FLÁVIA MARIA ALVES

AMOSTRAGEM CONVENCIONAL E NÍVEIS DE CONTROLE DE MINADORES EM *Solanum tuberosum*

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa *Campus* Rio Paranaíba, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

RIO PARANAÍBA
MINAS GERAIS – BRASIL
2015

FLÁVIA MARIA ALVES

AMOSTRAGEM CONVENCIONAL E NÍVEIS DE CONTROLE DE MINADORES EM *Solanum tuberosum*

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa *Campus* Rio Paranaíba, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 20 de fevereiro de 2015.

_____	_____
Carine Rezende Cardoso	Vanessa Andaló Mendes de Carvalho
_____	_____
Alfredo Henrique Rocha Gonring (Coorientador)	Leonardo Angelo de Aquino (Coorientador)

1

_____

Prof. Dr. Flávio Lemes Fernandes
(Orientador)

A Deus e Nossa Senhora

Aos meus pais Manoel e Diva

Aos meus irmãos Gervando, Geomar, Gislene e Luciene

Aos meus sobrinhos

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre me conceder sabedoria nas escolhas dos melhores caminhos, coragem para acreditar, força para não desistir e proteção para me amparar. Agradeço também à Nossa Senhora, que sempre está olhando por mim e intercedendo a meu favor.

Aos meus pais Manoel e Diva, por desejarem sempre o melhor para mim, pelo esforço que fizeram para que eu pudesse superar cada obstáculo em meu caminho, pelo amor que me mostrou a direção correta e me ensinou a ter fé na vida.

Aos meus irmãos Gervando, Geomar, Gislene e Luciene pelo amor, confiança e motivação incondicional.

Aos meus cunhados Cláudia, Daniela e André, pelo apoio.

Aos meus sobrinhos, Larissa, Luís Phellippe, Gustavo, João Victor, Gabriela, Andressa e Davi, que sempre me impulsiona em direção às vitórias dos meus desafios.

À Universidade Federal de Viçosa – Campus Rio Paranaíba (UFV-CRP) e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal, pela oportunidade de realização do curso de Mestrado e pela contribuição à minha formação acadêmica.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo.

Aos professores da UFV-CRP, pelos valiosos ensinamentos.

Ao meu orientador Professor Dr. Flávio Lemes Fernandes, por sempre ter acreditado e depositado sua confiança em mim ao longo de todos esses anos de trabalho que se iniciaram ainda na graduação. Só tenho a agradecer aos seus ensinamentos (pessoais e acadêmicos), orientações, palavras de incentivo, puxões de orelha, paciência e dedicação. Tenho orgulho em dizer que um dia fui sua orientada.

Aos meus co-orientadores Alfredo e Prof. Leonardo, pela ajuda e orientações. Aos membros da banca Carine e Profª. Vanessa, pelas contribuições.

Aos colegas do Laboratório de Manejo Integrado de Pragas da UFV-CRP, Jésica Gorri, Ítalo, Layane, Luan, Renata, Ricardo e Paulo, pela ajuda e companheirismo.

À Profª. Drª. Maria Elisa de Sena Fernandes e a Vitória, pela amizade.

As minhas colegas de república, Arícia, Fernanda, Kellem, Mariana e Valesca, que sempre tiveram ao me lado, torcendo por mim.

Aos meus amigos Geraldo, Marília, Jéssica Guimarães, Juliana Medina, Juno e Vinícius, pela força, mesmo quando a distância e a ausência foram obstáculos para o convívio.

Aos meus amigos Amanda, Ane Gabrielle, Luiz Otávio, Wellington e aos demais colegas do curso de Mestrado, pelo apoio.

Ao Padre Wesley, Pastoral Universitária, Priscila Aquino e minha irmã de coração Laiene, pelo incentivo e conselhos.

A todos, que de alguma forma, contribuíram para essa conquista.

BIOGRAFIA

Flávia Maria Alves, filha de Manoel Alves Valentim e Diva Dorvalina da Silva, nasceu em Patos de Minas, Minas Gerais, em 24 de março de 1991.

Em dezembro de 2008, concluiu o Segundo Grau no Colégio Nossa Senhora das Graças e em 2009 ingressou no curso de Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa – Campus Rio Paranaíba (UFV-CRP). Em Março de 2010, começou suas atividades no Grupo de Pesquisa em Manejo Integrado de Pragas (GPMIP), o qual ainda desenvolve vários trabalhos com manejo integrado pragas de hortaliças e grandes culturas. No ano de 2010 foi selecionada para o Programa de Bolsas Institucionais de Pesquisa – PIBIC/CNPq, com o projeto de ANÁLISE MULTIVARIADA DOS GANHOS DE SELEÇÃO NO MELHORAMENTO GENÉTICO DO TOMATEIRO PARA ALTO PARANAÍBA, sendo orientada pelo Professor Dr. Carlos Eduardo Magalhães dos Santos. No ano de 2011 foi selecionada novamente para o Programa de Bolsas Institucionais de Pesquisa – PIBIC/CNPq, com o projeto de PROGRAMA DE MANEJO DA RESISTÊNCIA DE *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) A INSETICIDAS EM CAFEEIROS NO BRASIL, sendo orientada pelo Professor Dr. Flávio Lemes Fernandes. No semestre de 2012-II desempenhou atividades de monitoria voluntária, nível I, da disciplina AGR 146 – Entomologia, no Instituto de Ciências Agrárias, da Universidade Federal de Viçosa – Campus Rio Paranaíba. Em setembro de 2013, graduou-se Engenheira Agrônoma e em agosto de 2013 iniciou o curso de Mestrado Acadêmico em Agronomia – Produção Vegetal na UFV-CRP, submetendo-se a defesa em 20 de fevereiro de 2015.

ÍNDICE

RESUMO vii
ABSTRACT viii
INTRODUÇÃO GERAL 1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 3
CAPÍTULO I - A SAMPLING PLAN FOR *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae) ON A POTATO (*Solanum tuberosum*) PLANTATION 7
ABSTRACT 7
1. INTRODUCTION 8
2. MATERIAL AND METHODS 10
2.1. *Liriomyza huidobrensis* sampling unit selection 10
2.2. Sampling plan determination 12
2.3. Determination of the frequency distribution standard 12
3. RESULTS 15
4. DISCUSSION 22
5. REFERENCES 25
CAPÍTULO II - AMOSTRAGEM CONVENCIONAL DE MINAS DE *Phthorimaea operculella* (Zell) (Lepidoptera: Gelechiidae) EM *Solanum tuberosum* 31
RESUMO. 31
ABSTRACT 32
1. INTRODUÇÃO 34
2. MATERIAL E MÉTODOS 34
2.1. Local 34
2.2. Unidade amostral de *P. operculella* 34
2.3. Modelo de distribuição de frequência 35
2.4. Número de amostras 40
2.5. Nível de precisão 40
3. RESULTADOS 40
4. DISCUSSÃO 46
5. CONCLUSÃO 48
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 48
CAPÍTULO III - NÍVEIS DE DANO ECONÔMICO E DE CONTROLE PARA O MANEJO DE *Liriomyza huidobrensis* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae) E *Phthorimaea operculella* (Zell) (Lepidoptera: Gelechiidae) EM *Solanum tuberosum* 53
RESUMO 53
ABSTRACT 54
1. INTRODUÇÃO 55
2. MATERIAL E MÉTODOS 56
2.1. Nível de dano econômico e controle (NDE e NC) 57
2.1.1. Custo de controle (CC) e Custo de três aplicações (CTA) 57
2.1.2. Valor da produção (V) 58
2.1.3. Unidade de injúria e o dano (I e D) 58
2.1.4. Coeficiente de eficiência de controle (K) 58
3. RESULTADOS 59
4. DISCUSSÃO 64
5. CONCLUSÃO 65
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 66
CONCLUSÕES GERAIS 71
RECOMENDAÇÃO DE USO 71

RESUMO

ALVES, Flávia Maria, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2015. **Amostragem convencional e níveis de controle de minadores em *Solanum tuberosum*.** Orientador: Flávio Lemes Fernandes. Coorientadores: Alfredo Henrique Rocha Gonring e Leonardo Angelo de Aquino.

Dentre os insetos-praga, *Liriomyza huidobrensis* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae) e *Phthorimaea operculella* (Zell) (Lepidoptera: Gelechiidae) causam sérios prejuízos a *Solanum tuberosum*. No entanto, não existe um sistema de tomada de decisão para o controle destes minadores. Assim, objetivou-se com este trabalho determinar unidade amostral, número de amostras e os níveis de dano econômico e de controle para *L. huidobrensis* e *P. operculella* na cultura da batata. O experimento foi conduzido em lavouras de batata da variedade Ágata na região do Alto Paranaíba, Minas Gerais. Avaliou-se o número de minas em cada folha da planta para determinar a unidade amostral. Calcularam-se as variâncias relativas das unidades amostrais. Posteriormente, determinou-se o número de amostras, nível de dano econômico (NDE) e de controle (NC). Portanto, a unidade amostral que melhor representa a variabilidade e o número total de minas foi a folha 6, 7 e 8 para *L. huidobrensis* e *P. operculella*, respectivamente. O número de amostras necessárias para a amostragem destas pragas foi 1 amostra/ha. O NDE (NC) para o manejo de mosca minadora e traça-da-batata foi de 0,07 (0,05).

Palavras-chave: Índices de tomada de decisão, *Liriomyza huidobrensis*, número de amostras, *Phthorimaea operculella*.

ABSTRACT

ALVES, Flávia Maria, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, february de 2015. **Conventional sampling and miners control levels in *Solanum tuberosum*.** Adviser: Flávio Lemes Fernandes. Co-advisers: Alfredo Henrique Rocha Gonring and Leonardo Angelo de Aquino.

Among the insect pests, *Liriomyza huidobrensis* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae) and *Phthorimaea operculella* (Zell) (Lepidoptera: Gelechiidae) cause serious damage to *Solanum tuberosum*. However, there is no decision-making system for the control of these leafminers. Thus, the aim of this study was to determine sampling unit, number of samples and the economic injury level and threshold for *L. huidobrensis* and *P. operculella* of potato. The experiment was conducted in potato crops Agata variety in the Alto Paranaíba region, Minas Gerais. We evaluated the number of mines in each leaf of the plant to determine the sampling unit. Calculated the variances for the sample units. Subsequently, we determined the number of samples, economic injury level (EIL) and threshold (TL). Therefore, the sample unit that best represents the variability and the total number of mines was the leaf 6, 7 and 8 to *L. huidobrensis* and *P. operculella*, respectively. The number of samples required for sampling of these pests sample was 1 / ha. The EIL (TL) for the management of leafminer and moth potato was 0.07 (0.05).

Keywords: Decision-making indices, *Liriomyza huidobrensis*, number of samples, *Phthorimaea operculella***.**

INTRODUÇÃO GERAL

Solanum tuberosum L., conhecida como batata inglesa e nativa da Cordilheira dos Andes, é uma solanácea de cultivo anual (Filgueira, 2008). Instituída como o quarto alimento mais consumido no mundo, a produção mundial de batata aproxima-se de 367,8 milhões de toneladas (CIP, 2012). China, Rússia, Índia, Estados Unidos e Ucrânia contribuem com 54,7% da produção mundial. No Brasil, a área anual cultivada é próximo de 128.432 hectares e a produção brasileira atinge 3,6 milhões de toneladas, valor este que corresponde a cerca de 1% de produção mundial (FAO, 2013). A região Sudeste é a principal produtora com 52,5% desta produção, seguida pelas regiões Sul com 32,2%, Nordeste com 8,5% e Centro-Oeste com 6,7% (IBGE, 2013).

A produtividade da batata é comprometida por inúmeros fatores, entre os quais, as doenças e os insetos-praga são os mais importantes causadores na redução da produção. Dentre as pragas, a mosca minadora *Liriomyza huidobrensis* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae) e a traça-da-batata *Phthorimaea operculella* (Zell) (Lepidoptera: Gelechiidae) (minadoras) são consideradas pragas de grande importância devido aos sérios prejuízos causados (Herman et al., 2005; Rondon, 2010; Mujica & Kroschel, 2013). As larvas de *L. huidobrensis* e as lagartas de *P. operculella* confeccionam minas, as quais resultam na destruição do mesofilo foliar; além disso, *P. operculella* pode também broquear o tubérculo. Essas injúrias podem servir de porta de entrada para patógenos.

Os adultos de *P. operculella* são pequenas mariposas (aproximadamente 0,94 cm de comprimento) com uma envergadura de aproximadamente 1,27 cm. As asas anteriores são de cor cinza, mais escuras do que as posteriores e com manchas pretas irregulares (Chauhan & Verma, 1991; Rondon & Xue, 2010; Rondon, 2010). As fêmeas podem ovipositar, em média 290 ovos, tanto nas folhas como nas brotações e tubérculos, no campo, ou em batata armazenada (Rondon, 2010). As larvas emergem após 8 dias após oviposição, penetrando imediatamente na película e na polpa do tubérculo. Após a eclosão, as larvas penetram nas folhas e tubérculos expostos, onde formam galerias nas folhas e superficiais sob a "película", com perfurações, depreciando-os comercialmente tanto para consumo como para batata-semente (Rondon, 2010). As larvas também podem penetrar através de fissuras no solo e atacarem os tubérculos. Quando completam o seu desenvolvimento larval (15 a 20

dias), estas abandonam as galerias para empupar no solo (Rondon, 2010). A duração do estado de pupa é de 10 a 30 dias, dependendo das condições climáticas. Em locais mais quentes, como nos armazéns, o ciclo repete-se durante o inverno. Em condições mais frias, como no campo, a traça fica na forma de pupa (Rondon, 2010).

Os adultos de *L. huidobrensis* apresentam coloração escura, com manchas laterais amareladas e medem de 1,5 a 2 mm de comprimento. As fêmeas ovipositam endofiticamente na face inferior da folha, por punções, depositando um ovo por punção. Após 2 a 7 dias, eclode uma larva cilíndrica e branca, que penetra no tecido da folha e inicia sua alimentação, formando uma mina. Terminada a fase larval (4 a 17 dias), estas transformam em pupa no solo ou na face inferior foliar (Bográn, 2005). O ciclo completo varia de 21 a 28 dias. Em condições climáticas favoráveis (temperaturas 20-30 °C), seu ciclo se reduz (Bográn, 2005).

A alta capacidade de injúria dessas pragas aliada à exigência do mercado consumidor, que não aceita injúrias nos tubérculos, determinam o elevado número de aplicações de inseticidas na cultura da batata. Isso aumenta o custo de produção e pode causar prejuízos ao ambiente e ao homem (Leite, 2004; Zambolim et al., 2011; Rigueira et al., 2013). No entanto, estes problemas podem ser reduzidos através da adoção do sistema de Manejo Integrado de Pragas (MIP). Esse auxílio aos agricultores a tomarem a decisão de controle com menor custo e obtendo maior benefício. Neste sistema o inseto é considerado praga quando ocasiona danos econômicos (Higley & Pedigo, 1993; Pedigo & Rice, 2009; Timprasert et al., 2014).

De acordo com o MIP o momento ideal para realizar o controle químico é determinado pelo nível de dano econômico e de controle (Pedigo & Rice, 2009). O nível de dano econômico é determinado como a densidade de pragas na qual a perda provocada pela praga se iguala em valor ao custo das medidas de controle disponíveis (Higley & Pedigo 1997; Gullan & Cranston, 2012). O nível de controle é a intensidade de ataque da praga que se deve iniciar uma ação de controle de modo a evitar que esta densidade venha no futuro atingir o nível de dano econômico (Stern et al., 1959).

Para a estimativa das densidades populacionais de insetos e posterior comparação com os níveis de tomada de decisão é necessário o estabelecimento de um plano de amostragem (Higley & Pedigo, 1993; Leake, 2000; Gusmão et al., 2005). Um tipo de plano de amostragem é o convencional, composto de sistema amostral e de número fixo de unidades amostrais a uma precisão estabelecida

previamente (Bliss & Owens, 1958; Pedigo & Rice, 2009; Gusmão et al., 2005; Rosado et al., 2014). Na determinação do plano de amostragem convencional é necessário definir a distribuição de frequência dos dados (Young & Young, 2002). Com a identificação da distribuição de frequência dos dados amostrais é possível obter uma aplicabilidade na escolha do método ideal ao desenvolvimento de planos amostrais (Binns et al., 2000).

No entanto, a amostragem utilizada para o controle químico de *L. huidobrensis* e *P. operculella* em *S. tuberosum* é uma adaptação de amostragem de outras culturas agrícolas, como por exemplo, a da cultura do tomate, que é uma cultura com ciclo, estádio fenológico e arquitetura totalmente distinta da batateira (Levins et al.,1975; Johnson et al., 1980; Pohronezny et al., 1986; Yudin et al., 1987; Gilboa & Podoler, 1995). Portanto, a determinação da distribuição dos insetos e amostragem na cultura da batata se faz necessário para adoção do MIP nesta cultura. Desta forma, objetivou-se com este trabalho determinar um plano de amostragem e nível de controle para tomada de decisão no manejo dos minadores na cultura da batata. O trabalho foi dividido em três capítulos. Nos dois primeiros foi proposto um plano de amostragem para *L. huidobrensis* e *P. operculella* em *S. tuberosum* e o terceiro capítulo aborda o nível de dano econômico e de controle para o manejo de *L. huidobrensis* e *P. operculella* na cultura da batata.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BINNS, M.R.; NYROP, J.P.; WERF, W.V.D. **Sampling and monitoring in crop protection: the theorical basis for developing practical decision guides**. New York: CABI Publishing, 2000. 654 p.

BLISS, C.L.; OWENS, A.R.G. Negative binomial distributions with a commom k. **Biometrika**, v. 45, p. 37-58, 1958.

BOGRÁN, C.E. **Biology and management of *Liriomyza* leafminers in greenhouse ornamental crops**. Disponível em <https://insects.tamu.edu/extension/publications/epubs/eee_00030.cfm>. Acesso em 20 de agosto de 2014.

CHAUHAN, U.; VERMA, L.R. Biology of potato tuber moth *Phthorimaea operculella* Zeller with special reference to pupal eye pigmentation and adult sexual dimorphism. **Journal of Economic Entomology**, v.16, p.63-67, 1991.

CIP. **Centro Internacional de la Papa**. 2012. Disponível em <http://www.cipotato.org/potato/history.asp>. Acesso em 31 de Maio de 2014.

FAO. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. 2013. Disponível em <http://www.fao.org.br/>. Acesso em 20 de Janeiro de 2015.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças.** São Paulo: UFV, 2008. 421 p.

GILBOA, S.; PODOLER, H. Presence absence sequential sampling for potato tuberworm (Lepidoptera: Gelechiidae) on processing tomatoes - selection of sample sites according to predictable seasonal trends. **Journal of Economic Entomology**, v. 88, p. 1332-1336, 1995.

GULLAN, P.J.; CRASTON, P.S. **Os insetos: um resumo de entomologia**. São Paulo: Roca, 2012. 440 p.

GUSMÃO, M.R.; PICANÇO, M.C.; ZANUNCIO, J.C.; SILVA, D.J.H, BARRIGOSSI, J.A.F. Standardised sampling plan for *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in outdoor tomatoes. **Scientia Horticulturae**, v. 103, p. 403-412, 2005.

HERMAN, T.J.B.; CLEARWATER, J.R.; TRIGGS, C.M. Impact of pheromone trap design, placement and pheromone blend on catch of potato tuber moth. **New Zealand Plant Protection**, v. 58, p. 219-223, 2005.

