005 a março de 2007, estagiou no Laboratório de Manejo Integrado de Pragas do DBA/UFV sob orientação do Prof. Marcelo Coutinho Picanço, onde desenvolveu vários trabalhos com manejo integrado pragas de hortaliças, grandes culturas, fruteiras e ornamentais. Foi bolsista de Iniciação Científica pela empresa Embrapa-Café.

Ingressou no Programa de Pós-Graduação de Mestrado em Entomologia na Universidade Federal de Viçosa em março de 2007, sob a orientação do Prof. Dejour Message, defendendo tese em 16 de fevereiro de 2009.

Em agosto de 2009 ingressou no Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, em nível de doutorado na Universidade Federal de Viçosa, MG.

SUMÁRIO

RESUMO.....	vii
ABSTRACT	viii
INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	4
CAPÍTULO 1: VARIAÇÃO SAZONAL DOS FATORES DE MORTALIDADE NATURAL DE <i>Liriomyza huidobrensis</i>	7
RESUMO.....	7
CHAPTER 1: SEASONAL VARIATION OF NATURAL MORTALITY FACTORS <i>Liriomyza huidobrensis</i>	8
ABSTRACT	8
1. INTRODUÇÃO	9
2. MATERIAL E MÉTODOS	11
2.1. Área e período de estudo	11
2.2. Criação de <i>L. huidobrensis</i>	12
2.3. Estabelecimento da coorte	13
2.4. Avaliação das causas de mortalidade.....	14
2.4.1. Mortalidade de ovos.....	14
2.4.2. Mortalidade de larvas.....	16
2.4.3. Mortalidade de pupas.....	17
2.5. Análise dos dados.....	18
3. RESULTADOS	20
3.1. Fatores de mortalidade de <i>L. huidobrensis</i>	20
3.2. Estádios críticos de mortalidade de <i>L. huidobrensis</i>	21
3.3. Fatores chave de mortalidade de <i>L. huidobrensis</i>	22
4. DISCUSSÃO	29
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	33
CAPÍTULO 2: LIMIARES TÉRMICOS PARA <i>Liriomyza huidobrensis</i>	37
RESUMO.....	37
CHAPTER 2: THERMAL THRESHOLDS FOR <i>Liriomyza huidobrensis</i>	38
ABSTRACT	38
1. INTRODUÇÃO	39
2. MATERIAL E MÉTODOS	41
2.1. Desenvolvimento, sobrevivência e reprodução de <i>L. huidobrensis</i>	41
3. RESULTADOS	43
4. DISCUSSÃO	47
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49
CONCLUSÕES GERAIS	52

RESUMO

XAVIER, Vânia Maria, D.Sc. Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2013. **Variação sazonal dos fatores de mortalidade natural e limiares térmicos para *Liriomyza huidobrensis***. Orientador: Marcelo Coutinho Picanço.

Entre os principais fatores que regulam as populações de insetos estão os fatores de mortalidade natural e os elementos climáticos, sobretudo a temperatura do ar. A mosca minadora *Liriomyza huidobrensis* (Blanch.) (Diptera: Agromyzidae) é polífaga e constitui importante praga de diversas culturas em muitas partes do planeta, sobretudo na cultura do tomateiro. Assim, este trabalho foi realizado com o objetivo de determinar a variação sazonal dos fatores de mortalidade natural e os limiares térmicos para *L. huidobrensis*. Para tanto, foram realizadas pesquisas em campo e laboratório durante dois anos agrícolas (2011/2012 e 2012/2013) na cultura do tomate. A mortalidade da mosca minadora variou em intensidade nas estações do ano, porém os agentes de controle da praga foram os mesmos nas diversas estações. As menores mortalidades de *L. huidobrensis* ocorreram no outono e verão de 2011/2012 quando a população da praga estava aumentando. O estágio que regulou o tamanho da população de *L. huidobrensis* nas diversas estações foi o pupal. Os fatores reguladores da população de *L. huidobrensis* nas diversas estações foram a predação e os distúrbios fisiológicos na muda de pupas. Os predadores de pupas de *L. huidobrensis* foram *Camponotus* sp. e *Solenopsis* sp. (Hymenoptera: Formicidae). A temperatura ótima para *L. huidobrensis* foi 28°C. Em temperaturas muito altas a reprodução do inseto foi comprometida, já em temperaturas muito baixas seu desenvolvimento e a sobrevivência das larvas foram reduzidos.

ABSTRACT

XAVIER, Vânia Maria, D.Sc. Universidade Federal de Viçosa, August 2013. **Seasonal variation of natural mortality factors and thermal thresholds for *Liriomyza huidobrensis***. Adviser: Marcelo Coutinho Picanço.

Among the key factors that regulate insect populations are natural mortality factors and climatic elements, especially air temperature. The leafminer *Liriomyza huidobrensis* (Blanch.) (Diptera : Agromyzidae) is an important polyphagous pest of many crops in many parts of the world, especially in tomato. This study was conducted to determine the seasonal variation of natural mortality factors and thermal thresholds for *L. huidobrensis*. Therefore, surveys were conducted in the field and laboratory during two years (2011/2012 and 2012/2013) on tomato. The mortality of leafminer varied in intensity in the seasons, but the agents of pest control were the same in the various seasons. The lowest mortality *L. huidobrensis* occurred in the fall and summer of 2011/2012 when the pest population was increasing. The stadium that regulated population size of *L. huidobrensis* in different seasons was the pupal. The factors regulating the population of *L. huidobrensis* in the various seasons were to predation and disorders physiological in pupae changes. Predators of pupae of *L. huidobrensis* were *Camponotus* sp. and *Solenopsis* spp. (Hymenoptera: Formicidae). The optimum temperature for *L. huidobrensis* was 28°C. At very high temperatures the reproduction of the insect has been compromised, since at very low temperatures their development and survival of larvae were reduced.

INTRODUÇÃO GERAL

As espécies de moscas minadoras do gênero *Liriomyza* (Diptera: Agromyzidae) são polífagas. Estes insetos constituem pragas importantes em cultivos de plantas das famílias Amaryllidaceae, Asteraceae, Brassicaceae, Cucurbitaceae, Leguminosae, Malvaceae e Solanaceae (Weintraub & Horowitz 1995, Reitz & Trumble 2002, Radziute & Buda 2013).

O gênero *Liriomyza* possui mais de 300 espécies as quais estão distribuídas em diversas partes do mundo, sendo que 23 destas espécies constituem importantes pragas agrícolas (Parrella 1987, Kang et al. 2009), especialmente *Liriomyza huidobrensis* (Blanch.). *L. huidobrensis* possui mais de 400 espécies de plantas hospedeiras e é uma importante praga de solanáceas, sobretudo do tomateiro (Reitz & Trumble 2002, Hondo et al. 2006, Radziute & Buda 2013).

Durante o ciclo de vida, a praga *L. huidobrensis* passa pelos estádios de ovo, larva, pupa e adulto. Os adultos possuem de 1,3 a 2,3 mm de comprimento, coloração preta com manchas amarelas e aparelho bucal embebedor. As fêmeas fazem puncturas com o ovipositor que são utilizadas para a inserção de ovos no tecido foliar e para que extravase o conteúdo celular, que lhe serve de alimento. Geralmente apenas 15% das puncturas contêm ovos e as demais puncturas são feitas para alimentação das moscas adultas (Parrella 1983, Parrella 1987).

Em laboratório uma fêmea de *L. huidobrensis*, com longevidade entre 15 a 20 dias, põe em média 115 ovos. Os ovos são endofíticos, esbranquiçados e medem de 0,2 a 0,3 mm de comprimento por 0,10 a 0,15 mm de largura. O período de incubação é cerca de cinco dias. Durante o estágio larval *L.*

huidobrensis passa por três ínstares. As larvas são ápodas e não possuem cabeça. Elas se alimentam do parênquima foliar confeccionando minas finas e serpenteadas nas folhas. O estágio larval tem duração de cerca de sete dias. No final do estágio larval, o inseto sai da mina e empupa nas folhas ou no solo, sendo que as pupas formadas nas folhas geralmente caem sobre o solo. A pupa é formada no interior de um pupário marrom de 2,2 mm de comprimento. O estágio de pupa dura de 7 a 14 dias (Parrella 1983, Parrella 1987).

Nos últimos anos, têm-se observado aumento dos prejuízos causados por moscas minadoras devido à ocorrência de surtos populacionais deste grupo de pragas em diversos cultivos em muitas partes do planeta (Nadagouda et al. 2010, Araújo et al. 2013). No passado *L. huidobrensis* era considerada uma praga secundária nos cultivos de tomate. No entanto, atualmente esta espécie atingiu status de praga chave causando danos econômicos à cultura. As razões do aumento da intensidade de ataque desta praga ao tomateiro não são conhecidas. Entretanto, algumas razões são especuladas para a ocorrência deste fenômeno como: o uso inadequado de pesticidas, o cultivo de genótipos suscetíveis, o cultivo sucessivo de plantas hospedeiras e a realização de cultivo em locais e em épocas favoráveis à praga (López et al. 2010, Gross & Rosenheim 2011).

Para se determinar as causas dos surtos populacionais de moscas minadoras é necessário conhecer os fatores que determinam a intensidade de ataque destas pragas nos cultivos. Uma importante ferramenta de pesquisa que pode ser empregada nos estudos dos fatores determinantes do ataque de insetos-praga às culturas são as tabelas de vida ecológicas (Gonring et al. 2003, Ali & Rizvi 2010). As tabelas de vida ecológicas permitem avaliar de

forma quantitativa e qualitativa os fatores de mortalidade natural dos organismos (Morris 1963, Harcourt 1969, Rabinovich 1978). Além disto, elas possibilitam a determinação dos estádios críticos e dos fatores chave de mortalidade da espécie. O estágio crítico de mortalidade é aquele que determina o tamanho da população. Já o fator chave de mortalidade é aquele que tem maior importância relativa no estágio crítico (Harcourt 1961, Varley et al. 1973, Podoler & Rogers 1975, Rabinovich 1978). Ainda são escassos os trabalhos de tabela de vida ecológica para a mosca minadora *L. huidobrensis*, devido à dificuldade de separação dos diferentes estádios larvais para os insetos minadores.

A identificação dos fatores que afetam a dinâmica populacional dos insetos também é importante na regulação da população. As populações dos insetos herbívoros nos agroecossistemas são afetadas tanto por fatores bióticos como abióticos. Entre esses fatores bióticos estão os inimigos naturais e a suscetibilidade da planta hospedeira (Chen et al. 2003, Liu et al. 2009). Já entre os principais fatores abióticos estão os elementos climáticos, sobretudo a temperatura do ar (Porter & Redak 1996, Hopkins & Memmott 2003, Haghani et al. 2007, Tantowijoyo & Hoffmann 2011).

Nos estudos de impacto da temperatura sobre as populações de insetos é importante a determinação de modelos térmicos de desenvolvimento das espécies. O conhecimento dos limiares térmicos de uma praga é importante no desenvolvimento de um manejo de pragas, uma vez que a temperatura influencia o desempenho biológico destes organismos (Davis et al. 1996, Estay et al. 2009, Kang et al. 2009). Embora estudos anteriores comprovem o efeito da temperatura no desenvolvimento larval de várias espécies de *Liriomyza*, não

existe nenhuma informação sobre esse efeito no desenvolvimento de *L. huidobrensis* (Head et al. 2002).

Assim, devido à importância do estudo dos fatores que determinam o ataque de pragas em cultivos, no primeiro capítulo desta tese se determinaram o (s) estágio (s) crítico (s) e os fatores chave de mortalidade de *L. huidobrensis*, já no seu segundo capítulo se determinaram os limiares térmicos para esta mosca minadora.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ali A. & Rizvi P.Q. Age and Stage Specific Life Table of *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) at Varying Temperature. **World Journal of Agricultural Sciences**, v.6, n.3, p.268-273. 2010.
- Araújo E.L., Nogueira C.H.F., Menezes Netto, A.C., Bezerra C.E.S. Biological aspects of the leafminer *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) on melon (*Cucumis melo* L.). **Ciência Rural**, v.43, p.579-582. 2013.
- Chen X.X., Lang X.Y., Xu Z.H., He J.H., Ma Y. The occurrence of leafminers and their parasitoids on vegetables and weeds in Hangzhou area, Southeast China. **BioControl**, v.48, p.515-527. 2003.
- Gonring A.H.R., Silva E.M., Guedes R.N.C., Picanço M.C. Natural biological control and key mortality factors of *Diaphania hyalinata* (Lepidoptera: Pyralidae) in cucumber. **Biocontrol Science and Technology**, v.13, p.361-366. 2003.
- Gross K., Rosenheim J.A. Quantifying secondary pest outbreaks in cotton and their monetary cost with causal-inference statistics. **Ecological Applications**, v.21, p.2770-2780. 2011.
- Haghani M., Fathipour Y., Talebi A.A., Baniameri V. Thermal requirement and development of *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) on cucumber. **Journal of Economic Entomology**, v.100, p.350–356. 2007.
- Harcourt D.G. Design of a sampling plan for studies on the population dynamics of the diamondback moth, *Plutella maculipennis* (Curt.) (Lepidoptera: Plutellidae). **Canadian Entomologist**, v.93, p.820-831. 1961.
- Harcourt D.G. The development and use of life tables in the study of natural insect populations. **Annual Review of Entomology**, v.17, p.175-196. 1969.
- Head J., Walters K.F.A. and Langton S. Utilization of morphological features in life table studies of *Liriomyza huidobrensis* (Dipt., Agromyzidae) developing in lettuce. **Journal of Applied Entomology**, v.126, p.349-354. 2002.

Hondo T., A. Koike & T. Sugimoto. Comparison of thermal tolerance of seven native species of parasitoids (Hymenoptera: Eulophidae) as biological control agents against *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) in Japan. **Applied Entomology and Zoology**, v.41, p.73-82. 2006.

Hopkins G.W., Memmott J. Seasonality of a tropical leaf-mining moth: Leaf availability versus enemy-free space. **Ecological Entomology**, v.28, p.687-693. 2003.

Kang L., Chen B., Wei J.N., Liu T.X. Roles of thermal adaptation and chemical ecology in *Liriomyza* distribution and control. **Annual Review of Entomology**, v.54, p.127-145. 2009.

Liu T.X., Kang L., Heinz K.M., Trumble J. Biological control of *Liriomyza* leafminers: CAB reviews progress and perspective. **CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources**, v.4, p.1-16. 2009.

López R., Carmona D., Vincini A.M., Monterubbianesi G., Caldiz D. Population dynamics and damage caused by the leafminer *Liriomyza huidobrensis* Blanchard (Diptera: Agromyzidae), on seven potato processing varieties grown in temperate environment. **Neotropical Entomology**, v.39, p.108-114. 2010 .

