

FLÁVIO LEMES FERNANDES

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E PROGRAMA DE TOMADA DE DECISÃO DE
CONTROLE USANDO ARMADILHA PARA *Hypothenemus hampei*

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2009

FLÁVIO LEMES FERNANDES

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E PROGRAMA DE TOMADA DE DECISÃO DE
CONTROLE USANDO ARMADILHA PARA *Hypothenemus hampei*

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

APROVADA: 16 de novembro de 2009.

Prof. Laércio Zambolim
(Co-orientador)

Prof. Raul Narciso Carvalho Guedes
(Co-orientador)

Prof^a. Cristina Schetino Bastos

Prof. Nerilson Terra Santos

Prof. Marcelo Coutinho Picanço
(Orientador)

Aos meus pais,

Antonio Miguel Fernandes e Sandra Maria Lemes Fernandes

À minha querida e amável esposa Maria Elisa de Sena Fernandes

Aos meus queridos e amados irmãos Rafael Lemes Fernandes e Melissa Lemes Fernandes

DEDICO

Ainda que eu falasse as línguas dos homens e dos anjos, se não tiver caridade, sou como o bronze que soa ou como o címbalo que retine. Mesmo que eu tivesse o dom da profecia e conhecesse todos os mistérios e toda a ciência, mesmo que tivesse toda fé a ponto de transportar montanhas, se não tiver caridade não seria nada.

Coríntios 13, 1-2

AGRADECIMENTOS

Ao Deus Pai que me deu a vida. À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Entomologia, pela oportunidade da realização deste curso.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo, sem a qual seria impossível a conclusão do curso.

Ao Professor Marcelo Coutinho Picanço, pela participação na minha formação, orientação e amizade ao longo desses anos de convívio. Meus agradecimentos também a sua esposa Kátia, pelo agradável convívio.

Ao professor Raul Narciso Carvalho Guedes pela amizade, presteza, bom humor e orientações extras oficiais.

Aos estudantes de Graduação e Pós-Graduação Elisa, Tarcísio, Ricardo, Jorgiane, Rogério, Renan, Pablo, Fernanda, Rômulo, Rodrigo, Adriano, Suzana, Silvério, Júlio, Matheus Chediak, Cecília, Sabrina, Verônica e Raiane, que foram essenciais na coleta e processamento dos dados. A todos os estagiários do Laboratório de Manejo Integrado de Pragas, pela amizade e agradável convívio.

Aos participantes da banca examinadora da defesa de tese: Raul Narciso C. Guedes, Cristina S. Bastos, Nerilson T. Santos e Laércio Zambolim pelas críticas e sugestões.

Ao cafeicultor e amigo, Fábio da Fazenda no Canta Galo Ponte Nova, MG por permitir a execução desta pesquisa em sua propriedade.

Às secretárias da Entomologia, Paula e Miriam, pela competência e dedicação ao trabalho.

Ao coordenador do programa de Pós-Graduação em Entomologia, o professor Raul Narciso Carvalho Guedes, pela competência na execução de seu árduo trabalho.

Aos meus pais Antonio Miguel Fernandes e Sandra Maria Lemes Fernandes por sempre acreditarem em mim e terem feito o possível e o impossível para que eu chegasse até aqui.

A minha irmã Melissa Lemes Fernandes, meu irmão Rafael Lemes Fernandes e ao meu primo Carlos Augusto Maia pelo carinho, estímulo fraternal apesar da distância.

Aos meus sobrinhos Aloísio, Ricardo, Denise, Luciana, David e Vinícius pela inigualável alegria que sempre me proporcionam.

A minha querida companheira e esposa Elisa pelo amor, amizade, companheirismo, confiança e compreensão demonstrada ao longo desses anos de convivência. Os meus sinceros agradecimentos também aos meus sogros Silvério Horta de Sena e Jovelina da Fonseca e, cunhados(as) Arlindo, Zezé, Ana e Rosa pela confiança depositada em mim e pelas brincadeiras saudáveis.

Aos meus amigos de todas as gerações do grupo de estudo bíblico SEMENTE.

E finalmente, a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a execução deste trabalho, os meus sinceros agradecimentos.

BIOGRAFIA

FLÁVIO LEMES FERNANDES, filho de Antônio Miguel Fernandes e Sandra Maria Lemes Fernandes, nasceu no dia 08 de março de 1979, em Lambari, MG.

Cursou o ensino médio do segundo grau na Escola Agrotécnica Federal de Viçosa, hoje, Instituto Federal do Sul de Minas (Campus Muzambinho).

Em fevereiro de 2000 ingressou no curso de Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa. Durante a graduação, de agosto de 2000 a janeiro de 2005, foi estagiário no Laboratório de Manejo Integrado de Pragas do DBA/UFV sob orientação do Prof. Marcelo Coutinho Picanço, onde desenvolveu vários trabalhos com manejo integrado de pragas de hortaliças, grandes culturas, fruteiras e ornamentais. Nesse período foi bolsista de Iniciação Científica da EMBRAPA-Café por três anos consecutivos, do SIF-Sistema de Investigações Florestais e do CNPq por dois anos.

Em abril de 2005, ingressou no curso de mestrado em Entomologia na Universidade Federal de Viçosa, defendendo tese em fevereiro de 2007. Em seguida, ingressou no Doutorado em Entomologia na mesma instituição, defendendo tese em 16 de novembro de 2009, com um ano de antecedência, a qual iniciará os trabalhos como Pós-Doutor no PNPd (CAPES).

ÍNDICE

	Página
RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	ix
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
LITERATURA CITADA.....	8
CAPÍTULO I. Distribuição espacial de adultos de <i>Hypothenemus hampei</i> em <i>Coffea arabica</i>.....	
Resumo.....	4
Abstract.....	16
Introdução.....	18
Material e Métodos.....	22
Resultados.....	29
Discussão.....	40
Literatura Citada.....	46
CAPÍTULO II. Plano de amostragem convencional com armadilhas para adultos de <i>Hypothenemus hampei</i> em <i>Coffea arabica</i>	
Resumo.....	53
Abstract.....	55
Introdução.....	57
Material e Métodos.....	59
Resultados.....	67
Discussão.....	73
Literatura Citada.....	76
CAPÍTULO III. Nível de dano econômico para <i>Hypothenemus hampei</i> usando armadilha com atraentes	
Resumo.....	79
Abstract.....	81
Introdução.....	83
Material e Métodos.....	85
Resultados.....	91
Discussão.....	100
Literatura Citada.....	103
CONCLUSÕES GERAIS.....	106

RESUMO

FERNANDES, Flávio Lemes, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, novembro de 2009. **Distribuição espacial e programa de tomada de decisão de controle usando armadilha para *Hypothenemus hampei*** Orientador: Marcelo Coutinho Picanço. Co-orientadores: Laércio Zambolim, Leandro Bacci e Raul Narciso Carvalho Guedes.

A broca-do-café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolitydae) é a praga mais importante da cultura do café *Coffea arabica* L. no mundo. As armadilhas com atraentes constituem importantes ferramentas a serem usadas em sistemas de tomada de decisão de controle de pragas, não existindo para essa praga trabalhos de distribuição espacial e de sistemas de tomada de decisão de controle apoiados no uso de tais armadilhas. Assim, objetivou-se com esta pesquisa gerar sistemas de tomada de decisão para *H. hampei* com uso de armadilhas, para tanto determinou-se i) a distribuição espacial, ii) plano de amostragem e iii) o nível de dano econômico de adultos de *H. hampei* utilizando armadilhas com atraentes em *Coffea arabica*. O estudo foi conduzido em lavouras de *C. arabica* em Ponte Nova e Paula Cândido, Minas Gerais, durante as safras agrícolas 2007/2008 e 2008/2009. Para avaliar as densidades de insetos, utilizaram-se armadilhas contendo os atraentes metanol, etanol e o agente difusor benzaldeído. Estas armadilhas foram confeccionadas com garrafa “pet” pintadas de vermelho, de tal forma a atrair e aprisionar os adultos. Verificou-se variabilidade no padrão de distribuição espacial entre as lavouras, fases fenológicas e anos de avaliação. Os ajustes dos modelos de semivariograma esférico, exponencial e gaussiano indicaram existir dependência espacial para o número de adultos de *H. hampei* por armadilha. Observou-se que dos 31 modelos selecionados, 23 (74%) foram isotrópicos e 8 (26%) foram anisotrópicos. Observou-se tendência de movimentação dos adultos ao longo das

fileiras e entre as fileiras do café, as quais se encontravam no sentido da declividade do terreno. O número de armadilhas usadas para a tomada de decisão pelo plano de amostragem convencional foi cerca de uma armadilha/ha. O nível de dano econômico em cafeeiros em fase de floração, de frutos em fase de chumbinho e em expansão foi de 430, 86 e 29 adultos/armadilha, respectivamente.

ABSTRACT

FERNANDES, Flávio Lemes, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, November, 2009.
Spatial distribution and control decision-making program using trap to *Hypothenemus hampei*. Adviser: Marcelo Coutinho Picanço. Co-advisers: Laércio Zambolim, Leandro Bacci and Raul Narciso Carvalho Guedes.

The coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolitydae) is a serious problem for the majority of the world's *Coffea arabica* L. The traps with attractives are important tools to use in control decision-making systems of pests. For this pest is not exist works about spatial distribution and control decision-making systems with these traps. Thus this work has objectived have decision-making systems to *H. hampei* with traps. Thus was determined i) the spatial distribution, ii) conventional sampling plan and, iii) the economic injury level of adults *H. hampei* with attractives traps on *Coffea arabica*. This study was conduced in *C. arabica* fields in Ponte Nova and Paula Cândido cities, Minas Gerais State, during the productions 2007/2008 and 2008/2009. To evaluated the densities of insects, was used traps with the attractives methanol, ethanol and benzaldeyde. These traps was making with soda bottle painted of red, capturing adults. Variability in the spatial distribution standard between

fields, phenological phases and years was observed. The spherical, exponential and gaussian semivariogram models showed spatial dependence to the number of adults of *H. hampei* per trap. Was observed that of 31 models choose, 23 (74%) was isotropics and 8 (26%) was anisotropics. Was observed moving of the adults inter- and intra-plants of coffee, that was in direction of declivity area. The number os traps using to decision-making by conventional sampling plan was at least one trap per ha. The economic injury level in coffee fields in flower phase, chumbinho fruits phase and in expansion was of 430, 86 and 29 adults/trap, respectively.

INTRODUÇÃO GERAL

A cafeicultura no Brasil no ano de 2008 foi responsável pela produção de 45.992 sacas de 60 kg de café beneficiado. A Região Sudeste responsável por 83,70% desta produção, destacando-se os estados de Minas Gerais e do Espírito Santo (CONAB, 2008). Os grãos do café apresentam elevados teores de potássio, vitamina B3, antioxidantes, beta-caroteno, vitamina E, compostos fenólicos, lignanas (precursores de fitohormônios) e folatos (inibidores do acúmulo de homocisteína no sangue) (Trugo, 2003). Além da importância econômica e nutricional, essa atividade exerce notável influência social devido geração de grande número de empregos diretamente no campo e nas diversas fases de sua cadeia produtiva (Ortiz-persichino, 1991). Estima-se que 25 milhões de agricultores no mundo dependem da cultura do café para sua subsistência (Waller *et al.*, 2007).

Os principais problemas enfrentados pelos cafeicultores são: o alto custo dos insumos, mão-de-obra (FNP, 2009), o ataque de pragas (Moreira *et al.*, 2007; Picanço *et al.*, 2009; Fernandes *et al.*, 2008) e das doenças (Zambolim, 2001) e as variações dos preços de comercialização (FNP, 2009).

A produtividade e o preço do café estão relacionados à ocorrência de insetos-praga que causam grandes perdas e oneram o custo de produção (Moreira *et al.*, 2007). A broca-do-café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae), é considerada uma espécie monófaga de grande importância nesta cultura no mundo (Le Pelley, 1968; Baker, 1984; Waterhouse & Norris, 1989; Murphy & Moore, 1990; Barrera, 1994; Baker, 1999; Benavides *et al.*, 2005). Esse inseto é nativo da África, principalmente no centro de origem do café, Etiópia, localizada no leste deste continente (Le Pelley, 1968; Murphy & Moore, 1990). A broca-do-café foi relatada primeiramente no Brasil em 1913 no estado de São Paulo (Berthet, 1913) e, desde então, vem se espalhando pelas regiões produtoras comprometendo a produtividade devido à sua alta capacidade destrutiva (Le Pelley 1968, Bustillo *et al.*, 1998).

As larvas e os adultos da broca-do-café confeccionam galerias no endosperma das sementes de café, causando três tipos de perdas: (i) redução da produtividade e perdas na qualidade do produto final (Moore & Prior, 1988; Romero & Cortina, 2007); (ii) danos físicos decorrentes da entrada de microrganismos (Leefmans, 1923; Waterhouse & Norris, 1989); e (iii) queda prematura dos frutos (Le Pelley, 1968; De Kraker, 1988; Ortiz-Persichino, 1991).

O ciclo de vida de *H. hampei*, desde a postura dos ovos até a emergência dos adultos, varia de 28 a 34 dias. A longevidade média dos machos é de 20 a 87 dias e das fêmeas em torno de 157 dias, ocorrendo até nove gerações por ano em regiões de clima tropical (Hargreaves, 1926; Barrera, 1994; Damon, 2000). A postura é realizada preferencialmente no interior dos frutos em pequenos grupos de ovos com cerca de 0,44mm de comprimento e 0,23mm de largura. Os ovos apresentam coloração branco-leitosa. A incubação é cerca de 4, 6 e 14 dias a 27, 22 e 19°C, respectivamente (Damon, 2000).

Na fase larval a broca-do-café passa por três instares (Hill, 2008). A larva é ápoda, recurvada, branca, com a cabeça e as peças bucais pardacentas. Inicialmente, a cabeça marrom escura apresenta-se mais larga que o corpo não se distinguindo ainda a placa quitinosa (Damon, 2000). O período larval varia de 29, 14 e 11 dias à 19, 22 e 27 °C, respectivamente (Oliveira, 1982). As pupas são brancas no início da fase larval e tornam-se castanho claras próximo a emergência do adulto (Damon, 2000). O período pupal é de 4, 8 14 dias a 27, 22 e 19°C, respectivamente (Oliveira, 1982).

As fêmeas adultas copulam com os machos irmãos nas primeiras horas após emergirem (Baker, 1984; Giordanengo, 1992; Damon, 2000). Esses besouros possuem coloração marrom a preto brilhante, corpo cilíndrico e recurvado na região posterior. Os machos possuem as mesmas características das fêmeas, sendo, porém menores e com asas rudimentares. A razão sexual é de 1:10 machos:fêmeas. Os machos nunca deixam os frutos onde se originaram, pelo fato de não serem capazes de voar (Damon, 2000).

As fêmeas ovipositam de 31 a 119 ovos. O período de pré-oviposição é de 3-10 dias. Na fase de trânsito, a fêmea adulta abandona os frutos remanescentes na planta e no solo à procura de novos frutos para oviposição e alimentação, perfuram os frutos verdes na região da coroa e penetram nos frutos. Após ocorrer a perfuração do fruto, as fêmeas adultas confeccionam galerias no seu interior. Estas funcionam como uma câmara de postura para a oviposição (Hargreaves, 1926; Souza & Reis, 1997; Damon, 2000).

A alta capacidade de injúria dessa praga aliada à exigência de qualidade do produto pelo mercado consumidor resulta em aumento do número de aplicações de inseticidas o que eleva o custo de produção podendo também causar impacto ambiental. Em todo o mundo, o controle químico é a forma mais utilizada para a proteção de cultivos, por ser efetivo, de baixo custo e de fácil adoção. Atualmente, até duas aplicações de inseticidas têm sido realizadas ao longo de uma safra para controlar a

broca-do-café (Matiello *et al.*, 2000). No entanto, o aumento do número de casos de resistência dos insetos aos inseticidas e a possibilidade de contaminação dos operadores, alimentos e meio ambiente, levaram a uma busca por melhorias no sistema (Brum *et al.*, 1989). Esta melhoria foi alcançada com a adoção da filosofia do Manejo Integrado de Pragas (MIP) (Dent, 1993; Pedigo & Rice, 2006), que se baliza no monitoramento, nas análises de risco ambiental e de custo-benefício para a tomada de decisão (Hagstrum & Flinn, 1996).

De acordo com a filosofia do MIP as medidas de controle devem ser adotadas sempre que uma praga estiver presente numa densidade populacional capaz de ocasionar dano econômico ao cultivo. Assim, sua densidade populacional deve ser constantemente monitorada por amostragens sistemáticas para determinação do melhor momento de intervir, reduzindo as densidades populacionais para abaixo do NDE (Pedigo, 1989; Dent, 1993; Nault & Kennedy, 1996; Moura *et al.*, 2003).

A amostragem da broca-do-café é caracterizada por coletas intensivas de 3.000 a 5.000 frutos de café por lavoura (Souza & Reis, 1997). Essa amostragem possui baixo fundamento científico e é realizada usando método destrutivo, pela coleta superestimada de frutos de café, exige muito tempo para avaliação e envolve alto custo. Assim, o processo de amostragem é de difícil adoção, possui elevados custos e por essas razões, impossibilita o seu uso pelos produtores (Wald, 1945; Peters & Sterling, 1975; Pedigo, 1989).

Armadilhas com atraentes têm sido utilizadas com sucesso para amostragem de insetos-praga por permitirem uma tomada de decisão e serem de rápido e de fácil uso (Jones 1998; Bacca *et al.*, 2008). Além disso, as armadilhas permitem a captura e o aprisionamento dos insetos adultos (Pedigo & Rice, 2006).

As armadilhas devem ser usadas na amostragem quando o número de insetos capturados nesses instrumentos se correlacionarem com o ataque do inseto à planta

(Francke *et al.*, 1988; Gusmão *et al.*, 2005; Pedigo & Rice, 2006). Nesse sentido, armadilhas confeccionadas com garrafa “pet” em cores atrativas e contendo os atraentes etanol e metanol mostraram-se como uma ótima técnica amostral para o monitoramento das densidades populacionais de *H. hampei* (Mathieu, 1995; Silva *et al.*, 2006).

A determinação do momento propício para adoção do controle químico se baseia no nível de dano econômico e no nível de controle (Pedigo & Rice, 2006). O nível de dano econômico corresponde a densidade populacional na qual o custo de seu controle é igual ao benefício esperado por sua adoção (Stern *et al.*, 1959) e este pode ser estimado por meio de fórmulas específicas (Young & Young, 2006).