HIGLEY, L.G.; PEDIGO, L.P. Economic injury level concepts and their use in sustaining environmental quality. **Agriculture Ecosystems and Environment**, v. 46, p. 233-243, 1993.

HIGLEY, L.G.; PEDIGO, L.P. The EIL concept. In: HIGLEY, L.G.; PEDIGO, L.P. (Ed.). **Economic thresholds for integral pest management**. Lincon: University of Nebraska, 1997. p. 114-127.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. 2013. Disponível em < http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/estProdAgr_201309.pdf>. Acesso em 25 de Janeiro de 2015.

JOHNSON, M.W.; OATMAN, E.R.; WYMAN, J.A.; VAN STEENWYK, R.A. A technique for monitoring *Liriomyza sativae* in fresh market tomatoes. **Journal of Economic Entomology**, v. 73, p. 552-555, 1980.

LEAKE, A. The development of integrated crop management in agricultural crops: comparisons with conventional methods. **Pest Management Science**, v. 56, p. 950-953, 2000.

LEITE, G.L.D. Resistência de tomates a pragas. **Unimontes Científica**, v. 6, p. 129-140, 2004.

LEVINS, R.A.; POE, S.L.; LITTELL, R.C.; JONES, J.P. Effectiveness of a leafminer control program for Florida tomato production. **Journal of Economic Entomology**, v. 68, p. 772-774, 1975.

MUJICA, N.; KROSCHEL, J. Pest intensity-crop loss relationships for the leafminer fly *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard) in different potato (*Solanum tuberosum* L.) varieties. **Crop Protection**, v. 47, p. 6-16, 2013.

PEDIGO, L.P.; RICE, M.E. **Entomology and pest management**. New Jersey: Prentice Hall, 2009. 784 p.

POHRONEZNY, K.; WADDILL, VAN H.; SCHUSTER, D.J.; SONODA, R.M. Integrated pest management for Florida tomatoes. **Plant Disease**, v. 70, p. 96-102, 1986.

RIGUEIRA, L.M.B.; RIBEIRO, K.D.E.L.; DE QUEIROZ, M.E.L.R.; NEVES, A.A.; ZAMBOLIM, L.; OLIVEIRA, R.M. Determination of chlorpyrifos and thiamethoxam in potato tuber (*Solanum tuberosum L.*) and soil of Brazil using solid-liquid extraction with low temperature partitioning (SLE/LTP). **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 24, p. 2042-2049, 2013.

RONDON, S.I. The potato tuberworm: a literature review of its biology, ecology, and control. **American Journal of Potato Research**, v. 87, p. 149-166, 2010.

RONDON, S.I.; XUE, L. Practical techniques and accuracy for sexing the potato tuberworm, Phthorimaea operculella (Lepidoptera: Gelechiidae). **The Florida Entomologist**, v.93, n.1, p.113-115, 2010.

ROSADO, J.F.; SARMENTO, R.A.; PEDRO-NETO, M.; GALDINO, T.V.S.; MARQUES, R.V.; ERAMSO, E.A.L.; PICANÇO, M.C. Sampling plants for pest mites on phisic nut. **Experimental and Applied Acarology**, v. 63, p. 521-534, 2014.

STERN, V.M.; SMITH, R.F.; VAN DEN BOSCH, R.; HAGEN, K.S. The integrated control concept. **Hilgardia**, v. 29, p. 81-101, 1959.

TIMPRASERT, S.; DATTA, A.; RANAMUKHAARACHCHI, S.L. Factors determining adoption of integrated pest management by vegetable growers in

Nakhon Ratchasima Province, Thailand. **Crop Protection**, v. 62, p. 32-39, 2014.

YOUNG, L.; YOUNG, J. **Statistical ecology: a population perspective**. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2002. 565 p.

YUDIN, L.S.; MITCHELL, W.C.; CHO, J.J. Color preference of thrips (Thysanoptera: Thripidae) with reference to aphids (Homoptera: Aphididae) and leafminers in Hawaiian lettuce farms. **Journal of Economic Entomology**, v. 80, p. 51-55, 1987.

ZAMBOLIM, L.; CÁSSIA, R.M.; PICANÇO, M.C.; PÁDUA, J.G. DE; ZAMBOLIM, E.M.; MESQUITA, H.A. DE; LOPES, C.A.; MANTOVANI, E.C.; QUEIROZ, M.E.; MELO, P.C.T. DE; PALOCCI NETO, O.; RIBEIRO, J.D.R.; RIBEIRO NETO, A.E. Produção integrada: base da sustentabilidade da bataticultura. In: ZAMBOLI, L. (Ed.). **Produção integrada da batata**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2011. p. 27-130.

CAPÍTULO I

A SAMPLING PLAN FOR *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae) ON A POTATO (*Solanum tuberosum*) PLANTATION

(Artigo publicado no periódico **American Journal of Potato Research**. ISSN: 1099-209X. v. 91, p. 663-672, 2014. DOI 10.1007/s12230-014-9398-4)

ABSTRACT - No sampling plans specifically developed for mines associated with the pest *Liriomyza huidobrensis* in potato fields have been published to date. Thus, the objectives of this study were to determine the sampling unit and to establish the number of samples needed for the application of this study's sampling plan. For this purpose, we evaluated 16 commercial fields of the potato cultivar Ágata (24.5 ha). We evaluated the number of mines located in the apical, middle, and basal canopy-sections of plants. Higher mine densities were found in the leaves in the middle and basal section of plants than in the apical section. The middle canopy-section was best suited for sampling the mines. The result showed that the negative binomial distribution fit the mine density of *L. huidobrensis*. Fifteen samples/24.5 ha was determined to be appropriate for use in conventional sampling. The cost for sampling was US$ 5.32 per ha. The cost of performing the sampling was significantly lower than the cost of insecticide application.

Key words: Leafminer, Conventional, Integrated Pest Management.

1. INTRODUCTION

The potato *Solanum tuberosum* L. is among the four most-consumed foods in the world (FAOSTAT, 2011). Its world production is approximately 315.1 million tons grown on 18.83 million hectares. China, Russia, India, USA and Ukraine contribute 54.7% of the world production (FAO, 2006). In Brazil, the annual area planted to potatoes is approximately 100,000 hectares, distributed in the tropical and subtropical regions (Agrianual, 2011). Areas with potato fields present associated with many problems involving specialized diseases and insect pests (Merz & Falloon, 2009). Among these insects, the leafminer *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard) (Diptera: Agromyzidae) is an aggressive potato pest (Picanço et al., 2011).

The genus *Liriomyza*, proposed in 1894 (Mik, 1894), contains more than 300 species. They have a broad geographical distribution and frequently occur in higher-latitude temperate areas. The genus includes 23 species of economic importance that cause damage in agriculture by constructing mines in the leaves of plants (Spencer, 1973). Of the 2450 described species in the family Agromyzidae, only 11 are considered polyphagous, and 5 of these species are in the genus *Liriomyza* (Spencer, 1964). Punctures produced by females during feeding and oviposition give the attacked leaves a spotted appearance, primarily at the tips and along the edges. However, the most important type of injury is the production of mines by the larvae as this process results in destruction of the foliar mesophyll. The mines become noticeable approximately three to four days after oviposition and increase in size as the larvae develop. Both the construction of mines and the withering of the leaves can decrease photosynthesis in the plants. Furthermore, the injury of leaf tissue allows the entry of bacteria and pathogenic fungi. Although the construction of mines can reduce plant growth, the potato is quite tolerant to the attack by this pest (Pohronezny et al., 1986).

Insecticides are generally used to control this pest. However, excessive insecticide use has caused resistance problems and has contributed to environmental toxicity and human poisoning in the fields (Mason et al. 1989; Weintraub & Horowitz, 1995; Barbosa et al., 2001). In Brazil, sustainable alternatives for potato production and certification have been sought to support integrated potato production (Zambolim et al., 2011). In this context, sampling plans are accepted in Integrated

Pest Management (IPM) as economic and sustainable strategies and are very important for sustainability in potato fields because they determine the densities of arthropods pests (Pedigo & Rice, 2006).

The sampling plans used in the chemical control of *L. huidobrensis* in *S. tuberosum* are empirical. They are not truly practical and do not satisfy the criterion of accuracy because they are adapted from other crops, e.g., tomato (Levins et al. 1975; Johnson et al., 1980; Pohronezny et al., 1986; Yudin et al., 1987). These crops are cultured cyclically based on developmental stages, and their plant architecture is entirely different from that of the potato. Thus, the establishment of plausible sampling systems requires accurate and viable plans, as illustrated by the determination of the correct spatial distribution and sampling unit by other authors on other crops, to achieve results that will incorporate the actual conditions faced by the potato farmer (Gusmão et al., 2005; Bacci et al., 2008).

Linear regression analyses are typically employed to determine the relationships between relative and absolute population estimates, which allows the development of sampling methods, that represent the total variability and spatial patterns of insects. In determination sample size the dispersion parameter ($k_{partials}$) of each field were then used to calculate the sample size by applying regression against precision levels of 5, 10, 15, 20 and 25% and selecting the level of precision (Podoler & Rogers, 1975; Schuster et al., 1993).

The spatial patterns exhibited by a species resulting from interactions between the insect and its habitat may result from the behavioral characteristics of the species (Taylor, 1961). The spatial distribution affects the accuracy of sampling and analysis in the conventional formulation of a sampling plan, and the statistical distributions are strongly influenced by the choice of the sampling unit (Barrigossi et al., 2001).

Studies conducted to accurately determine the density of *L. huidobrensis* in *S. tuberosum* and the practicality of chemical control of the pest are lacking, but such studies are needed to attain economic, social and environmental sustainability. The first objective of this study was to determine the type of leaf that would provide the most precise and representative sampling unit. The second objective was to assess the theoretical frequency distribution of the sampling data and to establish the number of samples needed in the application of this sampling plan to *L. huidobrensis* in *S. tuberosum*.

2. MATERIAL AND METHODS

This study was conducted in 16 commercial potato fields of the *S. tuberosum* cultivar Ágata in the vegetative phase in the Alto Paranaíba çin Minas Gerais, Brazil. The study area included the cities Carmo do Paranaíba (two plantations), Rio Paranaíba (seven plantations), Ibiá (four plantations), Campos Altos (one plantation) and São Gotardo (two plantations). Fields were selected based on their area (15-35 ha) and the presence of mine-living *L. huidobrensis* (Table 1).

Table 1 Fields, location, age (days), area (ha), number of tubers/ha and number of plants evaluated in the sampling plan for *Liriomyza huidobrensis* on potatoes in the Alto Paranaíba, 2011.

Fields	City	Age (days)	Area (ha)	Number of tubers/ha	Number of plants (leaves/plant) evaluated
1	Ibiá	48	35	37,037	350 (14±0.2)
2	Ibiá	50	15	37,037	400 (13±0.1)
3	Ibiá	55	22	37,037	228 (15±0.5)
4	Ibiá	50	35	37,037	127 (13±0.3)
5	Carmo do Paranaíba	49	30	37,037	351 (12±0.1)
6	Carmo do Paranaíba	50	45	34,722	360 (14±0.5)
7	Rio Paranaíba	50	30	34,722	128 (16±1.3)
8	Rio Paranaíba	47	25	34,722	287 (15±1.2)
9	Rio Paranaíba	52	18	34,722	65 (14±1.4)
10	Rio Paranaíba	45	15	31,250	120 (14±1.1)
11	Rio Paranaíba	50	15	31,250	287 (14±1.9)
12	Rio Paranaíba	50	15	31,250	300 (13±1.1)
13	Rio Paranaíba	51	17	31,250	346 (12±1.0)
14	Campos Altos	52	21	31,250	387 (12±1.2)
15	São Gotardo	50	20	31,250	286 (15±1.1)
16	São Gotardo	49	34	31,250	478 (16±1.6)
Range		45-55	15-35	31,25-37,03	65-478

2.1. *Liriomyza huidobrensis* sampling unit selection

During the assessments, the canopy of each plant was divided into three sections corresponding to the apical, middle and basal sections. In each section of the canopy, a number of mines with live larvae of *L. huidobrensis* were counted in all the leaves that composed the section. We evaluated the number of mines with live larvae

(NMLL) in all the leaves of the section, which included 10,513 plants. The first leaf from the apical, which has expanded leaves, was defined as leaf number 1. The division of the potato plant was based on the total number of leaves, defined as a characteristic of plant growth. We defined the number one leaf as the first leaf of expanded leaflets from the apical part of the section. Thus, the first to fourth leaf represents the apical section, the fifth to seventh the middle and the eighth to 14th the basal section (Fig. 1).

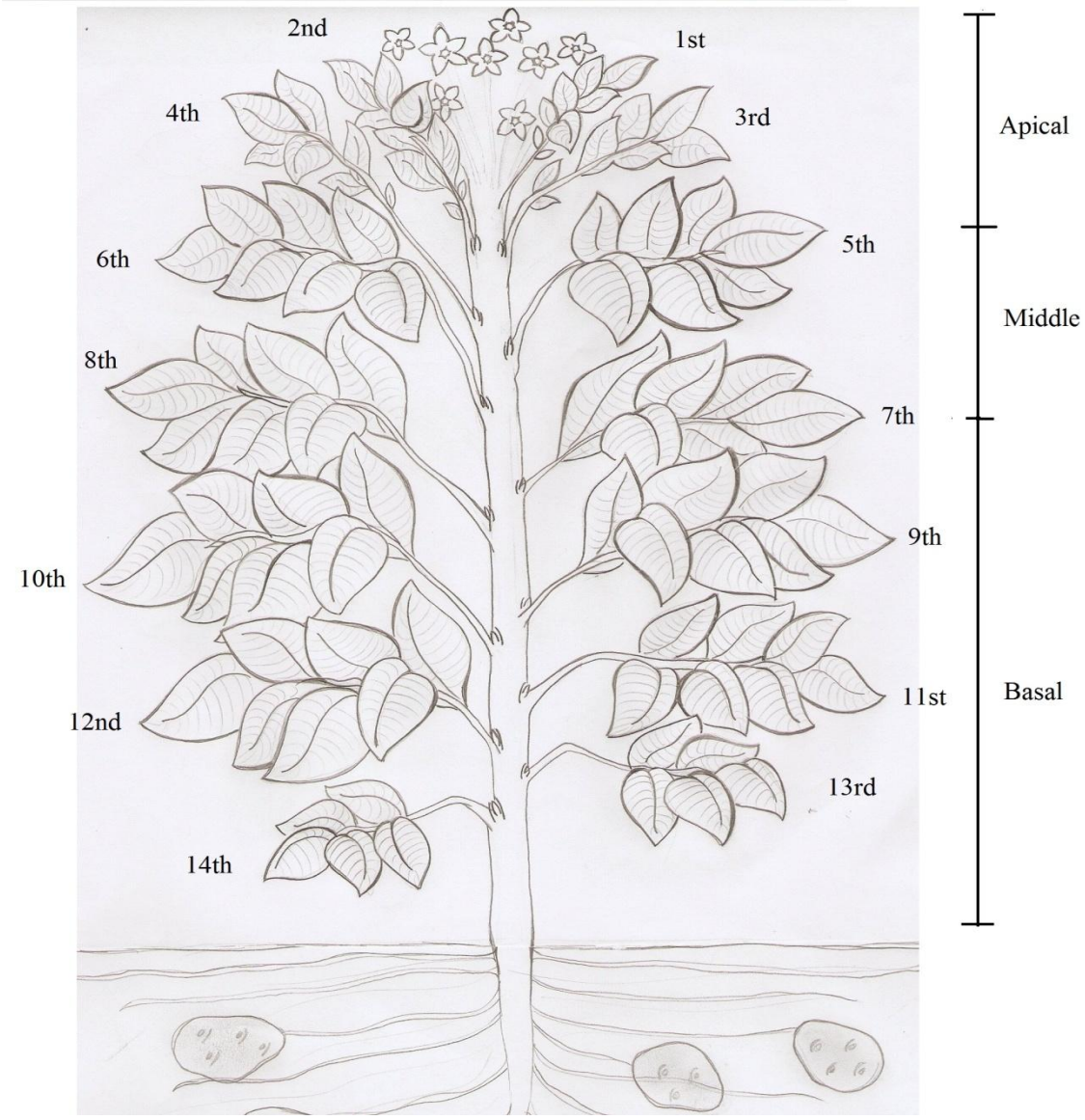

Fig 1 Apical, middle and basal canopy-sections in 50-day-old potato plants as sampling areas for determining the number of mines with *Liriomyza huidobrensis* live larvae (NMLL). Alto Paranaíba, 2011.

To select the best sampling unit as a function of the NMLL, we used the criteria of representativeness (Podoler & Rogers, 1975), precision (Southwood, 1978; Gusmão et al., 2005) and speed (Gusmão et al., 2005). For the criterion of representativeness, sampling units were selected that showed significant correlations ($p<0.05$) between the absolute and relative densities of the NMLL and in which a linear regression analysis showed the greatest slopes at $p<0.05$. To address the criterion of precision, sampling units were selected that showed relative variances (RVs) equal to or less than 25% according to Southwood (1978) and Gusmão et al. (2005).

We calculated densities for NMLL sampling units formed by the sequential combination of one, two and three leaves of each section of plant canopy. The plants evaluated had 18-30 leaves. We recorded the average time spent to score the NMLL for each sampling unit. To calculate the speed criterion based on the most representative and accurate sampling units, the units with fewer leaves were selected because the sampling time is often directly proportional to the size of the sampling unit.

2.2. Sampling plan determination

The *L. huidobrensis* NMLL defined in the sampling unit was used to determine the sampling plan. The samples were designed to ensure coverage of the field and eliminate directional trends (Midgarden et al., 1993). We evaluated potato plants located 50 meters apart to obtain systematic sampling points within all areas of the field. The resulting characteristics are specified in Table 1.

2.3. Determination of the frequency distribution standard

The most practical and simple method for identifying the type of dispersion that is most appropriate for particular data is to calculate the ratio between the variance and the population mean ($\sigma^2/\overline{X}$) (Krebs, 1999). According to Myers (1978), the population density of insects in the area may affect this ratio. Hence, insect population density is considered an excellent measure for determining dispersion standards for mines in fields. In populations whose organisms are

independently distributed, the data variance is equal to the population mean ($\sigma^2/\overline{X}=1$). In populations whose individuals are not independently distributed, two contrasting patterns based on mutual attraction or mutual repulsion are possible. Mutual attraction leads to aggregate formation and a variance greater than the mean ($\sigma^2 > \overline{X}$), whereas mutual repulsion implies regularity, resulting in a variance less than the mean ($\sigma^2 < \overline{X}$) (Taylor, 1961).

The $\hat{k}$ values in the negative binomial probability distribution also indicate aggregate formation. Therefore, if $k \to \infty$, the variance approaches the population mean, and the distribution tends toward the Poisson standard; if $k \to 0$, the distribution approaches the logarithmic series. The value of k then varies from zero, corresponding to the maximum level of aggregation, to infinity, corresponding to complete randomness. The ($\hat{k}$) calculation was performed to determine the binomial distribution following (Binns, 1975; Elliott, 1983; Wilson et al., 1984; Krebs, 1999):

Tests for possible data adjustments of the NMLL for the negative binomial, positive binomial and Poisson frequency distributions do not include information about spatial standards because information about spatial coordinates is not considered (Binns et al., 2000). These coordinates simply allowed us to select an adequate statistical methodology for the development of the sampling plan (Young & Young, 2002). The expected frequency based on the positive binomial was calculated according to Elliott (1983) whereas the expected frequency for the Poisson distribution was calculated using the equations of Elliott (1983) or Ostle (1963). After the calculation of the observed and estimated frequencies for the respective distributions, the fit of each distribution to the data was tested with a chi-square (χ^2) test (Ludwig & Reynolds, 1988; Pedigo & Rice, 2006).