Morris R.F. Predictive population equation based on key factors. **Memoirs of the Entomological Society of Canada**, v.32, p.16-21. 1963.

Nadagouda S., Patil B.V., Venkateshalu & Sreenivas A.G. Studies on development of resistance in serpentine leaf miner, *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Agromyziidae: Diptera) to insecticides. **Karnataka Journal of Agricultural Sciences**, v.23, p.56-58. 2010.

Parrella M. Biology of *Liriomyza*. **Annual Review of Entomology**, v.32, p.201-224. 1987.

Parrella M.P., Robb K.L., Bethke J.A. Influence of selected host plants on the biology of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae). **Annals of the Entomological Society of America**, v.76, p.112-115. 1983.

Podoler H. & Rogers D. A new method for the identification of key factors from life-table data. **Journal of Animal Ecology**, v.44, p.85-114. 1975.

Porter E.E., Redak, R.A. Short-term recovery of the grasshopper communities (Orthoptera: Acrididae) of a California native grassland after prescribed burning. **Environmental Entomology**, v.25, p.987-992. 1996.

Rabinovich J.E. **Ecologia de poblaciones animales**. Washington: OEA. 1978.

Radžiutė S., Būda V. Host feeding experience affects host plant odour preference of the polyphagous leafminer *Liriomyza bryoniae*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.146, p.286–292. 2013.

Reitz S.R., Trumble J.T. Interspecific and intraspecific differences in two *Liriomyza* leafminer species in California. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.102, p.101-113. 2002.

Tantowijoyo W., Hoffmann A.A. Variation in morphological characters of two invasive leafminers, *Liriomyza huidobrensis* and *L. sativae*, across a tropical elevation gradient. **Journal of Insect Science**, v.11, p.1-16. 2011.

Varley C.G., Gradwell G.R., Hassell M.P. **Insect population ecology an analytical approach**. Blackwell Scientific Publications, Oxford, United Kingdom. 1973.

Weintraub P.G., Horowitz A.R. The newest leafminer pest in Israel, *Liriomyza huidobrensis*. **Phytoparasitica**, v.23, p.177-184. 1995.

CAPÍTULO 1: VARIAÇÃO SAZONAL DOS FATORES DE MORTALIDADE NATURAL DE *Liriomyza huidobrensis*

RESUMO - Os fatores que regulam as populações dos insetos podem ser influenciados pela sazonalidade. Uma ferramenta que pode ser empregada nesses estudos são as tabelas de vida ecológicas. Elas possibilitam a avaliação dos fatores de mortalidade natural e a determinação dos estádios críticos (aqueles que regulam as populações) e dos fatores chave de mortalidade (aquele com maior importância no estágio crítico). A mosca minadora *Liriomyza huidobrensis* (Blanch.) (Diptera: Agromyzidae) é importante praga de diversas culturas incluindo o tomateiro. Assim, neste capítulo da tese objetivou-se determinar a variação sazonal dos fatores de mortalidade natural de *L. huidobrensis*. Para tanto em sete estações ao longo de dois anos agrícolas (2011/2012 e 2012/2013) foram conduzidos experimentos em campos de cultivo de tomate. Nos experimentos foram monitoradas a mortalidade natural de *L. huidobrensis* usando tabelas de vida ecológicas. Em todas as estações o estágio pupal foi estágio crítico de mortalidade. Na primavera de 2011/2012 também o 3º instar larval foi estágio crítico de mortalidade. Os fatores chave de mortalidade foram: a predação de pupas, distúrbios fisiológicos de pupas (exceto no outono de 2011/2012) e a predação e ação das chuvas sobre larvas de 3º instar (só na primavera de 2011/2012).

Palavras-chave: Mosca minadora, tabelas de vida, predação, distúrbios fisiológicos, chuvas.

CHAPTER 1: SEASONAL VARIATION OF NATURAL MORTALITY FACTORS *Liriomyza huidobrensis*

ABSTRACT - The factors that regulate the populations of insects may be influenced by seasonality. A tool that can be employed in these studies are the ecological life tables. They allow the evaluation of natural mortality factors and the determination of the critical stages (those that regulate populations) and the key factors of mortality (the one with the most important critical stage). The leafminer *Liriomyza huidobrensis* (Blanch.) (Diptera: Agromyzidae) is an important pest of several crops including tomatoes. Thus, in this chapter of the thesis aimed to determine the seasonal variation of natural mortality factors of *L. huidobrensis*. Therefore in seven seasons over two growing seasons (2011/2012 and 2012/2013), experiments were conducted in fields growing tomatoes. In the experiments were monitored natural mortality of *L. huidobrensis* using ecological life tables. In all seasons the pupal stage was critical stage mortality. In the spring of 2011/2012 also the third instar larval stage was critical mortality. The key factors of mortality were predation of pupae, pupae physiological disorders (except in the fall of 2011/2012) and the action of rain and predation on larvae of third instar (only in the spring of 2011/2012).

Keywords: leafminer, life tables, predation, physiological disorders, rain.

1. INTRODUÇÃO

Para o desenvolvimento de programas de manejo de pragas é importante o entendimento dos fatores que influenciam o ataque destes organismos às culturas. Estes grupos de fatores podem ser influenciados pela sazonalidade e assim terem diferentes magnitudes de atuação sobre a população da praga nas diversas estações do ano (Campos et al. 2006). Dentre os componentes que afetam a população de pragas estão os inimigos naturais, os elementos climáticos, a competição intraespecífica e interespecífica e características da planta hospedeira. A identificação e a quantificação da ação dos fatores de mortalidade e a compreensão de como cada um destes fatores afetam as populações destes organismos permite com que a atuação destes agentes de controle natural seja maximizada nos agroecossistemas.

Neste sentido, a construção de tabelas de vida ecológica consiste em uma importante ferramenta de pesquisa que pode ser empregada nos estudos dos fatores determinantes do ataque de insetos às culturas (Gonring et al. 2003, Ali & Rizvi 2010). As tabelas de vida ecológicas permitem avaliar de forma quantitativa e qualitativa os fatores de mortalidade natural dos organismos (Morris 1963, Harcourt 1969, Rabinovich 1978). Além disso, elas possibilitam a determinação dos estádios críticos e dos fatores chave de mortalidade da espécie estudada. O estágio crítico de mortalidade é aquele que determina o tamanho da população, enquanto que o fator chave de mortalidade é aquele que tem maior importância relativa no estágio crítico (Harcourt 1961, Varley et al. 1973, Podoler & Rogers 1975, Rabinovich 1978).

A mosca minadora *Liriomyza huidobrensis* (Blanch.) (Diptera: Agromyzidae) é uma espécie polífaga que possui mais de 400 espécies de plantas hospedeiras (Reitz & Trumble 2002, Hondo et al. 2006, Radziute & Buda 2013). O ciclo de vida de *L. huidobrensis* varia com a temperatura, ocorrendo numerosas gerações anualmente em regiões de clima tropical. A oviposição é endofítica e ocorre preferencialmente no dossel mediano da planta. Os ovos são colocados pela fêmea isoladamente, em média de 8-14 ovos por dia. Após passarem por três ínstares as larvas saem da mina e empupam nas folhas ou no solo (Parrella 1983, 1987).

As puncturas causadas pelas fêmeas de *L. huidobrensis* durante a alimentação e oviposição prejudicam a aparência das folhas, além de favorecer a entrada de fungos e bactérias fitopatogênicos (Zitter et al. 1980, Parrella et al. 1985, Lei et al. 2009). No entanto, a principal injúria causada pela mosca minadora é a confecção de minas por meio da alimentação das larvas que destrói o mesófilo foliar. Dessa forma, as puncturas e as minas reduzem a área fotossintética da planta e podem levar a queda das folhas (Chen & Kan, 2004).

As moscas minadoras foram coletadas em cultivos de tomate e elas foram enviadas para a Dra. Maria Dolores Alcázar Alba (Paraje San Nicolas, La Mojonera - Almeria, Espanha) para sua identificação. As moscas minadoras foram identificadas como pertencentes à espécie *Liriomyza huidobrensis* (Blanch.) (Diptera: Agromyzidae).

Nos últimos anos, têm-se observado aumento dos prejuízos causados por moscas minadoras devido à ocorrência de surtos populacionais desta praga em cultivos de solanáceas, cucurbitáceas e fabáceas em diversos países (Nadagouda et al. 2010, Araújo et al. 2013).

Apesar do aumento de surtos populacionais de *L. huidobrensis* nos cultivos, pouco se conhece sobre os fatores que regulam as suas populações. Assim, neste capítulo objetivou-se determinar a variação sazonal dos fatores de mortalidade natural de *L. huidobrensis* determinando-se os estádios críticos e os fatores chave de mortalidade desta praga em cada estação.

2. MATERIAL E MÉTODOS

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

2.1. Área e período de estudo

Este trabalho foi realizado no Campus da Universidade Federal de Viçosa (20°48'45"S, 42°56'15"W, altitude de 672 m), Viçosa, MG em cultivos de tomate (*Solanum lycopersicon*) a campo. Durante o trabalho foram realizados sete cultivos em dois anos agrícolas (2011/2012 e 2012/2013). No primeiro ano os cultivos foram no inverno, primavera, verão e outono. Já no segundo ano os cultivos foram no inverno, primavera e verão.

A variedade usada foi a Santa Clara e o espaçamento das plantas foi de 1,0 x 0,5m. Na lavoura foram utilizadas práticas normais do cultivo de tomate conforme Silva & Vale et al. (2007) sem, contudo realizar aplicação de pesticidas. Os cultivos foram conduzidos em uma área de 160 m².

2.2. Criação de *L. huidobrensis*

As moscas minadoras utilizadas nos experimentos foram obtidas da criação mantida no Laboratório de Manejo Integrado de Pragas da UFV em condições ambiente a $25 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$, umidade relativa do ar de $75 \pm 5\%$ e fotofase de 12 horas. A metodologia utilizada na criação foi adaptada daquela usada por Galdino et al. (2011) para o minador de folhas a traça do tomateiro *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). Para o estabelecimento da criação, folhas de tomate com larvas de *L. huidobrensis* foram coletadas em lavouras comerciais de tomate na região de Viçosa, MG.

Na criação foram usadas três gaiolas de madeira (45 × 45 × 45 cm) teladas com organza. A primeira gaiola foi usada para oviposição das fêmeas. A segunda gaiola foi usada para o desenvolvimento das larvas. Já a terceira gaiola foi usada para a pupação dos insetos.

Na gaiola de oviposição foram colocadas diariamente três folhas de tomate da variedade Santa Clara. Estas plantas foram cultivadas em casa de vegetação sem aplicação de pesticidas. Os pecíolos das folhas foram imersos em água contida em recipientes de vidro de 100 mL. Diariamente as folhas da gaiola de oviposição eram transferidas para a gaiola de desenvolvimento das larvas. Quando as larvas atingiram o quarto ínstar as folhas foram transferidas para a gaiola de pupação. O fundo desta gaiola foi forrado com uma camada de folhas de papel toalha para que larvas ao saírem das minas empupassem no papel. As pupas existentes no papel toalha foram transferidas para potes plásticos (250 mL) e aí permaneceram até a emergência dos adultos. Após a emergência, os adultos foram transferidos para a gaiola de oviposição. Os

adultos de *L. huidobrensis* foram alimentados com solução de mel a 10% fixado na parte superior da gaiola (Xu et al. 2004).

2.3. Estabelecimento da coorte

Para o estabelecimento da coorte, uma planta de tomate com oito folhas cultivada em vaso plástico de três litros foi inserida em uma gaiola (72 × 120 × 72 cm) de madeira telada com organza. Considerando o raio sexual de *Liriomyza* 1:1 (Jong & Rademaker 1991, Karnataka et al. 2010) foram colocados, no interior de cada gaiola, 50 casais de *L. huidobrensis* de dois dias de idade provenientes da criação. As plantas permaneceram na gaiola por 24 horas para a oviposição das moscas minadoras no mesófilo foliar. Esta metodologia foi usada por ter se verificado em experimento prévio que usando estes procedimentos ocorria oviposição de cerca de 100 ovos por planta. Em cada estação 20 plantas foram infestadas com ovos da mosca minadora.

As plantas infestadas com ovos de *L. huidobrensis* foram transplantadas para o solo do campo de cultivo. As 20 plantas foram divididas em 10 grupos formados de duas plantas cada um. Cada grupo de duas plantas constituiu uma repetição. Como cada planta da repetição possuía oito folhas infestadas com ovos de *L. huidobrensis*, então nas duas plantas da repetição existiam 16 folhas infestadas com ovos. Os grupos formados por duas plantas, que constituía uma parcela, foram transplantados de forma equidistante uns dos outros no campo de cultivo. Em cada estação foi monitorado diariamente as causas de mortalidade natural durante um ciclo de vida de *L. huidobrensis* (Miranda et al. 1998, Pereira et al. 2007a).

Após a instalação do experimento, um total de 200 pupas provenientes da criação foi levado para o campo, sendo adicionadas 20 pupas por parcela. As pupas foram acondicionadas em potes plásticos (10 cm de diâmetro e 7 cm de altura) preenchidos com areia e furados na lateral e base para permitir a drenagem de água das chuvas. 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, já que as pupas de *L. huidobrensis* são frequentemente encontradas no solo (Parrella 1987, Kang et al. 2009). Considerando o menor tempo observado para emergência de adultos, determinou-se que as pupas de *L. huidobrensis* permaneceriam no campo durante aproximadamente sete dias para monitoramento das causas de mortalidade durante o período pupal (Parrella 1987, Kang et al. 2009). Algumas parcelas de pupas foram repetidas devido à morte de todos os insetos.

2.4. Avaliação das causas de mortalidade

2.4.1. Mortalidade de ovos

A mortalidade de ovos por predadores foi monitorada pela observação direta da ação destes inimigos naturais durante todo dia. Assim, quando foi observada a presença de predadores predando os ovos este inimigo natural foi considerado como sendo o fator responsável pela mortalidade.

Para avaliação da mortalidade de ovos pelas chuvas foram realizadas avaliações nas plantas antes e após a ocorrência de chuva. Nas avaliações verificou-se a existência ou não de alagamento das puncturas feitas pelas fêmeas nas folhas para realização de oviposição. Alagamento esse que poderia causar a morte de ovos (Pereira et al. 2007 a e b).