A densidade populacional da praga a ser comparada com o nível de dano econômico, necessária à tomada de decisão é determinada pela adoção de planos amostrais, que podem ser tanto seqüenciais quanto convencionais (Pedigo, 1989; Dent, 1993). O plano de amostragem convencional é uma importante ferramenta utilizada na tomada de decisão de controle (Pedigo, 1989) por ser o ponto inicial de geração de sistemas de tomada de decisão em programas de manejo integrado de pragas e permitir determinar o nível de dano econômico e a escolha da melhor unidade e técnica amostral (Nault & Kennedy, 1996; Gusmão *et al.*, 2005).

No estabelecimento do plano de amostragem convencional é necessário determinar a distribuição de freqüência dos dados (Young & Young, 1998), uma vez que a prática tem mostrado que quando a mesma unidade amostral é usada para examinar a mesma espécie em ambientes e densidades similares, as distribuições de freqüências dos dados amostrais são também similares. Assim, embora padrões espaciais possam diferir com o tempo ou lugar, as distribuições de freqüência são normalmente semelhantes (Binns *et al.*, 2000). Dessa forma, o conhecimento da distribuição de freqüência dos dados amostrais tem uma grande aplicabilidade para na

seleção da metodologia adequada ao desenvolvimento de planos amostrais (Fowler & Lynch, 1987; Young, 1994; Binns *et al.*, 2000).

O plano convencional é composto por um número fixo de amostras a serem obtidas por unidade de área (Gusmão *et al.*, 2005) e o número de unidades amostrais desse plano deve possibilitar amostrar de forma precisa, rápida e com baixo custo (Bliss & Owens, 1958; Pedigo, 1989; Gusmão *et al.*, 2005) e permitir estabelecer a técnica amostral, os índices de tomada de decisão e servir como padrão de comparação para os planos de amostragem seqüencial (Moura *et al.*, 2003).

O conhecimento do padrão de distribuição espacial de um inseto permite concentrar o esforço amostral e de manejo nos locais onde eles se encontram (Heads & Lawton, 1983; Hassel, 1987; Barrigossi *et al.*, 2001). Esse padrão de distribuição tem sido constantemente determinado através da análise de distribuição de frequência dos dados, que se baseia na relação existente entre a variância e a média, desconsiderando o fator espaço (Krebs, 1989). A distribuição de frequência é afetada pela distribuição espacial, mas não representa a distribuição no espaço (Binns *et al.*, 2000). Uma melhor opção para se determinar a dependência espacial entre amostras é a adoção da geoestatística (Schotzko & O’Keeffe, 1989; Midgarden *et al.*, 1993; Ellsbery *et al.*, 1998; Wright *et al.*, 2002).

A geoestatística envolve a utilização de métodos de correlação, covariância e funções de semivariância para descrever os padrões espaciais dos indivíduos. São utilizadas informações dos valores e localização das amostras para determinar a correlação entre pontos e direções de amostragem. Desta forma, este método tem a vantagem de determinar o contágio espacial de uma variável em determinada escala e direção. Cada amostra localizada por coordenadas (x e y) é pareada com outras amostras, sendo ordenadas pelas distâncias que as separam. A geoanálise testa se o valor observado de uma variável, para um determinado local, é dependente de valores

de variáveis de locais vizinhos. Caso exista dependência, a variável exibe autocorrelação espacial (Sokal & Oden, 1978). O semivariograma é uma função utilizada na geoestatística para a modelagem da dependência espacial em estudos entomológicos (Brenner *et al.*, 1998; Barrigossi *et al.*, 2001). A forma do semivariograma indica a existência da dependência espacial, entre amostras, e o grau dessa dependência (Barrigossi *et al.*, 2001).

Existindo dependência espacial, sua caracterização será usada para interpolar os valores de pontos não amostrados dentro da área estudada através da krigagem. Este processo de interpolação produz um grid de valores estimados, os quais são usados para quantificar a distribuição total da variável de interesse. Finalmente, os dados interpolados são utilizados para criar isolinhas de mesma densidade, as quais são visualizadas em mapas de contornos bi ou tridimensionais para obtenção da distribuição espacial da variável em estudo (Brenner *et al.*, 1998).

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo gerar um plano de amostragem e tomada de decisão para *H. hampei* em café usando armadilhas contendo atraente. Para tal foram determinados a distribuição espacial, o plano de amostragem convencional e o nível de dano econômico, sendo cada um dos estudos usados para redação dos capítulos dessa tese.

LITERATURA CITADA

- BACCA, T., E. R. LIMA, M. C. PICANCO, R. N. C. GUEDES, AND J. H. M. VIANA. 2008. Sampling plan for the Coffee leaf miner *Leucoptera coffeella* with sex pheromone traps. **Journal of Applied Entomology**, v.132, p.430-438, 2008.
- BAKER, P.S. Colombian coffee IPM. **Biocontrol News and Information**, v.20, p.72-73, 1999.
- BAKER, P.S. Some aspects of the behaviour of the coffee berry borer in relation to its control in southern Mexico (Coleoptera: Scolytidae). **Folia Entomológica Mexicana**, v.61, p.9-24, 1984.
- BARRERA, J.F. Dynamique des populations du scolyte des fruits du caféier, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae), et lutte biologique avec le parasitoïde *Cephalonomia stephanoderis* (Hymenoptera: Bethyilidae), au Chiapas, Mexique. 1994. 301 p. PhD thesis, Université Paul-Sabatier, Toulouse III, France.
- BARRIGOSI, J.A.F.; 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.244-253, 2001.
- BENAVIDES, M.; VEGA, F.E.; ROMERO, H.; BUSTILLO, A.; STUART, J. Biodiversity and biogeography of an important pest of coffee, the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). **Annals of the Entomological Society of América**, v. 98, p.359-366, 2005.
- BERGAMIN J. Contribução para o conhecimento da biologia da broca-do-café *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Ipidae). **Archives of the Institute of Biology**, v.14, p.31-72, 1943.

- BERTHET, J.A. **Caruncho do café**. Boletim de Agricultura, São Paulo, SP, v.14, n.5, p.312-313, 1913.
- BINNS, M.R.; NYROP, J.P.; WERF, W.V.D. **Sampling and monitoring in crop protection: the theoretical basis for developing practical decision guides**. Crambridge, 2000, 281p.
- BLISS, C.L.; OWENS, A.R.G. Negative binomial distributions with a common k. **Biometrika**, v.45, p.37-58, 1958.
- BRENNER, R.J.; FOCKS, D.A.; ARBOGAST, R.T.; WEAVER, D.K.; SHUMAN, D. Practical use of spatial analysis in precision targeting for integrated pest management. **American Entomologist**, v.44, p.79-101, 1998.
- BROWER, J.H.; SMITH, L.; VAIL, P.V.; FLINN, P.W. Biological control. In: SUBRAMANYAM, B.; HAGSTRUM, D.W. (Eds.). **Integrated management of insects in stored products**. New York: M. Dekker, p.223-286, 1996.
- BRUM, L.O.; MARCILLAUD, C.; GAUDICHON, V.; SUCKLING, D.M. Endossulfan resistance in *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) in New Caledonia. **Journal Economic Entomology**, v.82, p.1811-18116, 1989.
- BUSTILLO, A.E.; CÁRDENAS, R.; VILLALBA, D.; BENAVIDES, P.; OROZCO, J.; POSADA, F.J. **Manejo integrado de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) em Colombia**. Cenicafé, Chinchiná, Colômbia, 1998.
- DAMON, A. A review of the biology and control of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). **Bulletin Entomological Research**, Farnham Royal, v.90, p.453-465, 2000.
- DE KRAKER, J. The coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Ferrari): factors affecting emergence and early infestation. **Report of field experiments**. Centro de Investigaciones Ecologicas del Sureste, Tapachula. 48p, 1988.
- DENT, D. **Insect pest management**. Wallingford: CAB International, 1993, 604p.
- ELLSBURY, M.M.; WOODSON, W.D.; CLAY, S.A.; MALO, D.; SCHUMACHER, J.; CLAY, D.E.; CARLSON, C.G. Geostatistical characterization of the spatial distribution of adult corn rootworm emergence. **Environmental Entomology**, v.27, p.910-917, 1998.
- FNP Consultoria & comércio. In **Agrianual: Anuário da agricultura brasileira**. FNP, São Paulo, 496p. 2009.
- FOWLER, G.W.; LYNCH, A.M. Sampling plans in insect pest management based on Wald's sequential probability ratio test. **Environmental Entomology**, v.16, n.2, p.345-354, 1987.

- FRANCKE W.; TOTH M.; SZOCS G.; KRIEG W.; ERNST H.; BUSCHMANN E. Identification and synthesis of dimethylalkanes as sex attractants of female leaf miner moths (Lyonetiidae). **Zeitschrift Naturforsch**, v.43, p.787-789, 1988.
- GIORDENANGO, P. Biology, eco-ethology and population dynamics of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Scolytidae), in New Caledonia. 109p. PhD thesis, University of Rennes II, France, 1992.
- GUSMÃO, M.R.; PICANÇO, M.C.; ZANUNCIO, J.C.; SILVA, D.J.H.; BARRIGOSI, J.A.F. Conventional sampling plan for *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in the tomato culture. **Scientia Horticulturae**, v.103, p.403-412, 2005.
- HARGREAVES, H. Notes on the coffee berry borer (*Stephanoderes hampei*, Ferrari). **Uganda Bulletin of Entomological Research**, v.16, p.347-354, 1926.
- HASSEL, M.P. Detecting regulation in a patchly distributed animal populations. **Journal of Animal Ecology**, v.56, p.705-713, 1987.
- HILL, D.S. **Pests of crops in warmer climates and their control**. Hardcover 2008, 708p.
- JONES, O.T. Practical applications of pheromones and other semiochemicals. In: HOWSE P.; STEVENS I.; JONES O. (Eds.). **Insect pheromone and their use in pest management**. London, 1998. p.261-79.
- KREBS, C.J. **Ecological methodology**. New York: Harper and Hall, 1989, 654p.
- LE PELLEY, R.H. **Las plagas del cafeto**. Editorial Labor S.A. Barcelona. 1968, 93p.
- LEEFMANS, S. The coffee berry borer, *Stephanoderes hampei*. **I. Life history and ecology**. Meded. Inst. Plantenzieken, v.57, p.61-67, 1923.
- LUETH, N.A., ANDERSON, K.E., HARNACK, L.J., FULKERSON, J.A.; ROBIEN, K. Coffee and caffeine intake and the risk of ovarian cancer: The Iowa women's health study. **Cancer Causes Control**, v.19, p. 1365-1372, 2008.
- MATHIEU F. Mécanismes de la colonisation de l'hôte chez le scolyte du café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae). PhD thesis, University of Paris VII, France, 1995. 134 p.
- MATIELLO, J.B.; BARROS, U.V.; BARBOSA, C.M. Controle da broca-do-café em cafezal conillon com aplicações via canhão-atomizador. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 26, 2000, Marília, São Paulo. **Resumos ...** Marília, São Paulo. p. 66-67.
- 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.
- MOORE, D.; PRIOR, C. Present status of biological control of the coffee berry borer *Hypothenemus hampei*. **Proceedings of the Brighton Crop Protection Conference-Pests and Diseases**, p.1119-1124, 1988.
- MOREIRA, M.D.; FERNANDES, F.L.; SENA, M.E.; BACCI, L.; MARTINS, J.C.; COUTINHO, D.C. Características rastreáveis do manejo integrado das pragas do cafeeiro. In: L. ZAMBOLIM. (Ed.). **Rastreabilidade da cadeia produtiva do café**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2007, p.201-232.
- MOURA, M.F.; PICANÇO, M.C.; SILVA, E.M.; GUEDES, R.N.C.; PEREIRA, J.L; Plano de amostragem do biotipo B de *Bemisia tabaci* na cultura do pepino. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v.38, n.12, p.1357-1363, 2003.
- MURPHY, S.T.; MOORE, D. Biological control of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei*, (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae): previous programmes and possibilities for the future. **Biocontrol News and Information**, v.11, p.107-117, 1990.
- NAULT, B.A.; KENNEDY, G.G. Sequential sampling plans for use in timing insecticide applications for control of European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) in potato. **Journal of Economic Entomology**, v.89, p.1468-1476, 1996.
- OLIVEIRA, E.G. **Broca do café: prejuízos econômicos**. Correio Agrícola 1: 384-385, 1982.
- ORTIZ-PERSICHINO, C. Pérdidas por la broca del café en el Soconusco. **Unidad de Estudios Economicos y Sociales**, Centro de Investigaciones Ecológicas del Sureste, San Cristóbal de las Casas, Chiapas, Mexico. 1991, 126p.
- PALATINI, P.; CELOLOTTO, G; RAGAZZO, F; DORIGATTI, F; SALADINI, F; PAPPARELLA, I; MOS, L.; ZANATA, G.; SANTONASTASO, M. CYP1A2 genotype modifies the association between coffee intake and the risk of hypertension more options. **Journal of Hypertension**, v.27, p.1594-1601, 2009.
- PEDIGO, L.P. **Entomology and pest management**. New York: Mackmillan, 1989. 646p.
- PEDIGO, L.P.; RICE, M.E. **Entomology and Pest Management**. Pearson Prentice Hall. Upper Saddle River, 2006, 563p.
- PETERS, E.P.; STERLING, W.L. Sequential sampling cotton squares damaged by boll weevils on *Heliothis* spp. in the coastal bend of Texas. **Journal of Economic Entomology**, v.68, p.543-545, 1975.

- PICANÇO, M.C.; FERNANDES, F.L.; CHEDIAK, M.; XAVIER, V.M.; GALDINO, T.V.S.; SILVA, N.R. Bioecologia e manejo das pragas do café conilon. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Tecnologias para produção do café conilon**. Visconde de Rio Branco: Suprema, 2009, p.111-121.
- ROMERO, J.V.; CORTINA, H.A. Life tables of *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) on three coffee accessions. **Revista Colombiana de Entomologia**, v.33, p.10-16, 2007.
- SCHOTZKO, D.J.; O'KEEFFE, L.E. Geostatistical description of the spatial distribution of *Lygus hesperus* (Heteroptera: Miridae) in lentils. **Journal of Economic Entomology**, v.82, p.1277-1288, 1989.
- SILVA, F.C.; VENTURA, M.U.; MORALES, L. Capture of *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Scolytidae) in response to trap characteristics. **Scientia Agricola**, v.63, p.567-571, 2006.
- SOKAL, R.R.; ODEN, N.L. Spatial autocorrelation in biology. Methodology. **Biological Journal of the Linnean Society**, v.10, p.199-228, 1978.
- SOUZA, J.C.; REIS, P.R. **Broca do café: Histórico, reconhecimento, Biologia, prejuízos, monitoramento e controle**. Belo Horizonte: EPAMIG, 1997, 40p. (Boletim Técnico, 50).
- STERN, V.M.; SMITH, R.F.; VAN DEN BOSH, R.; HAGEN, K.S. **The integrated control concept**. Hilgardia, v.29, p.81-101, 1959.
- TRUGO, L. Coffee. In: CABALLERO, B.; TRUGO, L.; FINGLAS, P. (Eds.). **Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition**, Academic Press, England, pp. 498, 2003.
- WALD, A. Sequential test of statistical hypotheses. **Annual of Mathematics Statistical**, v.16, p.117-186, 1945.
- WALLER, J.M.; BIGGER, M.; HILLOCK, R.A. **Coffee Pests Disease and their Management**. CABI, UK, 2007, 450p.
- WATERHOUSE, D.F.; NORRIS, K.R. Biological control: Pacific prospects. Supplement 1. **Australian Centre for International Agricultural Research**, Canberra. p.56-75, 1989.
- WRIGHT, R.J.; DEVRIES, T.A.; YOUNG, L.J.; JARVI, K.J.; SEYMOUR, R.C. Geostatistical analysis of the small-scale distribution of european corn borer (Lepidoptera: Crambidae) larvae and damage in whorl stage corn. **Environmental Entomology**, v.31, p.160-167, 2002.
- YOUNG, L.; YOUNG, J. **Statistical ecology: a population perspective**. Kulwer, 1998, 438p.

YOUNG, L.J. Computation of some exact properties of Wald's SPRT when sampling from a class of discrete distributions. **Biometry Journal**, v.5, p.627-637, 1994.

ZAMBOLIM, L. **Tecnologias de produção de café com qualidade**. 1° ed. Visconde do Rio Branco: Suprema Gráfica e Editora, 2001, 646p.

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE ADULTOS DE *Hypothenemus hampei* EM
*Coffea arabica***

RESUMO - O padrão de distribuição espacial dos insetos é decorrente de sua interação com o ambiente. O conhecimento do padrão de distribuição espacial das pragas tanto constitui-se em ferramenta importante no planejamento de táticas de controle quanto também gera conhecimentos que são úteis na confecção de planos de amostragem. Apesar do conhecimento da distribuição espacial dos adultos de *H. hampei* serem importante para entender a dinâmica das suas populações em cultivos de café, não existe nenhum relato na literatura neste sentido com uso de armadilhas. Assim este estudo teve por objetivo determinar a distribuição espacial de adultos de *H. hampei* em lavouras de café *Coffea arabica* utilizando armadilhas contendo atraentes. Foram instaladas 900 armadilhas em três lavouras de café em fase de produção e localizadas em Ponte Nova, MG, safras 2007/2008 e 2008/2009. Quinzenalmente, avaliou-se o número de insetos por armadilha. Os dados foram submetidos à análise de geoestatística. Verificou-se variabilidade no padrão de distribuição espacial entre as lavouras, fases fenológicas e os anos de avaliação. Os ajustes dos modelos de semivariograma esférico, exponencial e gaussiano indicaram existir dependência espacial para o número de adultos de *H. hampei*/armadilha. Observou-se que dos 31 modelos selecionados, 23 foram isotrópicos

e 8 anisotrópicos, que corresponderam a 74% e 26%, respectivamente. Observou-se tendência de movimentação dos adultos ao longo das fileiras e entre as fileiras do café, as quais se encontravam no sentido da declividade do terreno.

Palavras chave: broca do café, geoestatística, café, semivariograma.

SPATIAL DISTRIBUTION OF ADULTS OF *Hypothenemus hampei* IN *Coffea arabica*

ABSTRACT - The standard spatial distribution of the insects is due your interaction with the environment. The knowledgment this standard of pests is an important tools in the strategies, tatics of control and knowledgement in sampling plan. Although of knowledgement about spatial distributions of adults of *H. hampei* is being important to the populations dynamics in the coffee crops *C. arabica*, is not exist related in literature traps and this insect. Thus this study aimed to determine the spatial distribution of adults of *H. hampei* in fields of coffee plants *Coffea arabica* with atractives methanol, ethanol and benzaldehyde traps. Was installed 900 traps in three fields of coffee in production phase and located in Ponte Nova, MG, 2007/2008 and 2008/2009. Was evaluated the number of insects per trap of 15 and 15 days. The dates were submitted to geostatistical analizys. Variability in the spatial distribution standard between fields, phenological phases and years was observed. The spherical, exponential and gaussian semivariogram models showed spatial dependence to the number of adults of *H. hampei* per trap. Was observed that of 31 models choosing, 23 (74%) was isotropics and 8 (26%) was

anisotropics. Was observed moving of the adults inter- and intra-plants of coffee that was in direction of declivity area.