The criterion used to reject the fit of a distribution to the data was that the calculated value of χ^2 should be greater than or equal to the tabulated value of χ^2 for the significance level specified for the test.

For the data fitted with the negative binomial frequency distribution, a k_{common} (k_c) value was sought to furnish a dispersion parameter that would describe the variability in all the fields investigated (Bliss & Owens, 1958). Due to the variability among fields, it was necessary to determine a value of k that represented most of the fields sampled. For this purpose, we used the method proposed by Bliss & Owens

(1958), known as the weighted regression method. To calculate the k_{common} ($k_{c)}$ value for mines, the samples from the 16 areas were analyzed together. Samples with values that were very discrepant from the others, including null, very low or very high values of occurrence of the pest, were excluded from the analysis.

The initial calculations of the $k_{partials}$ (k_p) for each field were performed previously whereas the parameters x_i' and y_i' from 16 (i = 1, 2... 16) fields were determined according to Bliss & Owens (1958). The regression of y' on x' passes through the origin and has a slope of $1/\hat{k}_c$. With x_i' and y_i', we calculated the initial kc. The accuracy of the estimate $\hat{k}_c$ was increased by applying a weighted procedure. The parameter w_i' and the weighted value of kc was then obtained from Bliss & Owens (1958) and Young & Young (2002). The weights were calculated twice consecutively until the change between successive weighted kc values was negligible. The value of kc thus obtained was evaluated with an F test at the 5% significance level. This analysis was essential to ensure the validity of the test because the null hypothesis was that there was one kc for all populations. The test of kc was based on an analysis of variance table for linear regression. The use of kc is justified if the value of F for the slope is significant and the value of F for the intercept is not significant (Young & Young, 2002).

The sampling data were analyzed with a negative binomial distribution model. The kp data of each field and the value of kc were used to calculate the number of samples necessary to estimate the population of insects at levels of precision error equal to 5%, 10%, 15%, 20% and 25%, as determined by Young & Young (2002).

We recorded the time required for each sample (i.e., the time required to perform the counts of active mines and the time required for travel during sampling). The time required for sampling was used to determine the manpower needed for sampling. The sampling cost was calculated from the costs of hand labor and sampling materials. The hand labor cost was based on the salary of a rural worker plus social security charges (INSS and FGTS: 8%), and the cost of sampling materials included pencils, erasers, paper and clipboards. The time taken to process the data and the travel time were also recorded to obtain the time required to complete the sample.

3. RESULTS

The highest NMLL densities were found in the leaves in the middle (15.06±0.17) and basal (9.08±0.11) sections of the canopy. The number of leaves was consistent among the potato plants evaluated because the fields evaluated were age consistent (n=16; range 45-55 days) (Table 1 and 2). The variances for the middle and basal sections were less than 25% (Table 2). The differences among the values of the positive and significant Pearson correlation between the NMLL (*L. huidobrensis*/leaf) in the apical, middle and basal sections (relative) and the total density (absolute) were meaningful. The steepest regression curve was found for the middle section of the plant (slope = 0.47, CI=0.45-0.49, r^2= 0.79), and for the seventh leaf position (counted down from the apical leaf; slope = 2.14, CI=2.00-2.39, r^2= 0.21) (Table 3). The shortest sampling time was obtained from the first fully expanded leaf from the apical third (10.04 ± 3.30 seconds), followed by the middle third (64.21 ± 5.30 seconds) and the basal third (106.27 ± 9.76 seconds).

Table 2 Mean ($\overline{X}$) ± standard error of the mean (SEM) and relative variance (RV) of the number of mines with live *Liriomyza huidobrensis* larvae (NMLL/ section) with the NMLL/plant in the study plots. Alto Paranaíba, 2011.

Plant Canopy Section	n	$\overline{X}$ ± SEM	RV (%)	Number of leaves	Leaf area/shoot
Apical	10,513	0.27 ± 0.03	11.11	6.25 ± 0.02	112.7 ± 12.65
Middle	10,513	15.06 ± 1.17	7.77	4.02 ± 0.54	512.3 ± 27.39
Basal	10,513	9.08 ± 0.11	1.21	4.54 ± 1.12	314.1 ± 45.61

Table 3 Relative variance (RV), Pearson correlation (r) and simple linear regression curves of the number of mines with live *Liriomyza huidobrensis* larvae per plant canopy section with the densities of NMLL/plant in the study plots. Alto Paranaíba, MG. 2011.

Sampling unit	VR(%)	Pearson correlation			Regression curve				
		r	t	p	Intercept	Slope ($CI_{95\%}$)	r^2	F	p
Section									
Apical	11,11	0.46	9.01	<0.001	-1.045	0.37 (0.20-0.39)	0.21	19.95	<0.001
Middle	7,77	0.89	33.37	<0.001	-0.398	0.47 (0.45-0.49)	0.79	83.95	<0.001*
Basal	1,21	0.82	25.29	<0.001	1.443	0.16 (0.13-0.21)	0.67	19.36	<0.001
[a]Position of leaf					Middle section				
Fifth		0.10	1.08	<0.001	1.443	0.96 (0.90-1.01)	0.01	9.61	0.06
Sixth		0.89	33.37	<0.001	-0.398	0.05 (0.01-0.06)	0.79	83.95	<0.001
Seventh		0.46	25.41	<0.001	-1.045	2.14 (2.00-2.39)	0.21	19.36	<0.001*

[a] Leaf position on the plant, measured from the apical shoot; * this canopy section (top rows of table) or leaf (bottom rows of table) was selected as the sampling unit.

The variance (σ^2) exceeded the mean ($\overline{X}$) in 15 of the 16 fields analyzed (93.75% of the fields). The chi-square (χ^2) goodness of fit values for Poisson and positive binomial distributions were significant for all 16 fields, but the chi-square values for negative binomial distributions were non-significant for all but a single field (Table 4). The non-significance observed for the negative binomial distributions showed that fit the mine density *L. huidobrensis*.

Table 4 Mean ($\overline{X}$), variance (σ^2), aggregation index ($\hat{k}$) and chi-square (χ^2) test for the observed and expected number of mines with *Liriomyza huidobrensis* live larvae (NMLL) for the negative binomial, Poisson and positive binomial distributions. Samples from potato fields. Alto Paranaíba, 2011.

Field	$\overline{X}$	σ^2	$\sigma^2/\overline{X}$	$\hat{k}$	Negative binomial		Poisson		Positive binomial	
					χ^2	Df	χ^2	Df	χ^2	Df
1	1.39	2.22	1.59	2.33	2.95^{NS}	3	22.40*	4	597.25*	3
2	1.69	2.82	1.67	2.53	5.85^{NS}	6	44.53*	5	919.70*	5
3	2.90	4.64	1.60	4.83	9.77^{NS}	7	27.16*	7	117.35*	6
4	3.72	5.18	1.39	9.48	17.69^{NS}	8	32.47*	9	528.50*	3
5	0.89	1.35	1.50	1.72	4.13^{NS}	3	9.72*	3	857.24*	3
6	2.60	9.37	3.59	1,00	2.41^{NS}	4	48.98*	6	117.92*	3
7	0.85	1.72	2.03	0.83	3.82^{NS}	1	32.20*	3	237.37*	3
8	0.20	0.33	1.68	0.31	0.38^{NS}	2	11.10*	2	72.18*	2
9	0.10	0.04	0.40	-0.17	2.90^{NS}	3	21.70*	4	597.25*	3
10	0.58	1.54	2.66	0.35	5.77^{NS}	6	45.23*	5	201.60*	5
11	3.65	5.67	1.55	6.60	9.11^{NS}	7	26.36*	7	166.36*	6
12	4.58	6.47	1.41	11.10	16.20^{NS}	8	30.48*	9	451.41*	3
13	5.64	7.14	1.27	21.21	3.13^{*}	3	9.98*	3	756.21*	3
14	3.24	4.02	1.24	13.46	5.41^{NS}	4	5.93*	6	68.91*	3
15	1.02	3.65	3.58	0.40	2.18^{NS}	1	32.20*	3	241.32*	3
16	7.95	10.74	1.35	22.65	0.33^{NS}	2	11.10*	2	95.13*	2
Common value				1.6784						

* Significant at 5% probability; ^{NS}Not significant at 5% probability; Df (degrees of freedom) = number of classes - 1 - number of estimated parameters in the model (Young and Young 2002).

A kc value of 1.6784 was obtained. This value according to Southwood (1978) indicates aggregation (kc < 8) in a *L. huidobrensis*. Significant slopes were found ($F = 12.90$, $p<0.001$), and the intercept was not significant ($F = 0.03$, $p>0.05$). These determinations of significance were obtained from the homogeneity test of the $\hat{K}$ parameter of the negative binomial distribution for the mine densities of the 16 fields. The findings obtained from these analyses enabled the generation of a sampling plan suitable for the variation shown by the potato fields.

As the level of precision error increased, the number of samples required for the sampling of the *L. huidobrensis* mines decreased. For the highest precision error (25%), the number of units required for the conventional mine sampling plan for *L. huidobrensis* was less than 56 sampling units/field (Table 5). At an precision error of 25%, the number of samples required for the sampling plan approached a stable value. At this precision error level, the residuals showed the lowest dispersion around the mean (Fig. 2).

Table 5 Number of samples required for the sampling of the number of mines with live *Liriomyza huidobrensis* larvae (NMLL) based on precision error of 5, 10, 15, 20 and 25% in potato fields. Alto Paranaíba, 2011.

Field	Number of samples required (%)				
	5	10	15	20	25
1[a]	526	132	58	33	21
2[a]	475	119	53	29	19
3[a]	376	94	42	24	15
4[a]	346	86	38	22	14
5[a]	688	172	76	43	28
6[a]	392	98	44	25	16
7[a]	709	177	79	44	28
8[a]	2238	559	249	139	89
9[a]	4238	1059	471	265	169
10[a]	928	232	103	58	37
11[a]	348	87	39	22	14
12[a]	326	81	36	20	13
13[aa]	309	77	34	19	12
14[a]	362	90	40	23	14
15[a]	630	158	70	39	25
16[a]	289	72	32	18	12
Common value	380	95	42	24	15

[a]Calculated according to the formula of Young and Young (2002) for data that obey the negative binomial frequency distribution. [aa]Calculated with the general formula described by Pedigo and Rice (2006), for data that do not obey any frequency distribution.

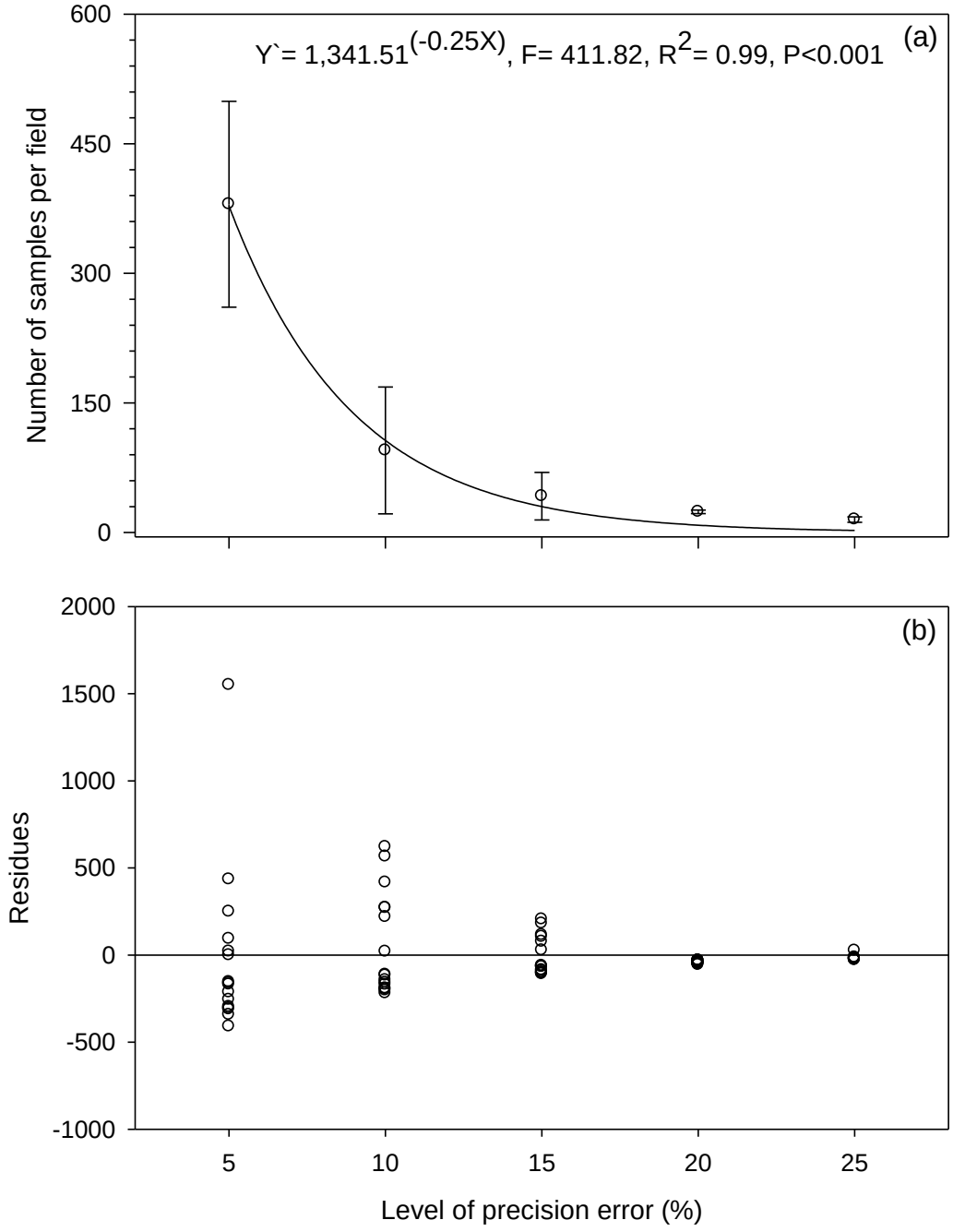

Fig 2 Number of samples (a) and dispersion of residuals (b) required for sampling plans for the number of mines with *Liriomyza huidobrensis* live larvae (NMLL) as a function of the level of precision error. Alto Paranaíba, 2011.

A value of 15 samples/24.5 ha was determined to be appropriate for use in conventional NMLL sampling. Thirty-two minutes were required to collect this number of samples. This time included the time required for analyzing the sample data and for decision making, as well as the time required for applying other cultural

treatments to the crop on the same working day. The cost for the sampling area of 24.5 ha was US$ 5.32 (US$ 0.35/sample). The cost of performing the sampling was significantly smaller than the cost of insecticide application (Table 6).

Table 6 Number of samples, time (min) and cost (US$) required for the sampling of the number of mines with *Liriomyza huidobrensis* live larvae (NMLL) based on 25% precision error. Alto Paranaíba, 2011.

Field[1]	Number of samples[2]	Time (minutes)	Cost of sampling (US$)
1	11	23.51	3.90
2	9	19.23	3.19
3	5	10.68	1.77
4	4	8.55	1.42
5	17	36.33	6.03
6	6	12.82	2.13
7	14	29.92	4.97
8	8	17.09	2.84
9	9	19.23	3.19
10	6	12.82	2.13
11	56	119.66	19.87
12	11	23.51	3.90
13	12	25.64	4.26
14	1	2.14	0.35
15	8	17.09	2.84
16	3	6.41	1.06
Common value	15	32.05	5.32

Number of samples, time and sampling cost were calculated with kc=1.6784; [1]Average area of fields is 24.5 ha. Time is total time/sample. [2]Sample leaf in the middle of the seventh.

4. DISCUSSION

The largest number of mines with living *L. huidobrensis* were found in the middle section of the canopy. Most likely, this area is the site most preferred by the adult females during the host selection process. The probable reason for this preference is that the leaves in the middle third were larger and thicker and had fewer trichomes. These qualities ensure that adults and larvae have more food and space for their development (see Table 2). In fact, the trichome distribution and density on the plant influences selection by the host (Ipe & Sadaruddin, 1984; Knodel-Montz et al., 1985) and, consequently, the distribution of variables related to the insect. Leite et al.

(1999) studied the anatomical features of two tomato species and found that as the shoot of *Solanum lycopersicum* grows, the trichome density is reduced. This relationship may produce higher densities of insects in areas with lower densities of trichomes. Glandular trichome density were observed in cultivar Ágata (5.83 trichomes/mm^2), when the authors Silva et al. (2008) using two leaflets of the first pair of full expanded leaves of each plant were counted 28 mm^2. Gibson (1971) reported variation of glandular trichomes from the leaves of different portions of potato plant.

Variation in the presence/concentration of phagostimulant compounds (nutrients, e.g., nitrogen) and antifeeding compounds (e.g., toxins, such as alkaloids) in the leaves of the middle third of the section may also have influenced the increased presence of this insect in this region of the plant (Bechinski & Pedigo, 1982; Schuster, 1998; Pedigo & Rice, 2006). This hypothesis may be correct because younger leaves are defended chemically to a greater extent than are older leaves (McKey, 1974; McKey, 1979; Rhoades, 1979). Moreover, older leaves contain higher concentrations of antifeeding compounds with complex structures, such as cellulose, hemicelluloses, and lignin, which generally reduce the digestibility of the plant tissues for insects that feed on the leaves (Phelan et al., 1996). In fact, the differences found between the younger leaves and older leaves in the potato plant represented density differences comparable to those found for the mines with larvae of *L. huidobrensis*, as is also the case for the oviposition, growth and development of other insects (Kogel De et al., 1997a; Kogel De et al., 1997b).

The patchy distribution of the data can be recognized as an indirect measurement of the distribution of females during oviposition because the eggs remained in a fixed location and the larvae did not move between the leaflets (Issa & Marcano, 2002). Females usually lay one egg per puncture. They may make several punctures on the same leaf depending on the size and texture of the leaf (Parrella, 1983; Issa & Marcano 2002). Minkenberg (1988) reported that oviposition occurs preferentially in the leaves of the middle of the section. The middle leaves are also better protected from sunlight and from the spraying of insecticides. The endophytic habit of *L. huidobrensis* is also adaptively advantageous in terms of phytophagy because it tends to reduce and / or eliminate problems related to dehydration and fixation to the plant (Strong et al., 1984; Bernays & Chapman, 1994).

The sampling data for *L. huidobrensis* in the mines on the leaves in the middle section of the canopy and the specific data for a particular leaf type within this third of the section were used to estimate the value of kc. Based on this estimate, it was possible to determine a sampling plan for *L. huidobrensis* that represented all the potato plantations examined. Gusmão et al. (2005) calculated a kc for all tomato plantations evaluated in their study. Young & Young (2002) reported that different plantations may have different values of the negative binomial parameter k. As a result of this variation in parameter values, a different number of samples are required for each plantation. This information is extremely relevant to the practical application of a sampling plan because the variability shown by the plantations may prevent the farmers from using certain sampling plans.

The stabilization of the error level curve at 25% (Fig. 2) is one of important indicators of the sample size needed to ensure the precision of the sample. This result shows that the number of samples necessary to determine the density of *L. huidobrensis* in mines shows a low level of variation in fields with different pest intensities as the level of precision error approaches 25%. Therefore, the 25% error level should be used to calculate the number of samples to be collected under a plan to sample the mines produced by the leafminers. Given these findings, 15 samples per field are required for conventional *L. huidobrensis* sampling involving counts of the NMLL. The cost of sampling is set by the number of samples (Feng et al., 1994), and values of feasible error less than or equal to 25% are considered in this insect sampling plan (Southwood, 1978).