A avaliação da mortalidade de ovos por entomopatógenos foi realizada pela observação de sintomas de ovos infectados por microrganismos (Alves 1998). As avaliações foram realizadas diariamente usando lupa manual de aumento de 30 vezes. Estas avaliações foram realizadas nas puncturas feitas pelas fêmeas nas folhas para realização de oviposição onde se verificou a existência ou não de microrganismos causando morte de ovos.

Em cada repetição três folhas foram selecionadas ao acaso para avaliação do parasitismo e inviabilidade dos ovos por distúrbios fisiológicos. Nestas três folhas as larvas eclodidas dos ovos eram contadas e em seguida mortas. Quando terminou a eclosão dos ovos (isto é três dias após o surgimento da última larva) as três folhas selecionadas em cada repetição foram retiradas das plantas. O pecíolo de cada uma dessas folhas foi imerso em água contida num recipiente de vidro de 100 mL. Os recipientes com as folhas foram levados para o laboratório. As folhas de cada repetição foram inseridas em gaiola de madeira (45 × 25 × 6 cm) recoberta com organza. As folhas permaneceram por 10 dias na gaiola para avaliação de parasitismo nos ovos. Após este período, os ovos que não eclodiram e que não foram parasitados foram considerados mortos por distúrbios fisiológicos.

Para contagem do número de ovos que não eclodiram foi utilizada a técnica proposta por Parrela & Robb (1982) de coloração dos ovos de *Liriomyza* existentes no mesófilo foliar. Nesta técnica, para coloração dos ovos é utilizado uma solução de lactofenol com fucsina ácida (Leibee 1984, Parrela 1984). Para a produção de 500 mL de solução de lactofenol com fucsina ácida foi usado 100 mL de água bi deionizada, 100 mL de fenol (Sigma-Aldrich 99%, Chemie GmbH D-89555 Steinheim, Germany), 100 mL de ácido láctico (Sigma-

Aldrich 85,5%), 200 mL de glicerina (Sigma-Aldrich 99%), e 0,50 g de fucsina ácida (Sigma-Aldrich 99%). Essa solução foi aquecida num balão de fundo chato com o auxílio de uma manta à temperatura de 90°C. Após o preparo da solução, os folíolos de tomate foram colocados em placas de Petri, contendo 25 mL da solução. Estes foram deixados imersos na solução por um período de 3 horas. Em seguida os folíolos foram lavados, usando água deionizada para retirada do excesso da solução utilizada. Logo em seguida foi realizada a contagem do número de ovos não eclodidos nos folíolos lavados com auxílio de lupas de 30 vezes de aumento (Leica Zoom 2000 100-240 VAC).

2.4.2. Mortalidade de larvas

Durante este estágio cada larva morta foi contada, e o seu ínstar e a causa de sua morte foram anotados. A avaliação da mortalidade de larvas por entomopatógenos foi realizada pela observação direta de sintomas de larvas infectadas por estes microrganismos (Alves 1998) nas minas das folhas.

Para avaliação da mortalidade de larvas causada pelas chuvas foram realizadas observações nas plantas antes e após a ocorrência de chuva. A larva que estava morta na mina, que estava alagada após a ocorrência de chuva, foi considerada morta por este fator (Miranda et al. 1998a, Pereira et al. 2007a e b). Já as larvas que desapareceram entre duas avaliações sem a ocorrência de chuvas foram consideradas mortas por predação. Os predadores observados predando larvas foram anotados. Em outras plantas do cultivo estes predadores foram coletados, montados e separados em morfoespécie. Os predadores foram enviados para Sistematas especialistas do Departamento de Zoologia da UFPR (Curitiba, PR) para identificação.

Para cada um dos três ínstaes larvais em cada repetição, três folhas foram selecionadas ao acaso, para avaliação do parasitismo e distúrbios fisiológicos. Ao final de cada ínstar larval, foram coletadas, ao acaso, três folhas/ por repetição contendo larvas de *L. huidobrensis*. O pecíolo dessas folhas foi imerso em água contida num recipiente de vidro de 100 mL. Os recipientes com as folhas foram levados para laboratório. As folhas de cada repetição foram inseridas em gaiola de madeira (45 × 25 × 6 cm) recoberta com organza. As gaiolas foram mantidas em laboratório em condições de temperatura do ar, umidade relativa e fotoperíodo natural. As folhas permaneceram nas gaiolas até a emergência dos adultos da mosca minadora ou de seus parasitóides. A avaliação da emergência de parasitóides e de adultos da mosca minadora foi realizada diariamente. Os parasitóides encontrados foram contados, coletados e enviados para a Dra. Maria Dolores Alcázar Alba (Paraje San Nicolas, La Mojonera - Almeria, Espanha) para identificação. As larvas que morreram aderidas a exúvia tiveram sua morte atribuída a distúrbios fisiológicos na muda (Pereira et al. 2007a e b).

2.4.3. Mortalidade de pupas

As pupas contidas nos potes com areia, ao final do período que permaneceram no campo, foram coletadas e levadas para o laboratório para posterior avaliação de sua mortalidade e as causas dessa mortalidade. A areia do interior dos potes 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 gaiolas 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 de parasitóides. As pupas restantes foram classificadas como mortas por distúrbios fisiológicos durante a muda ou entomopatógenos. A morte de pupas por entomopatógenos foi avaliada por meio da observação de sintomas nestes insetos (Alves 1998).

A mortalidade por chuvas foi estimada no laboratório. Para tanto, no período em que as pupas permaneceram no campo os volumes diários de chuvas ocorridos foram coletados usando um pluviômetro instalado na lavoura. No laboratório foi realizado um teste com e sem a adição destes volumes de água a 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 estimação da mortalidade das pupas remanescentes. Da mesma forma, a avaliação da mortalidade de pupas causada pelas chuvas foi realizada antes e após a ocorrência das chuvas.

2.5. Análise dos dados

Os dados de mortalidade total de *L. huidobrensis* em cada estação foram submetidos à análise de variância a $P < 0,05$. As médias destas mortalidades em cada estação foram comparadas pelo teste Tukey a $P < 0,05$ usando o procedimento do SAS (SAS 2008). Usando os dados de mortalidade total e a fecundidade média de 115 ovos por fêmea (Jeyakuma 1995) foi calculada a taxa líquida reprodutiva (R_0) para cada repetição conforme Semeão et al. 2012a e Semeão et al. 2012b. Uma vez que os níveis de mortalidade podem afetar o crescimento da população, para cada estação do ano, a taxa líquida reprodutiva (R_0) foi comparada com a taxa de reprodução de referência ($R_0 = 1$), utilizando testes t (PROC) no SAS v. 9 (Semeão et al. 2012b).

As mortalidades em cada estágio e as causadas por cada fator foram calculadas através das fórmulas 1 e 2:

$$100q_x = (dx/l_x) \times 100 \quad (1)$$

$$100r_x = (dx/l_o) \times 100 \quad (2)$$

onde $100q_x$ = mortalidade aparente (%) e $100r_x$ = mortalidade real ou acumulativa (%). Os outros componentes da fórmula l_x = número de insetos vivos no início de cada estágio e dx = número insetos mortos em um estágio ou mortos por um fator dentro de um estágio.

A diferença entre as mortalidades nos estágios e os fatores chave foram determinados pelo valor de k calculado pela fórmula [$k = \log(100q_x)$], sendo $100q_x$ = mortalidade aparente (Varley et al. 1973, Southwood & Henderson 2000). Para a identificação dos estágios críticos e dos fatores chave de mortalidade de *L. huidobrensis* foram realizadas análises de regressão linear simples entre as mortalidades parciais (k) e a mortalidade total (K) (Varley et al. 1973). A mortalidade total (K) do estágio de desenvolvimento pode ser obtida pelo somatório dos valores- k ($K = \sum k$). Os estágios críticos ou fatores chave de mortalidade foram aqueles cuja curva de regressão apresentou o maior coeficiente angular a $P < 0,05$ (Pereira et al. 2007a e b).

Na determinação da sazonalidade dos fatores de mortalidade de *L. huidobrensis*, os fatores ambientais como temperatura do ar, chuvas, velocidade do vento e fotoperíodo foram submetidos à análise dos componentes principais (PCA) com outros agentes de controle natural utilizando o programa Canoco 4.5 (Ter Braak & Šmilauer 2002). A visualização dos autovalores (scores 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. Os gráficos de ordenação foram confeccionados no programa Canodraw 3.0. No diagrama de ordenação do PCA 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.

3. RESULTADOS

3.1. Fatores de mortalidade de *L. huidobrensis*

Houve diferença significativa na mortalidade total de *L. huidobrensis* nas diferentes estações do ano ($F_{6, 69} = 6,31$; $P < 0,0001$). A maior mortalidade total da mosca minadora ocorreu na primavera de 2012/2013 (99,4%) e a menor mortalidade ocorreu no outono de 2011/2012 (90,13%) (Figura 1A). A taxa líquida de reprodução em todas as estações foi semelhante a 1,0 com exceção do outono de 2011/2012 e do verão de 2012/2013 quando esta taxa foi significativamente maior que 1,0 (Figura 1B).

Entre os estádios do ciclo de vida de *L. huidobrensis* as maiores mortalidades ocorreram no estágio de pupa em todas as estações. As maiores mortalidades de pupa ocorreram na primavera de 2012/2013 (98,16%) e no inverno de 2011/2012 (97,90%). Já a menor mortalidade de pupas ocorreu no outono de 2011/2012 (84,49%) (Figura 2).

A única causa de mortalidade de ovos observada foi devido a distúrbios fisiológicos que causaram sua inviabilidade. No estágio larval os fatores de mortalidade foram: chuvas, predação e distúrbios fisiológicos durante as

mudas. Já as causas de mortalidade de pupas foram predação, parasitismo e distúrbios fisiológicos durante a muda (Figura 2).

Os predadores de larvas de *L. huidobrensis* observados foram adultos de *Protonectarina sylveirae* (Saussure) (Hymenoptera: Vespidae); adultos de *Anthicus* spp. (Coleoptera: Anthicidae); ninfas e adultos de Hemiptera: Anthocoridae, Nabidae e Reduviidae; adultos de *Condylostylus* sp. (Diptera: Dolichopodidae); larvas de *Allograpta exotica* Curran (Diptera: Syrphidae); larvas de *Crysoperla* sp. (Neuroptera: Chrysopidae) e aranhas. Os predadores de pupas observados foram adultos de *Camponotus* sp. e *Solenopsis* sp. (Hymenoptera: Formicidae). Os parasitóides de pupas observados foram *Diglyphus* sp. (Hymenoptera: Eulophidae) e *Opius* sp. (Hymenoptera: Braconidae).

3.2. Estádios críticos de mortalidade de *L. huidobrensis*

A curva de mortalidade de pupas foi a que apresentou maior coeficiente de inclinação em todas as estações com exceção na primavera de 2011/2012. Na primavera de 2011/2012, além das pupas, também a curva de mortalidade de larvas apresentou alto coeficiente de inclinação. Na primavera de 2011/2012 entre os instares larvais de *L. huidobrensis* a curva de mortalidade do 3º instar foi a que apresentou a maior inclinação (Figura 3). Portanto, o estágio crítico de mortalidade de *L. huidobrensis* foi o estágio pupal, com exceção na primavera de 2011/2012 quando o 3º instar larval também foi estágio crítico de mortalidade.

3.3. Fatores chave de mortalidade de *L. huidobrensis*

Para as pupas as curvas de mortalidade causadas por predadores e distúrbios fisiológicos foram as que apresentaram maiores coeficientes de inclinação com exceção no outono de 2011/2012. No outono de 2011/2012 o fator de mortalidade de pupas com maior inclinação foi a predação. Para larvas de 3° ínstar na primavera de 2011/2012 as curvas de mortalidades causadas por predadores e chuvas foram as que apresentaram maior coeficiente de inclinação (Figura 4). Portanto, os fatores chave de mortalidade de *L. huidobrensis* foram à predação de pupas (em todas as estações), distúrbios fisiológicos de pupas (com exceção do outono de 2011/2012) e a predação e ação das chuvas sobre larvas de 3° ínstar (primavera de 2011/2012).

Entre os fatores de mortalidade de pupas de *L. huidobrensis*, as formigas predadoras *Camponotus* sp. e *Solenopsis* sp. tiveram maior importância. Já a mortalidade de larvas de 3° ínstar na primavera de 2011/2012 foi causada por vespas predadoras (Hymenoptera: Vespidae).

Verificou-se que as maiores mortalidades de pupas de *L. huidobrensis* por predação e distúrbios fisiológicos ocorrem em épocas de maior temperatura e fotoperíodo. Já as maiores mortalidades de larvas de 3° ínstar de *L. huidobrensis* por predadores e chuvas ocorreram em períodos de mais intensa pluviosidade e maiores fotoperíodos (Figuras 2, 5 e 6).