Keywords: coffee berry borer, geostatistic, coffee, semivariogram.

1. INTRODUÇÃO

O padrão de distribuição espacial dos insetos em agroecossistemas pode ser classificado em agregado, aleatório ou uniforme (Krebs, 1989; Elliott, 1983). No padrão agregado os indivíduos se relacionam mutuamente uns com os outros, já nos padrões uniformes ou aleatórios, os indivíduos se relacionam de forma independente. Assim, o padrão de distribuição espacial dos insetos resulta da sua interação com o ambiente. Neste contexto, a distribuição espacial dos insetos é influenciada pela qualidade dos habitats (Kleijna & Angevelde, 2006). Os insetos, porém, quando se deparam com habitats com escassez de alimento e abrigo, dificuldade de encontro com parceiros sexuais e condições microclimáticas desfavoráveis, migram ou se dispersam para manchas de recursos mais favoráveis (Moilanen & Hanski, 1998; Kleijna & Angevelde, 2006).

O conhecimento do padrão de distribuição espacial de um inseto permite concentrar o esforço amostral e de manejo nos locais onde se encontram as maiores densidades (Heads & Lawton, 1983; Hassel, 1987; Barrigossi *et al.*, 2001). Para determinar esses tipos de padrões espaciais são necessários procedimentos geoestatísticos (Isaaks & Srivastava, 1989).

A geoestatística verifica se o valor observado de uma variável para um determinado local é dependente de valores de variáveis de locais vizinhos. Caso exista dependência, a variável exibe autocorrelação espacial (Sokal & Oden, 1969). Para a modelagem da dependência espacial em estudos entomológicos com geoestatística é utilizada a função de semivariância, onde os semivariogramas constituem em modelos adequados para medir o padrão de distribuição espacial de insetos (Brenner *et al.*, 1998; Barrigossi *et al.*, 2001; Bacca *et al.*, 2006; Fernandes *et al.*, 2008). A forma do semivariograma indica a existência e o grau de dependência espacial entre amostras (Barrigossi *et al.*, 2001). Outras características importantes dos semivariogramas são os parâmetros C , C_0 , $C+C_0$ e A_0 , onde C é conhecido como patamar que corresponde ao valor de h onde a semivariância não aumenta. O C_0 é chamado de efeito pepita e corresponde a uma descontinuidade dos dados na origem. O parâmetro $C+C_0$ é a soma do patamar e o efeito pepita e o A_0 significa alcance da dependência espacial (Liebhold *et al.*, 1993; Gumprecht *et al.*, 2009). A razão entre o efeito pepita e o patamar $C_0/(C_0+C)$ classifica se a dependência espacial é forte, moderada ou fraca. Se essa razão é menor ou igual a 0,25 é classificada como forte, se superior a 0,25 e inferior a 0,75 é considerada moderada e se maior ou igual a 0,75 possui fraca dependência espacial (Cambardella *et al.*, 1994).

Além disso, com os parâmetros dos semivariogramas determina-se se um modelo é isotrópico ou anisotrópico. O semivariograma é chamado isotrópico quando os parâmetros do semivariograma são idênticos em todas as direções e anisotrópico quando os parâmetros do semivariograma se diferem em diferentes direções. Os modelos mais usados para estes ajustamentos são: esférico, exponencial e gaussiano. Para definição do ajuste torna-se necessário que vários modelos sejam testados. Para a escolha do melhor semivariograma teórico é preciso que todos os erros sejam avaliados em um processo denominado validação cruzada (Isaaks & Srivastava, 1989). Definindo-

se o modelo de semivariograma, utiliza-se a krigagem para interpolar os valores de pontos não amostrados dentro da área estudada. Este processo de interpolação produz um gride de valores estimados, os quais são usados para quantificar a distribuição total da variável de interesse. Finalmente, os dados interpolados são utilizados para criar isolinhas de mesma densidade, as quais são visualizadas em mapas bi ou tridimensionais para obtenção da distribuição espacial da variável em estudo (Brenner *et al.*, 1998).

Os padrões de distribuição espacial têm sido determinados através da análise de modelos matemáticos de distribuição de frequência, em que o ajuste a distribuição binomial negativa indica que o inseto tem um padrão agregado de distribuição, o ajuste à distribuição de Poisson indica um padrão aleatório e um ajuste à distribuição binomial positiva um padrão uniforme (Elliott, 1983; Krebs, 1989). Entretanto esses modelos matemáticos baseiam-se na relação existente entre a variância e a média desconsiderando o fator espaço. Esta relação é afetada pela distribuição espacial, mas não representa a distribuição no espaço (Binns *et al.*, 2000). Uma melhor opção para se determinar a dependência espacial entre amostras é a adoção da geoestatística (Schotzko & O'Keefe, 1989; Midgarden *et al.*, 1993; Ellsburry *et al.*, 1998; Wright *et al.*, 2002).

A mistura de metanol, etanol e benzaldeído é considerado atrativa a adultos de *H. hampei* e, portanto, pode ser usada como atraentes a adultos de *H. hampei* (Gutiérrez-Martínez & Ondarza, 1996; Borbón-Martínez *et al.*, 2000; Cárdenas, 2000; Gonzáles & Dufour, 2000; Dufour, 2002; Saravanan & Chozan, 2003; Barrera *et al.*, 2004 e 2005; Fernández & Cordero, 2005; Silva *et al.*, 2006). Estas substâncias são produzidas pelos frutos de café, onde a broca passa seu ciclo de vida, abandonando-o nas épocas de trânsito (Figura 1 A).

Apesar da importância dos estudos de distribuição espacial no manejo de pragas, não existe nenhum trabalho prévio neste sentido e que tenha sido realizado para

H. hampei. Assim, visando preencher essa lacuna este estudo teve por objetivo determinar a distribuição espacial de adultos de *H. hampei* em lavouras de café *C. arabica* com armadilhas contendo atrativos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Características gerais

Este estudo foi realizado em três lavouras de café *C. arabica* L. na fazenda Canta Galo em Ponte Nova, MG. Não foram aplicadas inseticidas para controle de nenhum inseto. As plantas possuíam oito anos de idade e eram da linhagem IAC 15 da variedade Catuaí vermelho e cultivadas em espaçamento de 0,5 x 1,5 m. Os tratamentos culturais foram realizados de acordo com Zambolim (2001). As três lavouras apresentaram diferenças na suas declividades. A lavoura número um, possui declividade de 6,3%, se localiza a 20° 33,7' Sul e 42° 53,7' Oeste, 667,5 m de altitude, com área de 11,10 ha, possuindo 83.300 plantas de 1,70 a 1,90 m de altura (Figura 2A). A lavoura número dois, com declividade de 16,86% se localiza a 20° 32,9' Sul e 42° 53,5' Oeste, 633,07 m de altitude e tem área de 8,74 ha e 65.554 plantas de 1,85 a 1,90 m de altura (Figura 2B). A lavoura número três, com declividade de 0,4% localizada a 20° 33,0' Sul e 42° 53,6' Oeste, 691,3 m de altitude, com área de 11,93 ha e possui 89.500 plantas de 1,60 a 1,90 m de altura (Figura 2C). Os dados experimentais foram coletados de outubro/2007 a agosto/2009 (safras 2007/2008 e 2008/2009) nos seis estádios fenológicos do cafeeiro: floração (setembro), frutos em estágio chumbinho (outubro e

novembro), frutos em expansão (dezembro), frutos em granação (janeiro a março), frutos em maturação (abril a junho) e frutos secos (julho a agosto) (Rena & Maestri, 1985; Camargo & Camargo, 2001).

2.2. Armadilhas

Para a amostragem de adultos de *H. hampei* foram usadas armadilhas confeccionadas com garrafas de refrigerante tipo “Pet” de 2L, com abertura lateral retangular (20 x 15 cm) e pintadas com tinta a óleo vermelha. Essa cor foi usada por ser a mais atrativa aos adultos de *H. hampei* (Mendoza Mora *et al.*, 1993, Mathieu *et al.*, 1997, Gonzáles & Dufour, 2000, Dufour & Frérot, 2008). As garrafas foram presas às plantas a 1,5 metros de altura do solo (Barrera *et al.*, 2005; Fernández & Cordero, 2005) com arame galvanizado nº 12. No interior da armadilha foi fixado frasco de vidro de 10 mL contendo o atrativo. Esse frasco foi vedado com tampa de borracha com duas perfurações onde foram inseridas duas anilhas metálicas inoxidáveis (1,2 mm de diâmetro x 10 mm de comprimento) para liberação do atraente (Figura 1B). Este atraente foi composto por uma mistura de etanol (99,9%) e metanol (100%) de pureza na proporção de 1:3, com 1% de ácido benzóico. No fundo da armadilha foi colocado 120 mL de água contendo 5% de detergente neutro para captura dos adultos da broca (Figura 1B).

A abertura da armadilha foi posicionada para o centro da entrelinha do café de forma a possibilitar que a pluma odorífera do atrativo se dispersasse entre as fileiras (Lindgren *et al.*, 1983; Flechtmann *et al.*, 2000; Bacca *et al.*, 2006). Foram distribuídas 300 armadilhas por lavoura de forma a cobrir toda a área e assegurar que a dependência espacial dos dados fosse determinada (Figura 2). Cada ponto amostral foi previamente georreferenciado.

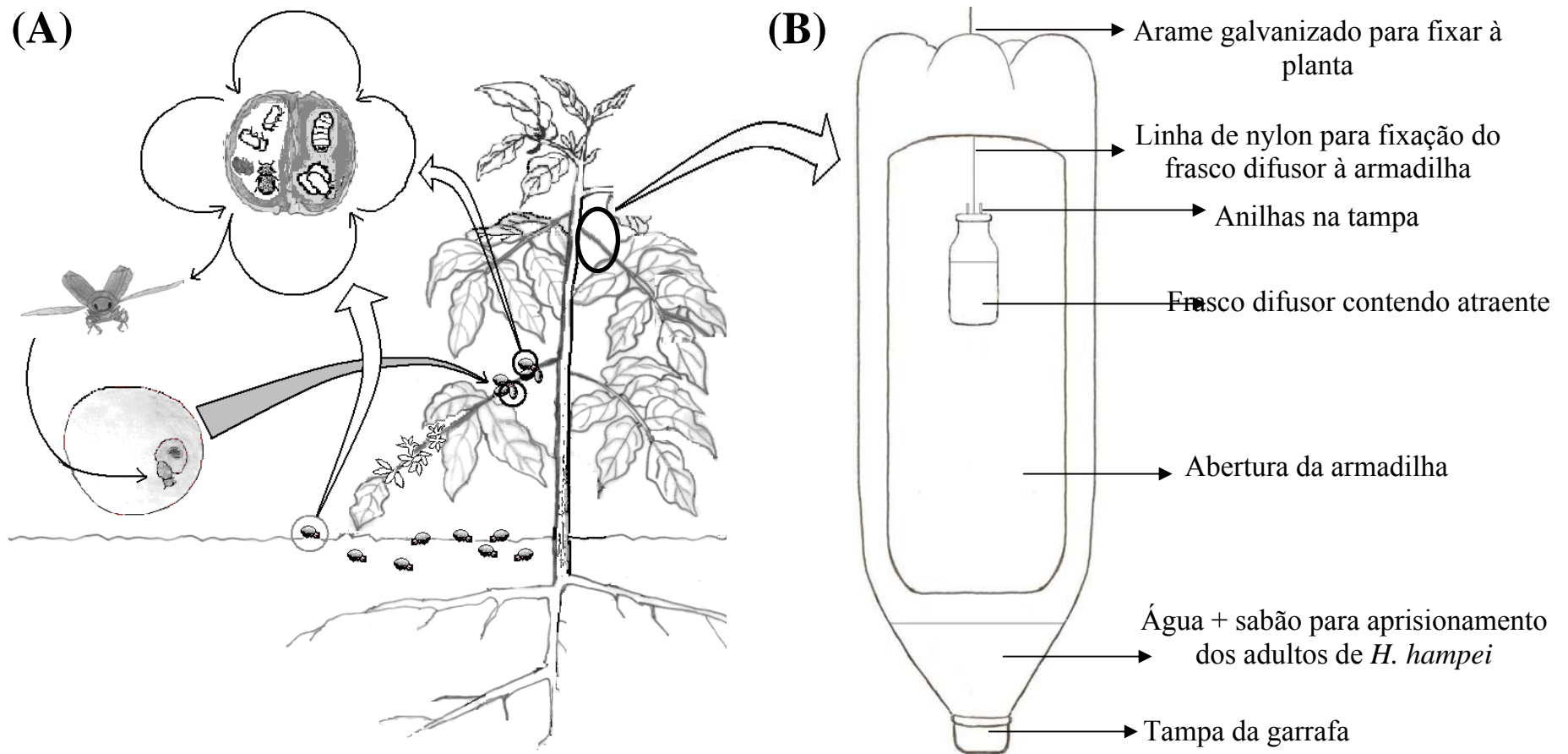


Figura 1. (A) Ciclo de vida da broca *H. hampei* em frutos de café e (B) armadilha de garrafa “pet” com atraentes fixada no terço mediano da planta para captura de adultos de *H. hampei*. Ponte Nova, MG. 2007/2009.

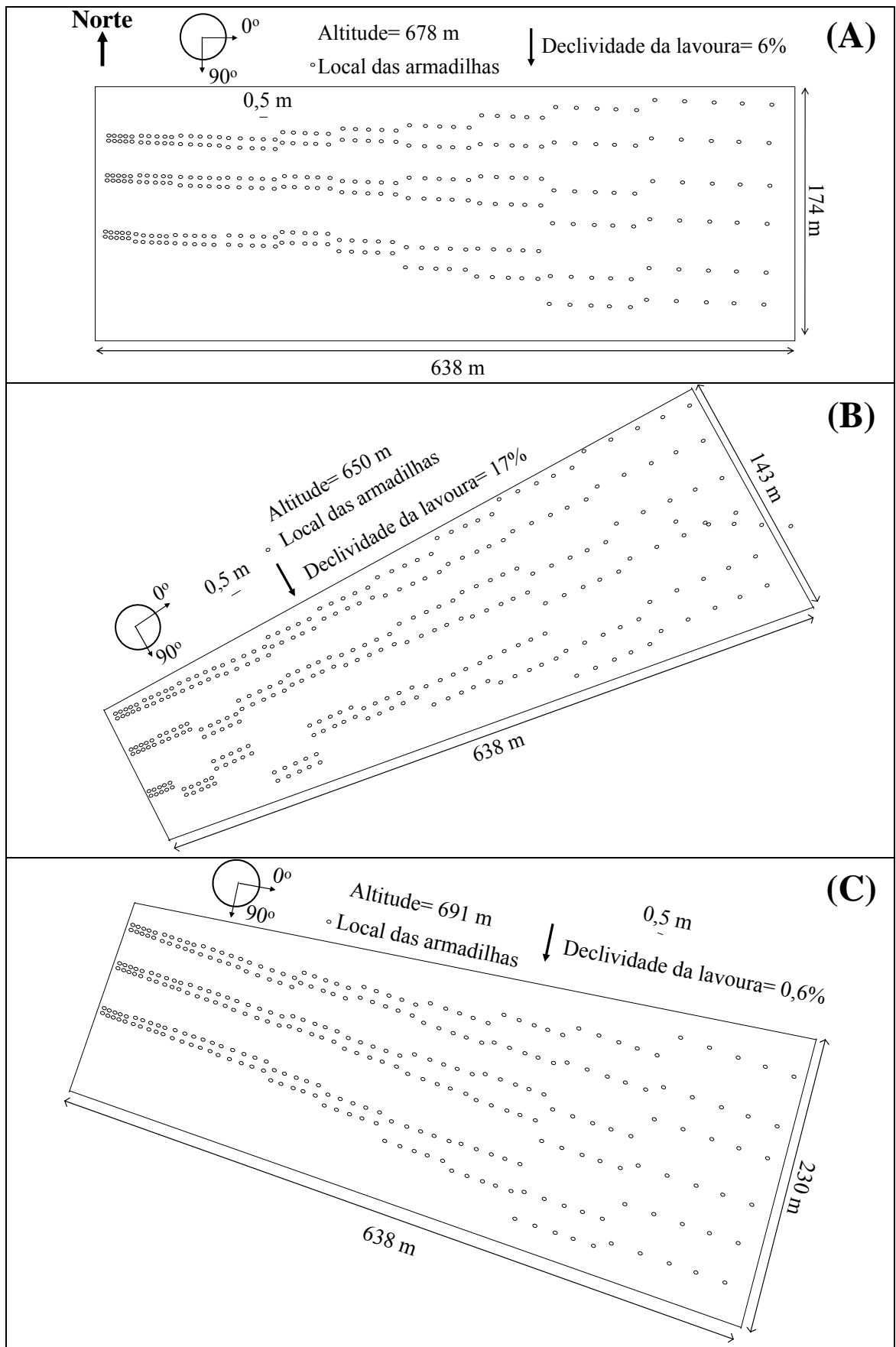


Figura 2. Posicionamento dos pontos onde as 900 armadilhas contendo atraentes foram instaladas em um grid irregular, nas lavouras um (A), dois (B) e três (C). Ponte Nova, MG, 2007-2009.

2.3. Avaliação da densidade de adultos de *H. hampei* nas armadilhas

No laboratório, os adultos de *H. hampei* foram transferidos dos sacos plásticos para potes plásticos de 150 mL contendo etanol 70%. Posteriormente realizou-se a contagem dos adultos de *H. hampei* das amostras em microscópico estereoscópico com aumento de 20 vezes.

2.4. Avaliação dos frutos broqueados por *H. hampei*

Durante as avaliações mensurou-se a porcentagem de broqueamento nos frutos de café. Para tanto, selecionou-se ao acaso cinco ramos ao longo da circunferência da planta e localizados no dossel mediano da planta, avaliou-se o número de frutos totais e o número de frutos broqueados/ramo. As avaliações dos frutos foram efetuadas a distâncias de 100 m no sentido das fileiras do café e a cada 50 m entre as fileiras, perfazendo-se um total de 20 plantas/lavoura (Souza & Reis, 1997).

2.5. Análise geoestatística

2.5.1. Análise descritiva

Realizou-se, primeiramente, uma análise descritiva das densidades de *H. hampei* nas lavouras e estádios fenológicos de *C. arabica*. Calculou-se a média, mediana, erro padrão, os valores mínimos e máximos, a assimetria e a curtose.