The sampling technique proved useful in identifying the fields with the greatest levels of infestation by the insect pest. This information will be important to target the spraying of insecticide, thereby decreasing the costs of pest control and the occurrence of environmental problems. The cost to sample an area of 24.5 ha is US$ 2.642 (US$ 0.169/sample). Compared to the cost of potato production (US$ 9810.2/ha) (ABBA, 2012), this cost is negligible. Furthermore, the use of low-cost sampling plans reduces the cost of spraying, thereby decreasing the final production cost and causing fewer problems with residues in the tubers. The sampling plan based on the counting of mines developed for monitoring populations of *L. huidobrensis* was rapid and precise, reflecting the pest infestation in the potato fields. In addition, the sampling plan allows the sampling, data processing and decision making, as well as other treatments applied to the crop, to be performed on the same

working day. This advantage is important because activities associated with the potato crop, such as fertilization, the transport of plants, phytosanitary control, irrigation and harvest demand intensive labor and can be concentrated in the same period.

5. REFERENCES

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA BATATA – ABBA. ALAP e ENB 2012. **Revista batata show**, v. 12, p. 30-31, 2012.

AGRIANUAL. **Anuário da Agricultura Brasileira.** 2011. Disponível em <http://informafnpstore.com.br/04-agrianual-2011-pr-24-349650.htm.>. Acesso em 10 de Novembro de 2011.

BACCI, L.; PICANÇO, M.C.; MOURA, M.F.; SEMEÃO, A.A.; FERNANDES, F.L.; MORAIS, E.G.F. Sampling plan for Thrips (Thysanoptera: Thripidae) on cucumber. **Neotropical Entomology**, v. 37, p. 582-590, 2008.

BARBOSA, F.R.; QUINTELA, E.D.; BLEICHER, E.; SILVA, P.H.S. DA; ALENCAR, J.A.; HAJI, F.N.P. Manejo da mosca-branca na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) no Nordeste do Brasil. **Embrapa Semi-Árido. Circular Técnica**, v. 72, p. 12, 2001.

BARRIGOSSI, J.A.; YOUNG, L.J.; CRAWFORD, C.A.G.; HEIN, G.L.; HIGLEY, L.G. Spatial and probability distribution of Mexican bean beetle (Coleoptera: Coccinellidae) egg mass populations in dry bean. **Environmental Entomology**, v. 30, p. 243-253, 2001.

BECHINSKI, E.J., PEDIGO, L.P. Evaluation of methods for sampling predatory arthropods in soybeans. **Environmental Entomology**, v. 11, p. 756-761, 1982.

BERNAYS, E.A.; CHAPMAN, R.F. **Host-plant selection by phytophagous insects**. New York: Chapman & Hall, 1994. 312 p.

BINNS, D. Sequential estimation of the mean of a negative binomial distribution. **Biometrika**, v. 62, p. 433-440, 1975.

BINNS, M.R.; NYROP, J.P.; WERF, W.V.D. **Sampling and monitoring in crop protection: the theorical basis for developing practical decision guides**. New York: CABI Publishing, 2000. 654 p.

BLISS, C.L.; OWENS, A.R.G. Negative binomial distributions with a commom k. **Biometrika**, v. 45, p. 37-58, 1958.

ELLIOTT, J.M. **Some methods for the statistical analysis of samples of benthic invertebrates**. Ambleside: Freshwater Biological Association Scientific Publication, 1983. 159 p.

FAO. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. 2006. Disponível em <http://www.fao.org.br/>. Acesso em 10 de Novembro de 2011.

FAOSTAT. **The Statistics Division of Food and Agriculture Organization of the United Nations**. 2011. Disponível em <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QC/E>. Acesso em 5 de Novembro de 2011.

FENG, M.G.; PAPONSK, T.J.; KBACHACHIURIANS, G.G. Production, formulation and application of the entomopathogenic fungus *Beauveria basssiana* for insect control. **Biocontrol Science and Technology**, v. 4, p. 531-544, 1994.

GUSMÃO, M.R.; PICANÇO, M.C.; ZANUNCIO, J.C.; SILVA, D.J.H, BARRIGOSSI, J.A.F. Standardised sampling plan for *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in outdoor tomatoes. **Scientia Horticulturae**, v. 103, p. 403-412, 2005.

GIBSON, R.W. Glandular hairs providing resistance to aphids in certain wild potato species. **Annals of Applied Biology**, v. 68, p. 113-119, 1971.

IPE, M.; SADARUDDIN, M. Infestation and host specificity of *Liriomyza brassicae* Riley and the role of phenolic compounds in host plant resistance. **Entomon**, v. 9, p. 265-270, 1984.

ISSA, S.; MARCANO, R. Spatial and vertical distribution of *Liriomyza sativae* (Blanchard) (Diptera: Agromyzidae) on tomato. **Boletín de Entomología Venezolana**, v. 2, p. 115-122, 2002.

JOHNSON, M.W.; OATMAN, E.R.; WYMAN, J.A.; VAN STEENWYK, R.A. A technique for monitoring *Liriomyza sativae* in fresh market tomatoes. **Journal of Economic Entomology**, v. 73, p. 552-555, 1980.

KNODEL-MONTZ, J.J.; LYONS, R.E.; PE, S.L. Photoperiod affects *Chrysanthemum* host plant selection by leafminers (Diptera: Agromyzidae). **Hortscience**, v. 20, p. 708-710, 1985.

KOGEL DE, W.J.; BALKEMA-BOOMSTRA, A.; VAN DER HOEK, M.; MOLLEMA, C. Resistance to Western flower thrips in greenhouse cucumber: effect of leaf position and plant age on thrips reproduction. **Euphytica**, v. 94, p. 63-67, 1997a.

KOGEL DE, W.J.; VAN DER HOEK, M.; MOLLEMA, C. Oviposition preference of Western flower thrips for cucumber leaves from different positions along the plant stem. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 82, p. 283-288, 1997b.

KREBS, C.J. **Ecological methodology**, 2 ed. New York: Harper & Row, 1999. 654 p.

LEITE, G.L.D.; PICANÇO, M.C.; AZEVEDO, A.A.; GONRING, A.H.R. Efeito de tricomas, aleloquímicos e nutrientes na resistência de *Lycopersicon hirsutum* à traça do tomateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, p. 2059-2064, 1999.

LEVINS, R.A.; POE, S.L.; LITTELL, R.C.; JONES, J.P. Effectiveness of a leafminer control program for Florida tomato production. **Journal of Economic Entomology**, v. 68, p. 772-774, 1975.

LUDWIG, J.A.; REYNOLDS, J.F. **Statistical ecology: a primer on methods and computing**. New York: John Wiley & Sons, 1988. 333 p.

MASON, G.A.; TABASHNIK, B.E.; JOHNSON, M.W. Effects of biological and operational factors on evaluation of insecticide resistance in *Liriomyza* (Diptera: Agromyzidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 82, p. 369-373, 1989.

MCKEY, D. Adaptive patterns in alkaloid physiology. **American Naturalist**, v. 108, p. 305-320, 1974.

MCKEY, D. The distribution of secondary metabolites within plants. In: ROSENTHAL, G.A.; JANZEN, D.H. (Ed.). **Herbivores: their interactions with secondary plant metabolites**. New York: Academic Press, 1979. p. 55-134.

MERZ, U.; FALLOON, R.E. Review: powdery scab of potato – increased knowledge of pathogen biology and disease epidemiology for effective disease management. **Potato Research**, v. 52, p. 17-37, 2009.

MIDGARDEN, D.G.; YOUNGMAN, R.R.; FLEISCHER, S.J. Spatial analysis of counts of western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) adults on

yellow sticky traps in corn: geostatistics and dispersion indices. **Environmental Entomology**, v. 22, p. 1124-1133, 1993.

MIK, J. Ueber eine neue *Agromyza*, deren larven in den Blüthenknospen von lilium martagon leben. **Wein Entomology Z**, v. 13, p. 284-290, 1894.

MINKENBERG, O.P.J.M. Life history of the agromyzid fly *Liriomiza trifolii* on tomato at different temperatures. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 48, p. 73-84, 1988.

MYERS, J.H. Selecting a measure of dispersion. **Environmental Entomology**, v. 7, p. 619-621, 1978.

OSTLE, B. **Statistics in research**. Ames: Iwoa State University Press, 1963. 596 p.

PARRELLA, M.P. Intraspecific competition among larvae of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae): effects on colony production. **Environmental Entomology**, v. 12, p. 1412-1414, 1983.

PEDIGO, L.P.; RICE, M.E. **Entomology and pest management**. Columbus: Pearson Prentice Hall, 2006. 798 p.

PHELAN, L.P.; NORRIS, K.H.; MASON, J.F. Soil management history and host preference by *Ostrinia nubilalis*: evidence for plant mineral balance mediating insect-plant interactions. **Environment Entomology**, v. 25, p. 1329-1336, 1996.

PICANÇO, M.C.; MORAIS, E.G.F.; XAVIER, V.M.; SOUSA, F.F.; DANGELO, R.A.; CHEDIAK, M. Produção Integrada da Batata. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Produção integrada da batata**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2011. 37 p.

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

POHRONEZNY, K.; VAN H. WADDILL; SCHUSTER, D.J.; SONODA, R.M. Integrated pest management for Florida tomatoes. **Plant Disease**, v. 70, p. 96-102, 1986.

RHOADES, D.F. Evolution of plant chemical defense against herbivores. In: ROSENTHAL, G.A.; JANZEN, D.H. (Ed.). **Herbivores: their interactions with secondary plant metabolites**. New York: Academic, 1979. p. 4-54.

SCHUSTER, D.J. Intraplant distribution of immature life stages of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) on tomato. **Environmental Entomology**, v. 27, p. 1-9, 1998.

SCHUSTER, D.J.; STANSLY, P.A.; DEAN, D.G.; POLSTON, J.E.; SWANSON, G.S. Progress toward a more sustainable pest management program for tomato. In: **Proceedings of Florida Tomato Institute**, ed. C.S. Vavrina, 54–73. Gainesville: IFAS, 1993.

SILVA, M.S.; LOURENÇÃO, A.L.; SOUZA-DIAS, J.A.C.; MIRANDA FILHO, H.S.; RAMOS, V.J.; SCHAMMASS, E.A. Resistance of potato genotypes (*Solanum* spp.) to *Bemisia tabaci* biotype B. **Horticultura Brasileira**, v. 26, p. 221-226, 2008.

SOUTHWOOD, T.R.E. **Ecological methods**, 2 ed. London: Chapman & Hall, 1978. 524 p.

SPENCER, K.A. The species-host relationship in the Agromyzidae (Diptera) as an aid to taxonomy. **Royal Entomological Society of London**, v. 1, p. 101-102, 1964.

SPENCER, K.A. **Agromyzidae (Diptera) of economic importance**. Hague: Dr. W. Junk Publishers, 1973. 418 p.

STRONG, D.R.; LAWTON, J.H; SOUTHWOOD, T.E. **Insects on plants**. **Community patterns and mechanisms**. Oxford: Blackwell, 1984. 331 p.

TAYLOR, L.R. Aggregation, variance and the mean. Nature, v.189, p.732-735, 1961.

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

WILSON, L.J.; FOLKS, J.L.; YONG, J.H. Multistage estimation compared with fixedsample- size estimation of the negative binomial parameter k. **Biometrics**, v. 40, p. 109-117, 1984.

YOUNG, L.; YOUNG, J. **Statistical ecology: a population perspective**. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2002. 565 p.

YUDIN, L.S.; MITCHELL, W.C.; CHO, J.J. Color preference of thrips (Thysanoptera: Thripidae) with reference to aphids (Homoptera: Aphididae) and leafminers in Hawaiian lettuce farms. **Journal of Economic Entomology**, v. 80, p. 51-55, 1987.

ZAMBOLIM, L.; CÁSSIA, R.M.; PICANÇO, M.C.; PÁDUA, J.G. DE; ZAMBOLIM, E.M.; MESQUITA, H.A. DE; LOPES, C.A.; MANTOVANI, E.C.; QUEIROZ, M.E.; MELO, P.C.T. DE; PALOCCI NETO, O.; RIBEIRO, J.D.R.; RIBEIRO NETO, A.E. Produção integrada: base da

sustentabilidade da bataticultura. In: ZAMBOLI, L. (Ed.). **Produção integrada da batata**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2011. p. 27-130.

CAPÍTULO II

AMOSTRAGEM CONVENCIONAL DE MINAS DE *Phthorimaea operculella* (Zell) (Lepidoptera: Gelechiidae) EM *Solanum tuberosum*

RESUMO – Conhecer a distribuição de frequência de *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae) na cultura da batata e determinar a amostragem precisa e praticável são elementos importantes para o manejo deste inseto-praga. Dentre os métodos de amostragem, a convencional é a mais simples, porém não existem estudos sobre o número de amostras a compor a amostragem em batata para este minador. Desta forma, objetivou-se determinar a unidade amostral que melhor representa a densidade populacional de *P. operculella* e o número de amostras a compor a amostragem convencional. Para tanto, utilizou-se oito lavouras comerciais de batata da cultivar Ágata no Alto Paranaíba, Estado de Minas Gerais com média de 23 ha. Foram avaliadas todas as folhas e feitas análise de correlação de Pearson, de regressão linear simples entre as densidades absolutas e densidades relativas. O maior número de minas de *P. operculella* na folha 8 associado às menores variâncias relativas nesta folha, geraram o maior coeficiente de correlação (0,74) e coeficiente angular (0,55). A unidade amostral composta pela folha 6, 7 e 8 foram as que melhor representaram a variabilidade e o número total de minas de *P. operculella* na batata. O número ideal de amostras para amostrar minas de *P. operculella* na cultura da batata é 1 amostra para um talhão de 23 ha, no entanto se o talhão for maior que 23 ha subdividir a área em talhões menores.

Palavras-chave: Ágata, minador, unidade amostral, traça-da-batata.

CONVENTIONAL SAMPLING OF MINES *Phthorimaea operculella* (Zell) (Lepidoptera: Gelechiidae) IN *Solanum tuberosum*

ABSTRACT – Knowing the frequency distribution of *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae) of potato and determine the precise and feasible sampling are important elements for the management of this insect pest. Among the methods of sampling, conventional is the simplest, but there are no studies on the number of samples to compose a sample in potato for this miner. Thus, this study aimed to determine the sample unit that best represents the population density of *P. operculella* and the number of samples to compose the conventional sampling. Therefore, eight commercial potato crops was used cultivar Agata in Alto Paranaíba, State of Minas Gerais with 23 ha of average. All the leaves were evaluated and made of Pearson correlation analysis, simple linear regression between the absolute density and relative density. The largest number of *P. operculella* mines in sheet 8 associated with lower variances on this sheet, generated the highest correlation coefficient (0.74) and slope (0.55). The sampling unit consists of the sheet 6, 7 and 8 were the best represented the variability and the total number of *P. operculella* mines in potato. The optimal number of samples to be sampled in the mines *P. operculella* potato crop is one sample in a 23 ha plot, however if the field is greater than 23 h subdivide the area into smaller plots.

Keywords: Agata, miner, sample unit, potato tuberworm.

1. INTRODUÇÃO

O Manejo Integrado de Pragas (MIP) auxilia os produtores a tomarem a decisão de controle de pragas de uma forma eficiente, econômica e ambientalmente sustentável (Pedigo & Rice, 2009; Rosado et al., 2014). Nesse contexto, é necessário identificar, amostrar e decidir por controlar ou não os insetos-praga. A amostragem tem sido constantemente negligenciada, particularmente não existem trabalhos que definam o número de amostras a compor o plano de amostragem em batata para *Phthorimaea operculella*.

Dentre os métodos de amostragem de pragas, o convencional é o mais utilizado. Esse método é de fácil adoção, é composto por sistema amostral e por número fixo de unidades amostrais que tem uma precisão pré-estabelecida (Bliss & Owens, 1958; Pedigo & Rice, 2009; Gusmão et al., 2005; Bacci et al., 2006; Rosado et al., 2014).

A amostragem convencional deve ser determinada, de modo a se obter estimativas das populações e posterior comparação com os índices para a tomada de decisão (Higley & Pedigo, 1993; Leake, 2000; Gusmão et al., 2005). Para confeccionar o plano de amostragem convencional, torna-se necessário obter a unidade amostral, a distribuição de frequência da variável em estudo e o número de amostras. Para a unidade amostral se faz uso de métodos estatísticos de regressão linear entre as densidades absolutas e relativas de insetos (Podoler & Rogers, 1975).

Contudo, escassos são os estudos com plano de amostragem de pragas na batata (Alves et al., 2014). Muitas das vezes, os planos existentes são adaptados de outras culturas, ou mesmo para realizar amostragem de tubérculo ou folha (Gilboa & Podoler, 1995). Uma das pragas de importância na batata e que é carente de pesquisas é a traça-da-batata *Phthorimaea operculella* (Zell) (Lepidoptera: Gelechiidae), que é uma praga oligófaga de solanáceas, é conhecida mundialmente por causar perdas econômicas de aproximadamente70% na cultura da batata *Solanum tuberosum* (Rondon, 2010; DRAP Centro, 2012; Rivera & Burrack, 2012).

Esta praga causa perdas econômicas tanto em campo, quanto em armazenamento (Westedt et al., 1998; Golizadeh et al., 2014). As fêmeas depositam os ovos diretamente na folha e tubérculos, e as lagartas desfolham por confeccionarem galerias no mesofilo ou broqueiam os tubérculos. Nas lavouras as lagartas alimentam-se da folha de batata e do tubérculo, reduzindo a qualidade do

tubérculo e elevando as infecções patogênicas (Sporleder et al., 2008; Rondon, 2010; Golizadeh et al., 2014). Já em tubérculos armazenados a infestação ocorre devido aos ataques de *P. operculella* nas lavouras (Trivedi & Rajagopal, 1992; Sporleder et al., 2008; Rondon, 2010; Golizadeh et al., 2014).

Visto que a amostragem é de extrema importância na tomada de decisão de controle de pragas e que não foi estabelecida para *P. operculella* na cultura da batata, objetivou-se determinar a unidade amostral que melhor representa a densidade populacional de *P. operculella* e o número de amostras a compor a amostragem convencional.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Características gerais

Este estudo foi realizado em oito lavouras comerciais de batata *S. tuberosum* da cultivar Ágata, em fase de produção, nos municípios de Ibiá, Carmo do Paranaíba, Rio Paranaíba, Campos Altos e São Gotardo; na região do Alto Paranaíba. As lavouras foram escolhidas com base no tamanho de suas áreas (10 a 35 ha) e na presença de minas contendo lagartas vivas de *P. operculella*. Foram avaliadas 670 plantas em todas as lavouras, essas plantas apresentavam 12 a 15 hastes m^{-2} e cada haste apresentavam de 6 a 12 folhas.

2.2. Unidade amostral de *P. operculella*

Avaliou-se o número de minas de *P. operculella* em todas as folhas da planta, considerando-se a folha nº 1 a primeira folha a partir do ápice, os primórdios foliares não foram avaliados. Para tanto, análise de frequência foi utilizada para determinar o número mínimo e máximo de folhas das plantas avaliadas.

O caminhamento nas lavouras foi feito de forma aleatória de modo a garantir a cobertura em toda a lavoura. As avaliações foram feitas aos 50 dias após o plantio da batata nos anos de 2013 e 2014.