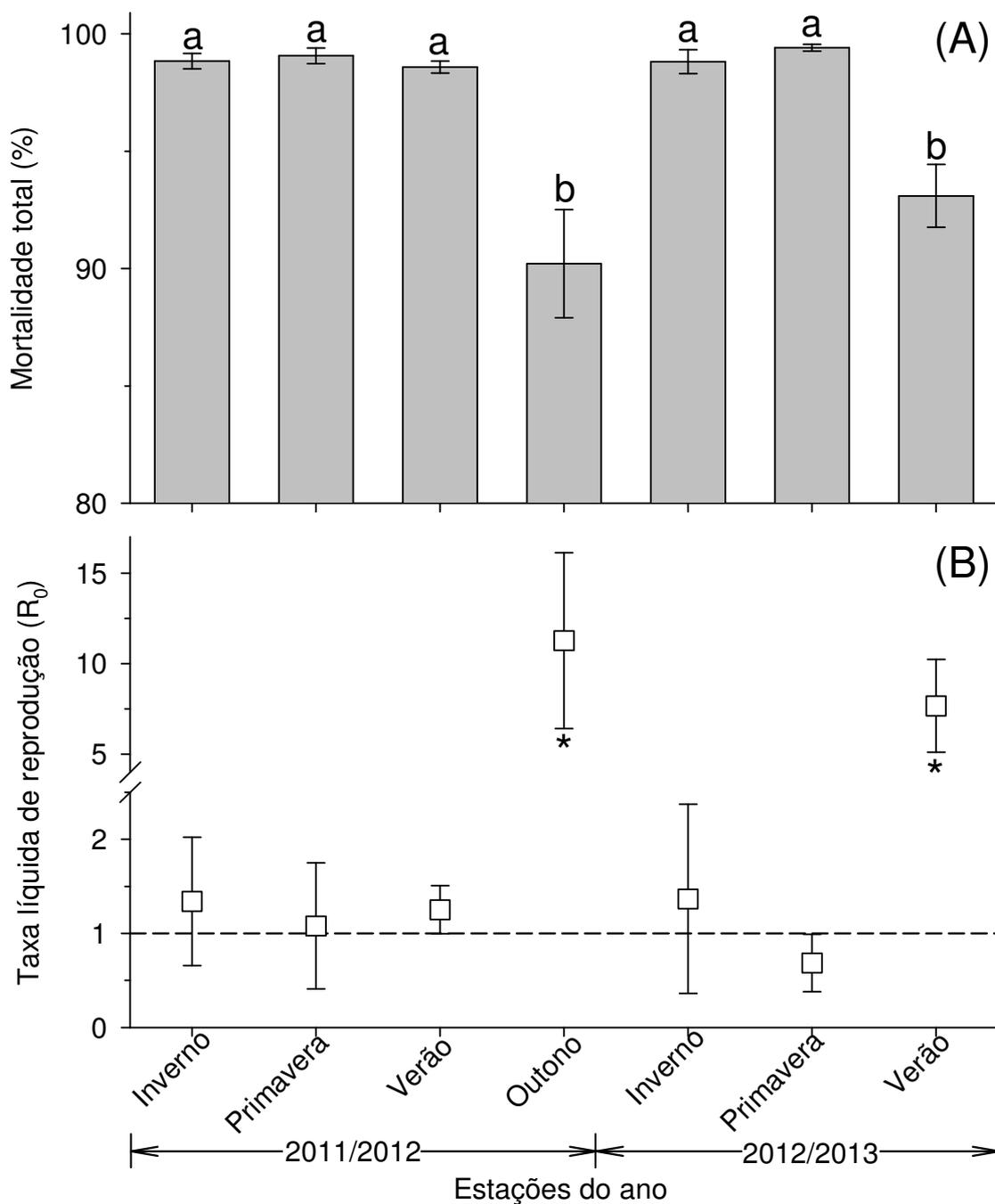
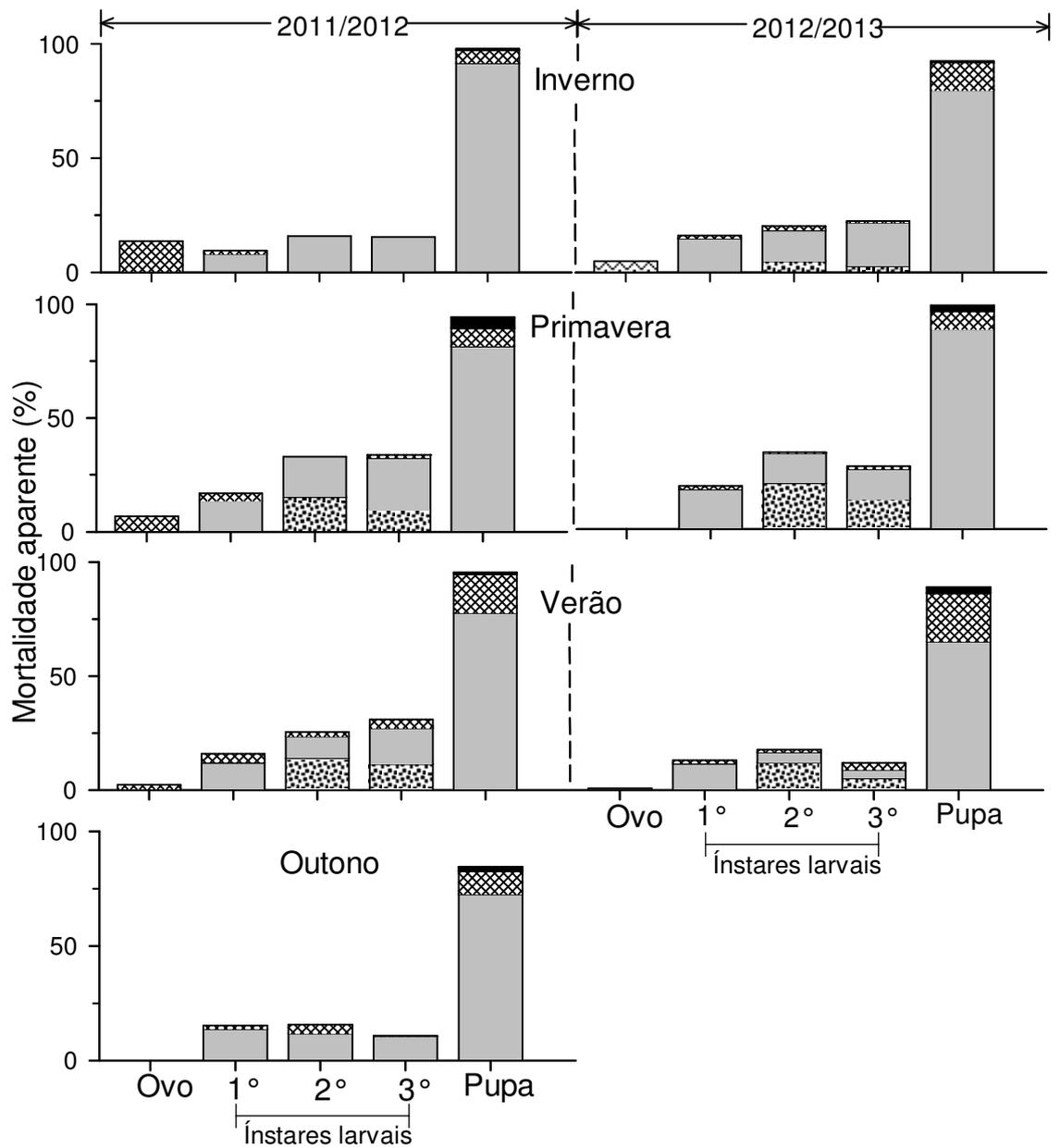


Figura 1. (A) Mortalidade total (média \pm erro padrão) de *Liriomyza huidobrensis* em função da estação do ano. As estações foram comparadas usando ANOVA e as letras diferentes no topo das barras indicam diferenças significativas a $P < 0,05$ pelo teste Tukey. (B) Diferença na taxa líquida reprodutiva (R_0) entre as estações. Para cada estação, a taxa líquida reprodutiva (R_0) foi comparada com um valor de equilíbrio ($R_0=1$) utilizando o teste t. *indicam que o R_0 para essa estação é diferente do valor de equilíbrio.



Estádios de *L. huidobrensis*

- Chuva
- Predação
- Distúrbios fisiológicos
- Parasitismo

Figura 2. Proporção relativa de mortalidade causada pelos diferentes fatores de mortalidade e representado pelo valor de 100qx (mortalidade aparente) em cada estação. O eixo x representa os diferentes estádios de desenvolvimento de *Liriomyza huidobrensis*.

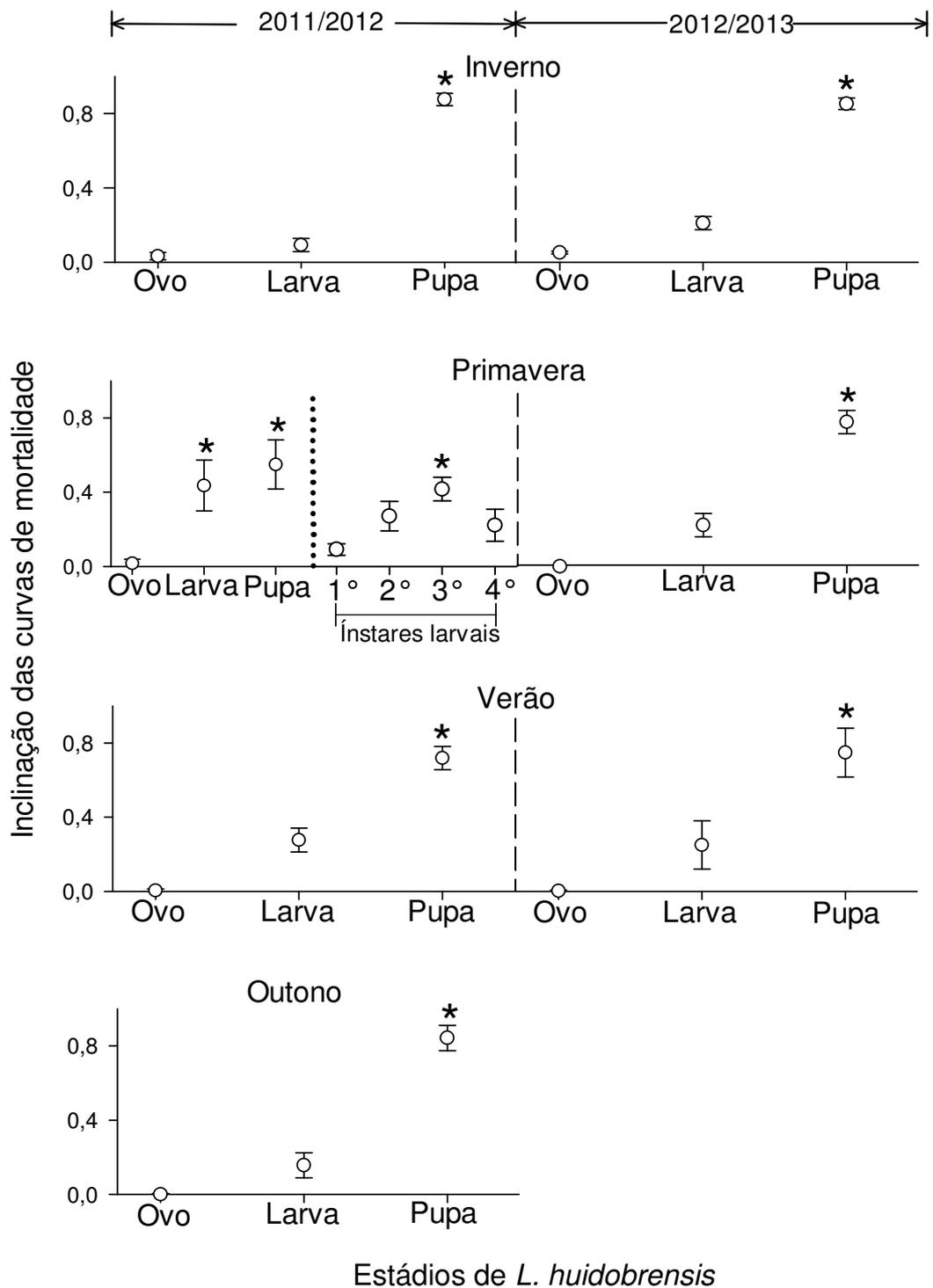


Figura 3. Determinação do estágio crítico de mortalidade usando os coeficientes angulares das curvas das mortalidades parciais de ovos, larvas e pupas em função da mortalidade total de *Liriomyza huidobrensis*. *Numa estação do ano o coeficiente angular seguido por asterisco foi significativamente maior que os demais a $P < 0,05$.

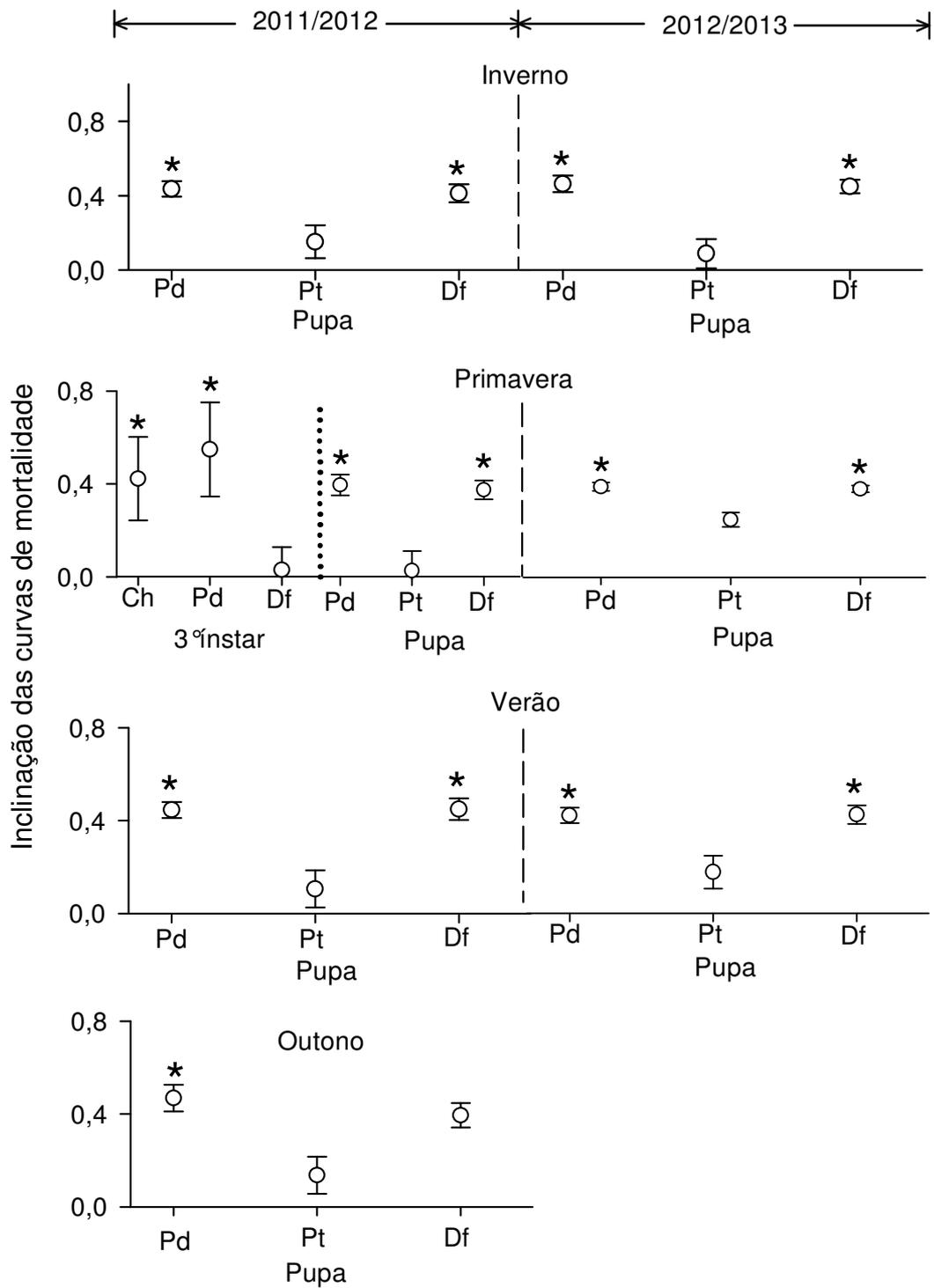


Figura 4. Determinação dos fatores chave de mortalidade de pupa (todas as estações) e de larvas de 3° instar (primavera de 2011) usando os coeficientes angulares das curvas das mortalidades dos fatores em função da mortalidade total no estádio. *Numa estação do ano o coeficiente angular seguido por asterisco foi significativamente maior que os demais a $P < 0,05$. Pd= predação; Pt= parasitismo, Df= distúrbio fisiológico e Ch= chuva.