2.5.2. Análise espacial

Para determinar a distância mínima de interferência entre as distâncias de capturas de fêmeas da broca-do-café ajustou-se modelos de semivariograma, usando a fórmula do semivariograma:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{(ij)||h_{ij} \approx h} (c_i - c_j)^2 \quad , \text{ onde:}$$

$N(h)$ é o número de pares de pontos separados a uma distância h , c_i é o número de fêmeas capturadas na armadilha do primeiro par de pontos e c_j é o número de fêmeas capturadas na armadilha do segundo par de pontos, tomados dois a dois.

Outras características importantes dos semivariogramas são os parâmetros C (patamar), C_0 (efeito pepita), $C+C_0$ (soma do patamar e do efeito pepita) e A_0 (alcance da dependência espacial) (Liebhold *et al.*, 1993; Gumprecht *et al.*, 2009).

Posteriormente, com os parâmetros do semivariograma identificaram-se os eixos de anisotropia ou isotropia da distribuição dos dados amostrais (Keitt *et al.*, 2002; Bacca *et al.*, 2006). Quando o semivariograma é idêntico para qualquer direção de h ele é chamado de isotrópico e quando o semivariograma apresenta os parâmetros C , C_0 , A_0 e/ou modelo diferenciado dependendo da direção de h , ele é chamado anisotrópico. Caso ocorra isotropia, um único semivariograma é ajustado. Por outro lado, em caso de anisotropia, Vieira (1995) orienta que se ajuste um semivariograma para cada direção. Neste estudo a anisotropia foi ajustada para as direções 0° e 90° . Essas direções foram determinadas porque os atraentes podem ser transportados pelo vento nas fileiras (0°) e no sentido da declividade das lavouras na direção 90° .

A seleção do melhor modelo de semivariograma foi obtido pela validação cruzada, através de todos os pontos de amostragem. A validação cruzada é obtida com base nos parâmetros β_0 (intercepto) e β_1 (inclinação) do ajuste do modelo de regressão linear dos valores observados em função dos valores estimados. Quanto mais próximas de 1 e 0 forem as estimativas obtidas das curvas de regressão para os parâmetros β_1 e β_0 , respectivamente, melhor será o modelo de dependência espacial (Isaaks & Srivastava, 1989). Também se utilizou o erro médio (EM) e a raiz quadrada do erro médio (RQEM). O erro médio próximo de zero mostra que os dados são não viesados e a raiz quadrada do erro médio com valor próximo de 1 demonstra validação do modelo (Murphy & Sternitzke, 1979).

Além disso, com os parâmetros C_0 , C_0+C_1 e A_0 da dependência espacial, calculou-se a razão entre o efeito pepita e o patamar $C_0/(C_0+C_1)$ para identificação do Grau de Dependência Espacial (GDE). Para analisar o GDE dos atributos em estudo, utilizou-se a classificação proposta por Cambardella *et al.*, (1994), em que os semivariogramas com dependência espacial forte possui uma razão $C_0/(C_0+C_1)$ menor ou igual a 0,25, os semivariogramas com dependência espacial moderada possuem razão superior a 0,25 e inferior a 0,75 e os de dependência fraca possuem razão superior a 0,75.

Após determinar a dependência espacial entre amostras, utilizou-se a metodologia da Krigagem para estimar os valores amostrados e construção dos mapas de densidades populacionais das lavouras avaliadas, estádios fenológicos da cultura e durante dois anos ou duas safras (Strother & Steelmam, 2001; Farias *et al.*, 2003).

As análises espaciais foram realizadas pelo software ArcGis 9.1 PROC ARCMAP GEOSTATISTICAL ANALYST (ESRI, 2005).

2.5.3. Correlação

Os dados de captura de adultos da broca nas armadilhas com os dados de broqueamentos nos frutos de café foram submetidos a análise de correlação de Pearson a 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS

O número de adultos de *H. hampei*/armadilha variou de 0 a 26769. Verificou-se que as médias tenderam a ser maiores que as medianas. A dispersão dos dados foi elevada, o que pode ser observado pelos erros padrões e os valores mínimos e máximos. A simetria geralmente foi maior que zero e a curtose maior que 0,263. Fatos que indicam que as curvas de distribuição de frequência são assimétricas e apresentam grau de afilamento superior ao da curva de distribuição normal. Além disso, a tendência da maioria dos dados de captura de adultos de *H. hampei* se concentrou acima da média (Tabela 1).

Dos 117 modelos de semivariogramas observados, 31 foram selecionados por apresentarem β_0 mais próximos de zero, β_1 mais próximos de um e RQEM (raiz quadrada do erro médio) mais próximos a um. Destes modelos selecionados, 22 se ajustaram ao modelo exponencial, nove ao esférico e nove ao gaussiano (Tabela 2). Os valores de EM (erro médio) foram próximos de zero, com variação de 0,00 a 0,84, indicando que os erros associados aos modelos selecionados não foram viesados.

Observou-se que 23 (74%) dos 31 modelos selecionados foram isotrópicos e oito (26%) foram anisotrópicos. Três modelos anisotrópicos tiveram alcances

semelhantes nas duas direções (0° e 90°). Portanto, 84% dos modelos apresentaram alcance na direção da fileira de plantas semelhantes ao na direção entre fileiras. Na lavoura plana (três) os modelos anisotrópicos apresentaram maior alcance na direção da fileira. Já nas lavouras com maior declividade (lavouras um e dois) os modelos anisotrópicos tiveram maiores alcances na direção entre fileiras (Tabela 3, Figura 4).

Os ajustes dos modelos de semivariograma esférico, exponencial e gaussiano indicaram existir dependência espacial para o número de adultos de *H. hampei*/armadilha (Tabela 3 e Figura 3). Os graus de dependência espacial (GDE) dos modelos de semivariograma variaram de 0,00 a 0,74, indicando dependência espacial de forte ($GDE < 0,25$) a moderada ($0,25 < GDE < 0,75$). Isso é evidenciado pelos altos valores do patamar ($C+C_0$) e baixos valores do efeito pepita (C_0) (Tabelas 2 e 3). Oitenta e cinco por cento dos modelos selecionados apresentaram alta dependência espacial (Tabelas 2 e 3).

De forma geral, os modelos apresentaram valores elevados para o alcance e valores baixos para o efeito pepita. Essa diferença entre estes dois parâmetros também explica os altos valores de dependência espacial. Os alcances (A_0) dos modelos selecionados variaram de 19 m (lavoura um no estágio de frutos em granação no segundo ano) e 424 m (lavoura três no estágio de frutos secos no segundo ano). De forma geral os alcances dos modelos não variaram muito do primeiro para o segundo ano. Os maiores valores de alcance ocorreram na lavoura dois e os menores na lavoura três, sendo que o alcance da lavoura um ficou em situação intermediária. Além disso, foram observados maiores alcances nos estádios de floração e de frutos secos, e os menores nos estádios frutos em expansão, granação e maturação (Tabela 3 e Figura 4).

Tabela 1. Análise descritiva das densidades de adultos de *H. hampei* capturados por armadilhas com atrativos em três lavouras de café nos estádios de floração (I), frutos chumbinho (II), em expansão (III), em granação (IV), em maturação (V) e secos (VI). Ponte Nova, MG. 2007-2009.

Estádio	Média	Mediana	C.V.	Mínimo	Máximo	Simetria	Curtose
2007/2008							
Lavoura 1	I	4846		1233	11878	1,50	4,66
	II	6045	3175	0,00	26769	0,96	2,90
	III	1860	841	0,00	14164	1,41	5,92
	IV	6,82	5,00	0,00	36,0	1,29	5,47
	V	0,08	0,05	0,00	7,00	10,8	146,3
	VI	2947	2950		2769	3159	-0,12
2008/2009							
Lavoura 1	I	8185	9378	0,00	10224	-2,07	5,61
	II	1363	1255	0,00	7054	0,67	3,18
	III	1073	1109	724,0	2333	0,46	3,44
	IV	3,83	2,00	0,00	29,00	1,42	6,09
	V	2,93	1,00	0,00	23,00	1,67	7,62
	VI	207,9	194,00		88,00	489,0	0,95
2007/2008							
Lavoura 2	I	2749	2494	36,00	9286	0,32	4,38
	II	3516	1624	0,00	27337	1,48	6,33
	III	4716	4408	3336	7069	0,50	1,88
	IV	2,23	1,00	0,00	21,00	2,53	11,90
	V	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	VI	617,8	280		2,00	4662	1,41
2008/2009							
Lavoura 2	I	2750	2494	36,00	9286	0,32	4,37
	II	478,9	216,0	0,00	3643	1,41	5,93
	III	258,6	129,0	0,00	1829	1,62	6,62
	IV	1,90	1,00	0,00	15,00	1,36	5,73
	V	1,45	1,00	0,00	12,00	1,46	6,48
	VI	28,6	14,0		2,00	203,0	1,41
2007/2008							
Lavoura 3	I	3606	3654	5,00	5806	-0,55	3,83
	II	14165	14189	10863	14499	-11,70	168,9
	III	1628	735,0	0,00	12380	1,41	5,93
	IV	4,11	4,10	0,00	31,00	1,40	5,79
	V	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	VI	1522	1249		733,0	4724	1,19
2008/2009							
Lavoura 3	I	3587	3609	0,00	5840	-0,60	4,06
	II	1025	626,0	32,00	6225	1,37	5,79
	III	408,6	185,0	0,00	3095	1,42	5,96
	IV	9,74	9,00	4,00	79,00	5,99	49,5
	V	2,51	1,00	0,00	19,00	1,33	5,41
	VI	48,40	24,00		4,00	343,0	1,41

C.V.= Coeficiente de variação

Tabela 2. Validação cruzada pelo método de krigagem dos valores observados e estimados pelos modelos (Md) esférico (Es), exponencial (Ex) e gaussiano (Ga) da captura de adultos de *H. hampei* por armadilhas com atraentes nos estádios de floração (I), frutos chumbinho (II), em expansão (III), em granação (IV), em maturação (V) e secos (VI) em três lavouras de café. Ponte Nova, MG. 2007-2009.

Estádio	Md		2007/2008						Md		2008/2009					
			β_0		β_1		RQEM				β_0		β_1		RQEM	
			0°	90°	0°	90°	0°	90°			0°	90°	0°	90°	0°	90°
Lavoura 1	I	Es	Is	682		0,84		1,01		Is	446		0,23		1,79	
		Ex	Is	702		0,84		0,00		Is	465		0,34		0,00	
		Ga	Is*	22,47		0,99		1,01		Is*	387		0,73		0,94	
	II	Es	Is	3918		0,28		1,05		An	478	478	0,66	0,66	0,00	0,00
		Ex	Is*	3833		0,29		1,05		An*	441	441	0,68	0,68	1,14	1,14
		Ga	Is	4036		0,27		1,05		An	596	592	0,59	0,59	0,00	0,00
	III	Es	Is	1370		0,25		2,11		Is	721		0,23		2,87	
		Ex	Is*	1289		0,28		1,09		Is*	716		0,33		1,02	
		Ga	Is	1416		0,23		2,31		Is	863		0,11		3,76	
	IV	Es	Is	3,5		0,42		1,90		Is*	1,6		0,34		1,19	
		Ex	Is*	4,0		0,34		1,68		Is	1,6		0,31		0,00	
		Ga	Is	3,6		0,46		3,09		Is	1,9		0,26		2,01	
VI	Es	An	35	35	0,98	0,87	10,98	10,8	Is*	132		0,34		2,07		
	Ex	An	39	39	0,98	0,79	7,69	7,61	Is	138		0,31		9,67		
	Ga	An*	9,6	9,8	0,99	0,92	4,75	4,71	Is	162		0,21		3,44		
Lavoura 2	I	Es	Is	2269		0,16		2,00		Is	624		0,74		1,02	
		Ex	Is	2378		0,14		2,05		Is*	115		0,95		1,00	
		Ga	Is*	2237		0,17		1,89		Is	824		0,66		0,00	
	II	Es	An	571	571	0,76	0,77	1,78	1,76	Is	361		0,23		4,11	
		Ex	Is*	116		0,95		1,04		Is*	352		0,24		1,01	
		Ga	An	779	779	0,67	0,66	2,88	2,87	Is	369		0,21		3,32	
	III	Es	Is	40,8		0,99		2,89		Is*	141		0,36		2,34	
		Ex	Is*	19,31		0,99		1,21		Is	139		0,34		3,12	
		Ga	Is	44,1		0,99		1,49		Is	148		0,28		2,49	
	IV	Es	Is	1,31		0,19		37000		Is	0,9		0,41		86162	
		Ex	Is	1,37		0,2		36230		Is	0,9		0,43		87698	
		Ga	Is*	1,12		0,41		36200		Is*	0,8		0,48		86150	
VI	Es	Is	457		0,23		3,11		An	21,2	21,5	0,24	0,24	2,31	2,30	
	Ex	Is*	452		0,24		1,09		An*	19,7	19,7	0,28	0,28	1,08	1,01	
	Ga	Is	477		0,21		1,07		An	21,6	21,6	0,23	0,23	1,22	1,22	
Lavoura 3	I	Es	Is	2329		0,37		3,98		Is	1195		0,67		1,45	
		Ex	Is*	2254		0,39		1,42		An*	433	433	0,87	0,87	1,41	1,42
		Ga	Is	2327		0,38		7,61		Is	669		0,82		1,43	
	II	Es	Is	10618		0,25		6,76		Is*	481		0,46		2,23	
		Ex	Is*	10444		0,26		2,57		Is	526		0,42		2,78	
		Ga	Is	14098		0,05		8,77		Is	567		0,39		3,09	
	III	Es	Is	869		0,39		3,54		Is*	220		0,38		2,13	
		Ex	Is*	808		0,41		1,64		Is	224		0,37		2,77	
		Ga	Is	841		0,39		3,21		Is	252		0,36		4,02	
	IV	Es	An*	2,01	2,01	0,44	0,43	2,05	2,07	Is	8,9		0,01		2910	
		Ex	An	2,21	2,11	0,35	0,32	3,11	3,12	Is	8,9		0,02		2987	
		Ga	Is	2,32		0,37		3,12		Is*	8,7		0,04		2931	
V	Es		-	-	-	-	-	-	An*	1,5	1,1	0,34	0,43	1,31	1,30	
	Ex		-	-	-	-	-	-	An	1,5	1,2	0,35	0,34	3,34	3,33	
	Ga		-	-	-	-	-	-	An	1,4	1,5	0,36	0,35	1,38	1,38	
VI	Es	Is	954		0,32		6,45		An	1,5	1,2	0,35	0,35	1,92	1,92	
	Ex	An*	806	806	0,43	0,42	2,12	2,11	An*	1,5	1,1	0,45	0,44	1,00	1,00	
	Ga	Is	965		0,35		2,72		An	24,0	25,0	0,43	0,40	1,07	1,07	

No cabeçalho: β_0 =intercepto e β_1 = inclinação da curva. RQEM= $\sqrt{(\overline{X^2_1} - \overline{X^2_2})}$ raiz quadrada do erro médio

Tabela 3. Efeito pepita (C_0), patamar ($C+C_0$) e alcance (A_0) dos modelos (Md) esférico (Es), exponencial (Ex) e gaussiano (Gs) dos semivariogramas isotrópicos (Is) ou anisotrópicos (An) selecionados pela validação cruzada dos dados de captura de adultos de *H. hampei* em armadilhas com atraentes em três lavouras de café nos estádios de floração (I), frutos chumbinho (II), frutos em expansão (III), frutos em granação (IV), frutos em maturação (V) e frutos secos (VI). Ponte Nova, MG. 2007-2009.

Estádio	Md			2007/2008						Md			2008/2009					
				0°			90°						0°			90°		
				Co	C+C ₀	A ₀	Co	C+C ₀	A ₀				Co	C+C ₀	A ₀	Co	C+C ₀	A ₀
Lavoura 1	I	Gs	Is	0,00	1,9x10 ⁷	135	-	-	-	Gs	Is	0,00	1,0x10 ⁷	107	-	-	-	
	II	Ex	Is	0,00	6,1x10 ⁷	341	-	-	-	Ex	An	0,00	1,7x10 ⁶	49,0	0,00	1,7x10 ⁶	178	
	III	Ex	Is	2,7x10 ⁶	5,3x10 ⁶	249	-	-	-	Ex	Is	0,00	6,8x10 ⁴	58,0	-	-	-	
	IV	Ex	Is	1,83	32,6	127	-	-	-	Es	Is	0,00	11,0	19,0	-	-	-	
	VI	Gs	An	0,00	1,4x10 ⁴	355	0,00	1,1x10 ⁴	355	Es	Is	0,00	4,0x10 ³	51,0	-	-	-	
Lavoura 2	I	Gs	Is	1,6x10 ⁶	3,4x10 ⁶	64,0	-	-	-	Ex	Is	1,5x10 ⁶	2,1x10 ⁶	413	-	-	-	
	II	Ex	Is	0,00	2,2x10 ⁷	375	-	-	-	Ex	Is	0,00	5,2x10 ⁵	384	-	-	-	
	III	Ex	Is	0,00	1,3x10 ⁶	103	-	-	-	Es	Is	0,00	9,7x10 ⁴	53,0	-	-	-	
	IV	Gs	Is	0,00	10,90	55,0	-	-	-	Gs	Is	0,00	5,80	63,0	-	-	-	
	VI	Ex	Is	3,1x10 ⁵	6,1x10 ⁵	376	-	-	-	Ex	An	542	1,1x10 ³	424	542	1,1x10 ³	246	
Lavoura 3	I	Ex	Is	0,00	7,7x10 ⁵	95,0	-	-	-	Ex	An	0,00	1,0x10 ⁶	31,0	0,00	1,0x10 ⁶	115	
	II	Ex	Is	0,00	5,0x10 ⁴	55,0	-	-	-	Es	Is	0,00	9,2x10 ⁶	64,0	-	-	-	
	III	Ex	Is	0,00	3,7x10 ⁶	68,0	-	-	-	Es	Is	75,7	2,3x10 ⁵	59,0	-	-	-	
	IV	Es	An	2,00	23,60	206	2,00	24,00	59,0	Gs	Is	0,00	51,4	42,0	-	-	-	
	V	Es	-	-	-	-	-	-	-	Es	An	2,70	10,4	83,0	0,00	9,60	60,0	
	VI	Ex	An	1,60	4,1x10 ⁵	167	1,60	4,1x10 ⁵	62,0	Ex	An	71,0	2,8x10 ³	175	71,0	2,9x10 ³	166	

No cabeçalho: 0° = sentido das fileiras do cafeeiro. 90° = Sentido entre as fileiras do cafeeiro.