Na seleção da melhor unidade amostral em função do número de minas de *P. operculella* utilizou-se os critérios de representatividade, precisão e rapidez (Podoler & Rogers, 1975; Southwood, 1978; Bacci et al., 2006; Rosado et al., 2014). No

critério de representatividade selecionou-se unidades amostrais com correlações significativas ($p<0,05$) entre as densidades absolutas e relativas do número de minas de *P. operculella*, que na análise de regressão linear apresentaram maiores coeficientes angulares $p<0,05$ e maior valor do coeficiente de determinação r^2. No critério de precisão, selecionou-se unidades amostrais com variância relativa (VR) igual ou inferior a 25% (Fórmula 1) (Southwood, 1978; Naranjo & Castle, 2010).

$$VR = \frac{(100 \times EP)}{\overline{X}} \quad (1)$$

Em que, VR = variância relativa; EP = erro-padrão da média; $\overline{X}$ = média dos dados.

2.3. Modelo de distribuição de frequência

Para a determinação do plano amostral utilizou a unidade amostral definida no item 2.2. Determinou-se a média, variância, razão variância/média e o expoente k da distribuição binomial negativa. A razão entre a variância e média foi utilizada para determinar a distribuição teórica de frequência do número de minas/unidade amostral. Os modelos testados foram: distribuição binomial negativa ($\sigma^2 > \overline{X}$), distribuição de Poisson ($\sigma^2 = \overline{X}$) e distribuição binomial positiva ($\sigma^2 < \overline{X}$) (Elliott, 1983; Wilson et al., 1984; Krebs, 1999). Para definição do modelo realizou-se teste de qui-quadrado dos dados obtidos nas lavouras às distribuições teóricas de frequências, sendo testada a hipótese de nulidade, que os dados seguissem a distribuição de qui-quadrado. Os índices de dispersão utilizados para avaliar o grau de agregação das minas de *P. operculella* foram:

Razão Variância-Média (I). Este índice é utilizado para identificar o tipo de dispersão que melhor se ajusta aos dados (Krebs, 1999). As populações em que $\sigma^2 / \overline{X}$ é igual a 1 indicam uma disposição espacial ao acaso, valores menores que 1, indicam uma disposição espacial uniforme e valores maiores que 1 indicam uma disposição agregada (Taylor, 1961). Esse índice foi calculado por essa fórmula (2):

$$I = \frac{S^2}{\overline{X}} \quad (2)$$

Em que: I = Razão variância-média; S^2 = variância amostral; $\overline{X}$ = média amostral.

Expoente da distribuição binomial negativa (k). É um indicador da agregação de insetos e é utilizado somente quando os dados se ajustam à distribuição binomial negativa (Elliot, 1983). Além disso, é uma medida inversa do grau de agregação (Melo et al., 2006). Valores de k negativos indicam distribuição regular ou uniforme. Valores positivos próximos de 0 indicam disposição agregada e valores superiores a 8 indicam disposição ao acaso (Southwood, 1978; Elliott, 1983). O cálculo do k foi realizado utilizando a fórmula 3.

$$\hat{k} = \frac{\overline{X}^2}{S^2 - \overline{X}} \tag{3}$$

Em que: $\hat{k}$ = estimativa de k; S^2 = variância amostral; $\overline{X}$ = média amostral.

As distribuições teóricas de frequências utilizadas para verificar a distribuição espacial de lagartas de *P. operculella* foram:

Distribuição Binomial Negativa. É uma distribuição agregada e as probabilidades foram obtidas pelas fórmulas 4 e 5, o k foi estimado pela fórmula 3 (Binns, 1975; Wilson et al., 1984; Krebs, 1999).

$$P(0) = \left(1 + \frac{\overline{X}}{\hat{k}}\right)^{-\hat{k}} \tag{4}$$

$$P(x) = \left(\frac{\hat{k} + x - 1}{x}\right) \times \left(\frac{\overline{X}}{\overline{X} + \hat{k}}\right) \times P(x - 1) \tag{5}$$

Em que, P (0) = probabilidade de minas de *P. operculella*; x = contagem (x = 1,2,3,4,....., n); $\overline{X}$ = média amostral; $\hat{k}$ = estimativa de k; P(x) = contagem x probabilidade.

Distribuição Binomial Positiva. Conhecida como distribuição uniforme. A frequência binomial positiva esperada foi calculada pelas fórmulas 6, 7, 8 e 9 (Elliott, 1983).

$$p = \frac{\overline{X}}{\hat{k}} \tag{6}$$

$$q = 1 - p \tag{7}$$

$$P(0) = q^{\hat{k}} \tag{8}$$

$$P(x) = \left(\frac{n + x + 1}{x}\right) \times \left(\frac{p}{q}\right) \times P\,(x - 1) \qquad (9)$$

Em que, p = probabilidade de sucesso; $\overline{X}$ = média amostral; $\hat{k}$ = estimativa de k; q = 1-p (falha probabilidade); P (0) = probabilidade de minas de *P. operculella*; P(x) = contagem x probabilidade; x = contagem (x = 1,2,3,4,....., n); n = tamanho da amostra.

Distribuição de Poisson. É uma distribuição aleatória ou acaso e a série de probabilidades da distribuição de Poisson foi calculada pela fórmula 10 e 11 (Elliott, 1983).

$$P(0) = e^{\overline{X}} \qquad (10)$$

$$P(x) = \frac{\overline{X}}{x} \times P(x - 1) \qquad (11)$$

Em que, P (0) = probabilidade de minas de *P. operculella*; e = base no logaritmo neperiano (e = 2,718282...); $\overline{X}$ = média amostral; P(x) = contagem x probabilidade; x = contagem (x = 1,2,3,4,....., n).

Após o cálculo das frequências observadas e estimadas para as respectivas distribuições, o ajuste dos dados foi testada pelo teste do qui-quadrado (χ^2) (Ludwig & Reynolds, 1988; Pedigo & Rice, 2009). O critério usado para rejeitar o ajuste à distribuição testada é que o valor calculado χ^2 deve ser igual ou superior ao valor χ^2 tabelado, quando o valor então será considerado significativo para o nível de significância testado.

Para as características com os dados ajustados ao padrão de distribuição de frequência binomial negativa, verificou-se se havia um valor k comum (kc) para fornecer um parâmetro de dispersão que cobriria variabilidade em todas as lavouras (Bliss & Owens, 1958). Realizaram-se cálculos iniciais de k parciais (kp) para cada lavoura, de acordo com a fórmula 3.

Posteriormente foram determinados os parâmetros $x_i^{'}$ e $y_i^{'}$ de 8 (*t* = 1, 2,.. 8) lavouras, de acordo com as equações 12 e 13.

$$x_i^{'} = \overline{x}_i^{2} \times \frac{S_i^2}{n_i} \qquad (12)$$

$$y_i^{'} = S_i^2 \times \bar{x}_i \tag{13}$$

Em que, $\bar{x}_i$ = média da população; S_i^2 = variância dos dados amostrais; n_i = tamanho da amostra.

A linha de regressão de $x^{'}$ com $y^{'}$ passa pela origem e tem inclinação $1/\hat{kc}$. De posse de $x_i^{'}$ e $y_i^{'}$ calculou-se o kc inicial, através da equação 14:

$$\frac{1}{\hat{kc}} = \frac{\sum_{i=1}^{t} x_i^{'} y_i^{'}}{\sum_{i=1}^{t} x_i^{'2}} \tag{14}$$

A precisão da estimativa de $\hat{kc}$ foi aumentada através de ponderações, calculando-se o parâmetro $w_i^{'}$, de acordo com a fórmula 15.

$$w_i = \frac{0{,}5 \times (n_i - 1) \times kc^4}{\mu_i^2 (\mu_i + kc)^2 \times \left(kc(kc+1) - \frac{(2kc-1)}{n_i} - \frac{3}{n_i^2} \right)} \tag{15}$$

Em que: μ_i = média da população; n_i = tamanho da amostra; kc = parâmetro de dispersão da distribuição binomial negativa.

A partir desse momento o valor de kc ponderado foi obtido segundo a fórmula 16:

$$\frac{1}{\hat{kc}} = \frac{\sum_{i=1}^{t} w_i^{'} x_i^{'} y_i^{'}}{\sum_{i=1}^{t} w_i x_i^{'2}} \tag{16}$$

A ponderação foi realizada por duas vezes consecutivas, até que a mudança entre os kc ponderado fosse insignificante, obtendo-se então o valor do kc, que foi testado por meio do teste de F a 5% de significância. Essa interação foi essencial para a validade do teste, no qual a hipótese nula é que existe um kc para todas as populações. Dessa forma, o teste para o k_C foi apresentado por meio de análise de variância da regressão linear (Tabela 1).

Tabela 1. Análise de variância para o teste de k comum (kc) (Young & Young, 2002).

Fontes de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrados médios	F[1]
Inclinação 1/kc	1	B_0^2	B_0^2	B_0^2 / s^2
Intercepto	1	$C + B^2 - B_0^2$	I_0	I_0 / s^2
Resíduo	t – 2	$CSS - B^2$	s^2	-

$I_0 : C + B^2 - B_0^2/1$; $s^2 : CSS - B^2 / t - 2$; [1]O valor obtido de kc é justificável se o valor do F da inclinação for significativo ou não e o valor do F do intercepto não for significativo.

Os valores de B_0^2, CSS, B^2 e C da análise de variância para o teste de kc foram obtidos pelas das fórmulas 17, 18, 19 e 20.

$$B_0^2 = \frac{\sum_{i=1}^{t} {}^2(w_i x_i' y_i')}{\sum_{i=1}^{t} w_i x_i'^2} \tag{17}$$

$$CSS = \sum_{i=1}^{t} (w_i y_i'^2) - C \tag{18}$$

$$C = \frac{\sum_{i=1}^{t} {}^2(w_i y_i')}{\sum_{i=1}^{t} w_i} \tag{19}$$

$$B^2 = \frac{\left[\sum_{i=1}^{t} {}^2(w_i x_i' y_i') - \frac{\sum_{i=1}^{t} (w_i x_i') - \sum_{i=1}^{t} {}^2(w_i y_i')}{\sum_{i=1}^{t} w_i} \right]^2}{\sum_{i=1}^{t} (w_i x_i'^2) - \frac{\sum_{i=1}^{t} {}^2(w_i x_i')}{\sum_{i=1}^{t} w_i}} \tag{20}$$

2.4. Número de amostras

Os dados amostrais foram ajustados ao modelo de distribuição binomial negativo. Os valores de kp de cada lavoura, bem como o kc foram utilizados para o cálculo do número de amostras necessários na estimativa das populações destes insetos a níveis de erros iguais a 5, 10, 15, 20 e 25% (Fórmula 21) (Young & Young, 2002).

$$NA = \frac{1}{C^2}\left(\frac{1}{\mu} + \frac{1}{kc}\right) \quad (21)$$

Em que, NA = número de amostras; C = erro admitido; μ = média da população; kc = parâmetro da distribuição binomial negativa**.**

2.5. Nível de precisão

A partir do número de amostras, realizou-se análise de regressão entre o número de amostras em função do nível de erro admitido. É necessário fazer essa regressão para determinar o nível de precisão com o qual a curva de regressão estabiliza. Este nível foi utilizado para o cálculo de amostra ideal para compor o plano de amostragem de *P. operculella*. Também realizou a análise do resíduo da regressão para demonstrar, em que nível de erro admitido ocorre a menor variação entre o número de amostras para cada lavoura (Draper & Smith, 1981).

3. RESULTADOS

Todas as plantas avaliadas apresentaram no mínimo 6 folhas e o maior número de folhas que as plantas apresentaram foi 12, sendo que a maioria das plantas apresentavam de 6 a 10 folhas (> 80%) (Figura 1).

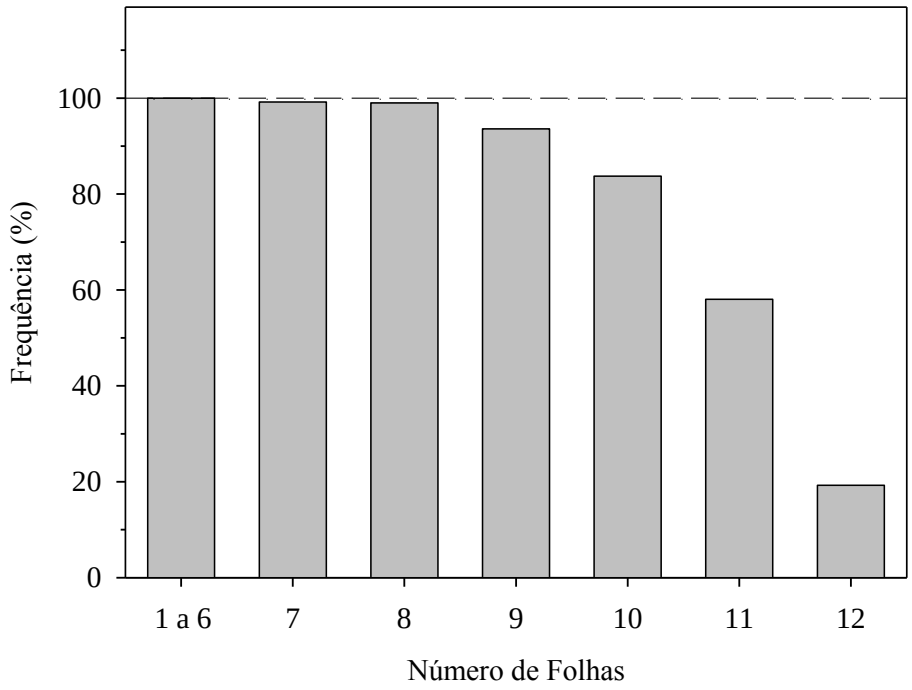

Figura 1. Frequência do número de folhas de plantas de batata (*Solanum tuberosum*) avaliadas.

As folhas 7 (0,5 ± 0,05) e 8 (0,50 ± 0,04) apresentaram as maiores densidades de minas de *P. operculella* e menores variâncias relativas (VR< 25%) (Tabela 3). Foram observadas correlações significativas (p<0,001) entre densidades relativas do número de minas de *P. operculella*/folha com as densidades absolutas de minas totais/planta (Tabela 2). As inclinações das curvas de regressão das densidades relativas do número de minas/folha com as densidades absolutas de minas totais/planta apresentaram diferenças significativas. As curvas de regressão da folha 7 e 8 apresentaram as maiores inclinações (Inclinação = 0,18 e 0,17; Intervalo de Confiança (IC) = 0,16 – 0,19 e 0,16 – 0,18; respectivamente) (Tabela 2).

Tabela 2. Média ($\bar{X}$) ± erro padrão (EP), variância relativa (VR), correlação de Pearson (r) e curvas de regressão linear simples das densidades relativas do número de minas de *Phthorimaea operculella* (Zell) (Lepidoptera: Gelechiidae)/folha com as densidades absolutas de minas totais/planta nas unidades amostrais de batata *Solanum tuberosum* no Alto Paranaíba, MG, 2013-2014.

Unidade amostral	$\bar{X}$ ± EP	VR (%)	Correlação			Regressão				
			r	T	P	Intercepto	Inclinação (Intervalo de confiança 95%)	r^2	F	P
[1]Posição da folha										
1	0,02±0,01	25,13	0,20	5,28	<0,001*	-0,01	0,01(0,01-0,01)	0,04	27,52	<0,001*
2	0,06±0,01	21,59	0,24	6,39	<0,001*	-0,01	0,01(0,01-0,02)	0,06	42,53	<0,001*
3	0,09±0,02	23,85	0,37	10,29	<0,001*	-0,05	0,04(0,03-0,05)	0,13	105,31	<0,001*
4	0,10±0,02	23,94	0,36	9,97	<0,001*	-0,05	0,05(0,04-0,06)	0,13	100,51	<0,001*
5	0,16±0,02	14,17	0,46	13,39	<0,001*	-0,02	0,06(0,05-0,07)	0,21	179,89	<0,001*
6[2]	0,28±0,04	12,93	0,57	17,93	<0,001*	-0,08	0,11(0,10-0,13)	0,33	337,62	<0,001*
7[2]	0,50±0,05	9,21	0,69	24,64	<0,001*	-0,04	0,18(0,16-0,19)	0,48	613,18	<0,001*
8[2]	0,50±0,04	8,26	0,74	28,44	<0,001*	-0,02	0,17(0,16-0,18)	0,55	810,77	<0,001*
9	0,34±0,03	9,72	0,66	22,71	<0,001*	-0,03	0,12(0,11-0,13)	0,43	510,08	<0,001*
10	0,45±0,03	7,70	0,58	18,40	<0,001*	0,11	0,11(0,10-0,12)	0,33	334,46	<0,001*
11	0,37±0,03	8,68	0,57	17,93	<0,001*	0,06	0,10 (0,09-0,11)	0,33	324,90	<0,001*
12	0,28±0,03	9,20	0,37	10,29	<0,001*	0,12	0,05(0,04-0,06)	0,14	107,01	<0,001*

[1]Posição da folha na planta a partir do ápice caulinar; [2]Folhas que melhor representam a unidade amostral; *Significativo a P<0,01.

Nas 7 das 8 lavouras avaliadas verificou que os valores de variância (σ^2) apresentaram maiores do que os da média ($\overline{X}$), portanto os dados são agregados. Além disso, os valores não significativos (p>0,05) de qui-quadrado (χ^2) das 8 lavouras mostraram que as densidades do número de minas de *P. operculella* se ajustaram à distribuição binomial negativa (Tabela 3).

Tabela 3. Média ($\overline{X}$), variância (σ^2), razão variância-média ($\sigma^2/\overline{X}$), índice de agregação ($\hat{k}$) e teste de qui-quadrado (χ^2) para as frequências observadas e esperadas pelas distribuições binomial negativa, Poisson e binomial positiva do número de minas de *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae)/planta de batata *Solanum tuberosum* nas lavouras no Alto Paranaíba, MG, 2013-2014.

Lavoura	$\overline{X}$	σ^2	$\sigma^2/\overline{X}$	$\hat{k}$	Binomial negativa		Poisson		Binomial positiva	
					χ^2	GL	χ^2	GL	χ^2	GL
1	3,59	7,78	2,17	3,09	0,29 ^{NS}	5	4,15 ^{NS}	6	8,20 ^{NS}	4
2	0,16	0,15	0,94	-2,56	3,09x10$^{-10\ NS}$	2	3,34x10$^{-05\ NS}$	1	3,65 ^{NS}	3
3	0,36	1,18	3,28	0,15	0,67 ^{NS}	8	0,16 ^{NS}	4	2,38 ^{NS}	4
4	1,42	3,39	2,39	1,03	1,82 ^{NS}	4	1,42 ^{NS}	5	368,65*	5
5	6,60	19,02	2,88	3,51	0,22 ^{NS}	2	51,74*	7	23,77*	5
6	11,71	41,62	3,55	4,59	0,04 ^{NS}	3	0,03 ^{NS}	4	26,62*	5
7	10,83	34,87	3,22	4,88	0,07 ^{NS}	5	0,26 ^{NS}	3	17,05*	4
8	5,43	27,96	5,15	1,31	0,25 ^{NS}	3	80,73*	6	22,05*	5
Valor comum	3,11	22,70	7,30	0,8803						

*Significativo a p<0,05; ^{NS}Não significativo a p>0,05; GL (grau de liberdade)= número de classes – 1 – número de parâmetros estimados no modelo (Young & Young 2002).

Foi possível obter um kc = 0,8803. Verificaram-se inclinações ($F_{1,6}$=1,90; p>0,05) e intercepto ($F_{1,6}$=0,10; p>0,05) não significativos pelo teste de homogeneidade em relação ao parâmetro k da distribuição binomial negativa para as densidades do número de minas *P. operculella* de das 8 lavouras. Isso possibilitou a geração de uma amostragem que foi adequada às diversas lavouras de batata.