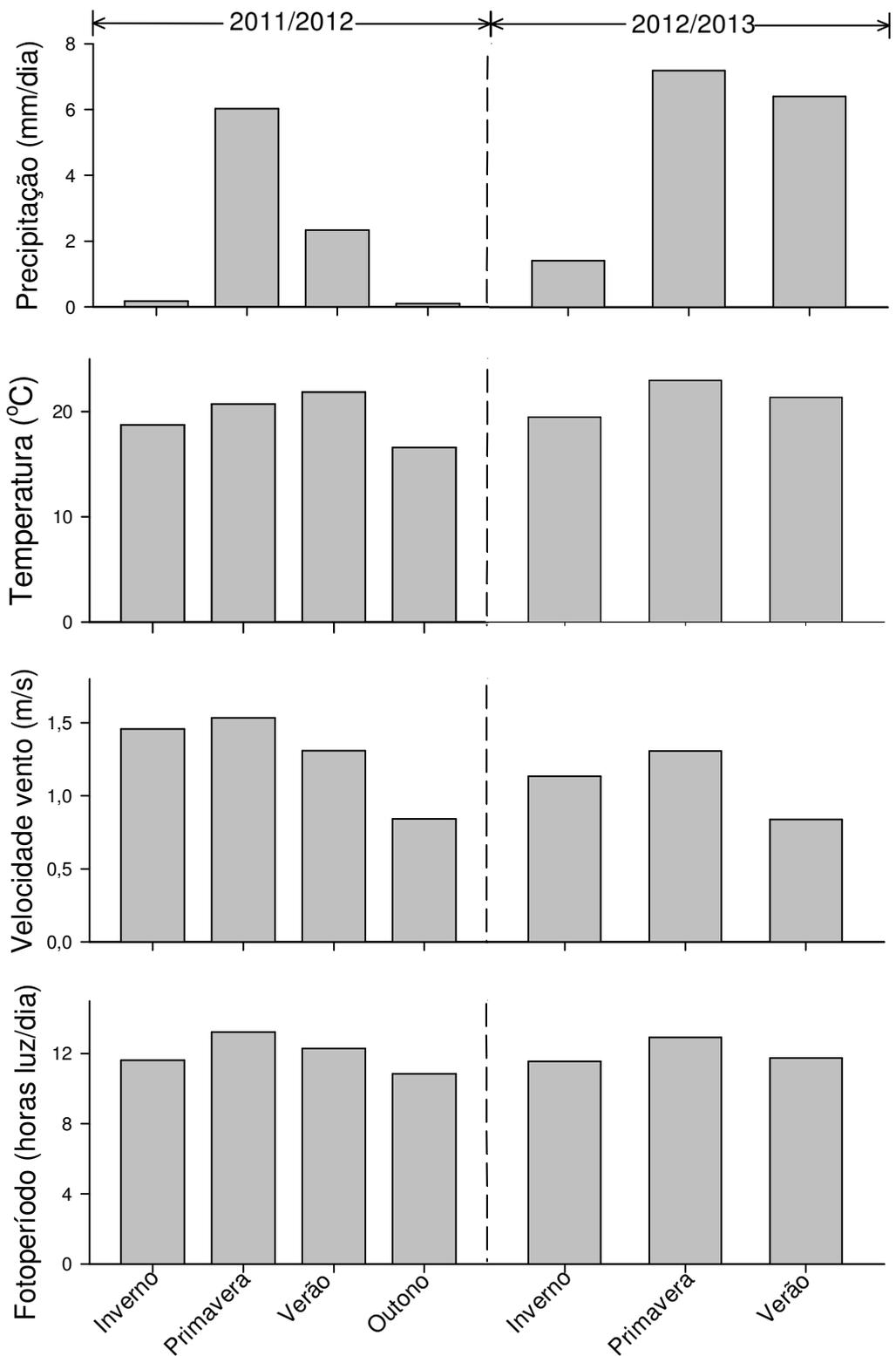


Figura 5. Variação sazonal de chuvas, temperatura do ar, velocidade do vento e fotoperíodo nas estações durante os dois anos deste estudo. Estes fatores foram considerados afetar a sobrevivência de *Liriomyza huidobrensis*.

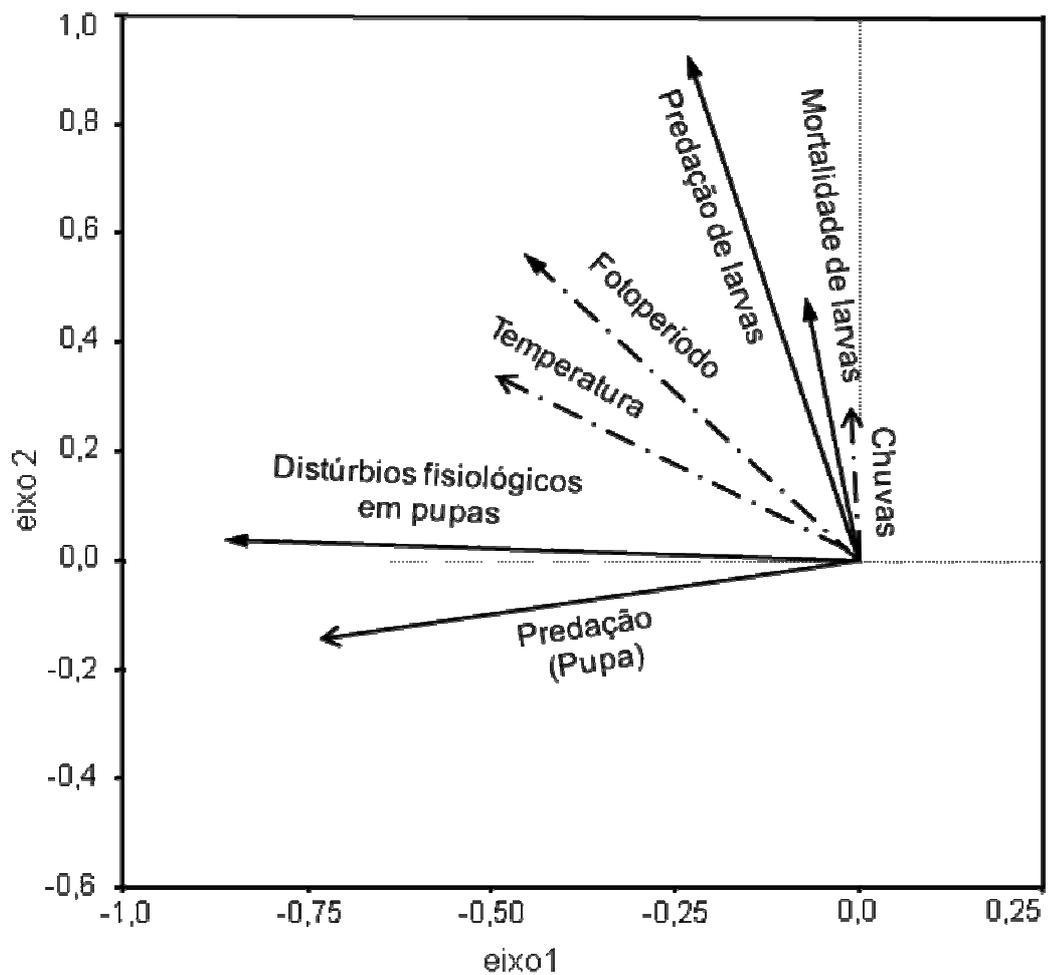


Figura 6. Diagrama de ordenação da análise dos componentes principais (PCA) dos efeitos de diferentes fatores de mortalidade de *Liriomyza huidobrensis*. O comprimento dos vetores é proporcional à importância das variáveis. Variáveis com correlação positiva possuem vetores na mesma direção e sentido, e elas têm correlação negativa quando seus vetores possuem mesma direção e sentido contrário. Quando o ângulo entre os vetores é de 90° as variáveis não são correlacionadas.

4. DISCUSSÃO

O fato da mortalidade da *L. huidobrensis* variar em intensidade nas estações do ano, embora ela tivesse os mesmos agentes de controle nestas estações, tem algumas implicações. Uma delas é que a variação dos elementos climáticos entre as estações do ano não foi tão extrema a ponto de ser letal aos inimigos naturais. Por outro lado, a atuação dos agentes de controle natural foi influenciada pela variação dos elementos climáticos entre as estações do ano. Este fato é comum em regiões de clima tropical onde a variação sazonal dos elementos climáticos entre as estações do ano geralmente não leva a morte de toda a população de insetos, porém ela pode interferir grandemente no tamanho destas (Bale et al. 2002, Hopkins & Memmott 2003).

Em todas as estações ao longo dos dois anos deste estudo a população de *L. huidobrensis* estava estável na geração, já que a taxa líquida de reprodução foi semelhante a 1,0, com exceção do outono e verão de 2011/2012 quando sua população estava aumentando. Este equilíbrio foi mantido, sobretudo pelos inimigos naturais e distúrbios fisiológicos durante o ciclo de vida de *L. huidobrensis*. Portanto, tanto os fatores "top-down" (inimigos naturais) como os "bottom-up" (distúrbios fisiológicos) foram importantes na regulação populacional de *L. huidobrensis*. Este equilíbrio entre estes dois grupos de fatores na regulação populacional de insetos herbívoros em agroecossistemas não é comum, já que em cultivos é mais frequente a regulação populacional por fatores "top-down" (Walker & Jones 2001).

Nas condições de condução deste trabalho, os agentes de mortalidade natural em quase todas as estações mantiveram a população de *L.*

huidobrensis sob controle. Assim, pode-se inferir que os surtos populacionais desta praga devam estar relacionados a fatores que reduzam a atuação desses agentes de mortalidade natural desta praga. Entre os fatores que podem atuar negativamente sobre os inimigos naturais está o uso inadequado de pesticidas, a adoção de monocultivo, destruição da vegetação natural e de plantas invasoras que sirvam de alimento para os inimigos naturais (Landis et al. 2000). Já entre os fatores que podem diminuir a mortalidade de *L. huidobrensis* por distúrbios fisiológicos está à redução das defesas da planta a insetos e a realização de cultivo em condições climáticas favoráveis à praga (Cornell & Hawkins 1995, Newton et al. 2009).

Entre os inimigos naturais a vespa predadora *P. sylveirae* e as formigas *Camponotus* sp. e *Solenopsis* sp. foram observados pela primeira vez predando *L. huidobrensis*. Os demais inimigos naturais já foram observados predando moscas minadoras (Prieto 1982, Liu et al. 2009).

O estágio que determinou o tamanho da população de *L. huidobrensis* em todas as estações foi o de pupas. Portanto, nas épocas de menor mortalidade de pupas são maiores as populações de *L. huidobrensis*. Esta informação é de grande importância no planejamento de métodos de controle desta praga, uma vez que este estágio do ciclo de vida da praga deve ser o principal alvo das ações de controle. Como o principal local de pupação de *L. huidobrensis* é o solo práticas que visem atingir este inseto neste local devem ser priorizadas. Entre as práticas que podem afetar as pupas está o revolvimento do solo e a retirada de restos culturais contendo pupas (Fernández & Salas 1985, Marcano 1991).

A identificação da predação de pupas por formigas (*Camponotus* sp. e *Solenopsis* sp.) e a morte de pupas durante a muda por distúrbios fisiológicos como os fatores chave de mortalidade *L. huidobrensis* tem implicações diretas no manejo desta praga. Assim, as estratégias e táticas de manejo devem ser planejadas de forma a incrementar esses fatores de mortalidade já que eles são os que regulam o tamanho da população de mortalidade de *L. huidobrensis*.

A observação das formigas como os inimigos naturais chave de *L. huidobrensis* é inédita. Nos trabalhos com *Liriomyza* spp. geralmente se dá grande relevância aos himenópteros parasitóides os indicando como sendo os inimigos naturais mais importantes dessas pragas (Liu et al. 2009, Musundire et al. 2012). Entretanto, como este é o primeiro trabalho em que usa tabelas de vida ecológicas para uma espécie de *Liriomyza* temos outra perspectiva de visão do problema onde é demonstrado que tanto as formigas predadoras como distúrbios fisiológicos em pupas são os fatores que regulam as populações de *L. huidobrensis*.

Entre as práticas que possibilitam a preservação das populações de formigas predadoras estão: a redução das aplicações de pesticidas e a aplicação de produtos com seletividade fisiológica. A diminuição da utilização de pesticidas nos cultivos pode ser obtida pela adoção de amostragem e de nível de controle de pragas (Moura et al. 2003). A utilização de inseticidas com seletividade fisiológica é importante porque estes produtos são eficazes no controle das pragas e são pouco tóxicos para os inimigos naturais. Neste contexto, Moreno et al. (2012) constataram que os extratos botânicos de *Acmella oleracea* e *Azadirachta* são seletivos em favor da formiga predadora

Solenopsis saevissima (Smith). No uso seletivo de pesticidas, o objetivo é reduzir à exposição dos inimigos naturais aos produtos. No caso das formigas isto deve ser conseguido evitando produtos que atinjam o seu local de forrageamento, ou seja, o solo. Para que este objetivo seja alcançado, deve-se evitar a aplicação de pesticidas no solo e as pulverizações no dossel das plantas devem ser feitas usando o menor volume possível de calda para evitar que a maior parte do pesticida atinja o solo. Além disso, devemos selecionar os pesticidas que degradam rapidamente quando eles entram em contato com o solo (Aktar et al. 2009).

Já para o incremento da mortalidade de pupas durante a muda pode-se usar inseticidas que tenham atuação neste processo fisiológico. Entre os inseticidas com tal efeito estão as triazinas que são inibidores da síntese de quitina em dípteros, sobretudo em *Liriomyza* spp. (Conroy et al. 2008, Ferguson & Pineda 2010).