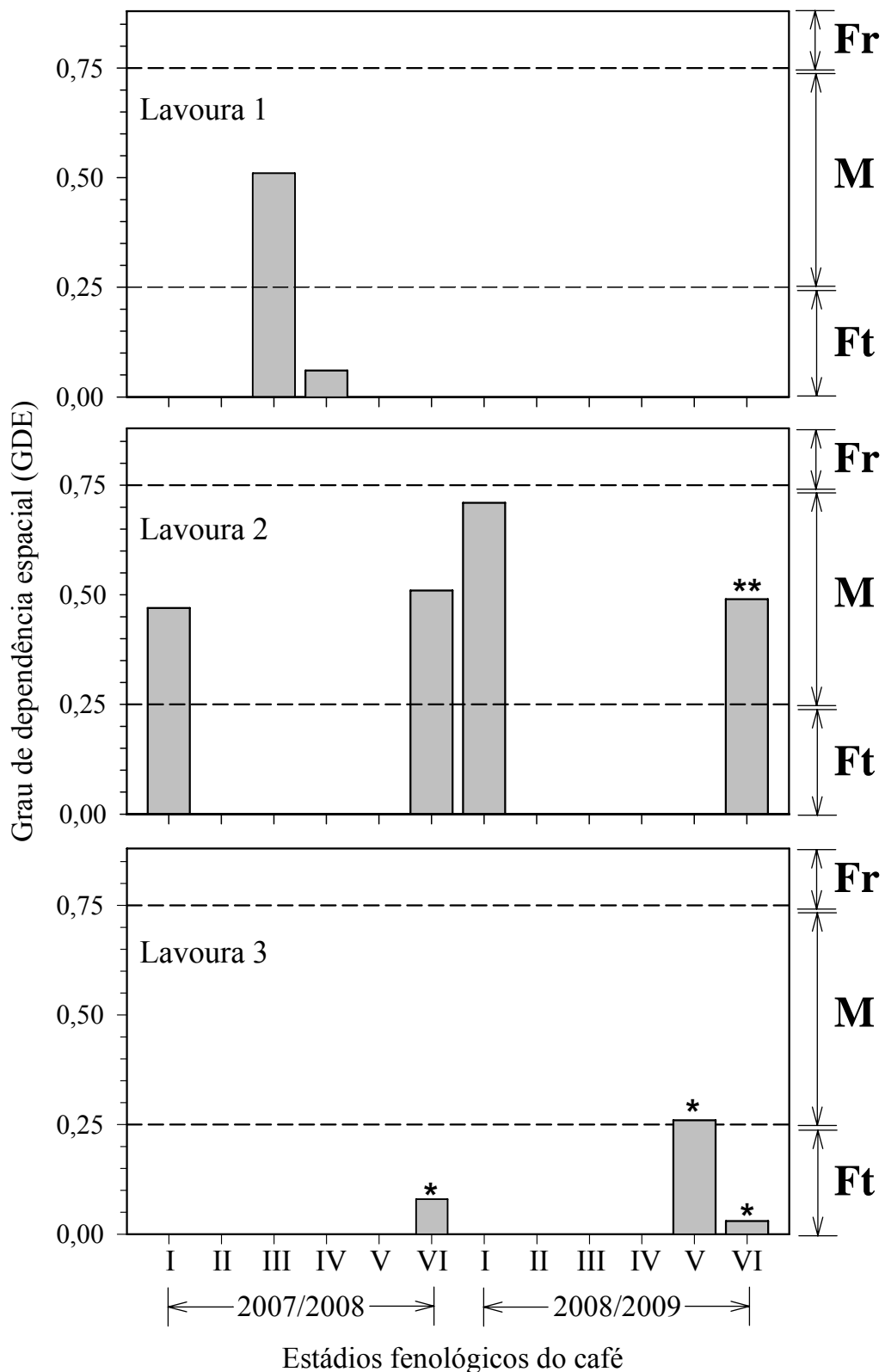


Figura 3. Grau de dependência espacial dos modelos dos semivariogramas isotrópicos ou anisotrópicos obtidos a partir dos dados de captura de adultos de *H. hampei* por armadilhas com atraveses em três lavouras de café nos estádios de floração (I), frutos chumbinho (II), frutos em expansão (III), frutos em granação (IV), frutos em maturação (V) e frutos secos (VI). Ponte Nova, MG. 2007-2009. *Valores de GDE iguais para as direções 0° e 90° e **Em 0° GDE=0 e em 90° GDE é o valor mostrado no histograma. Dependência espacial: (Fr) fraca; (M) moderada e (Ft) forte dependência espacial.

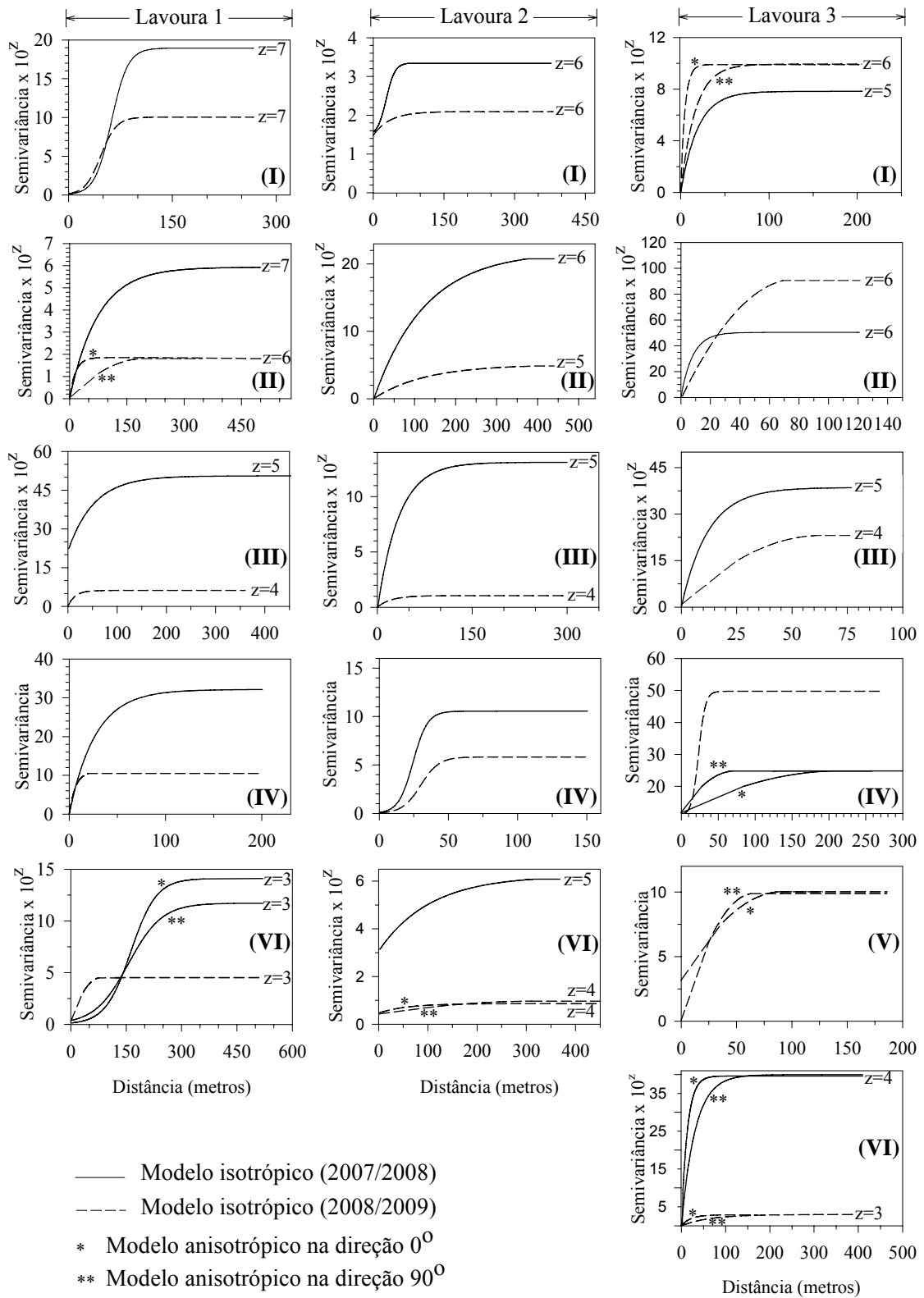


Figura 4. Semivariogramas isotrópico e anisotrópico das densidades dos adultos de *H. hampei* capturados por armadilhas com atraentes nos estádios fenológicos de *C. arabica* (I) floração, (II) frutos chumbinho, (III) em expansão, (IV) em granação, (V) em maturação e (VI) secos nas lavouras um, dois e três. Ponte Nova, MG. 2007-2009.

Os mapas de distribuição espacial apresentaram diferentes padrões de densidades de insetos em todas as lavouras. Observou-se tendência de movimentação dos adultos ao longo das fileiras e entre as fileiras do café, as quais se encontravam no sentido da declividade do terreno (Figura 5).

Observou-se maior captura de adultos, independente do estágio fenológico do café, no primeiro do que no segundo ano nas três lavouras. De forma geral, as maiores densidades de adultos ocorreram nos estádios de floração, de frutos chumbinho e em expansão. As menores densidades ocorreram nos estádios de granação e de maturação dos frutos. A densidade no estágio de frutos secos foi intermediária aos outros estádios fenológicos (Figura 6).

De forma geral, houve redução da porcentagem de frutos broqueados do primeiro para o segundo ano. Verificaram-se maiores porcentagens de frutos broqueados quando o cafeeiro estava nos estádios de floração, de frutos chumbinho e de frutos em expansão. As menores porcentagens de frutos broqueados ocorreram em cafeeiros com frutos em granação e em maturação. Já em cafeeiros com frutos secos a porcentagem de broqueamento foi intermediária aos demais estádios fenológicos (Figura 7).

Verificou-se correlação positiva e significativa entre o número de adultos capturados em armadilhas e a porcentagem de frutos de café broqueados na planta ($r=0,39$; $t=2,51$; $p=0,008$).

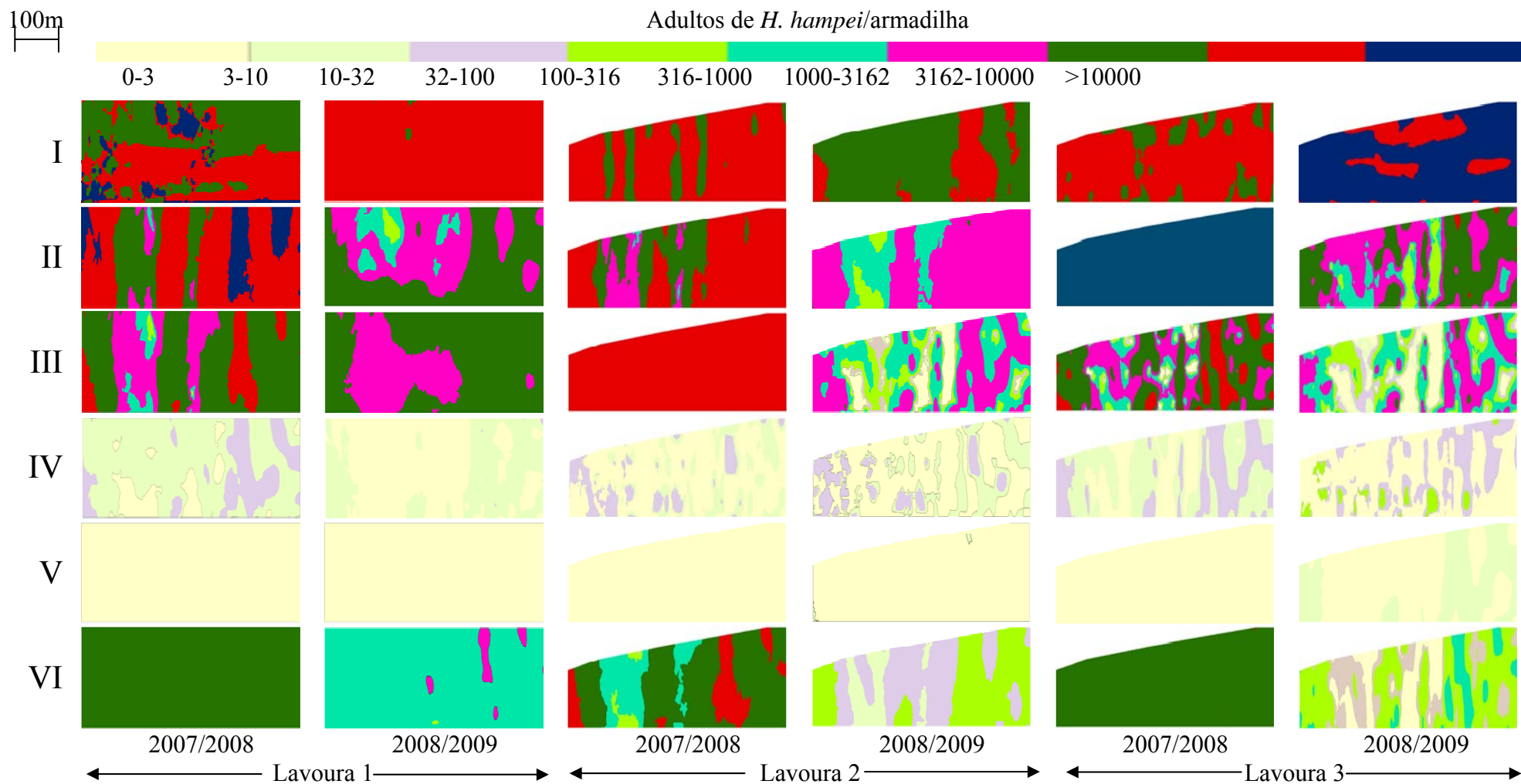


Figura 5. Mapas da distribuição espacial de adultos de *H. hampei* capturados por armadilhas contendo atraentes em três lavours de café em floração (I), frutos chumbinho (II), em expansão (III), em granação (IV), em maturação (V) e secos (VI). Ponte Nova, MG. 2007-2009.

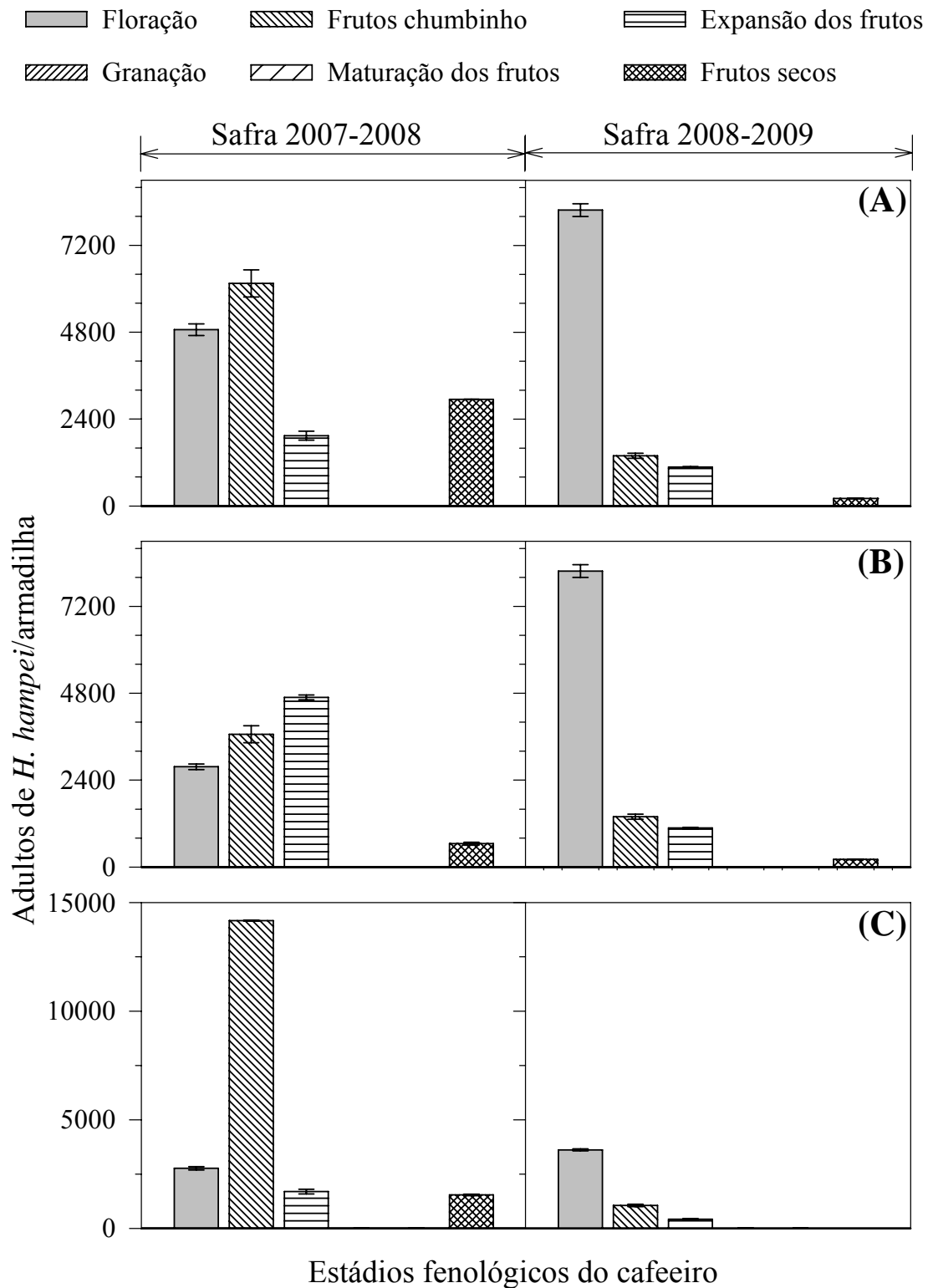


Figura 6. Média \pm erro padrão do número de adultos de *H. hampei* capturados por armadilha com atraente nos estádios fenológicos de floração e frutificação do cafeeiro, nas lavouras um (A), dois (B) e três (C). Ponte Nova, MG. 2007-2008.