À medida que aumenta o erro de precisão admitido, o número de amostras necessárias para a amostragem do número de minas de *P. operculella* foi reduzido. Assim, o número de amostras necessárias para a amostragem de *P. operculella* quando erro de precisão for maior (25%) é de 118 amostras/lavoura (Tabela 4). Observou uma estabilização no número de amostras necessárias para a amostragem quando o erro de precisão foi de 25% (Figura 2A). Além disso, verificou que a dispersão dos resíduos foi próxima da média quando o erro de precisão foi de 25% (Figura 2B). Portanto, para a amostragem do número de minas de *P. operculella* na batata é necessário 23 amostras/23 ha.

Tabela 4. Número de amostras necessárias para a amostragem do número de minas de *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae)/plantas de batata *Solanum tuberosum* com base no erro de precisão admitido de 5, 10, 15, 20 e 25% nas lavouras no Alto Paranaíba, MG, 2013-2014.

Lavoura	Erro de precisão admitido (%)				
	5%	10%	15%	20%	25%
1	566	141	63	35	23
2	2954	739	328	185	118
3	1566	391	174	98	63
4	736	184	82	46	29
5	515	129	57	32	21
6	489	122	54	31	20
7	491	123	55	31	20
8	528	132	59	33	21
Valor comum[1]	583	146	65	36	23

[1] Calculado de acordo com a fórmula de Young & Young (2002).

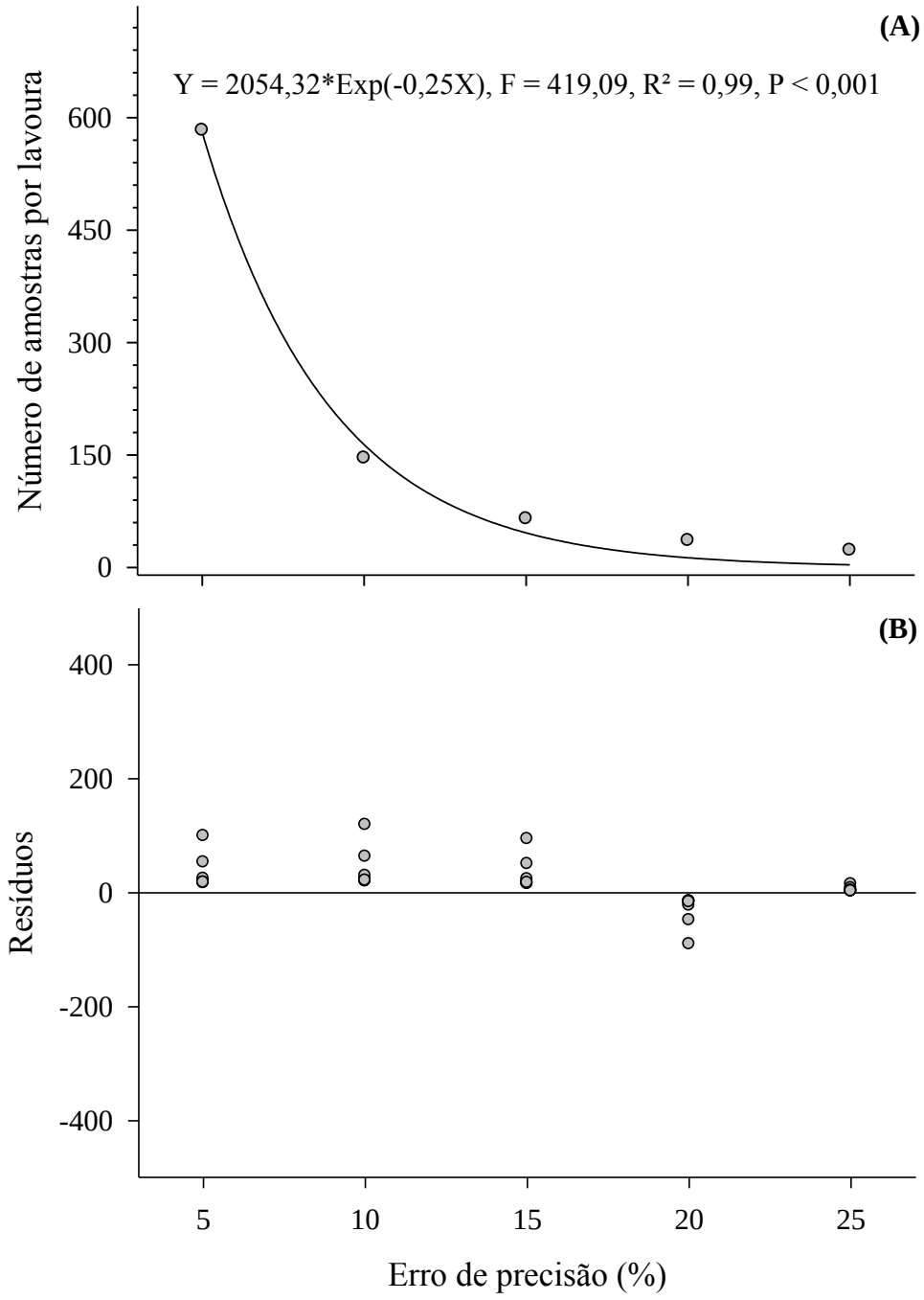

Figura 2. Número de amostras (A) e dispersão dos resíduos (B) para a amostragem de *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae)/planta de batata *Solanum tuberosum* em função do erro de precisão (%). Alto Paranaíba, MG, 2013-2014.

4. DISCUSSÃO

Foi possível determinar um plano de amostragem preciso e representativo para *P. operculella*. Isso devido a variância relativa em todas as seções da planta ter sido adequada para a amostragem de minas de *P. operculella* e por apresentarem

valores inferiores a 25%; a variância menor geram planos mais precisos. Este valor mede a precisão da técnica, indica a variabilidade dos dados amostrais e é usado na seleção de sistemas que devem fazer parte da amostragem (Southwood, 1978; Bacci et al., 2006). Os baixos valores de variância relativa, encontrados na amostragem de minas nas folhas (7 e 8) se devem às altas densidades detectadas pela amostragem, pois a variância relativa é inversamente proporcional à densidade (Pedigo & Rice, 2009).

As folhas com as maiores densidades da praga são normalmente os locais ideais para a amostragem desta, tal como resultam em uma amostragem representativa e precisa (Southwood, 1978; Gusmão et al., 2005; Bacci et al., 2006; Rosado et al., 2014). A menor densidade de *P. operculella* nas folhas mais baixeiras (folhas 9,10,11 e 12) pode ser explicada pela qualidade nutricional desta, pois estas folhas normalmente apresentam baixa concentração de água e nutrientes (Yathom, 1986; Bernays & Chapman, 1994). Além disso, estas folhas podem apresentar maior concentração de lignina, celulose e hemicelulose que normalmente influenciaram a alimentação do inseto. Alguns insetos que são incapazes de digerir lignina, celulose e hemicelulose, o que provoca diminuição na alimentação e consequentemente no crescimento e desenvolvimento desse (Lee et al., 2004 ;Dowd et al., 2013). A baixa densidade das lagartas de *P. operculella* nas folhas jovens (1, 2, 3 e 4) pode ser devido a maior exposição destas folhas às intempéries, aos inseticidas e aos inimigos naturais; também devido estas folhas possuírem maior concentração de defesas químicas (Rhoades, 1979; Rosado et al., 2014).

As densidades de minas de *P. operculella* apresentaram ajuste à distribuição de frequência binomial negativa. Isto pode ser atribuído a fêmea ovipositar em grupos de 3 a 5 ovos e assim que os ovos eclodem as lagartas continuam próximas de onde os ovos foram depositados, portanto apresentam agregação (Gubbaiah & Thontadarya, 1977; Rondon, 2010). Foot (1976; 1979) e Cool et al. (2000) observaram que a distribuição da injúria causada pelas minas de *P. operculella* dentro do campo tende a ser agregada. As curvas de homogeneidade do parâmetro k da distribuição binomial negativa apresentaram inclinações e interceptos não significativos. Desta forma, é possível obter amostragem envolvendo todas as lavouras e um mesmo número de amostras, uma vez que essas apresentam um valor comum para o parâmetro k da distribuição binomial negativa (Bliss & Owens, 1958; Young & Young; 2002).

Como a curva do erro de precisão admitido se estabilizou a 25 %, haverá uma baixa variação do número de amostras necessárias à determinação da densidade do número de minas de *P. operculella* nas lavouras de diferentes intensidades da praga a um erro de precisão de 25%. Assim, este nível deve ser empregado para o cálculo do número de amostras que irão compor a amostragem do número de minas de *P. operculella*. Desta forma, o plano de amostragem para ser praticável deve apresentar um número reduzido de amostras. O número de amostras determinadas por este trabalho é ideal para um plano de amostragem praticável.

5. CONCLUSÃO

A melhor unidade amostral para plantas que tem até seis folhas é composta pela sexta folha, para plantas com sete folhas é a sétima folha e para plantas com mais de oito folhas é a sétima ou a oitava folha. O número ideal de amostras para amostrar minas de *P. operculella* na cultura da batata é 1 amostra para um talhão de 23 ha, no entanto se o talhão for maior que 23 ha subdividir a área em talhões menores.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, F.M.; Diniz, F.S.; DA SILVA, I.W.; FERNANDES, F.L.; DA SILVA, P.R.; GORRI, J.E.R. A sampling plan for *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae) on a potato (*Solanum tuberosum*) plantation. **American Journal of Potato Research**, v. 91, p. 663-672, 2014.

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**, v. 99, p. 2177-2184, 2006.

BERNAYS, E.A.; CHAPMAN, R.F. **Host-plant selection by phytophagous insects**. NewYork: Chapman and Hall, 1994. 312 p.

BINNS, D. Sequential estimation of the mean of a negative binomial distribution. **Biometrika**, v. 62, p. 433-440, 1975.

BLISS, C.L.; OWENS, A.R.G. Negative binomial distributions with a commom k. **Biometrika**, v. 45, p. 37-58, 1958.

COLL, M.; GAVISH, S.; DORI, I. Population biology of the potato tubermoth, *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae) in two potato cropping systems in Israel. **Bulletin of Entomological Research**, v. 90, p. 309-315, 2000.

DOWD, P.F.; SARATH, G.; MITCHELL, R.B.; SAATHOFF, A.J.; VOGEL, K.P. Insect resistance of a full sib family of tetraploid switchgrass *Panicum virgatum* L. with varying lignin levels. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 60, p. 975-984, 2013.

DRAP Centro. **Direção Regional de Agricultura e Pescas do Centro**. 2012. Disponível em: <http://www.drapc.min-agricultura.pt/base/documentos/tracadabatata.pdf>. Acesso em 22 de dezembro de 2014.

DRAPER, N.R.; SMITH, H. **Applied regression analysis**. New York: John Wiley & Sons, 1981. 709 p.

ELLIOTT, J.M. **Some methods for the statistical analysis of samples of benthic invertebrates**. Ambleside: Freshwater Biological Association Scientific Publication, 1983. 159 p.

FERNANDES, M.G.; BUSOLI, A.C.; BARBOSA, J.C. Sequential sampling of *Alabama argillacea* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) on cotton crop. **Neotropical Entomology**, v. 32, p. 117-122, 2003.

FOOT, M.A. Bionomics of the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae) at Pukekohe. **New Zealand Journal of Zoology**, v. 6, p. 623-636, 1979.

FOOT, M.A. Cultural practices in relation to infestation of potato crops by the potato tuber moth (*Phthorimaea operculella*).II. Effect of seed depth, remoulding, pre-harvest defoliation, and delayed harvest. **New Zealand Journal of Experimental Agriculture**, v. 4, p. 121-124, 1976.

GILBOA, S; PODOLER, H. Presence absence sequential sampling for potato tuberworm (Lepidoptera: Gelechiidae) on processing tomatoes - selection of sample sites according to predictable seasonal trends. **Journal of Economic Entomology**, v. 88, p. 1332-1336, 1995.

GOLIZADEH, A.; ESMAEILI, N.; RAZMJOU, J.; RAFIEE-DASTJERDI, H. Comparative life tables of the potato tuberworm, *Phthorimaea operculella*, on leaves source. **Journal of Insect Science**, v. 14, p. 1-11, 2014.

GUBBAIAH; THONTADARYA, T.S. Bionomics of potato tuberworm, *Gnorimoschema operculella* Zeller (Lepidoptera Gelechiidae) in Karnataka. **Mysore Journal of Agricultural Sciences**, v. 11, p. 380-386, 1977.

GUSMÃO, M.R.; PICANÇO, M.C.; ZANUNCIO, J.C.; SILVA, D.J.H, BARRIGOSSI, J.A.F. Standardised sampling plan for *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in outdoor tomatoes. **Scientia Horticulturae**, v. 103, p. 403-412, 2005.

HIGLEY, L.G.; PEDIGO, L.P. Economic injury level concepts and their use in sustaining environmental quality. **Agriculture Ecosystems and Environment**, v. 46, p. 233-243, 1993.

KREBS, C.J. **Ecological methodology**, 2 ed. New York: Harper & Row, 1999. 654 p.

LEAKE, A. The development of integrated crop management in agricultural crops: comparisons with conventional methods. **Pest Management Science**, v. 56, p. 950-953, 2000.

LEE, K.P.; RAUBENHEIMER, D.; SIMPSON, S.J. The effects of nutritional imbalance on compensatory feeding for cellulose-mediated dietary dilution in a generalist caterpillar. **Physiological Entomology**, v. 29, p. 108-117, 2004.

LUDWIG, J.A.; REYNOLDS, J.F. **Statistical ecology: a primer on methods and computing**. New York: John Wiley & Sons, 1988. 333 p.

MELO, E.P. DE; FERNANDES, M.G.; DEGRANDE, P.E.; CESSA, R. M. A.; SALOMÃO, J.L.; NOGUEIRA, R.F. Distribuição espacial de plantas infestadas por *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) na cultura do milho. **Neotropical Entomology**, v. 35, p. 689-697, 2006.

NARANJO, S.E.; CASTLE, S.J. Sequential sampling plans for estimating density of glassy-winged sharpshooter, *Homalodisca vitripennis* (Hemiptera: Cicadellidae) on citrus. **Crop Protect**, v. 29, p. 1363-1370, 2010.

PEDIGO, L.P.; RICE, M.E. **Entomology and pest management**. New Jersey: Prentice Hall, 2009. 784 p.

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

RHOADES, D.F. Evolution of plant chemical defense against herbivores. In: ROSENTHAL, G.A.; JANZEN, D.H. (Ed.). **Herbivores: their interactions with secondary plant metabolites**. New York: Academic, 1979. p. 4-54.

RIVERA, M.J.; BURRACK, H.J. Host utilization is mediated by movement of pre-feeding *Phthorimaea operculella* larvae in the *Nicotiana tabacum* agroecosystem. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 145, p. 153-161, 2012.

RONDON, S.I. The Potato Tuberworm: A Literature review of its biology, ecology and control. **American Journal of Potato Research**, v. 87, p. 149-166, 2010.

ROSADO, J.F.; SARMENTO, R.A.; PEDRO-NETO, M.; GALDINO, T.V.S.; MARQUES, R.V.; ERAMSO, E.A.L.; PICANÇO, M.C. Sampling plants for pest mites on phisic nut. **Experimental and Applied Acarology**, v. 63, p. 521-534, 2014.

SOUTHWOOD, T.R.E. **Ecological methods**. 2 ed. London: Chapman and Hall, 1978. 524 p.

SOUZA, L.A.; BARBOSA, J.C.; GRIGOLLI, J.F.J; FRAGA, D.F.; MORAES, L.C.; BUSOLI, A.C. Sequential sampling of *Euchistus heros* (Heteroptera: Pentatomidae) in soybean. **Scientia Agricola**, v. 71, p. 464-471, 2014.

SPORLEDER, M.; ZEGARRA, O.; CAUTI, E.M.R.; KROSCHEL, J. Effects of temperature on the activity and kinetics of the granulovirus infecting the potato tuber moth *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera: Gelechiidae). **Biological Control**, v. 44, p. 286-295, 2008.

TAYLOR, L.R. Aggregation, variance and the mean. **Nature**, v.189, p.732-735, 1961.

TRIVEDI, T.P.; RAJAGOPAL, D. Distribution, biology, ecology and management of potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae): a review. **Tropical Pest Management**, v. 38, p. 279-285, 1992.

WESTEDT, A.L.; DOUCHES, D.S.; PETT, W.; GRAFIUS, E.J. Evaluation of natural and engineered resistance mechanisms in *Solanum tuberosum* L. for resistance to *Phthorimaea operculella* Zeller. **Journal of Economic Entomology**, v. 91, p. 552-556, 1998.

WILSON, L.J.; FOLKS, J.L.; YONG, J.H. Multistage estimation compared with fixedsample- size estimation of the negative binomial parameter k. **Biometrics**, v. 40, p. 109-117, 1984.

YATHOM, S. Phenology of the potato tuber moth (*Phthorimaea operculella*), a pest of potatoes and processing tomatoes in Israel. **Phytoparasitica**, v. 17, p. 313-318, 1986.

YOUNG, L.; YOUNG, J. **Statistical ecology: a population perspective**. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2002. 565 p.

CAPÍTULO III

NÍVEIS DE DANO ECONÔMICO E DE CONTROLE PARA O MANEJO DE *Liriomyza huidobrensis* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae) E *Phthorimaea operculella* (Zell) (Lepidoptera: Gelechiidae) EM *Solanum tuberosum*

RESUMO – O uso de inseticidas no controle de *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae) e *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae) é a medida de controle mais eficiente. No entanto, é possível reduzir o uso dos inseticidas, com base em Manejo Integrado de Pragas (MIP). No MIP o controle químico só é adotado se a densidade da praga atingir o nível de controle. Neste contexto, objetivou-se determinar os níveis de dano econômico (NDE) e de controle (NC) para *P. operculella* e *L. huidobrensis* na batata Ágata. Este estudo foi conduzido em 16 lavouras comerciais de batata da cultivar Ágata para a avaliação de *L. huidobrensis* e 8 lavouras comerciais para *P. operculella*. O custo de controle, valor da produção, coeficiente de eficiência de controle e unidade de injúria e dano foram utilizados para o cálculo do nível de dano econômico. Para o nível de controle multiplicaram-se os valores do NDE por 0,8. O NDE [NC] para *L. huidobrensis* aos 50 dias após o plantio de acordo com o valor de produção foi 0,07-0,23 [0,05-0,19]. Para *P. operculella* aos 50 dias após o plantio foi 0,07-0,24 [0,05-0,19]. Portanto, o NDE (NC) de 0,07 (0,05) e 0,07 (0,05) de plantas atacadas deve ser utilizado nas decisões de controle de *L. huidobrensis* e *P. operculella*; respectivamente.

Palavras-chave: Batata, Manejo Integrado de Pragas, mosca minadora, traça-da-batata.