Nossos resultados elucidam fatores e mecanismos que afetam a dinâmica populacional de *L. huidobrensis* e identifica fatores que devem ser considerados para o desenvolvimento de estratégias e táticas de manejo desta praga. Como os fatores chave de mortalidade de *L. huidobrensis* são as formigas predadoras de pupas (*Camponotus* sp. e *Solenopsis* sp.) e a morte de pupas por problemas fisiológicos durante a muda, estes fatores devem ser favorecidos no planejamento de programas de manejo integrado desta praga.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ali A., Rizvi, P.Q. Age and stage specific life table of *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) at varying temperature. **World Journal of Agricultural Sciences**, v.6, p.268-273. 2010.
- Alves S.B. **Controle microbiano de insetos**. 2. ed. Piracicaba: FEALQ, 1998.
- Araújo, E.L., Nogueira, C.H.F., Menezes Netto A.C., Bezerra C.E.S. Biological aspects of the leafminer *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) on melon (*Cucumis melo* L.). **Ciência Rural**, v.43, p.579-582. 2013.
- Bacci L., Pereira E.J.G., Fernandes F.L., Picanço M.C., Crespo A.L.B., Campos M.R. Seletividade fisiológica de inseticidas a vespas predadoras (Hymenoptera: Vespidae) de *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae). **BioAssay**, v.1, p.1-7. 2006.
- Bale J.S., Masters G.J., Hodkinson I.D., Awmack C., Bezemer T.M., Brown V. K., Butterfield J., Buse A., Coulson J.C., Farra J., Good J.E.G., Harrington R., Hartley S., Jones T.H., Lindroth R.L., Press M.C., Symrnioudis I., Watt A.D., Whittaker J.B. Herbivory in global climate change research: direct effects of rising temperatures on insect herbivores. **Global Change Biology**, v.8, p.1-16. 2002.
- Conroy L., Scott-Dupree C.D., Harris C.R., Murphy G., Broadbent A. B. Susceptibility of two strains of american serpentine leafminer (*Liriomyza trifolii* (Burgess)) to registered and reduced risk insecticides in Ontario. **Journal of the Entomological Society of Ontario**, v.139, p. 41–47. 2008.
- Cornell H.V., Hawkins B.A. Survival patterns and mortality sources of herbivorous insects: some demographic trends. **The American Naturalist**, v.145, p.563-593. 1995.
- Ferguson S. & Pineda O. Putative Polymerase Chain Reaction Markers for Insecticide Resistance in the Leafminer *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) to Cyromazine and Abamectin. **Journal of Economic Entomology**, v.103, n.6, p.2197-2203. 2010.
- Fernández S, Salas A.J. Estudios sobre la biología del perforador del fruto del tomate *Neoleucinodes elegantalis* Guenée (Lepidoptera: Pyraustidae). **Agronomía Tropical**, v.35, p.77-82. 1985.
- Galdino T.V.S., Picanço M.C., Morais E.G.F., Silva N.R., Silva G.A.R., Lopes M.C. Bioassay method for toxicity studies of insecticide formulations to *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917). **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, p.869-877. 2011.
- Gonring A.H.R., Silva E.M., Guedes R.N.C. Picanço M.C. Natural biological control and key mortality factors of *Diaphania hyalinata* (Lepidoptera: Pyralidae) in cucumber. **Biocontrol Science and Technology**, v.13, p.361-366. 2003.
- Harcourt D.G. Design of a sampling plan for studies on the population dynamics of the diamondback moth, *Plutella maculipennis* (Curt.) (Lepidoptera: Plutellidae). **Canadian Entomologist**, v.93, p.820-831. 1961.

- Harcourt, D.G. The development and use of life tables in the study of natural insect populations. **Annual Review of Entomology**, v.17, p.175-196. 1969.
- Hondo T., Koike A., Sugimoto T. Comparison of thermal tolerance of seven native species of parasitoids (Hymenoptera: Eulophidae) as biological control agents against *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) in Japan. **Applied Entomology and Zoology**, v.41, p.73-82. 2006.
- Hopkins G.W. & Memmott J. Seasonality of a tropical leaf-mining moth: Leaf availability versus enemy-free space. **Ecological Entomology**, v.28, p.687-693. 2003.
- Jeyakumar P. Studies on Biology and management of serpentine leaf miner, *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera:Agromyzidae) on cotton. M.Sc (Ag.) Thesis. 1995.
- Kang L., Chen B., Wei J.N., Liu T.X. Roles of thermal adaptation and chemical ecology in *Liriomyza* distribution and control. **Annual Review of Entomology**, v.54, p.127-145. 2009.
- Landis D.A., Wratten S.D., Gurr G.M. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. **Annual Review of Entomology**, v. 45, p. 175-201. 2000.
- Leibee G.L. Influence of temperature on development and fecundity of *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae) on celery. **Environmental Entomology**, v.13, p.497-501. 1984.
- Liu T.X., Kang L., Heinz K.M., Trumble J. Biological control of *Liriomyza* leafminers: CAB reviews progress and perspective. **CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources**, v.4, p.1-16. 2009.
- Lomeli-Flores J.R., Barrera J.F., Bernal, J.S. Impact of natural enemies on coffee leafminer *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) population dynamics in Chiapas, Mexico. **Biological Control**, v.51, p.51-60. 2009.
- Marcano R.V. Estudio de la biología y algunos aspectos del comportamiento del perforador del fruto del tomate *Neoleucinodes elegantalis* (Lepidoptera: Pyralidae) en tomate. **Agronomia Tropical**, v.41, p.257-263. 1991.
- Michereff M.F.F., Vilela E.F., Michereff Filho M., Nery D.M.S., Thiebault J.T. Effects of delayed mating and male mating history on the reproductive potential of *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae). **Agricultural and Forest Entomology**, v.6, p.241-247. 2004.
- 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**, v.8, p.597- 606. 1998.
- Moreno S.C., Carvalho G.A., Picanço M.C., Morais E.G., Pereira R.M. Bioactivity of compounds from *Acmella oleracea* against *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) and selectivity to two non-target species. **Pest Management Science**, v.68, n.3, p.386-93. 2012.

- Morris, R.F. Predictive population equation based on key factors. **Memoirs of the Entomological Society of Canada**, v.32, p.16-21. 1963.
- Moura M.F., Picanço M.C., SILVA E.M., Guedes R.N.C., Pereira J.L. Plano de amostragem do biotipo B de Bemisia tabaci na cultura do pepino. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v.38, n.12, p.1357-1363. 2003.
- Musundire R., Chabi-Olaye A., Salifu D., Krüger K. Host Plant-Related Parasitism and Host Feeding Activities of Diglyphus isaea (Hymenoptera: Eulophidae) on *Liriomyza huidobrensis*, *Liriomyza sativae*, and *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae). **Journal of Economic Entomology**, v.105, n.1, p.161-168. 2012.
- Nadagouda S., Patil B.V., Venkateshalu, Sreenivas A.G. Studies on development of resistance in serpentine leaf miner, *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Agromyzidae: Diptera) to insecticides. **Karnataka Journal of Agricultural Sciences**, v.23, p.56-58. 2010.
- Newton E., Bullock J.M., Hodgson D. Bottom-up effects of glucosinolate variation on aphid colony dynamics in wild cabbage populations. **Ecological Entomology**, v.34, n.5, p.614-623. 2009.
- Parrella M.P., Robb, K.L. Technique for staining eggs of *Liriomyza trifolii* within *Chrysanthemum*, celery and tomato leaves. **Journal of Economic Entomology**, v.75, p.383-384. 1982.
- Parrella M. Biology of *Liriomyza*. **Annual Review of Entomology**, v.32, p. 201-224. 1987.
- Parrella M.P., Bethke, J.A. Biological studies of *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae) on *Chrysanthemum*, aster, and pea. **Journal of Economic Entomology**, v.77, p.342-345. 1984.
- Pereira E.J.G., Picanço M.C., Bacci L., Lucia T.M.C.D., Silva E.M., Fernandes F.L. Natural mortality factors of *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) on *Coffea arabica*. **Biocontrol Science and Technology**, v.17, p.441-455. 2007a.
- Pereira E.J.G., Picanço M.C., Bacci L., Crespo A.L.B., Guedes R.N.C. Seasonal mortality factors of the Coffee leafminer *Leucoptera coffeella*. **Bulletin of Entomological Research**, v.97, p.421-432. 2007b.
- Podoler H., Rogers D.A new method for the identification of key factors from life-table data. **Journal of Animal Ecology**, v.44, p.85-114. 1975.
- Prieto M.A.J. Biology and ecology of the chrysanthemum miner *Liriomyza trifolii* Burgess (Diptera: Agromyzidae) in the Department of Valle del Cauca. **Revista Colombiana de Entomologia**, v.6, p.7-84. 1982.
- Rabinovich J.E. **Ecologia de poblaciones animales**. Washington: OEA. 1978.
- Radziute S., Buda V. Host feeding experience affects host plant odour preference of the polyphagous leafminer *Liriomyza bryoniae*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.146, p.286-292. 2013.

- Reitz S.R., Trumble J.T. Interspecific and intraspecific differences in two *Liriomyza* leafminer species in California. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.102, p.101-113. 2002.
- SAS Institute. The SAS system for Windows, version 9.2. SAS Institute, Cary, NC. 2008.
- Semeao A.A, Martins J.C., Picanco M.C., Bruckner C.H., Bacci L., Rosado J.F. Life tables for the guava psyllid *Triozoida limbata* in southeastern Brazil. **Biocontrol**, v.57, n.6, p.779-788. 2012a.
- Semeão A.A., Martins J.C., Picanço M.C., Chediak M., Silva E.M., Silva G.A. Seasonal variation of natural mortality factors of the guava psyllid *Triozoida limbata*. **Bulletin of Entomological Research**, v.102, p.719-729. 2012b.
- Silva D.J.H., Vale F.X.R. **Tomate: tecnologia e produção**. Viçosa: UFV. 2007.
- Southwood T.R.E., Henderson P. **Ecological methods**. London: Blackwell Science, 2000.
- Ter Braak C.J.F., Šmilauer P. **CANOCO Reference Manual and CanoDraw for Windows User's Guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5)**. Ithaca NY: Microcomputer Power. 2002.
- Varley C.G., Gradwell G.R., Hassell M.P. **Insect population ecology an analytical approach**. Blackwell: Oxford. 1973.
- Walker M. & Jones T.H. Relative roles of top-down and bottom-up forces in terrestrial tritrophic plant-insect herbivore natural enemy systems. **Oikos**, v.93, p.177-187. 2001.
- 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**, v.14, p.713-723. 2004.

CAPÍTULO 2: LIMIARES TÉRMICOS PARA *Liriomyza huidobrensis*

RESUMO – Os elementos climáticos, sobretudo a temperatura do ar, estão entre os principais fatores determinantes da abundância das populações de insetos nos ecossistemas. Nos estudos de impacto da temperatura sobre as populações dos insetos é importante a determinação de limiares térmicos de desenvolvimento da espécie que constituem o ponto inicial para o estabelecimento de modelos de previsão do ataque de pragas às culturas. Nos últimos anos têm-se verificado em diversas partes do mundo surtos populacionais das moscas minadoras em cultivos. Entre estas espécies *Liriomyza huidobrensis* (Blanch.) (Diptera: Agromyzidae) tem se constituído importante praga. Assim, neste capítulo da tese objetivou-se determinar os limiares térmicos para de *L. huidobrensis*. Para tanto, foi estudado o desempenho biológico para *L. huidobrensis* nas temperaturas 17, 22, 28, 30 e 33°C. A temperatura ótima para *L. huidobrensis* foi 28°C. Em temperaturas muito altas a reprodução do inseto foi comprometida já em temperaturas muito baixas seu desenvolvimento e a sobrevivência das larvas foram reduzidos.

Palavras-chave: Mosca minadora, faixa ótima de temperatura, exigências térmicas.

CHAPTER 2: THERMAL THRESHOLDS FOR *Liriomyza huidobrensis*

ABSTRACT - Climatic elements, especially air temperature, are among the main determinants of the abundance of insect populations in ecosystems. In studies of the impact of temperature on populations of insects is important to determine the threshold temperature for development of the species that constitute the starting point for the establishment of predictive models of pest attack crops. In recent years there has been in many parts of the world population of leafminers outbreaks in crops. Among these species *Liriomyza huidobrensis* (Blanch.) (Diptera: Agromyzidae) has constituted an important pest. Thus, in this chapter of the thesis aimed to determine the threshold temperature for *L. huidobrensis*. Therefore, we studied the biological performance of *L. huidobrensis* at the temperatures 17, 22, 28, 30 and 33°C. The optimum temperature for *L. huidobrensis* was 28°C. At very high temperatures the reproduction of the insect has been compromised whereas at very low temperatures their development and survival of larvae were reduced.

Keywords: leafminer, optimum temperature range, thermal requirements.

1. INTRODUÇÃO

Os elementos climáticos estão entre os principais fatores determinantes da abundância das populações de insetos nos ecossistemas. Entre os elementos climáticos geralmente a temperatura do ar é o que mais influencia a abundância desses organismos. Ela afeta a reprodução, sobrevivência, desenvolvimento, crescimento, migração e comportamento dos insetos (Worner 1998, Bale et al. 2002, Hopkins & Memmott 2003, Roy 2003, Ju et al. 2011). Assim, devido a estas mudanças na história de vida dos insetos a temperatura do ar pode influenciar a distribuição sazonal e espacial de suas populações (Cornell & Hawkins 1995).

Como os insetos são organismos pecilotérmicos a sua temperatura corporal varia de acordo com a temperatura do ambiente (Angilletta 2009). Em temperaturas muito baixas ou muito altas os insetos podem ter sua atividade metabólica comprometida o que afeta o seu desempenho biológico (Johnston & Bennett 1996, Roy 2003, Catalán et al. 2012).

Nos estudos do impacto da temperatura sobre as populações de insetos é importante o estabelecimento de modelos térmicos de desenvolvimento das espécies. Estes modelos possibilitam a determinação das temperaturas mínima, máxima e ótima de desenvolvimento das espécies. As temperaturas mínima e máxima de desenvolvimento são aquelas que acima e abaixo das quais o inseto se desenvolve, respectivamente. O intervalo de temperatura entre esses dois extremos é chamado de faixa térmica de desenvolvimento da espécie (Murray 2008). Já na temperatura ótima de desenvolvimento insetos têm o seu melhor desempenho biológico. Cada espécie de inseto possui uma faixa ideal de temperatura para o seu desenvolvimento (Shi et al. 2011).

Os modelos térmicos de desenvolvimento das espécies de insetos praga possuem uma implicação prática muito grande como (i) possibilitarem o entendimento como este elemento climático influencia as espécies e (ii) constituem o ponto inicial para o estabelecimento de modelos de previsão das intensidades de ataque dos insetos praga aos cultivos. Desta forma, é possível se prever épocas e locais de maior intensidade de ataque das pragas aos cultivos e assim planejar a adequada amostragem e adoção de medidas de controle para os insetos-praga (Davis et al. 1996, Estay et al. 2009).