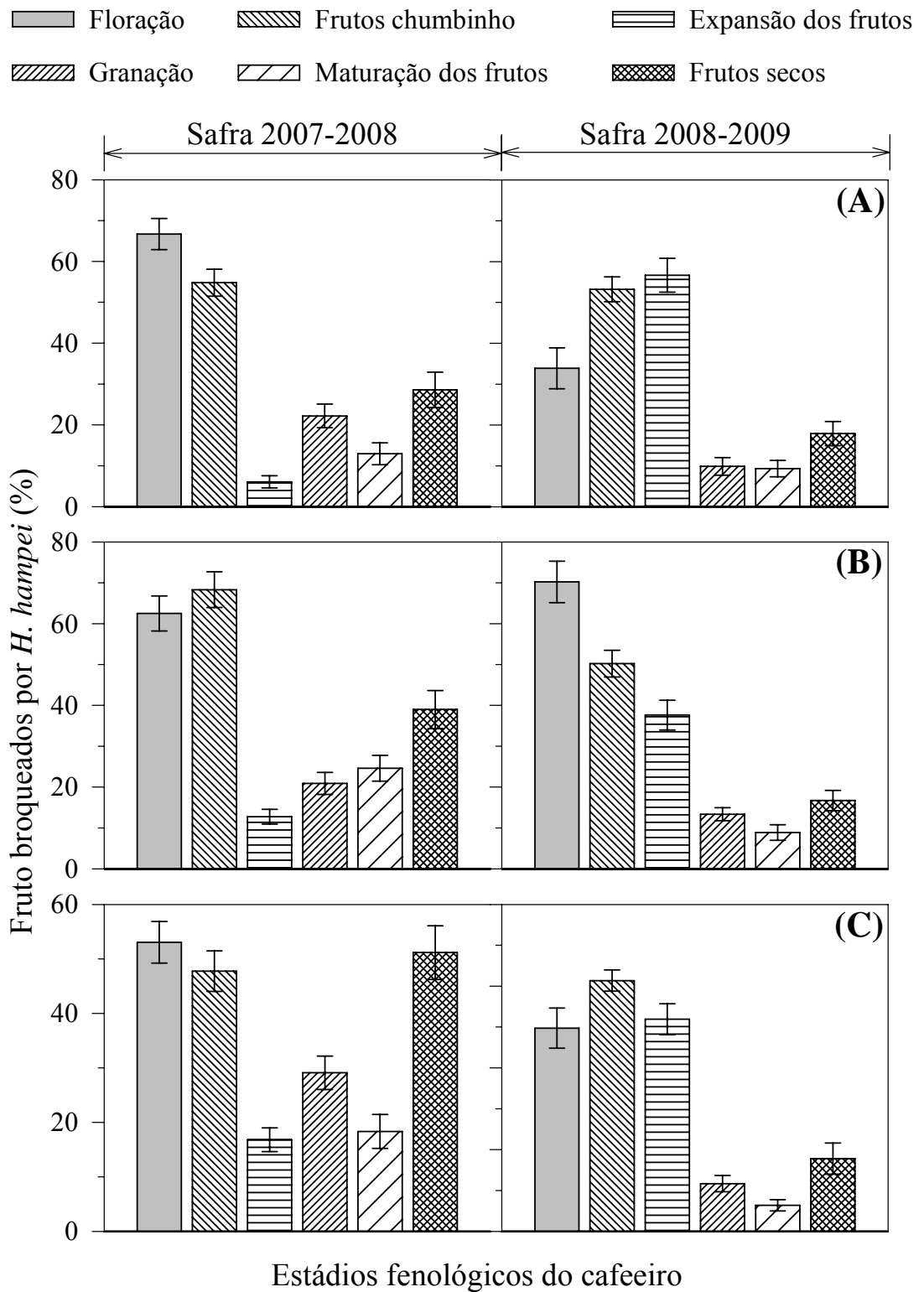


Figura 7. Broqueamento de frutos (%) por adultos de *H. hampei* nos estádios fenológicos de floração e frutificação do cafeeiro nas lavouas um (A), dois (B) e três (C). Ponte Nova, MG. 2007-2009.

4. DISCUSSÃO

Os resultados desse estudo mostram tendência dos adultos de *H. hampei* se localizarem em altas densidades em algumas regiões da lavoura do que em outras. Essas regiões com alta e baixas densidades variaram entre as lavouras, estádios fenológicos e anos de avaliação. Esse fenômeno pode ser observado pelos valores da mediana menores que a média, elevados erros padrão, grande diferença entre os valores mínimos e máximos, altos valores dos patamares ($C+C_0$) e baixos valores do efeito pepita (C_0) e forte grau de dependência espacial (GDE).

Os baixos valores do efeito pepita (C_0), os altos valores do patamar e os grau de dependência espacial (GDE) menores que 0,25 indicam forte dependência espacial dos dados das densidades de *H. hampei* com distribuição espacial agregada. Isto é, em plantas de café próximas *H. hampei* tende a apresentar densidades semelhantes.

É comum em populações de insetos fitófagos o comportamento de agregação em determinados nichos ecológicos (Hall & Branham, 2008; Ray *et al.*, 2009). Em Scolytidae como *H. hampei* que atacam frutos, ocorre uma tendência de agregações contínuas, com formação de focos de infestação (Damon, 2000). Ochoa & Decazy

(1987), trabalhando na Guatemala, mencionaram altos níveis de infestação (acima de 10%) e distribuição agregada de Scolytidae.

Esse tipo de comportamento agregado pode trazer uma série de benefícios ao longo da história de vida de um inseto. Dentre esses, tem-se facilidade de encontros entre os parceiros sexuais durante a reprodução, abrigo e proteção a intempéries climáticas e ação de inseticidas, defesa contra inimigos naturais e maior exploração dos recursos (Strong *et al.*, 1984; Turchin & Kareiva, 1989; Bernays & Chapman, 1994; Clark & Faeth, 1997; Hunter, 2000; Coster-Longman *et al.*, 2002).

Dentre todos os benefícios citados, o comportamento reprodutivo das fêmeas adultas de *H. hampei* talvez seja o maior motivo de seu comportamento de agregação. Nesse contexto, a incapacidade de vôo dos machos, que possuem as asas atrofiadas e a baixa razão sexual (10 fêmeas: 1 macho) podem resultar em maior efetividade de reprodução sob distribuição agregada (Benavides, 2005). Assim, os machos presentes em reduzido número e com incapacidade de vôo (Barrera *et al.*, 1995), podem acasalar com as irmãs no interior dos frutos.

Os adultos de *H. hampei* tenderam a apresentar focos de infestação de formato regular, algo que é evidenciado por 84% dos modelos dos semivariogramas apresentarem alcances semelhantes tanto na direção da fileira do café como na direção entre as fileiras do café. Esperava-se que estes focos fossem irregulares e apresentassem maior alcance na direção da fileira do café do que entre suas fileiras. Tal expectativa era baseada no fato de que as plantas estarem próximas dentro de uma fileira seria um obstáculo à dispersão do atraente das armadilhas, fato que não ocorreria ao longo das fileiras. Assim podemos inferir que o atraente liberado pelas armadilhas se dispersou de maneira semelhante em todas as direções. Uma das possíveis explicações para esse fato é a variação na direção dos ventos incidentes nas lavouras, existindo ventos tanto na direção da fileira do café quanto na direção entre fileiras. Outro fator que pode ter

contribuído para isto é que duas das lavouras avaliadas (dois e três) possuíam declividade com as plantas nas fileiras dispostas em curvas de nível. Assim a disposição das plantas em diferentes altitudes facilita a dispersão do atraente entre fileiras. Wedding *et al.*, (1995) observaram que elevadas velocidades do vento associadas as maiores distâncias entre as armadilhas favoreceram as capturas de *Neodiprion sertifer* Geoffr. (Hymenoptera: Diprionidae), associando este fato à maior estabilidade na concentração do feromônio.

O alcance é a linha divisória para a aplicação de geoestatística ou estatística clássica (Vieira *et al.*, 1983; Rossi *et al.*, 1992; Young & Young, 1998; Silva *et al.*, 1989; Farias *et al.*, 2003). Portanto, o alcance deve ser a distância mínima entre as amostras a ser respeitada nas épocas de amostragem. Ao adotar essas distâncias amostrais, os dados não sofrerão influência da distribuição espacial do inseto (Farias *et al.*, 2003; Rossi *et al.*, 1992; Young & Young, 1998), podendo-se assim utilizar as metodologias clássicas de amostragem convencional e sequencial.

O fato dos adultos da broca-do-café se movimentar entre as fileiras de café pode ser devido à presença de recursos favoráveis (abrigo, alimento e parceiros sexuais) nesta direção. À medida que os recursos diminuem, os insetos tendem a se redistribuir mediante a migração de indivíduos dentro dos limites de ocupação da população (MacLeod & Donnelly, 1963; Taylor, 1981). Provavelmente, devido à competição, que interfere na abundância podendo influenciar significativamente as relações entre herbívoros e suas plantas hospedeiras, os insetos buscam a redistribuição entre os hospedeiros em diferentes fileiras (Denno *et al.*, 1995).

As mais altas densidades dessa praga se concentraram nos estádios fenológicos em floração, frutos em chumbinho, em expansão e secos e baixas densidades no estágio de maturação. Essas irregularidades nas densidades de adultos dessa praga ao longo dos estádios fenológicos, possivelmente se deve à variação sazonal dos frutos na planta e

características reprodutivas da broca. Alguns trabalhos sugerem que os ciclos sazonais em populações de fitófagos são determinados pela variação temporal na disponibilidade de recursos (Wolda, 1978a,b,1988; Janzen, 1987). As plantas de café possuem frutos em determinadas épocas do ano e distribuir-se de forma irregular e imprevisível no espaço, sob a forma de manchas temporárias de recursos (Camargo & Camargo, 2001). Dessa forma, para que a broca-do-café mantenha sua população ao fim da colheita (estádio de maturação e secos), *H. hampei* poderia adotar duas estratégias: diapausa e/ou migração. A diapausa parece ser a estratégia evolutiva mais provável para este inseto sincronizar sua história de vida com o padrão de distribuição espacial do recurso, mesmo porque a disponibilidade desse recurso é previsível. Além disso, baixa densidade de adultos nas armadilhas na fase de colheita pode ser um indicativo positivo para essa hipótese.

Apesar do exposto, espera-se existir uma intensa movimentação entre as manchas efêmeras constituídas pelos cultivos no início da floração. A dispersão funcionaria como o elo entre os ciclos populacionais locais de colonização e extinção nas manchas formadas pelas lavouras (Hanski, 1999). Espécies que exploram recursos em manchas temporárias tendem a possuir habilidade de dispersão bem desenvolvida (Southwood, 1962; Harrison, 1980; Novotný, 1994). Este processo não é de natureza accidental, visto que a retirada dos frutos de café da planta possui caráter previsível devido ao processo de colheita durante os anos. Assim, se a planta passa por mudanças previsíveis na sua aparência durante seu desenvolvimento, estas poderiam funcionar como pistas para *H. hampei* abandonar a procura por frutos (Leather, 1990).

De fato, *H. hampei* apresenta grande capacidade de se deslocar entre cultivos (Bentacourt *et al.*, 1996). Evidência disto se deve também ao fato de adultos terem sido coletados nas lavouras de cafeeiro ao longo de todo o período experimental, apesar dos picos populacionais estarem concentrados em determinadas épocas do ano. Alternativamente, na ausência de frutos de café, *H. hampei* poderia migrar para frutos

secos no solo e para lavouras onde não se realizou a colheita ou que não tenha sido feito o repasse.

Em relação à correlação positiva entre os adultos capturados na armadilha com a porcentagem de frutos broqueados, vários trabalhos têm mostrado esta relação. Como exemplo Mathieu *et al.*, (1999) relatam correlação entre captura e infestação, mas em uma lavoura onde se partiu de uma infestação em três plantas. A captura de machos da mariposa praga de *Pinus*, *Rhyacionia frustrana* (Comstock) (Lepidoptera: Tortricidae), nas armadilhas com feromônio sintético mostrou correlação com a densidade populacional e dano nos brotos das plantas pela praga (Asaro & Berisford, 2001). Faccoli & Stergule (2004) usando armadilhas contendo feromônios, obtiveram correlação positiva entre a captura de *Ips typographus* Linnaeus (Coleoptera: Curculionidae) e o volume de madeira perdido devido ao dano deste escolitídeo. A captura de machos do bicho mineiro do cafeeiro *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae), com armadilhas contendo feromônio, e o número de ovos colocados nas folhas do café, mostraram correlação positiva (Bacca *et al.*, 2006). Essa correlação positiva também mostra que o número de armadilhas/ha pode alterar as capturas, uma vez que possivelmente deva existir uma competição de voláteis dos frutos com os voláteis exalados pela armadilha. No caso do café, isso pode ser verdadeiro porque o metanol e o etanol são produzidos pelas plantas (Mendesil *et al.*, 2009).

Nossos resultados elucidam modelos geostatísticos com erros de estimação não viesados, com ajustes adequados para o monitoramento dos adultos de *H. hampei*. Além disso, o reduzido número de armadilhas/ha demonstra que possivelmente esta armadilha seja altamente viável para o monitoramento dessa praga. A variabilidade espacial desse inseto praga é em função de uma série de fatores, alguns até desconhecidos até o momento. Estudos futuros visando à determinação de estratégias e táticas de manejo desta praga com uso da armadilha vermelha a base de atraentes devem

levar em consideração o número de amostras, custos de amostragem e os índices para a tomada de decisão de controle. Além disso, a tendência de dispersão dos insetos entre fileiras e ao longo das fileiras mostra que as amostras para o monitoramento podem ser tomadas em qualquer uma dessas direções.

5. LITERATURA CITADA

- ASARO, C.; BERISFORD, C.W. Predicting infesting levels of the Nantucket pine tip moth (Lepidoptera: Tortricidae) using pheromone traps. **Environmental Entomology**, v.30, p.776-784, 2001.
- BACCA, T.; LIMA, E.R.; PICANÇO, M.C.; GUEDES, R.N.C.; VIANA, J.H.N. Optimum spacing of pheromone traps for monitoring the Coffee leaf miner *Leucoptera coffeella*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.119, p.39-45, 2006.
- BARRERA, J.F.; GÓMEZ, J.; ALAUZET, C. Can the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) reproduce by parthenogenesis. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.77, p.351-354, 1995.
- BARRERA, J.F.; HERRERA, J.; VALLE, J. Efecto de la altura de la trampa en la captura de la broca del café: implicaciones en dispersión y muestreo. **Entomología Mexicana**, v.4, p.542-546, 2005.
- BARRERA, J.F.; VILLACORTA, A.; HERRERA, J. Fluctuación estacional de las capturas de la broca del café *Hypothenemus hampei* con trampas de etanol-metanol e implicaciones sobre el número de trampas. **Entomología Mexicana**, v.3, p.540-544, 2004.
- BARRIGOSI, J.A.F.; 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.244-253, 2001.
- BENAVIDES, P.; VEGA, F.E.; ROMERO-SEVERSON, J.; BUSTILLO, A.E.; STUART, J.J. Biodiversity and biogeography of an important inbred pest of

- coffee, coffee berry borer (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). **Annals of the Entomological Society of America**, v. 98, p.359-366, 2005.
- BENTANCOURT, C.M.; SCATONI, I.B.; RODRIGUEZ, J.J. Influencia de la temperatura sobre la reproducción y el desarrollo de *Scrobipalpus absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera, Gelechiidae). **Revista Brasileira de Biologia**, v.56, p.661-670, 1996.
- BERNAYS, E.A.; CHAPMAN, R.F. **Host-plant selection by phytophagous insects**. New York: Chapman and Hall, 1994, 310p.
- BINNS, M.R.; NYROP, J.P.; WERF, W.V.D. **Sampling and monitoring in crop protection: the theoretical basis for developing practical decision guides**. Cambridge, 2000, 281p.
- BORBÓN-MARTINEZ, O.; MORA, O.; OEHLSCHLAGER, A.C.; GONZALES, L. Proyecto de trampas, atrayentes y repelentes para el control de la broca del fruto del café, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). In: Simposio Latinoamericano de Caficultura, XIX, 2002, San José, Costa Rica. **Resumos ...** San José, Costa Rica. p.331-348.
- BRENNER, R.J.; FOCKS, D.A.; ARBOGAST, R.T.; WEAVER, D.K.; SHUMAN, D. Practical use of spatial analysis in precision targeting for integrated pest management. **American Entomologist**, v.44, p.79-101, 1998.
- CAMARGO, A.P.; CAMARGO, M.B.P. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. **Bragantia**, Campinas, v.60, p.65-68, 2001.
- CAMBARDELLA, C.A.; MOORMAN, T.B.; NOVAK, J.M.; PARKIN, T.B.; KARLEN, D.L.; TURCO, R.F.; KONOPKA, A.E. Field scale variability of soil properties in Central Iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, v.58, p.1501-1511, 1994.
- CÁRDENAS, R. Trampas y atrayentes para monitoreo de poblaciones de broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae). In: Simposio Latinoamericano de Caficultura, XIX, 2000, San José, Costa Rica. **Resumos ...** p. 369-379.
- CLARK, B.R.; FAETH, S.H. The consequences of larval aggregation in the butterfly *Chlosyne lacinia*. **Ecological Entomology**, v.22, p.408-415, 1997.
- COSTER-LONGMAN, C.; LANDI, M.; TURILLAZZI, S. The role of passive defence (Selfish Herd and Dilution Effect) in the gregarious nesting of *Liostenogaster* wasps (Vespidae, Hymenoptera, Stenogastrinae). **Journal of Insect Behavior**, v.15, p.331-350. 2002.

- DAMON, A. A review of the biology and control of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). **Bulletin of Entomological Research**, v. 90, p.453–465, 2000.
- DENNO, R.F.; MCCLURE, M.S.; OTT, J.R. Interspecific interactions in phytophagous insects: competition revisited and resurrected. **Annual Review of Entomology**, v.40, p.297–331, 1995.
- DUFOUR, B. **Validación de la trampa Brocap® para el control de la broca del café**. Guatemala: IICA-PROMECAFE, 2002, (Boletín de Divulgación), 24p.
- DUFOUR, B.P.; FREROT, B. Optimization of coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* Ferrari (Col.: Scolytidae), mass trapping with an attractant mixture. **Journal of Applied Entomology**, v.132, p.591–600, 2008.
- ELLIOTT, J.M. **Some methods for the statistical analysis of samples of benthic invertebrates**. London: Freshwater Biological Association, 1983, 157p.
- ELLSBURY, M.M.; WOODSON, W.D.; CLAY, S.A.; MALO, D.; SCHUMACHER, J.; CLAY, D.E.; CARLSON, C.G. Geostatistical characterization of the spatial distribution of adult corn rootworm emergence. **Environmental Entomology**, v.27, p.910-917, 1998.
- ESRI ArcMap. 2005. Version 9.1, ArcInfo license. ESRI, Redlands, CA.
- FACCOLI, M.; STERGULE, F. *Ips typographus* (L.) pheromone trapping in south Alps: spring catches determine damage thresholds. **Journal of Applied Entomology**, v. 128, p.307–311, 2004.
- FARIAS, P.R.S.; NOCITI, L.A.S., BARBOS, J.C.; PERECIN, D. Agricultura de precisão: mapeamento da produtividade em pomares cítricos usando geoestatística. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.25, p.235-241, 2003.
- FERNANDES, F.L.; PICANÇO, M.C.; FERNANDES, M.E.S.; CHEDIK, M.; TOMÉ, H.V.V.; GONTIJO, P.C. Impacto de inseticidas e acaricidas sobre organismos não alvos. In: ZAMBOLIM, L.; PICANÇO, M.C.; SILVA, A.A.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, F.A., JESUS JÚNIOR, W.C. (Eds.). **Produtos fitossanitários (fungicidas, inseticidas, acaricidas e herbicidas)**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2008, p. 575-606.
- FERNÁNDEZ, S.; CORDERO, J. Evaluación de atrayentes alcohólicos en trampas artesanales para el monitoreo y control de la broca del café, café *Hypothenemus hampei* (Ferrari). **Bioagro**, v.17, p.143-148, 2005.
- FLECHTMANN, C.A.H.; OTTATI, A.L.T.; BERISFORD, C.W. Comparison of four trap types for Ambrosia beetles (Coleoptera: Scolytidae) in brazilian *Eucalyptus* stands. **Journal of Economic Entomology**, v.93, p.1701-1707, 2000.