ECONOMIC INJURY LEVEL AND CONTROL FOR MANAGEMENT *Liriomyza huidobrensis* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae) AND *Phthorimaea operculella* (Zell) (Lepidoptera: Gelechiidae) IN *Solanum tuberosum*

ABSTRACT – The use of insecticides for the control of *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae) and *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae) is the most effective control measure. However, you can reduce the use of pesticides, based on Integrated Pest Management (IPM). In IPM chemical control will only take effect if the pest density reaches the level of control. In this context, the objective was to determine the economic injury level (EIL) and threshold (TL) for *P. operculella* and *L. huidobrensis* in potato Agata. This study was conducted in 16 commercial potato growing areas Agate for the evaluation of *L. huidobrensis* and 8 commercial crops for *P. operculella*. The cost control, value of production, control efficiency coefficient and injury unit and damage were used to calculate the economic injury level. To the level of threshold multiplied by the values of the EIL 0.8. The EIL [TL] to *L. huidobrensis* at 50 days after planting according to the production value was 0.07 to 0.24 [0.05 to 0.19]. To *P. operculella* at 50 days after planting was from 0.07 to 0.24 [0.05 to 0.19]. Therefore, the EIL (TL) of 0.07 (0.05) and 0.07 (0.05) of attacked plants should be used in the control decisions of *L. huidobrensis* and *P. operculella*; respectively.

Keywords: Potato, Integrated Pest Management, leafminer, potato tuberworm.

1. INTRODUÇÃO

Os insetos minadores da batateira *Solanum tuberosum*, mosca minadora *Liriomyza huidobrensis* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae) e traça-da-batata *Phthorimaea operculella* (Zell) (Lepidoptera: Gelechiidae) (minadoras) são instituídas como pragas-chave por atingirem níveis populacionais prejudiciais à esta cultura (Herman et al., 2005; Rondon, 2010; Mujica & Kroschel, 2013). Ambas as pragas reduzem a área foliar da planta por confeccionarem minas e destruir o mesofilo foliar, as minas são portas para a entrada de patógenos. Além da desfolha a espécie *P. operculella* também perfura o tubérculo de batata. Esses minadores causam perdas econômicas em outras culturas, como em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), ervilha (*Pisum sativum* L.), tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.), berinjela (*Solanum melongena* L.) e tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) (Das & Raman, 1994; Gitonga et al., 2010; Rivera & Burrack, 2012; Okoth et al., 2014). Na batata, estas espécies causam perdas econômicas de até 100% (Milla & Reitz, 2005; DRAP Centro, 2012).

Estas perdas são observadas na cultivar Ágata, que é uma das cultivares de batata mais plantada no Brasil. Essa cultivar representa mais de 60% da área plantada e contribui com 70% da produção nacional. Isto se deve a sua boa produtividade quando comparada com as outras cultivares, brotação rápida, os tubérculos são lisos, possuem formato uniforme e polpa amarela clara, características que contribuem para sua consolidação no mercado (ABBA, 2010; Fernandes et al., 2010).

Contudo, o principal método utilizado para o controle desses minadores nesta e noutras cultivares de batata é por aplicação de inseticida (Rondon, 2010; Mujica & Kroschel, 2013), entretanto é feito na forma de calendário sem levar em consideração outros fatores como, presença de pragas e inimigos naturais (Zambolim et al., 2011). O uso intensivo destes acarreta vários problemas como: resistência das pragas aos inseticidas, aumento do custo de produção, contaminação do ambiente e do homem (Leite, 2004; Okoth et al., 2014). O último destes, tem merecido atenção de pesquisas, por envolver diretamente o consumo de tubérculos contaminados com inseticidas. Dentre estes, os organofosforados (clorpirifós e acefato), benzilato (bromopropilato) e clorociclodieno (endossulfan) foram encontrados nos tubérculos de batata em concentrações acima do limite máximo de resíduos (LMR) (ANVISA, 2009; Rigueira et al., 2013).

Uma das formas de reduzir tais problemas é adotar sistema de Manejo Integrado de Pragas (MIP) para minadores na batateira. Neste sistema a decisão do controle químico é determinada pelos níveis dos índices populacionais das pragas (Pedigo & Rice, 2009; Timprasert et al., 2014). Estes índices são representados pelo nível de dano econômico (NDE), nível de controle (NC) e nível de não ação (NNA). O NDE consiste na densidade populacional da praga que causa prejuízo de igual valor ao custo do seu controle (Higley & Pedigo, 1997; Gullan & Cranston, 2012). Enquanto, o NC é a intensidade de ataque da praga que se deve iniciar uma ação de controle de modo a evitar que esta densidade atinja o NDE (Stern et al., 1959). O NNA é a densidade do inimigo natural que mantêm a praga abaixo do NDE, este, porém é o menos utilizado e é aplicado ao controle biológico (Miranda et al., 1998; Pedigo & Rice, 2009).

O uso dos níveis populacionais reduziram de 25 a 87% as pulverizações com inseticidas na cultura do tomate (Picanço et al., 2004). O NDE é variável em função do custo de controle, valor da produção, unidade de injúria, dano e coeficiente de eficiência de controle (Pedigo & Rice, 2009; Fernandes et al., 2011; Brewer et al., 2013). O NC é definido como 80% do NDE, é o nível de lesão foliar em que as medidas de controle deve começar para prevenir que a população da praga alcance o NDE (Pedigo & Rice, 2009; Mujica & Kroschel, 2013). O uso do NDE é o limiar entre o prejuízo e o benefício (Pedigo & Rice, 2009; Mujica & Kroschel, 2013). Os NCs são de difícil obtenção, uma vez que é necessário maior número de lavouras e com diferentes índices populacionais. Os NCs calculados são poucos e quando existem não são aplicáveis ou mesmo não são calculados da forma correta.

Desta forma, considerando a importância dos minadores *L. huidobrensis* e *P. operculella*, do elevado número de pulverizações com inseticidas e dos problemas acarretados por estes, objetivou-se determinar o NDE e o NC para o manejo dessas espécies minadoras na batateira da variedade Ágata.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi conduzido de setembro/2013 a abril/2014 em 16 lavouras comerciais de batata *S. tuberosum*, cultivar Ágata, para a avaliação de *L. huidobrensis* e oito lavouras comerciais para *P. operculella,* em fase de produção com espaçamento entre 80 e 87 cm e 12 a 15 hastes m^{-2} entre plantas, nos municípios

de Ibiá, Carmo do Parnaíba, Rio Paranaíba, Campos Altos e São Gotardo; na região do Alto Paranaíba, Minas Gerais. As lavouras foram selecionadas com áreas entre 10 e 35 ha, com a presença de minas contendo larvas e lagartas das duas espécies minadoras e idade de plantio de 35 a 70 dias para *L. huidobrensis*, e 15 a 80 dias para *P. operculella*.

Foi avaliado o número de minas destas pragas com larvas e lagartas vivas em toda a planta, avaliando-se a folha nº 1 a primeira folha a partir do ápice e não considerou os primórdios foliares. O caminhamento nas lavouras era feito de forma aleatória de modo a garantir a cobertura do campo. Foram feitas avaliações aos 15, 25, 50 e 85 dias após o plantio da batata para traça-da-batata e 35, 50 e 70 dias para mosca minadora (ver capítulo I).

2.1. Nível de dano econômico e controle (NDE e NC)

Para o cálculo do NDE para espécies minadoras foi determinado o custo de controle (R$ ha^{-1}), produtividade média (t ha^{-1}), valor da produção (R$ ha^{-1}), unidade de injúria, dano e coeficiente de eficiência de controle (K). O NDE foi definido como a quantidade de prejuízo que justificaria o custo de medidas de controle artificial (Stern et al., 1959; Higley & Pedigo, 1997), segundo a fórmula de Pedigo & Rice (2009) (Fórmula 1). Para a obtenção do NC multiplicaram os valores de NDE dos minadores por 0,8 (Pedigo & Rice, 2009; Mujica & Kroschel, 2013).

$$NDE = \frac{CC}{V \times I \times D \times K} \times 100 \quad (1)$$

Em que, NDE = Nível de dano econômico; C = Custo de controle; V = Valor da produção; I = Unidade de injúria por praga; D = Dano por unidade de injúria; K = Coeficiente de eficiência de controle.

Em seguida, utilizou os menores valores de NDE e NC para indicar a relação prejuízo e benefício ao longo do ciclo da batata, pois estes valores dão uma maior confiança no momento de tomar a decisão de controle ou não.

2.1.1. Custo de controle (CC)

No cálculo do custo operacional (R$ ha^{-1}) considerou que para a aplicação de inseticidas iria alugar o pulverizador e o custo do aluguel desse seria de 450,00 (R$

ha^{-1}), como serão realizadas três aplicações para o controle destas pragas multiplicou o custo do aluguel do pulverizador pelo número de aplicações. Na região do Alto Paranaíba para controlar estas pragas minadoras se faz três aplicações de inseticidas durante o ciclo da batata. Para o cálculo do custo de três aplicações de inseticidas foram selecionados os ingredientes ativos mais usados no controle das espécies minadoras: abamectina, espinosade, clorantraniliprole, lambda-cialotrina, clorfenapir e novalurom. Posteriormente, multiplicou-se as maiores doses (L ha^{-1}) utilizadas para o controle destas pragas pelo preço unitário do inseticida e obteu-se a média.

2.1.2. Valor da produção (V)

O valor da produção foi obtido a partir da produtividade média das lavouras avaliadas (t ha^{-1}) multiplicada pelo preço de venda (baixo, médio e alto) da batata (R$ t^{-1}). Os preços de venda da batata foram obtidos pelos preços médios mensais da batata beneficiada, comercializados nos anos de 2005 a 2014, corrigidos pela inflação do IGP-DI de agosto de 2014 (Cepea, 2014).

2.1.3. Unidade de injúria e o dano (I e D)

O dano por unidade de injúria (D) é obtido pelo ajuste do modelo linear da produtividade (t ha^{-1}) em função do número de minas por planta. Já a unidade de injúria (I) foi determinada pelo coeficiente angular do ajuste do modelo linear entre o número de planta em função do número de minas na unidade amostral (Pedigo & Rice, 2009; Paula-Moraes et al., 2013).

2.1.4. Coeficiente de eficiência de controle (K)

O K foi obtido através dos valores de eficácia dos inseticidas, onde se considerou 0,80 conforme exigência do Ministério da Agricultura e Pecuária do Estado de Minas Gerais (Paula-Moraes et al., 2013; MAPA, 2014).

3. RESULTADOS

O custo de controle para *L. huidobrensis* e *P. operculella* foi de 1.615,85 e 1.579,88 R$ ha^{-1}, respectivamente. Deste custo total para *L. huidobrensis* 83,55% equivalem ao custo operacional e 16,45% ao custo de três aplicações de inseticidas. Para *P. operculella* 85,45% e 14,55% corresponderam ao custo operacional e ao custo de três aplicações de inseticidas, respectivamente (Tabela 1). O valor de produção para *L. huidobrensis* com uma produtividade de 26,13 t ha^{-1} e o preço de venda de R$ 301,80; R$ 584,00 e R$ 1.071,30 t^{-1} foi de R$ 7.886,03; R$ 15.259,92 e R$ 27.993,07 ha^{-1}, respectivamente. Já para *P. operculella* o valor de produção foi de R$ 8.525,85; R$ 16.498,00 e R$ 30.264,23 ha^{-1}, considerando a produtividade de 28,25 t ha^{-1} (Tabela 2).

Tabela 1. Custo total da operação, de inseticidas e total do controle químico de *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae) e *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae) na cultura da batata *Solanum tuberosum* no Alto Paranaíba, MG, 2013-2014.

Custo operacional (A)				
Itens				Custo de três aplicações (R$ ha^{-1})
Aluguel do pulverizador				1.350,00
Subtotal 1 (R$ ha^{-1})				1.350,00
Custo de três aplicações de inseticidas (B)				
Espécie	Inseticida (ingrediente ativo)	Preço do inseticida (R$ L^{-1})	Dose (L ha^{-1})	Custo (R$ ha^{-1})
L. huidobrensis	Abamectina	27,70	1,00	83,10
	Abamectina	22,00	0,40	26,40
	Abamectina	46,00	0,0005	0,07
	Espinosade	757,00	0,42	953,82
Média		213,18	0,46	265,85
P. operculella	Abamectina	29,90	1,00	89,70
	Clorantraniliprole+lambda-Cialotrina	299,90	0,20	0,60
	Clorfenapir	125,00	0,75	281,25
	Clorantraniliprole	589,34	0,15	265,20
	Novalurom	68,00	0,30	61,20
	Espinosade	757,00	0,30	681,30
Média		311,52	0,45	229,88
Custo total de Controle (A + B)				
Espécie		Operação (R$ ha^{-1}) (A)	Inseticidas (R$ ha^{-1}) (B)	Total (R$ ha^{-1}) (A+B)
L. huidobrensis		1.350,00	265,85	1.615,85
P. operculella		1.350,00	229,88	1.579,88

Tabela 2. Preço de venda (R$ t^{-1}), produtividade (t ha^{-1}) e valor da produção (R$ ha^{-1}) da batata *Solanum tuberosum* no Alto Paranaíba, MG, 2013-2014.

Preço de Venda (R$ t^{-1})[1]	*Liriomyza huidobrensis*		*Phthorimaea operculella*	
	Produtividade (t ha^{-1})	Valor da produção (R$ ha^{-1})	Produtividade (t ha^{-1})	Valor da produção (R$ ha^{-1})
301,80	26,13	7.886,03	28,25	8.525,85
584,00	26,13	15.259,92	28,25	16.498,00
1.071,30	26,13	27.993,07	28,25	30.264,23

[1]Preços médios mensais de batata beneficiada entre 2005 a 2014 (Fonte: Cepea, 2014).

A relação entre a produtividade e o número de minas de *L. huidobrensis* apresentou coeficiente angular de 1,07 aos 50 dias após o plantio e 0,81 aos 70 dias após o plantio. Para *P. operculella* o coeficiente angular foi 0,98 aos 50 dias após o plantio (Figura 1). A relação não foi significativa entre a produtividade e o número de minas de *P. operculella* aos 35 e 70 dias após o plantio e de *L. huidobrensis* aos 35 dias após o plantio não foi significativo.

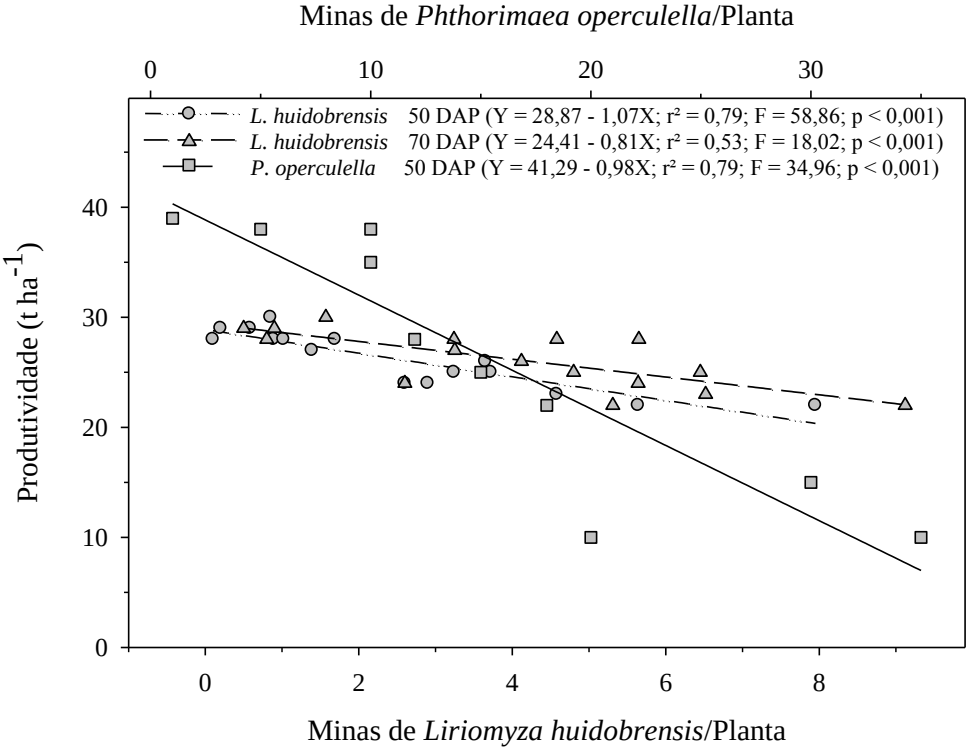

Figura 1. Produtividade (t ha^{-1}) em função do número de minas de *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae) (50 e 70 dias após plantio) e *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae) aos 50 dias após o plantio da batata *Solanum tuberosum* no Alto Paranaíba, MG, 2013-2014.

Os NDE [NC] para *L. huidobrensis* aos 50 dias após o plantio variou de 0,06 [0,05] a 0,24 [0,19], aos 70 dias 0,09 [0,07] a 0,32 [0,25]. Para *P. operculella* aos 50 dias após o plantio variou de 0,07 [0,05] a 0,24 [18,91] (Tabela 3).

Tabela 3. Nível de dano econômico (NDE) e nível de controle (NC) para *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae) e *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae) (%) aos 50 e 70 dias após o plantio da cultura da batata *Solanum tuberosum* no Alto Paranaíba, MG, 2013-2014.

Espécie	Dias após o plantio	NDE (NC)		
		Níveis de valores da produção		
		Baixo	Médio	Alto
L. huidobrensis	50	0,24 (0,19)	0,12 (0,09)	0,07 (0,05)
	70	0,32 (0,25)	0,16 (0,13)	0,09 (0,07)
P. operculella	50	0,24 (0,19)	0,12 (0,09)	0,07 (0,05)

O número de minas de *P. operculella* e *L. huidobrensis* aumentou a partir dos 35 dias após o plantio, na maioria das lavouras avaliadas e esse aumento atingiu o NC de 0,05. Das oito lavouras avaliadas apenas quatro apresentaram densidades de *P. operculella* inferiores ao NC de 0,05 (85 dias após o plantio), consequentemente não atingiram o prejuízo (Figura 2A). Nas 11 lavouras que avaliaram o número de minas de *L. huidobrensis* somente quatro delas apresentaram densidades abaixo do NDE aos 70 dias após o plantio (Figura 2B).