Nos últimos anos têm-se verificado em diversas partes do mundo surtos populacionais das moscas minadoras em cultivos (Chen & Kang 2004, López et al. 2010, Hernández et al. 2011). Entre estas espécies *Liriomyza huidobrensis* (Blanch.) (Diptera: Agromyzidae) tem se constituído importante praga de cultivos de solanáceas, fabáceas, brássicas, malváceas, cucurbitáceas, asteráceas e amarilidáceas (Chen & Kang 2004, López et al. 2010, Hernández et al. 2011). Entre as solanáceas mais atacadas por *L. huidobrensis* está à cultura do tomate (He et al. 2002, Martin et al. 2005, Bueno et al. 2007, Araújo et al. 2013). *L. huidobrensis* é nativa da América do Sul e ela é importante praga agrícola nas Américas, África, Europa, Ásia e Oceania (Reitz & Trumble 2002).

Assim, devido à importância de *L. huidobrensis* como praga e da relevância de estudos de impacto da temperatura sobre suas populações este trabalho teve por objetivo determinar os limiares térmicos para esta mosca minadora.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado em condições de laboratório no Departamento de Entomologia da UFV, Viçosa, Minas Gerais. Os indivíduos de *L. huidobrensis* foram obtidos de criação cuja metodologia está descrita no item 2.2. do primeiro capítulo desta tese.

2.1. Desenvolvimento, sobrevivência e reprodução de *L. huidobrensis*

Na determinação dos limiares térmicos exigidos pela mosca minadora, estudou-se o efeito de cinco temperaturas constantes: 17, 22, 28, 30 e 33°C, sobre a sobrevivência e mortalidade de *L. huidobrensis*. O experimento foi realizado no Laboratório de Manejo Integrado de Pragas em estufas incubadoras (modelo 347 CDG, FANEM) sob temperaturas constantes. Para cada temperatura, utilizaram-se nove folhas de tomate da variedade Santa Clara. Utilizou-se a 6ª folha mais apical da planta. Os pecíolos das folhas foram imersos em água contida em recipientes de vidro 100 mL e transferidas para gaiolas 30 × 30 × 30 cm contendo 20 casais de *L. huidobrensis* de dois dias de idade por 24 horas. Essa metodologia de infestação adaptada de Lima (2008) foi desenvolvida a partir de testes preliminares com diferentes números de casais nas mesmas condições. Depois da infestação as plantas foram retiradas das gaiolas, colocadas sobre bandejas plásticas (47 × 35 cm), e transferidas para as câmaras climatizadas reguladas.

Após a incubação das folhas com as puncturas na BOD, os estádios de desenvolvimento larval de *L. huidobrensis* e a sobrevivência ou mortalidade de ovos, larvas e adultos foram monitorados diariamente.

As avaliações do experimento foram realizadas até a morte de todos os indivíduos originados da coorte. A parcela experimental foi constituída por uma folha. Quando os insetos atingiram a fase de pupa, eles foram pesados usando uma balança eletrônica de precisão de 0,1 mg (modelo Sartorius BP 210 D) de precisão. Para todas as temperaturas, as condições de umidade relativa do ar ($70 \pm 5\%$) e fotoperíodo (12 horas de luz: 12 horas de escuro) foram mantidas constantes dentro da BOD.

A reprodução de *L. huidobrensis* foi avaliada nas mesmas temperaturas em que se avaliou a sobrevivência dos insetos (17, 22, 28, 30 e 33°C). No início do experimento, os adultos emergidos em cada temperatura foram separados em grupos de 20 casais em gaiolas de madeira (30 x 30 x 30 cm) contendo folhas de tomate. Os adultos foram alimentados com o auxílio de um algodão, fixado na parte superior das gaiolas, umedecido em solução de mel a 10% (Xu et al. 2004) e submetidos novamente às BOD sob as mesmas condições de temperaturas.

As gaiolas foram avaliadas diariamente para verificação de mortalidade e postura das fêmeas. Durante todo o período reprodutivo, as puncturas foram contadas e as folhas foram removidas e substituídas por outras novas. Este procedimento continuou até a morte de todos os adultos na gaiola.

Após a coleta dos dados do desenvolvimento de *L. huidobrensis*, foram determinadas: o período de pré-oviposição (dias); período de oviposição (dias); taxa de eclosão de ovos (%); período de incubação dos ovos (dias); duração do estágio de larvas (dias); sobrevivência do estágio larval (dias); a longevidade dos adultos (dias) e a massa corporal de pupas (mg).

Os dados de desenvolvimento da *L. huidobrensis* em cada temperatura foram submetidos à análise de regressão, utilizando-se o programa Table Curve 2D versão 5.01 (Systat Software, Inc., Richmond, CA, 2002), para

determinação da temperatura ótima de desenvolvimento do inseto. Os critérios de seleção do modelo de regressão utilizados foram: a menor complexidade do modelo dentre aqueles que foram significativos a $P < 0,05$ e melhor explicação biológica dos dados.

3. RESULTADOS

O período de incubação dos ovos (Figura 1A), a duração do estágio larval (Figura 1B), os períodos de pré-oviposição e oviposição (Figuras 2A e 2B), e a longevidade dos adultos (Figura 2C) de *L. huidobrensis* diminuíram em função do aumento da temperatura do ar até 33°C.

A curva da taxa de eclosão de ovos da *L. huidobrensis* em função da temperatura do ar apresentou ponto de máximo na temperatura de 22°C (Figura 3A). A curva de sobrevivência de larvas da *L. huidobrensis* em função da temperatura do ar apresentou ponto de máximo na temperatura de 28°C (Figura 3B). A curva de massa corporal das pupas da *L. huidobrensis* em função da temperatura do ar apresentou platô na faixa de 25 a 28°C (Figura 3C).

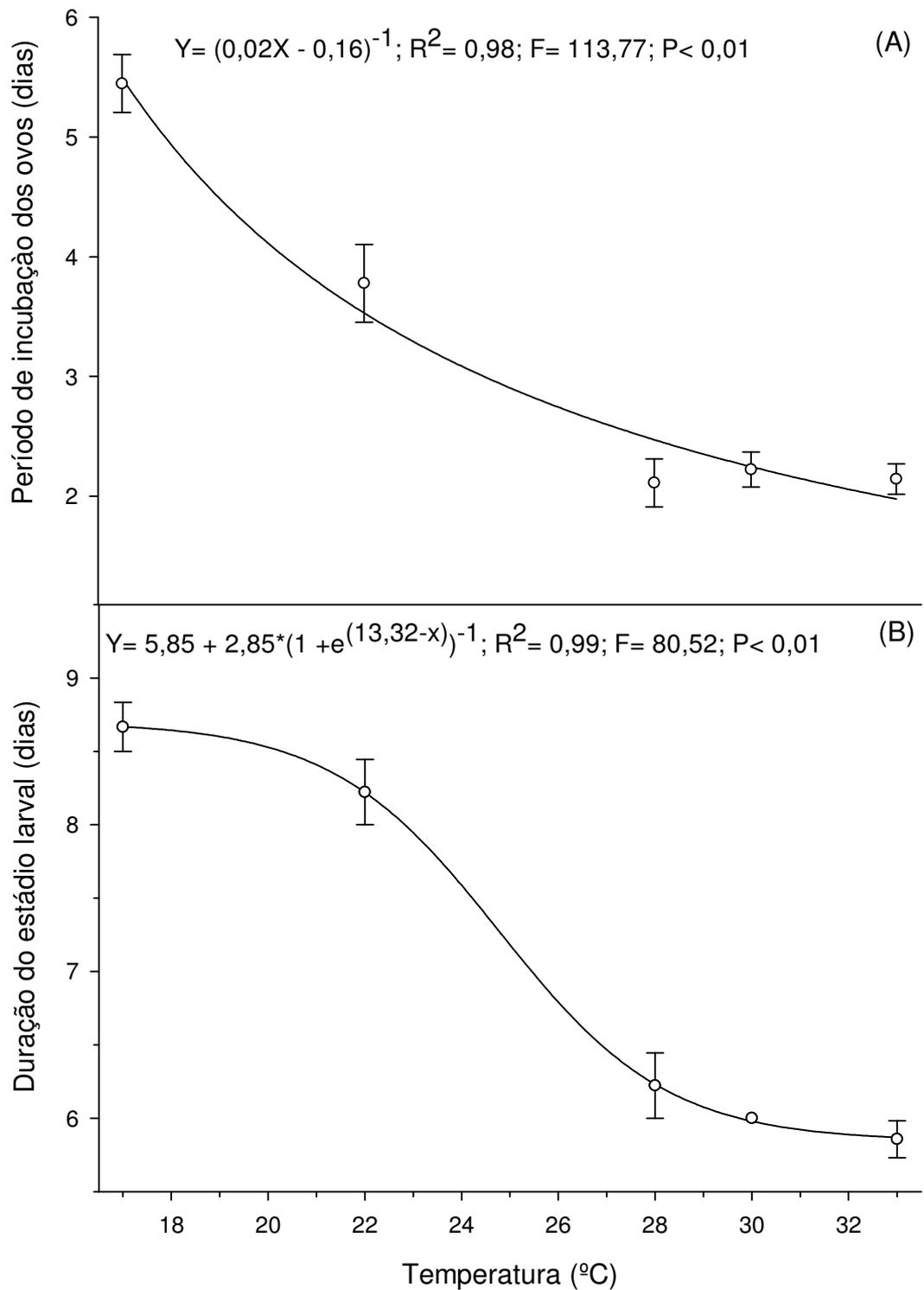


Figura 1. (A) Período de incubação dos ovos e (B) duração do estágio larval de *L. huidobrensis* em função da temperatura do ar. Os segmentos de reta verticais representam os erros padrões.

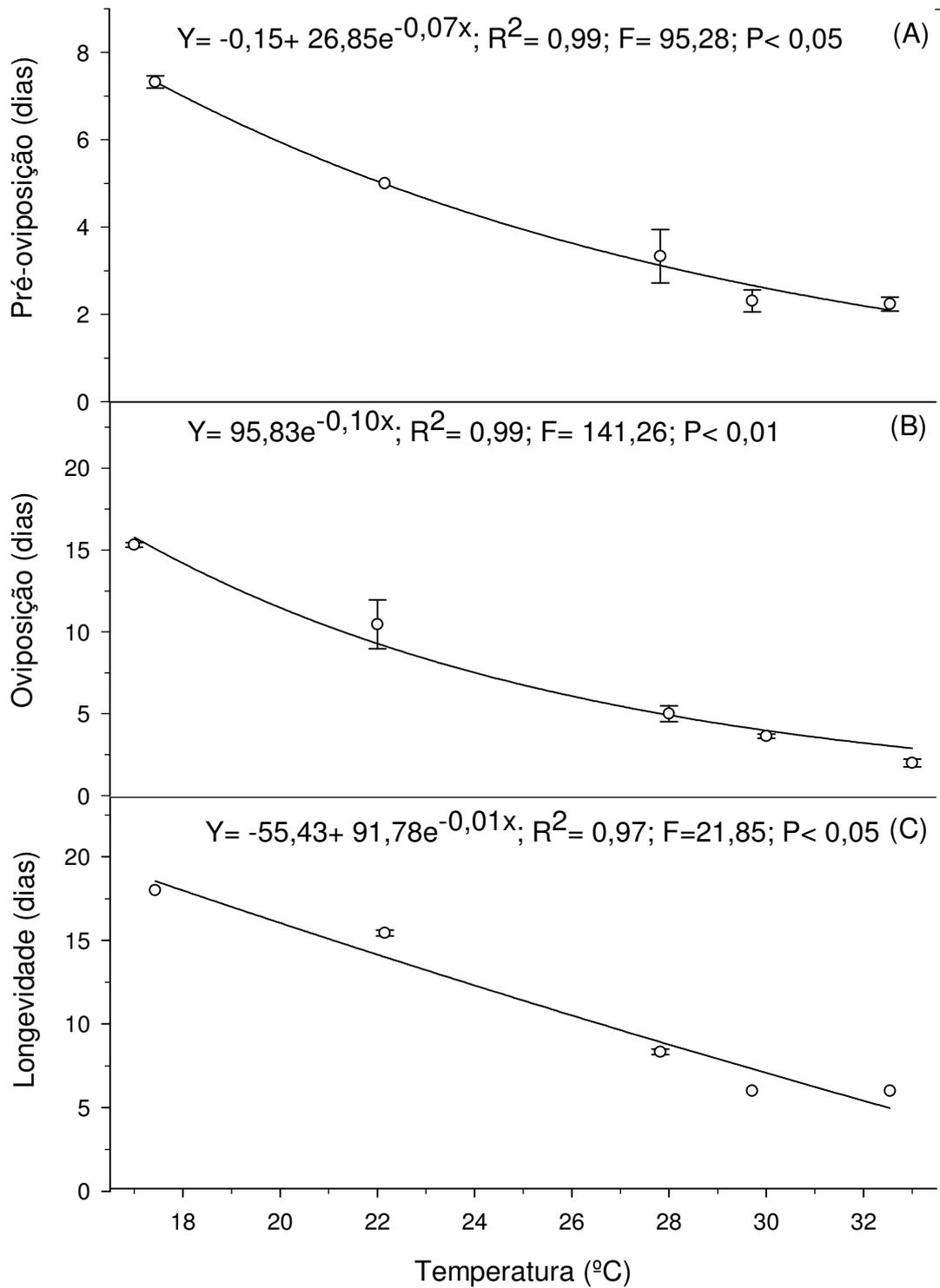


Figura 2. Períodos de (A) pré-oviposição e (B) oviposição e (C) longevidade de adultos de *L. huidobrensis* em função da temperatura do ar. Os segmentos de reta verticais representam os erros padrões.