- GONZÁLEZ, M.O.; DUFOUR, B.P. Diseño, desarrollo y evaluación del trampeo en el manejo de la broca del café *Hypothenemus hampei* Ferr. en El Salvador. In: Simposio Latinoamericano de Caficultura, XIX, 2000, San José, Costa Rica. **Resumos ...** San José, Costa Rica. p.381-396.
- GUMPRECHT, D.; MULLER, W.G.; RODRIGUEZ-DIAZ, J.M.; Designs for detecting spatial dependence. **Geographical Analysis**, v. 41, p.127-143, 2009.
- GUTIÉRREZ-MARTÍNEZ, A.; ONDARZA, R.N. Kairomone effect of extracts from *Coffea canephora* over *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). **Environmental Entomology**, v.25, p.96-100, 1996.
- HALL, D.W; BRANHAM, M.A. Aggregation of *Calopteron discrepans* (Newman) (Coleoptera: Lycidae) larvae prior to pupation. **Florida Entomologist**, v.91, p.124-125, 2008.
- HANSKI, I. **Metapopulation ecology**. Oxford: Oxford University Press, 1999, 324p.
- HARRISON, R.G. Dispersal polymorphism in insects. **Annual Review of Ecology and Systematics**. v.11, p.95-118, 1980.
- HASSEL, M.P. Detecting regulation in a patchly distributed animal populations. **Journal of Animal Ecology**, v.56, p.705-713, 1987.
- HEADS, P.A.; LAWTON, J.H. Studies on the natural enemy complex of the holly leaf-miner: The effects of scale on the detection of aggregative responses and its implications for biological control. **Oikos**, v.40, p.267-276, 1983.
- HUNTER, A.F. Gregariousness and repellent defences in the survival of phytophagous insects. **Oikos**, v.91, p. 213–224, 2000.
- ISAAKS, E.H.; SRIVASTAVA, R.M. **Na introduction to applied geostatistics**. New York: Oxford Universit, 1989. 561p.
- JANZEN, D.H. When, and when not to leave. **Oikos**, v.49, p.241-243, 1987.
- KEITT, T.H.; BJORNSTAD, O.N.; DIXON, P.M.; CITRON-POUSTY, S. Accounting for spatial pattern when modelling organism–environment interaction, **Ecography**, v. 25, p.616–625, 2002.
- KLEIJNA, D.; LANGEVELDE, F.V. Interacting effects of landscape context and habitat quality on flower visiting insects in agricultural landscapes. **Basic and Applied Ecology** v.7, p.201-214, 2006.
- KREBS, C.J. **Ecological methodology**. New York: Harper and Hall, 1989, 654p.

- LEATHER, S.R. Life history traits of insect herbivores in relation to host quality. In: E.A. BERNAYS, (Ed.) **Insect -plant interactions**. Florida: CRC Press, 1990, p.175-207.
- LIEBHOLD, A.M.; ROSSI, R.E.; KEMP, W.P. Geostatistics and geographic information systems in applied insect ecology. **Annual Review Entomology**, v.38, p.303-327, 1993.
- LINDGREN, B.S.; BORDEN, J.H.; CHONG, L.; FRISKIE, L.M.; ORR, D.B. Factors influencing the efficiency of pheromone baited traps for three species of Ambrosia beetles (Coleoptera: Scolytidae). **Canadian Entomologist**, v.115, p.303-311, 1983.
- MACLEOD, J.; DONNELLY, J. Dispersal and interspersal of blowfly populations. **Journal of Animal Ecology**, v.1, p.1-32, 1963.
- MATHIEU, F.; BRUN, L.O.; FRÉROT, B. Factors related with native host abandon by the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Ferr.) (Coleoptera: Scolytidae). **Journal of Applied Entomology**, v.121, p.175-180, 1997.
- MATHIEU, F.; BRUN, L.O.; FREROT, B.; SUCKLING, D.M.; FRAMPTON, C. Progression in field infestation is linked with trapping of coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). **Journal of Applied Entomology**, v. 123, p.535-540, 1999.
- MENDESIL, E.; BRUCE, T.J.A.; WOODCOCK, C.M.; CAULFIELD, J.C.; SEYOUM, E.; PICKETT, J.A. Semiochemicals used in host location by the Coffee berry borer, *Hypothenemus hampei*. *Journal of Chemical Ecology*, v.35, p.944-950, 2009.
- MENDOZA MORA, J.R.; LIMA, J.O.G.; VILELA, E.F. Respuesta a la broca del cafe, *Hypothenemus hampei* a estímulos visuales y olfativos del fruto de cafe. **Sanidad vegetal**, v.6, p.31-39, 1993.
- 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.
- MOILANEN, A.; HANSKI, I. Metapopulation dynamics: Effects of habitat quality and landscape structure. **Ecology**, v.79, p.2503-2515, 1998.
- MURPHY, P.A.; STERNITZKE, H.S. **Growth and yield for loblolly pine in West Gulf. U.S.** Department of agriculture forest service research paper, 1979, 8 p.
- NOVOTNÝ, V. Relation between temporal persistence of host plants and wing length in leafhoppers (Hemiptera, Auchenorrhyncha). **Ecological Entomology**, v.19, p.168-176, 1994.

- OCHOA, H.; DECAZY, B. Estudio de un tipo de muestreo para determinar el índice de combate de la broca del café. **Resumes...II Taller International sobre la Broca del Grano del Café**. Tapachula, Mexico. p.44–68, 1987.
- RAY, A.M.; MILLAR, J.G.; MCELFFRESH, J.S.; SWIFT, I.P.; BARBOUR, J.D.; HANKS, L. M. Male-produced aggregation pheromone of the cerambycid beetle *Rosalia funebris*. **Journal of Chemical Ecology**, v.35, p.96–103, 2009.
- RENA, A.B.; MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.11, p.26-40, 1985.
- ROSSI, R.E.; MULLA, D.J.; JOURNAL, A.G.; FRANZ, E.H. Geostatistical tools for modelling and interpreting ecological spatial dependence. **Ecological Monographs**, v.62, p.277-314, 1992.
- SARAVANAN, P.A; CHOZHAN, K. Monitoring and management of Coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Scolytidae). **Crop Research**, v.26, p.154-158, 2003.
- SCHOTZKO, D.J.; O'KEEFFE, L.E. Geostatistical description of the spatial distribution of *Lygus hesperus* (Heteroptera: Miridae) in lentils. **Journal of Economic Entomology**, v.82, p.277-1288, 1989.
- SILVA, A.P.; LIBARDI, P.L.; VIEIRA, S.R. Variabilidade espacial da resistência à penetração de um latossolo vermelho-escuro ao longo de uma transeção. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.1, p.1-5, 1989.
- SILVA, F.C.; VENTURA, M.U.; MORALES, L. Capture of *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Scolytidae) in response to trap characteristics. **Scientia Agrícola**, v.63, p.567-571, 2006.
- SOKAL, R.R.; ODEON, N.L. Spatial autocorrelation in biology. **Biological Journal of the Linnean Society**, v.10, p.199-228, 1969.
- SOUTHWOOD, T.R.E. Migration of terrestrial arthropods in relation to habitat. **Biological Reviews**, v.37, p.171-214, 1962.
- SOUZA, J.C.; REIS, P.R. **Broca-do-café: Histórico, Reconhecimento, Biologia, Prejuízos, Monitoramento e Controle**. 2a ed. Belo Horizonte: EPAMIG, 1997. 40 p. (Boletim Técnico, 50).
- STRONG, D.R.; LAWTON, J.H.; SOUTHWOOD, TR.E. Evolution of phytophagous insects. In: D. R. STRONG; J. H. LAWTON; TR. E. SOUTHWOOD. **Insects on plants: Community Patterns and Mechanisms**. Massachusetts: Harvard University Cambridge, 1984, p.15-45.
- STROTHER, K.; STEELMAN, C.D. Spatial analysis of *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae) in broiler production facilities. **Environmental Entomology**, v.3, p.556-561, 2001.

- TAYLOR, R.A.J. 1981. The behavioral basis of redistribution I. The delta-model concept. **Journal of Animal Ecology**, v.4, p.573-586.
- TURCHIN, P; KAREIVA, P.M. Aggregation in *Aphis vaiana*: an effective strategy for reducing predator risk. **Ecology**, v.70, p.1008-1016, 1989.
- VIEIRA, S.R. **Geoestatística em estudos de variabilidade espacial. Curso de atualização em conservação de solos**. Campinas: IAC, 1995. 61p.
- VIEIRA, S.R.; HATFIELD, J.L.; NIELSEN, D.R.; BIGGAR, J.W. Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. **Hilgardia**, v.51, p.1-75, 1983.
- WEDDING, R.; ANDERBRANT, O.; JÖNSSON, P. Influence of wind conditions and intertrap spacing on pheromone trap catches European pine sawfly, *Neodiprion sertifer*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 77, p.223-232, 1995.
- WOLDA, H. Fluctuations in abundance of tropical insects. **American Naturalist**. v.112, p.1017-1045, 1978a.
- WOLDA, H. Insect seasonality: Why? **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.19, p.1-18, 1988.
- WOLDA, H. Seasonal fluctuations in rainfall, food and abundance of tropical insects. **Journal of Animal Ecology**, v.47, p.369-381, 1978b.
- WRIGHT, R.J.; DEVRIES, T.A.; YOUNG, L.J.; JARVI, K.J.; SEYMOUR, R.C. Geostatistical analysis of the small-scale distribution of european corn borer (Lepidoptera: Crambidae) larvae and damage in whorl stage corn. **Environmental Entomology**, v.31, p.160-167, 2002.
- YOUNG, L.J.; YOUNG, J.H. **Statistical Ecology: a population perspective**. Norwel, MA, Kluwer Academic Publishers, 1998, 565p.
- ZAMBOLIM, L. **Tecnologias de produção de café com qualidade**. 1° ed. Visconde do Rio Branco: Suprema Gráfica e Editora, 2001, 646 p.

**PLANO DE AMOSTRAGEM CONVENCIONAL COM ARMADILHAS PARA
ADULTOS DE *Hypothenemus hampei* EM *Coffea arabica***

RESUMO - Os planos convencionais de amostragem representam importante instrumento na tomada de decisão no controle de pragas. Eles permitem, ainda, a determinação do prejuízo econômico e a escolha da melhor unidade e técnica amostral, para estimar a densidade de insetos, além de servirem como padrão de validação dos planos de amostragem seqüenciais. A amostragem da broca-do-café *Hypothenemus hampei* é caracterizada por coletas de 3000 a 5000 frutos de café por lavoura de 10,6 ha. Nesse sentido, é necessário um plano de amostragem que alie simplicidade e baixo custo. Pois os escassos trabalhos nessa área envolvem pequeno número de armadilhas em pequenas áreas com armadilhas de capturas. Assim, este estudo teve por objetivo determinar um plano de amostragem convencional para *H. hampei* utilizando a técnica de armadilhas confeccionadas com garrafa “pet” vermelha. Utilizou-se 27 lavouras na região de Ponte Nova, MG, com altitude variando de 650 a 710 metros. Primeiramente determinou-se se as distribuições de freqüência dos dados seguiam distribuição binomial negativa, Poisson ou binomial positiva. De acordo com a distribuição selecionada, foi calculado o número de amostras com níveis de precisão de 5, 10, 15, 20 e 25%. Posteriormente, determinaram-se os resíduos da análise de regressão. Conclui-se

que o número de armadilhas a serem usadas para a tomada de decisão no plano de amostragem convencional foi de 14 armadilhas/10,60 ha, correspondendo aproximadamente a uma armadilha/ha. Como esse número de armadilhas foi obtido a um nível de erro de 25% e a partir de resíduos da regressão pequenos e usando um valor de K_{comum} estes valores permitiram extrapolar os dados para outras lavouras. Adicionalmente, o baixo custo de amostragem, aliado à facilidade em se retirar as amostras e em tomar a decisão de controlar ou não torna esse plano amostral praticável. Portanto, a adoção desse plano amostral na cultura do café deve trazer grandes benefícios aos cafeicultores e dentre esses a redução no custo de controle, monitoramento preciso da praga.

Palavras chave: broca do café, café, amostras, unidade amostral.

CONVENTIONAL SAMPLING PLAN WITH TRAP TO ADULTS OF
Hypothenemus hampei IN *Coffea arabica*

ABSTRACT - The conventional sampling plan are important tools in the control decision-making of pests. These to permit the determination of economics losses and the choosing of best sampling unity and technique, estimating the insects density, in addition it's are used how validation standard in the sequential sampling plan. The sampling of the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* is characterized by counts of 3000 to 5000 fruits of coffee by field of 10.6 ha. Thus, is necessary one sampling plan simple and low costs. Little works in this area and small number of traps in little areas. Thus, this study has an objective to determine a conventional sampling plan to *H. hampei* with a trat thechnique of red soda soda bottle. Twenty seven fields in Ponte Nova, MG region, with altitude of 650 to 710 meters. First was determined if the distributions of frequency of the dates was negative binomial, Poisson or positive binomial. With the selection of the distribution, was calculated the number of samples with the precision level of 5, 10, 15, 20 e 25%. After was determined the residues of regression analysis. In conclude, the number of traps to be used in control decision-making in conventional sampling plan was of 14 traps per 10.60 ha, that corresponding

to approximately one trap per ha. How this number of traps was obtained the error level of 25% and by the residues of regression little and using the K_{common} this results to extrapolate the dates for others fields. In addition, the small cost of sampling, and the facility in doing the sampling and decision-making of to control or no-control do this plan practicable. Therefore, the use of this sampling plan in the coffee crops can be very benefic to the men, the reduction in the cost of control and precision in monitoring of this pest of coffee.

Key words: coffee Berry borer, coffee, samples, sampling unit.

1. INTRODUÇÃO

Os planos convencionais de amostragem representam importante instrumento na tomada de decisão no controle de pragas (Pedigo & Rice, 2006), por se constituírem o ponto inicial da geração desses sistemas nos programas de manejo integrado de pragas. Eles permitem, ainda, a determinação do prejuízo econômico e a escolha da melhor unidade e técnica amostral para estimar a densidade populacional de insetos, além de servir como padrão de validação dos planos de amostragem seqüenciais (Nault & Kennedy, 1996).

A amostragem atualmente recomendada para a broca-do-café *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Scolytidae) é caracterizada por coletas de 3000 a 5000 frutos de café por lavoura (Souza & Reis, 1997). Essa amostragem possui baixo fundamento científico, e é realizada usando método destrutivo, pela coleta superestimada de frutos de café, demanda muito tempo para avaliação e envolve alto custo. Este processo de amostragem é de difícil adoção, envolvendo elevado gasto de tempo e dinheiro, algo que impossibilita a sua ampla adoção pelos produtores (Wald, 1945; Peters & Sterling, 1975; Pedigo & Rice, 2006).

Armadilhas contendo atraentes têm sido utilizadas com sucesso para amostragem de insetos-praga por se constituir em um método rápido e de fácil uso (Jones 1998; Bacca *et al.*, 2008). Além disso, as armadilhas permitem a captura e o aprisionamento dos insetos adultos (Pedigo & Rice, 2006).

As armadilhas podem ser usadas para amostragem quando o número de insetos capturados por esses instrumentos se correlaciona ao ataque do inseto à planta (Francke *et al.*, 1988; Gusmão *et al.*, 2005; Pedigo & Rice, 2006). No capítulo I dessa tese observou-se correlação positiva e significativa entre o número de adultos de *H. hampei* capturados pela armadilha e o número de frutos broqueados por esse inseto. Nesse sentido, armadilhas confeccionadas com garrafa “pet” com cores atrativas contendo etanol e metanol como atraentes constituem-se em ótima técnica amostral para o monitoramento das densidades populacionais da broca-do-café *H. hampei* (Mathieu, 1999; Silva *et al.*, 2006).

Planos amostrais que incorporam à tomada de decisão com armadilhas são considerados como alternativas adequadas ao monitoramento das pragas em sistemas de tomada de decisão (Norris *et al.*, 2003; Pedigo & Rice, 2006). Um plano amostral deve possuir um número de amostras que possibilite uma amostragem precisa, rápida e de baixo custo (Bliss & Owens, 1958; Pedigo *et al.*, 1982; Pedigo & Rice, 2006). Em termos de precisão, o erro máximo admitido para determinação do número de amostras em um plano de amostragem convencional é de 25% (Southwood, 1978).

Apesar da importância da elaboração de um plano de amostragem convencional para adultos de *H. hampei* usando armadilhas a base de atrativos com semioquímicos, não existem relatos de trabalhos prévios nesse sentido e aqueles já realizados envolvem pequeno número de armadilhas instaladas em pequenas áreas. Assim, este estudo teve por objetivo determinar um plano de amostragem convencional para *H. hampei* baseado no uso de armadilhas contendo atraentes.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O plano de amostragem convencional para *H. hampei* foi gerado a partir de dados coletados em 27 lavouras cafeeiras (*C. arabica*) variedade Catuaí vermelho, localizadas na microrregião de Ponte Nova, Minas Gerais. Trezentas armadilhas foram distribuídas pelas lavouras, conforme descrito no capítulo I. As armadilhas e a forma de avaliar os adultos da broca-do-café também já foram descritas no capítulo I.

2.1. Determinação do modelo de distribuição de frequência

A partir do número de adultos de *H. hampei*/armadilha em cada lavoura foram calculados a média (\bar{X}), a variância (σ^2) e o índice de agregação (\hat{K}) do número de adultos coletados em armadilhas.