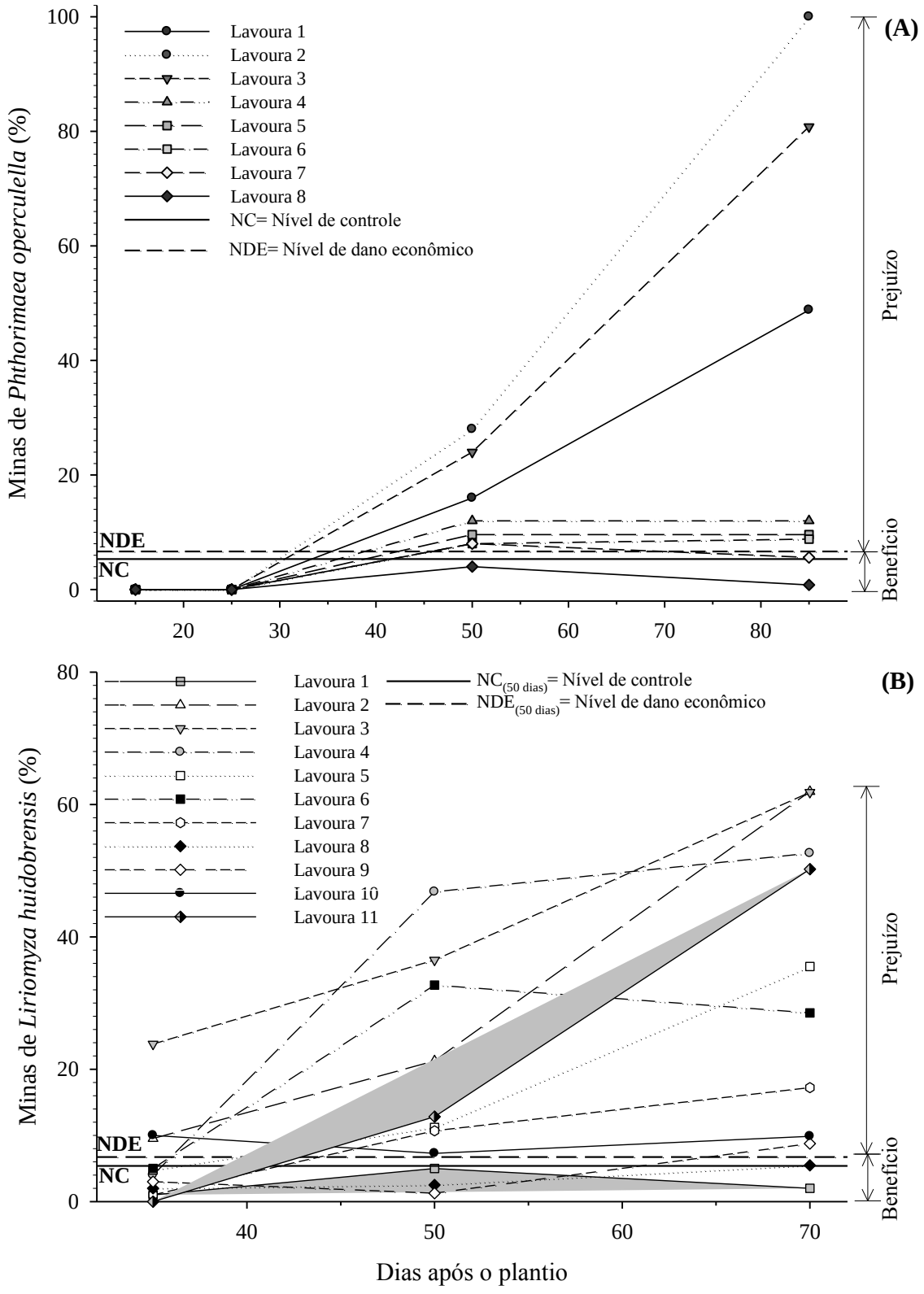

Figura 2. Minas de *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae) (%) (A) e de *Liryomyza* spp. (Diptera: Agromizydae) (%) (B), nível de dano econômico [NDE] e de controle [NC] em lavouras de batata em função dos dias após o plantio. Alto Paranaíba, MG, 2013-2014.

4. DISCUSSÃO

De forma geral, os NDEs e NCs de *L. huidobrensis* foram inferiores aos calculados para *P. operculella*. A diferença entre os níveis populacionais destas espécies minadoras pode ser devido ao número de minas por planta. O número de minas de *L. huidobrensis* por planta (0,1 - 9,12) foi inferior ao de *P. operculella* (1 - 35) essa diferença no número de minas pode ser devido a oviposição de cada destas espécies minadoras, pois as fêmeas de *L. huidobrensis* ovipositam em média 117 ovos, enquanto que *P. operculella* pode ovipositar aproximadamente 290 ovos (Salas et al., 1988; Trivedi & Rajagopal, 1992; Rijswijk & Malipatil, 2005; Rondon, 2010).

Outra explicação seria a duração do estádio larval dos minadores. Uma vez que o período de desenvolvimento das lagartas de *P. operculella* é de 15 a 20 dias, enquanto que as larvas de *L. huidobrensis* completam o seu desenvolvimento larval de 4 a 17 dias, assim esta última apresenta um período de alimentação menor do que as lagartas de *P. operculella* (Bográn, 2005; Rondon, 2010). Consequentemente, a redução da área foliar pelas lagartas de *P. operculella* é maior em relação às larvas de *L. huidobrensis*. A redução da área foliar resulta no comprometimento da taxa fotossintética, que propicia a redução da produção de fotoassimiliados e logo a redução da produtividade das plantas, influenciando os valores dos níveis de tomada de decisão (Gonzalez-Sanpedro et al., 2008; Reis et al., 2013).

A utilização dos valores de NDE pelos produtores para a decisão de controle das pragas pode ser arriscado já que este nível quantifica a relação prejuízo e benefício (Pedigo, 2009; Mujica & Kroschel, 2013). Na prática, não deve esperar que uma população de insetos-praga atinja o NDE para que se possa realizar o controle. Existe um intervalo de tempo entre a aplicação e o seu efeito sobre a população de pragas, recomenda-se que as medidas de controle comecem antes das pragas atingirem o NDE. O ponto em que a decisão de controle deve ser tomada é no NC, pois é nesse ponto em que os produtores terão máximo retorno sobre o investimento de controle e uma redução dos riscos para a produção (Mujica & Kroschel, 2013).

Os valores de NDE [NC] encontrados neste trabalho para *L. huidobrensis* aos 50 e 70 dias após o plantio são valores próximos aos que foram observados por Mujica & Kroschel (2013) (0,21-0,55 [0,17-0,44]). Para *P. operculella* não existem trabalhos sobre os níveis populacionais, portanto não é possível nenhuma comparação com outros estudos. Picanço et al. (2004) considerando o nível de

controle para *Tuta absoluta* verificaram uma redução de 20% no custo de produção do tomateiro. Schuster & Pohronezny (1988) observaram que a adoção de níveis de controle para *Liriomyza* spp. possibilitou a redução do número de aplicações de inseticidas de 40 para 10 em tomateiro, que gerou uma economia de 75%. Portanto, o controle das pragas não é economicamente justificado até que a injúria foliar exceda estes valores. Isso mostra que a planta de batata pode tolerar níveis de injúria foliar causadas por *L. huidobrensis* e também por *P. operculella*.

Em nosso estudo foi possível observar que a batata com 50 dias é sensível ao ataque já nas outras datas não foi observado perdas, isso porque as plantas que apresentam 50 dias após o plantio estão no estádio de formação de tubérculos e quando ocorre a desfolha nesse período a planta não consegue recuperar, consequentemente ocorre as maiores perdas na produção. Quando ocorre a desfolha em plantas com aproximadamente 35 dias após o plantio estas conseguem recuperar-se do ataque, sem perda significativa na produção (Cranshaw & Radcliffe,1980; Silva, 2003; Irigoyen et al., 2011). A partir dos 35 dias após o plantio é possível observar aumento na densidade das espécies minadoras, isso pode estar relacionado com o aumento no número das folhas na planta de batata que ocorre neste período.

A fisiologia da planta de batata e a distribuição dos recursos das folhas (fonte) para tubérculos (dreno) explicam a importância de uma área foliar sem injúrias aos 50 dias após o plantio, pois é nesta fase que os fotoassimilados são alocados para os tubérculos (Mujica & Kroschel, 2013). No momento que ocorre a desfolha ocasionada pelas espécies minadoras, as plantas não têm a área foliar fotossinteticamente ativa, assim não terá fotoassimilados para a formação e crescimento dos tubérculos, consequentemente terá uma redução na produtividade. Entretanto, devido a desfolha, a planta de batata induz a formação de novas folhas para compensar esta perda, portanto os fotoassimilados que seriam destinados a formação e crescimento do tubérculo são direcionados para a formação das novas folhas (Midmore, 1986).

5. CONCLUSÃO

Os níveis de dano econômico [níveis de controle] para *L. huidobrensis* aos 50 e 70 dias após o plantio foram de 0,07-0,24 [0,05-0,19] e 0,09-0,32 [0,07-0,25], respectivamente. Para *P. operculella* aos 50 dias após o plantio foi 0,07-0,24 [0,05-

0,19]. O NDE (NC) de 0,07 (0,05) e 0,07 (0,05) deve ser utilizado nas decisões de controle de *L. huidobrensis* e *P. operculella*; respectivamente, para reduzir os custos de manejo dessas pragas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA BATATA – ABBA. Variedades. **Revista batata show**, v. 10, p. 1-4, 2010.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA – ANVISA. **Programa de análise de resíduos de agrotóxicos em alimentos**. 2009. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/wps/content/Anvisa+Portal/Anvisa/Inicio/Agrotoxicos+e+Toxicologia/Assuntos+de+Interesse/Programa+de+Analise+de+Residuos+de+Agrotoxicos+em+Alimentos>. Acesso em 04 de janeiro de 2015.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERIG - ASAE Standards. **Agricultural management data ASAE D497.4.**, p. 360-367, 1998.

BOGRÁN, C.E. **Biology and management of *Liriomyza* leafminers in greenhouse ornamental crops**. 2005. Disponível em: <https://insects.tamu.edu/extension/publications/epubs/eee_00030.cfm>. Acesso em 20 de agosto de 2014.

BREWER, M.J.; ANDERSON, D.J.; ARMSTRONG, J.S. Plant growth stage-specific injury and economic injury level for verde plant bug, *Creontiades signatus* (Hemiptera: Miridae), on cotton: Effect of bloom period of infestation. **Journal of Economic Entomology**, v. 106, n. 5, p. 2077-2083, 2013.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA – CEPEA. **Especial Batata, custos de produção em altas nos últimos anos.** 2014. Disponível em: < http://www.cepea.esalq.usp.br/hfbrasil/edicoes/139/full.pdf>. Acesso em 22 de dezembro de 2014.

CRANSHAW, W.S.; RADCLIFFE, E.B. Effect of defoliation on yield of potatoes. **Journal of Economic Entomology**, v. 73, p. 131-134, 1980.

DAS, G.P.; RAMAN, K.V. Alternate hosts of the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller). **Crop Protection**, v. 13, p. 83-86, 1994.

DRAP Centro. **Direção Regional de Agricultura e Pescas do Centro**. 2012. Disponível em: <http://www.drapc.min-agricultura.pt/base/documentos/tracadabatata.pdf>. Acesso em 22 de dezembro de 2014.

FERNANDES, A.M.; SORATTO, R.P.; SILVA, B.L.; SOUZA-SCHLICK, G.D. Crescimento, acúmulo e distribuição de matéria seca em cultivares de batata na safra de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, p. 826-835, 2010.

FERNANDES, F.L.; PICANÇO, M.C.; CAMPOS, S.O.; BASTOS, C.S.; CHEDIAKI, M. GUEDES, R.N.C.; DA SILVA, R.S. Economic injury level for the coffee berry borer (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) using attractive traps in brazilian coffee fields. **Journal of Economic Entomology**, v. 104, p. 1909-1917, 2011.

GITONGA, Z.M.; CHABI-OLAYE, A.; MITHÖFER, D.;OKELLO, J.J.; RITHO, N.C. Control of invasive *Liriomyza leafminer* species and compliance with food safety standards by small scale snow pea farmers in Kenya. **Journal of Crop Protection**, v. 29, p. 1472-1477, 2010.

GONZALEZ-SANPEDRO, M.C.; TOAN, T.I.E; MORENO, J.; KERGOAT, L.; RUBIO, E. Seasonal variations of leaf area index of agricultural fields retrieved from Landsat data. **Remote Sensing of Environment**, v. 112, p. 810-824, 2008.

GULLAN, P.J.; CRASTON, P.S. **Os insetos: um resumo de entomologia**. São Paulo: Roca, 2012. 440 p.

HERMAN, T.J.B.; CLEARWATER, J.R.; TRIGGS, C.M. Impact of pheromone trap design, placement and pheromone blend on catch of potato tuber moth. **New Zealand Plant Protection**, v. 58, p. 219-223, 2005.

HIGLEY, L.G.; PEDIGO, L.P. The EIL concept. In: HIGLEY, L.G.; PEDIGO, L.P. (Ed.). **Economic thresholds for integral pest management**. Lincon: University of Nebraska, 1997. p. 114-127.

IRIGOYEN, I.; DOMEÑO, I.; MURO, J. Effect of defoliation by simulated hail damage on yield of potato cultivars with different maturity performed in Spain. **American Journal of Potato Research**, v. 88, p. 82-90, 2011.

LEITE, G.L.D. Resistência de tomates a pragas. **Unimontes Científica**, v. 6, p. 129-140, 2004.

MIDMORE, D.J. **Respuesta de la planta de papa (*Solanum* spp.) al daño de insectos: algunos efectos de compensación**. Bogotá: CIP-ICA, 1986. 200 p.

MILLA, K.; REITZ, S. Spatial/temporal model for survivability of pea leafminer (*Liriomyza huidobrensis*) in warm climates: a case study in South Florida, U.S.A. **European Journal of Scientific Research**, v. 7, p. 65-73, 2005.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. **Agrofit**. 2014. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em 22 de dezembro de 2014.

MIRANDA, M.M.M.; PICANÇO, M.C.; LEITE, G.L.D.; ZANUNCIO, J.C.; DE CLERCQ, P. Sampling and non-action levels for predators and parasitoids of virus vectors and leaf miners of tomato plants in Brazil. **Mededelingen Faculteit Landbouwwetenschappe**, v. 63, p. 519-523, 1998.

MUJICA, N.; KROSCHEL, J. Pest intensity-crop loss relationships for the leafminer fly *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard) in different potato (*Solanum tuberosum* L.) varieties. **Crop Protection**, v. 47, p. 6-16, 2013.

OKOTH, C.A.; DENG, A.L.; TABU, I.M.; AKUTSE, K.S.; FIABOE, K.K.M. Effect of Host Plant on Feeding, Biological and Morphological Parameters of *Liriomyza huidobrensis* Blanchard (Diptera: Agromyzidae). **African Entomology**, v. 22, p. 577-588, 2014.

PAULA-MORAES, S.; HUNT, T.E.; WRIGHT, R.J.; HEIN, G.L.; BLANKENSHIP, E.E. Western bean cutworm survival and the development of economic injury levels and economic thresholds in field corn. **Journal of Economic Entomology**, v. 106, p. 1274-1285, 2013.

PEDIGO, L.P.; RICE, M.E. **Entomology and pest management**. New Jersey: Prentice Hall, 2009. 784 p.

PICANÇO, M.C.; DE PAULA, S.V.; MORAES JUNIOR, A.R.; DE OLIVEIRA, I.R.; SEMEÃO, A.A.; ROSADO, J.F. Impactos financeiros da adoção de manejo integrado de pragas na cultura do tomateiro. **Acta Scientiarum**, v. 26, p. 245-252, 2004.

REIS, L.S.; DE AZEVEDO, C.A.V.; ALBUQUERQUE, A.W.; JUNIOR, J.F.S. Índice de área foliar e produtividade do tomate sob condições de ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 386-391, 2013.

RIGUEIRA, L.M.B.; RIBEIRO, K.D.E.L.; DE QUEIROZ, M.E.L.R.; NEVES, A.A.; ZAMBOLIM, L.; OLIVEIRA, R.M. Determination of chlorpyrifos and thiamethoxam in potato tuber (*Solanum tuberosum L.*) and soil of Brazil using solid-liquid extraction with low temperature partitioning (SLE/LTP). **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 24, p. 2042-2049, 2013.

RIJSWIJK, B.R-VAN.; MALIPATIL, M. Pea leafminer *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard). **Primary Industries Research Victoria**, p. 1-26, 2005.

RIVERA, M.J.; BURRACK, H.J. Host utilization is mediated by movement of pre-feeding *Phthorimaea operculella* larvae in the *Nicotiana tabacum* agroecosystem. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 145, p. 153-161, 2012.

RONDON, S.I. The potato tuberworm: a literature review of its biology, ecology, and control. **American Journal of Potato Research**, v. 87, p. 149-166, 2010.

SALAS, J.; ALVAREZ, C.; PARRA, A.; MENDOZA, O. Biologia y habitos de vida de *Liriomyza huidobrensis* Blanchard el pasador de la hoja de la papa (*Solanum tuberosum*). **Agronomía Tropical**, v. 38, p. 57-68, 1988.

SCHUSTER, D.J.; POHRONEZNY, K. **Practical application of pest management on tomatoes in Florida. Tomato and pepper production in the tropics**. In*:* International Symposium on Integrated Management Practices. Tainan: Asian Vegetable Research and Development Center, 1988. p. 275-282.

SILVA, F.M.A.S. Traça da batata (*Phthorimaea operculella*). Batata Show, v. 3, p. 15-16, 2003.

STERN, V.M.; SMITH, R.F.; VAN DEN BOSCH, R.; HAGEN, K.S. The integrated control concept. **Hilgardia**, v. 29, p. 81-101, 1959.

TIMPRASERT, S.; DATTA, A.; RANAMUKHAARACHCHI, S.L. Factors determining adoption of integrated pest management by vegetable growers in Nakhon Ratchasima Province, Thailand. **Crop Protection**, v. 62, p. 32-39, 2014.

TRIVEDI, T.P.; RAJAGOPAL, D. Distribution, biology, ecology and management of potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae): a review. **Tropical Pest Management**, v. 38, p. 279-285, 1992.

ZAMBOLIM, L.; CÁSSIA, R.M.; PICANÇO, M.C.; PÁDUA, J.G. DE; ZAMBOLIM, E.M.; MESQUITA, H.A. DE; LOPES, C.A.; MANTOVANI, E.C.; QUEIROZ, M.E.; MELO, P.C.T. DE; PALOCCI NETO, O.;

RIBEIRO, J.D.R.; RIBEIRO NETO, A.E. Produção integrada: base da sustentabilidade da bataticultura. In: ZAMBOLI, L. (Ed.). **Produção integrada da batata**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2011. p. 27-130.

CONCLUSÕES GERAIS

A melhor folha a ser amostrada para *L. huidobrensis* é a sete e para *P. operculella* plantas que tem até seis folhas é composta pela sexta folha, para plantas com sete folhas é a sétima folha e para plantas com mais de oito folhas é a sétima ou a oitava folha. O número de 1 amostra/ ha definiu o plano de amostragem convencional de contagem do número de larvas vivas de *L. huidobrensis* e o custo para a amostragem de uma área como esta fica em R$5,32 (R$0,34/amostra). O número ideal de amostras para amostrar minas de *P. operculella* na cultura da batata é 1 amostra para um talhão de 23 ha, no entanto se o talhão for maior que 23 ha subdividir a área em talhões menores. O nível de d .ano econômico (nível de controle) de 0,07 (0,05) e 0,07 (0,05) deve ser utilizado nas decisões de controle de *L. huidobrensis* e *P. operculella*; respectivamente, para reduzir os custos de manejo dessas pragas.

RECOMENDAÇÃO DE USO

O primeiro passo é dividir a área é dividir em talhões se for maior que 23 ha. Considerando que a nossa área tem 23 ha (se a área for maior olhar Tabela 1), deve selecionar 23 hastes de batata aleatoriamente e realizar a contagem do ápice para base, desconsiderar os primórdios foliares. Avaliar a folha 7 para *L. huidobrensis* e *P. operculella* para plantas que tem até seis folhas avaliar a sexta folha, para plantas com sete folhas é a sétima folha e para plantas com mais de oito folhas é a sétima ou a oitava folha. Depois verificar se a mina possui larva e lagarta anotando esses dados em uma planilha. Considerando que encontrou 15 minas de *L. huidobrensis* e 29 de *P. operculella* nas 23 amostras o próximo passo é compararam com o nível de controle, para saber se precisa controlar.

Tabela 1. Tamanho do talhão (ha) e número de amostras.

Tamanho do talhão (ha)	Número de amostras
Até 23	23 amostras
Maior que 23	Subdivir a área em talhões menores

23 amostras com minas de *L. huidobrensis* _____ 100

15 amostras com minas de *L. huidobrensis* _____ x

x = 65,21%

23 amostras com minas de *P. operculella* _____ 100

29 amostras com minas de *P. operculella* _____ y

y = 126,09%

O nível de controle para *L. huidobrensis* e *P. operculella* é de 0,05 e o número de minas que foi encontrado na área foi de 0,65 (*L.* huidobrensis) e 0,13 (*P. operculella*), portanto deve controlar essas pragas para evitar prejuízos.