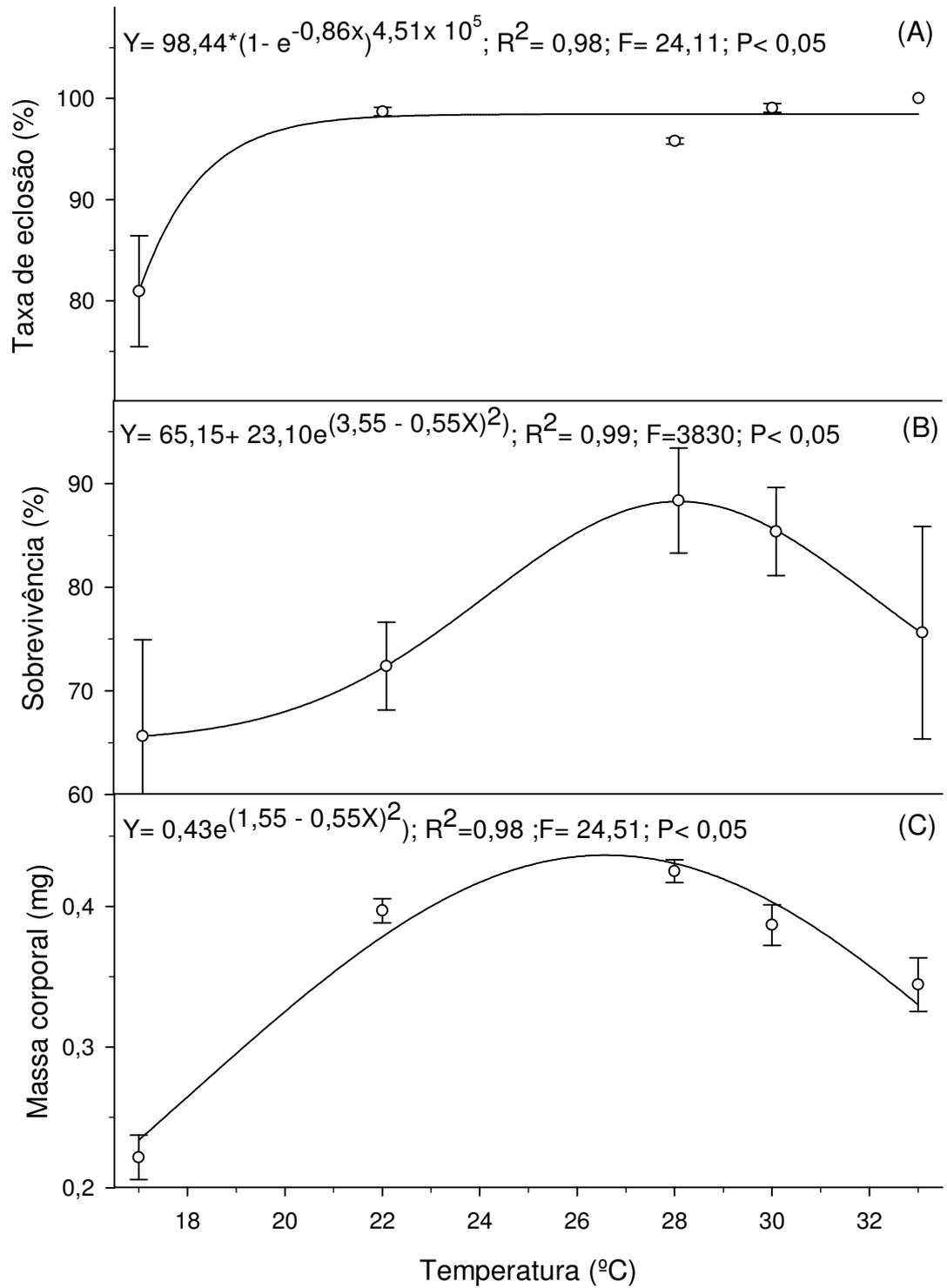


Figura 3. (A) Taxa de eclosão dos ovos, (B) sobrevivência larval e (C) massa corporal de pupas de *L. huidobrensis* em função da temperatura do ar. Os segmentos de reta verticais representam os erros padrões.

4. DISCUSSÃO

A temperatura do ar influencia grandemente o desenvolvimento dos insetos (Shi et al. 2011). Apesar da temperatura do ar variar durante as horas do dia e entre os dias num determinado período, as pesquisas realizadas com temperaturas constantes são essenciais para entender influência deste elemento climático na dinâmica populacional dos insetos-praga (Chow 2002, Haghani et al. 2007). Além disso, com estudos sobre requerimentos térmicos exigidos pelos insetos, podem-se determinar modelos de previsão de ocorrência de várias espécies de pragas (Kang et al. 2009).

A diminuição da duração dos estádios do ciclo de vida da *L. huidobrensis* em função do aumento da temperatura do ar até 33°C indica que o desenvolvimento desse inseto poderia ser mais acelerado em locais de cultivos onde as temperaturas são mais elevadas. Portanto, é de se esperar que em regiões mais quentes como no Cerrado brasileiro e no sertão do nordeste, o ciclo de vida da *L. huidobrensis* seja mais rápido.

Em regiões e épocas muito quentes a reprodução limita as populações da *L. huidobrensis*. A temperatura ótima pra a sobrevivência de larvas da *L. huidobrensis* foi elevada, isto é 28°C. O crescimento desse inseto também é favorecido por temperaturas mais elevadas o que pode ser verificado nas temperaturas entre 25 a 28°C em que a massa corporal de pupas de *L. huidobrensis* foi maior.

Foi verificado neste trabalho que os diferentes estádios do ciclo de vida da *L. huidobrensis* têm diferentes exigências térmicas. Neste sentido, a reprodução e a taxa de eclosão dos ovos da *L. huidobrensis* são favorecidas por temperaturas amenas. Por outro lado, o desenvolvimento do inseto em

todos os estádios e a sobrevivência de larvas são favorecidos por temperaturas mais elevadas, sobretudo quando elas estão em torno de 28°C. Portanto, a ocorrência de períodos de temperaturas amenas intercalados com outros de temperatura elevadas deverão ser altamente favoráveis ao aumento das populações da *L. huidobrensis*. Tal fato ocorre em muitas regiões produtoras de tomate, sobretudo entre o inverno e primavera época esta que os agricultores devem ficar atentos para a ocorrência dessa praga nos cultivos.

O fato dos estádios do ciclo de vida da *L. huidobrensis* terem diferentes exigências térmicas tem implicações no planejamento das táticas a serem usadas no manejo desta praga. Assim, em épocas e locais de temperatura amena deve-se voltar à atenção para o controle de adultos já que estes são favorecidos por temperaturas mais amenas. Entre as práticas que podem ser usadas neste sentido está o emprego de armadilhas adesivas amarelas para a captura de adultos (López et al. 2010) e uso de inseticidas com ação adulticida como os organofosforados e piretróides (Ferguson 2004, Hernández et al. 2011). Já em épocas e locais quentes deve-se voltar à atenção para o controle de larvas já que elas são favorecidas por temperaturas mais elevadas. Entre as práticas que podem ser usadas neste sentido está o uso de inseticidas larvicidas como avermectinas, espinosinas e triazinas (Mujica et al. 2000, Civelek & Weintraub 2003) e parasitóides larvais (Liu et al. 2009). Outra prática importante no controle das larvas da mosca minadora é adição de óleo na calda inseticida para aumentar a taxa de penetração do inseticida no interior das minas onde se encontram suas larvas (Guedes et al. 1995, Picanço et al. 1998).

Se considerarmos o desempenho biológico total da *L. huidobrensis* pode-se inferir que a temperatura ótima para esta mosca minadora foi de 28°C. Em temperaturas muito altas a reprodução do inseto foi comprometida já em temperaturas muito baixas seu desenvolvimento e a sobrevivência das larvas são reduzidos. Se examinarmos a ocorrência de temperaturas nesta faixa térmica nas regiões agrícolas produtoras em regiões tropicais e subtropicais elas ocorrem entre o outono e inverno e entre o inverno e a primavera.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Angilletta J.M. **Thermal adaptation: a theoretical and empirical synthesis.** Oxford University: Oxford. 2009.

Araújo E.L., Nogueira C.H.F., Menezes Netto A.C., Bezerra C.E.S. Biological aspects of the leafminer *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) on melon (*Cucumis melo* L.). **Ciência Rural**, v.43, p.579-582. 2013.

Bale J.S., Masters G.J., Hodkinson I.D., Awmack C., Bezemer T.M., Brown V.K., Butterfield J., Buse A., Coulson J.C., Farra J., Good J.E.G., R. Harrington, Hartley S., Jones T.H., Lindroth R.L., Press M.C., Symrnioudis I., Watt A.D., Whittaker J.B. Herbivory in global climate change research: direct effects of rising temperatures on insect herbivores. **Global Change Biology**, v.8, p.1-16. 2002.

Bueno A.F., Zechmann B., Hoback W.W., Bueno R.C.O.F., Fernandes O.A. Serpentine leafminer (*Liriomyza trifolii*) on potato (*Solanum tuberosum*): field observations and plant photosynthetic responses to injury. **Ciência Rural**, v.37, p.1510-1517. 2007.

Catalán T.P., Wozniak A., Niemeyer H.M., Kalergis A.M., Bozinovic F. Interplay between thermal and immune ecology: Effect of environmental temperature on insect immune response and energetic costs after an immune challenge. **Journal of Insect Physiology**, v.58, p.310-317. 2012.

Chen B., Kang L. Variation in cold hardiness of *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae) along latitudinal gradients. **Environmental Entomology**, v.33, p.155-164. 2004.

Chown S.L. Respiratory water loss in insects. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A**, v.133, p.791-804. 2002.

Civelek P.G., Weintraub P.G. Effects of bensultap on larval serpentine leafminers, *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae), in tomatoes. **Crop Protection**, v.22, p.479-483. 2003.

- Cornell H.V., Hawkins B.A. Survival patterns and mortality sources of herbivorous insects: some demographic trends. **The American Naturalist**, v.145, p.563- 593. 1995.
- Davis P.M., Brenes N., Allee L.L. Temperature dependent models to predict regional differences in corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) phenology. **Environmental Entomology**, v.25, p.767-775. 1996.
- Estay S.A., Lima, M., Labra F.A. Predicting insect pest status under climate change scenarios: combining experimental data and population dynamics modelling. **Journal of Applied Entomology**, v.133, p.491-499. 2009.
- Ferguson S.J. Development and stability of insecticide resistance in the leafminer *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) to cyromazine, abamectin, and spinosad. **Journal of Economic Entomology**, v.97, p.112-119. 2004.
- Galdino T.V.S., Picanço M.C., Morais E.G.F., Silva N.R., Silva G.A.R., Lopes M.C. Bioassay method for toxicity studies of insecticide formulations to *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917). **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, p.869-877. 2011.
- Guedes R.N.C., Picanço M.C., Guedes N.M.P., Madeira N.R. Sinergismo do óleo mineral sobre a toxicidade de inseticidas para *Scrobipalpus absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, p.313-318. 1995.
- Haghani M., Fathipour Y., Talebi A.A., Baniameri, V. Temperature-dependent development of *Diglyphus isaea* (Hymenoptera: Eulophidae) on *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) on cucumber. **Journal of Pest Science**, v.80, p.71-77. 2007.
- He L., Zhang Y., Xiao N., Wei J., Kuang R. *Liriomyza huidobrensis* in Yunnan, China: Current distribution and genetic structure of a recently established population. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.102, p.213-219. 2002.
- Hernández R., Harris M., Liu T.X. Impact of insecticides on parasitoids of the leafminer, *Liriomyza trifolii*, in pepper in south Texas. **Journal of Insect Science**, v.11, n.61. 2011.
- Hernández R., Harris M., Liu T.X. Impact of insecticides on parasitoids of the leafminer, *Liriomyza trifolii*, in pepper in South Texas. **Journal of Insect Science**, v.11, p.1-14. 2011.
- Hopkins G.W., Memmott J. Seasonality of a tropical leaf-mining moth: leaf availability versus enemy-free space. **Ecological Entomology**, v.28, p.687-693. 2003.
- Johnston I.A., Bennett A.F. **Animals and temperature: phenotypic and evolutionary adaptation**. Cambridge: Cambridge University. 1996.
- Ju R.T., Wang, F., Li B. Effects of temperature on the development and population growth of the sycamore lace bug, *Corythucha ciliata*. **Journal of Insect Science**, v.11, 2011.

Kang L., Chen B., Wei J.N., Liu T.X. Roles of Thermal Adaptation and Chemical Ecology in *Liriomyza* Distribution and Control. **Annual Review of Entomology**, v.54, p.127-45. 2009.

Lima M.A.A. Biologia da mosca minadora *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae), criada em meloeiro, *Cucumis melo* L., em diferentes temperaturas. Tese (Mestrado em Entomologia)- Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2008. 54p.

Liu T.X., Kang L., Heinz K.M., Trumble J. Biological control of *Liriomyza* leafminers: progress and perspective. **CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources**, v.4, n.4. 2009.

López R., Carmona D., Vincini A.M., Monterubbianesi, G., Caldiz, D. Population dynamics and damage caused by the leafminer *Liriomyza huidobrensis* Blanchard (Diptera: Agromyzidae), on seven potato processing varieties grown in temperate environment. **Neotropical Entomology**, v.39, p.108-114. 2010.

Martin A.D., Hallett R.H., Sears M.K., McDonald M.R. Overwintering ability of *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard) (Diptera: Agromyzidae) in Southern Ontario, Canada. **Environmental Entomology**, v.34, p.743-747. 2005.

Mujica N., Pravatiner M., Cisneros F. Effectiveness of abamectin and plant - oil mixtures on eggs and larvae of the leafminer fly, *Liriomyza huidobrensis* Blanchard. CIP Program Report, p.161-166. 2000.

Murray M.S. **Using degree days to time treatments for insect pests**. Logan: Utah State University. 2008.

Picanço M., Leite G.L.D., Guedes R.N.C., Silva E.A. Yield loss in trellised tomato affected by insecticidal sprays and plant spacing. **Crop Protection**, v.17, p.447-452. 1998.

Roy M., Brodeur J., Cloutier C. Effect of temperature on intrinsic rates of natural increase (rm) of a coccinellid and its spider mite prey. **BioControl**, v.48, p.57-72. 2003.

Shi P., Ge F., Sun Y., Chen C. A simple model for describing the effect of temperature on insect developmental rate. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v.14, p.15-20. 2011.

Systat Software Inc. Table Curve 2D, version 5.01. Systat Software Inc., San Jose, CA. 2002.

Worner S.P. Ecoclimatic assessment of potential establishment of exotic pests. **Journal of Economic Entomology**, v.81, p.973-983. 1998.

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**, v.14, p.713-723. 2004.

CONCLUSÕES GERAIS

A mortalidade da *Liriomyza huidobrensis* varia entre as estações do ano, porém os agentes de controle da praga são os mesmos nas diversas estações. O estágio que regula o tamanho da população de *L. huidobrensis* nas diversas estações é o pupal. Os fatores reguladores da população da *L. huidobrensis* nas diversas estações são formigas predadoras (*Camponotus* sp. e *Solenopsis* sp.) e distúrbios fisiológicos na muda no estágio de pupa. A temperatura ótima para *L. huidobrensis* é 28°C. Em temperaturas muito altas a reprodução da mosca minadora é comprometida. Já em temperaturas muito baixas seu desenvolvimento e a sobrevivência de suas larvas são reduzidos.