A forma mais prática e simples de identificar a que tipo de dispersão os dados se ajustam é a razão entre a variância e a média (σ^2/\bar{X}) (Krebs, 1999). Segundo Myers (1978) essa razão pode ser afetada pela densidade populacional dos insetos na área. Dessa forma, essa relação é considerada como uma boa medida para determinar o padrão de dispersão da broca-do-café nas lavouras. Em populações de organismos que

se apresentam distribuídos independentemente uns dos outros, a variância dos dados é igual a média ($\sigma^2/\bar{x} = 1$). Nas populações em que os indivíduos não se apresentam distribuídos independentemente uns dos outros, a atração mútua resulta em agregação e a variância será maior que a média ($\sigma^2 > \bar{x}$) e a repulsão mútua implica em regularidade, o que resulta em variância menor que a média ($\sigma^2 < \bar{x}$) (Taylor, 1961).

Os valores de \hat{K} , da binomial negativa, também são um indicativo de agregação. Para tanto se $K \rightarrow \infty$, a variância se aproxima da média e a distribuição tende a se ajustar ao padrão de Poisson; se $K \rightarrow 0$ a distribuição tende a série logarítmica. Assim, o valor de K varia de zero, em que a agregação é extrema, até o infinito onde a agregação tende à completa aleatoriedade (Waters, 1959).

O cálculo do (\hat{K}) foi realizado usando-se a equação 1 e as equações 2, 3 e 4 foram utilizadas para determinar a distribuição binomial negativa (Binns, 1975; Elliott, 1983; Wilson *et al.*, 1984; Krebs, 1999).

$$\hat{k} = \frac{\bar{x}^{-2}}{\sigma^2 - \bar{x}} \quad (1),$$

onde: \hat{k} = estimativa inicial, σ^2 = variância dos dados amostrais e \bar{x} = média amostral.

Os testes de possíveis ajustes dos dados de captura dos adultos da broca em armadilhas às distribuições de frequência binomial negativa, binomial positiva e Poisson não fornecem informações sobre o padrão espacial, uma vez que não leva em consideração informações sobre suas coordenadas espaciais (Binns *et al.*, 2000). Eles simplesmente nos permite selecionar de forma adequada a metodologia estatística para o desenvolvimento do plano amostral (Young & Young, 2002). Dessa forma, na determinação do número de amostras que irão compor o plano amostral de adultos da broca com armadilhas de garrafa “pet”, foi adotado as fórmulas indicadas por Young & Young (2002).

$$P(0) = \left(\frac{\hat{K}}{\mu + \hat{K}} \right)^{\hat{K}} \quad (2)$$

$$P(x) = \left(\frac{\hat{K} + x - 1}{x} \right) \left(\frac{\bar{X}}{\bar{X} + \hat{K}} \right) P(x-1) \quad (3)$$

$$Fr = n * P(x) \quad (4)$$

onde: $P(0)$ = probabilidade de não capturar nenhum adulto de *H. hampei* na armadilha;

x = contagem ($x=1,2,3,4,\dots, n$); \bar{X} = média dos dados amostrais; \hat{K} = parâmetro de

agregação; Fr = frequência esperada para a binomial negativa; n = tamanho da amostra e

$P(x)$ = probabilidade na contagem x .

A frequência esperada para binomial positiva foi calculada pela equação 5 (Elliott,1983)

$$P(x) = \left(\frac{n+x+1}{x} \right) \left(\frac{p}{q} \right) P(x-1) \quad (5)$$

onde: $P(x)$ = probabilidade de capturar x adultos de *H. hampei* na armadilha; x =

contagem ($x=0,1,2,3,4,\dots, n$); p = probabilidade de sucesso; $q= 1-p$ (probabilidade de

fracasso); Fr = Frequência esperada para a binomial positiva; n = tamanho da amostra e

$P(x)$ = probabilidade na contagem x .

A frequência esperada para a distribuição Poisson foi calculada pela equação 6 (Ostle, 1963; Elliott, 1983).

$$P(x) = e^{-\mu} \left(\frac{\bar{X}^x}{x!} \right) \quad (6)$$

onde: x = contagem ($x=1,2,3,4,\dots, n$); $P(x)$ = probabilidade na contagem x ; \bar{X} = média dos dados amostrais.

Após o cálculo das frequências observadas e estimadas para as respectivas distribuições, o ajuste dos dados foi testado pelo teste de qui-quadrado (χ^2) (Ludwig &

Reynolds, 1988; Pedigo & Rice, 2006). O critério usado para rejeitar o ajuste à distribuição testada é que o valor de χ^2 calculado deve ser maior ou igual ao valor de χ^2 tabelado, quando o valor será considerado significativo ao nível de significância testado.

Para as características cujos dados que se ajustaram ao modelo de distribuição de frequência binomial negativo, verificou-se se ocorria um valor de k_{comum} (k_c) objetivando ter um parâmetro de dispersão que contemplasse a variabilidade de todas as lavouras (Bliss & Owens, 1958). Inicialmente foram calculados os k_{parciais} (k_p) de cada lavoura, segundo a equação 7.

$$\hat{k} = \frac{\bar{x}^{-2}}{S^2 - \bar{x}} \quad (7)$$

onde: \hat{k} = parâmetro da distribuição binomial negativa, S^2 = variância dos dados amostrais e \bar{x} = média amostral.

Posteriormente, determinaram-se os parâmetros x'_i e y'_i de 10 ($t = 1, 2, \dots, 10$) amostras para cada lavoura, de acordo com as equações 8 e 9.

$$x'_i = \bar{x}_i^{-2} - \frac{s_i^2}{n_i} \quad (8)$$

$$y'_i = s_i^2 - \bar{x}_i \quad (9)$$

onde: \bar{x}_i = média da população, s_i^2 = variância dos dados amostrais e n_i = tamanho da amostra.

A linha de regressão de x' com y' passa pela origem e tem inclinação $1/\hat{k}_c$.

De posse de x'_i e y'_i calculou-se o k_c inicial, pela equação 10.

$$\frac{1}{\hat{k}_c} = \frac{\sum_{i=1}^t x'_i y'_i}{\sum_{i=1}^t x_i'^2} \quad (10)$$

A precisão da estimativa de k_c foi aumentada por ponderações, calculando-se o parâmetro W_i' , segundo a equação 11.

$$w_i = \frac{0,5(n_i - 1)k_c^4}{\mu_i^2(\mu_i + k_c)^2 \left(k_c(k_c + 1) - \frac{(2k_c - 1)}{n_i} - \frac{3}{n_i^2} \right)} \text{ onde:} \quad (11)$$

μ_i = média da população, n_i = tamanho da amostra e k_c = parâmetro de agregação da distribuição binomial negativa.

A partir desse momento, o valor de k_c ponderado foi obtido segundo a equação 12.

$$\frac{1}{k_c^{\wedge}} = \frac{\sum_{i=1}^t w_i x_i' y_i'}{\sum_{i=1}^t w_i x_i'^2} \quad (12)$$

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

Tabela 1. Análise de variância para o teste de $k_{\text{comum}} (k_c)$ (Young & Young, 2002).

Fontes de variação	GL	Soma de quadrados	Quadrados médios	F*
Inclinação 1/ k_c	1	B_0^2	B_0^2	B_0^2/s^2
Intercepto	1	$C + B^2 - B_0^2$	l_0	l_0/s^2
Resíduo	$t - 3$	$CSS - B^2$	s^2	-

* O valor obtido de k_c é justificável se o valor do F da inclinação for significativo e o valor do F do intercepto não for significativo.

Onde os valores de B_0^2 , CSS , B^2 e C foram obtidos através das equações 13,

14, 15 e 16.

$$B_0^2 = \frac{\sum_{i=1}^t (w_i x_i' y_i')}{\sum_{i=1}^t w_i x_i'^2} \quad (13)$$

$$CSS = \sum_{i=1}^t (w_i y_i'^2) - C \quad (14)$$

$$C = \frac{\sum_{i=1}^t (w_i y_i')}{\sum_{i=1}^t w_i} \quad (15)$$

$$B^2 = \frac{\left[\sum_{i=1}^t (w_i x_i' y_i') - \frac{\sum_{i=1}^t (w_i x_i') \sum_{i=1}^t (w_i y_i')}{\sum_{i=1}^t w_i} \right]^2}{\sum_{i=1}^t (w_i x_i'^2) - \frac{\sum_{i=1}^t (w_i x_i')^2}{\sum_{i=1}^t w_i}} \quad (16),$$

onde:

x_i' = parâmetro determinado na equação 8; y_i' = parâmetro determinado na equação 9 e

w_i = parâmetro determinado na equação 10.

2.2. Determinação do número de amostras e custo de amostragem

O número de amostras necessário para a coleta de dados irá definir o custo de amostragem (Feng *et al.*, 1994). A estimativa das populações de *H. hampei* para as variáveis cujos dados se ajustaram ao modelo de distribuição binomial negativo foi calculado usando-se a equação 17 (Young & Young, 2002). Já para as variáveis cujos dados não ajustaram a nenhuma distribuição de frequência o cálculo do número de

amostras necessário na estimação das populações de *H. hampei* foi calculado usando-se a equação 18 (Pedigo & Rice, 2006).

$$NA = \frac{1}{C^2} \left(\frac{1}{\bar{X}} + \frac{1}{\hat{k}} \right) \quad (17)$$

onde: NA = número de amostras, C = erro admitido, \bar{X} = média da população e \hat{k} = parâmetro da distribuição binomial negativa.

$$NA = \left(\frac{t + S}{D \times \bar{X}} \right)^2 \quad (18),$$

onde: NA = número de amostras, D = erro admitido, \bar{X} = média da população, S = desvio padrão e t = teste t de Student a 5% de probabilidade (n-1 graus de liberdade).

Registrou-se o tempo gasto em cada amostra (contagem dos insetos e caminhamento), o qual foi utilizado na determinação da mão-de-obra utilizada para a amostragem de cada sistema. O custo de amostragem foi calculado somando-se o custo de mão-de-obra, o qual leva em consideração o salário de um trabalhador rural acrescidos dos encargos sociais (FGTS: 8% e INSS: 0,027%), e os gastos com materiais de amostragem. Esses materiais foram: lápis, borracha, papel, prancheta, garrafa “pet” pintada de vermelho, frasco de vidro com volume de 10 mL, arame galvanizado nº 12, os atraentes (etanol, metanol e benzaldeído), detergente, pisseta de 500 mL, garrafa de plástico de 5 L para adicionar água e sabão à garrafa armadilha, pote de plástico de 50 mL para armazenar os insetos. O tempo gasto para processamento dos dados e o tempo de caminhamento também foram registrados para se ter uma idéia do tempo gasto para se tomar uma decisão.

2.3. Determinação do nível de precisão

Os dados de K_{parciais} (parâmetro da binomial negativa) de cada lavoura foram submetidos a análise de regressão em função dos níveis de precisão ou erro admitido de

5, 10, 15, 20 e 25% a $p < 0,05$ Selecionou-se o nível de precisão a partir do qual o número de amostras apresentou baixa variação dos resíduos, ou seja, próximo da linha do zero (Draper & Smith, 1981). Segundo Southwood (1978) erros de até 25% na estimativa da média populacional são considerados admissíveis para a tomada de decisão em sistemas de manejo de pragas. Este nível de precisão foi então utilizado para o cálculo do número de amostra ideal para compor o plano de amostragem de *H. hampei*.

3. RESULTADOS

A variância (σ^2) sempre apresentou valores maiores do que a média (\bar{X}), indicando agregação dos dados. Além disso, de forma geral os índices de agregação (\hat{K}) da binomial negativa próximos a zero, também demonstram agregação e possível ajuste dos dados à distribuição binomial negativa. Os valores de qui-quadrado (χ^2) não significativos a $p < 0,05$ mostram que as densidades de adultos de *H. hampei*/armadilha se ajustaram à distribuição binomial negativa em 25 das 27 lavouras avaliadas. As outras duas lavouras não se ajustaram a nenhum modelo de distribuição de frequência (Tabela 2).

Como o ajuste dos dados a uma distribuição estatística é utilizado para selecionar a fórmula do cálculo do número de amostras para realização das amostragens (Young & Young, 2002), o número de amostras deve ser calculado segundo a fórmula de distribuição binomial negativa. Tal fórmula utiliza a média, o nível de precisão e o parâmetro \hat{K} dessa distribuição. Já para determinar o número de amostras necessárias à tomada de decisão pelo sistema de amostragem na 8ª e 21ª lavouras utilizou-se a fórmula genérica.

Observou-se inclinações significativas ($F_{1,22}=60,50$; $p<0,01$) e interceptos não significativos ($F_{1,22}=2,96$; $p=0,10$) pelo teste de homogeneidade em relação ao parâmetro \hat{K} da distribuição binomial negativa para as capturas da broca-do-café em armadilhas obtidas de 27 lavouras. Os valores do parâmetro de dispersão comum (k_{comum}) da distribuição binomial negativa foi de 1,13. Portanto, é possível calcular um número médio de amostras que contemple as variações ocorridas nas lavouras estudadas.

A medida que os níveis de precisão ou de erro admitido aumentaram, reduziu-se número de amostras requeridas para a amostragem da broca do café. Para o maior nível de erro admitido (25%), o número de unidades amostrais requeridos para o plano convencional de contagem de adultos da broca-do-café foram inferiores a 66 unidades amostrais/lavoura (Tabela 3). Tendo por base um erro de precisão de 25% constatou-se que houve estabilização no número de amostras requeridas pelos planos amostrais (Figura 1). Nesse nível de precisão, os resíduos apresentaram a menor dispersão em torno da média (Figura 1). Esse fato indica que o número de amostras necessárias à determinação da densidade de adultos da broca do café/armadilha sofrerá baixa variação em lavouras de diferentes intensidades da praga a um nível de erro admitido de 25%. Portanto, o nível de 25% de precisão deve ser utilizado no cálculo do número de amostras que irão compor os planos de amostragem de adultos de *H. hampei*.

Tabela 2. Média (\bar{X}), variância (σ^2), índice de agregação (\hat{K}) e teste de qui-quadrado (χ^2) para as frequências observadas e esperadas pelas distribuições binomial negativa, Poisson e de binomial positiva dos dados de amostragem de adultos de *H. hampei* em cafeeiros. Ponte Nova, MG. 2007-2009.

Lavoura	\bar{X}	σ^2	σ^2/\bar{X}	\hat{K}	Binomial negativa		Poisson		Binomial positiva	
					χ^2	GL	χ^2	GL	χ^2	GL
1	4868,7	7642715,7	1569,7	0,9	20,8 ^{ns}	23	155*	12	211*	7
2	6193,8	53736659,3	8675,7	0,7	1,8 ^{ns}	6	214*	13	312*	8
3	7011,4	52740707,3	7522,0	0,9	3,6 ^{ns}	3	458*	11	153*	15
4	5120,9	3015917,7	588,9	8,7	6,5 ^{ns}	6	591*	12	293*	11
5	1823,5	4388095,2	2406,3	0,7	7,5 ^{ns}	4	151*	22	343*	11
6	1857,8	4215854,9	2269,2	0,8	7,2 ^{ns}	4	242*	12	111*	10
7	1747,7	3923912,0	2245,1	0,7	6,6 ^{ns}	8	783*	4	187*	12
8	5774,8	13485,3	2,3	4325	155*	6	315*	8	124*	7
9	2768,7	1860372,9	671,9	4,1	1,7 ^{ns}	2	456*	3	765*	7
10	3497,8	17555234,4	5018,8	0,7	8,8 ^{ns}	4	252*	4	342*	5
11	3381,3	15039399,9	4447,7	0,8	1,1 ^{ns}	6	135*	3	111*	9
12	1221,2	1971029,9	1613,9	7,6	1,3 ^{ns}	3	453*	3	523*	11
13	1265,3	1960606,8	1549,4	0,8	8,3 ^{ns}	6	151*	8	221*	21
14	3713,8	3188704,0	858,6	4,3	6,9 ^{ns}	5	954*	12	411*	10
15	1823,5	4388095,2	2406,3	0,7	1,9 ^{ns}	7	136*	2	634*	3
16	877,3	1118888,7	1275,3	0,6	1,6 ^{ns}	8	515*	13	811*	12
17	906,9	1089510,9	1201,3	0,7	1,6 ^{ns}	3	610*	23	227*	10
18	42,0	2675,1	63,6	0,6	6,6 ^{ns}	3	121*	33	654*	31
19	43,8	2772,5	63,2	1,0	1,4 ^{ns}	4	743*	33	333*	54
20	3597,8	746494,5	207,4	17,4	1,2 ^{ns}	5	950*	43	811*	11
21	14161,1	698758,6	49,3	292,9	212*	10	344*	12	112*	32
22	14602,9	22183,3	1,5	2,9	2,4 ^{ns}	9	273*	11	98*	7
23	3964,0	337207,0	85,0	47,1	5,1 ^{ns}	11	135*	9	266*	9
24	3600,5	937520,5	260,3	13,8	1,7 ^{ns}	7	115*	11	122*	9
25	3632,7	1642465,6	452,1	1,0	1,2 ^{ns}	8	655*	6	100*	9
26	1414,3	2634895,1	1863,0	1,0	1,5 ^{ns}	9	520*	4	309*	7
27	86,5	9166,5	105,9	1,0	1,1 ^{ns}	4	321*	9	671*	8

*Significativo a 5% de probabilidade; ^{ns}Não significativo a 5% de probabilidade; GL(graude liberdade)= número de classes – 1 – número de parâmetros estimados no modelo (Young & Young, 2002).

Tabela 3. Número de amostras requeridas para a amostragem de adultos de *H. hampei* calculados com níveis de erro admitido de 5, 10, 15, 20 e 25% em cafeeiros. Ponte Nova, MG. 2007-2009.

Lavoura	Nível de erro admitido (%)				
	5	10	15	20	25
1*	349	87	39	22	14
2*	1516	379	168	95	61
3*	1161	290	129	73	46
4*	124	31	14	8	5
5*	148	37	16	9	6
6*	1428	357	159	89	57
7*	1322	331	147	83	53
8**	1390	348	154	87	56
9*	75	19	8	5	3
10*	263	66	29	16	11
11*	1553	388	173	97	62
12*	1424	356	158	89	57
13*	1431	358	159	89	57
14*	1325	331	147	83	53
15*	250	63	28	16	10
16*	1428	357	159	89	57
17*	1574	393	175	98	63
18*	1434	358	159	90	57
19*	1637	409	182	102	65
20*	1560	390	173	97	62
21*	62	16	7	4	3
22**	1415	354	157	88	57
23*	78	20	9	5	3
24*	135	34	15	8	5
25*	1426	356	158	89	57
26*	1325	331	147	83	53
27*	1645	411	183	103	66
Valor comum	355	89	39	22	14

*Calculados segundo a fórmula de Young & Young (1988), para dados que se ajustam a distribuição de frequência binomial negativa.

**Calculado com a fórmula genérica descrita por Pedigo & Rice (2006), para dados que não se ajustam a nenhuma distribuição de frequência.

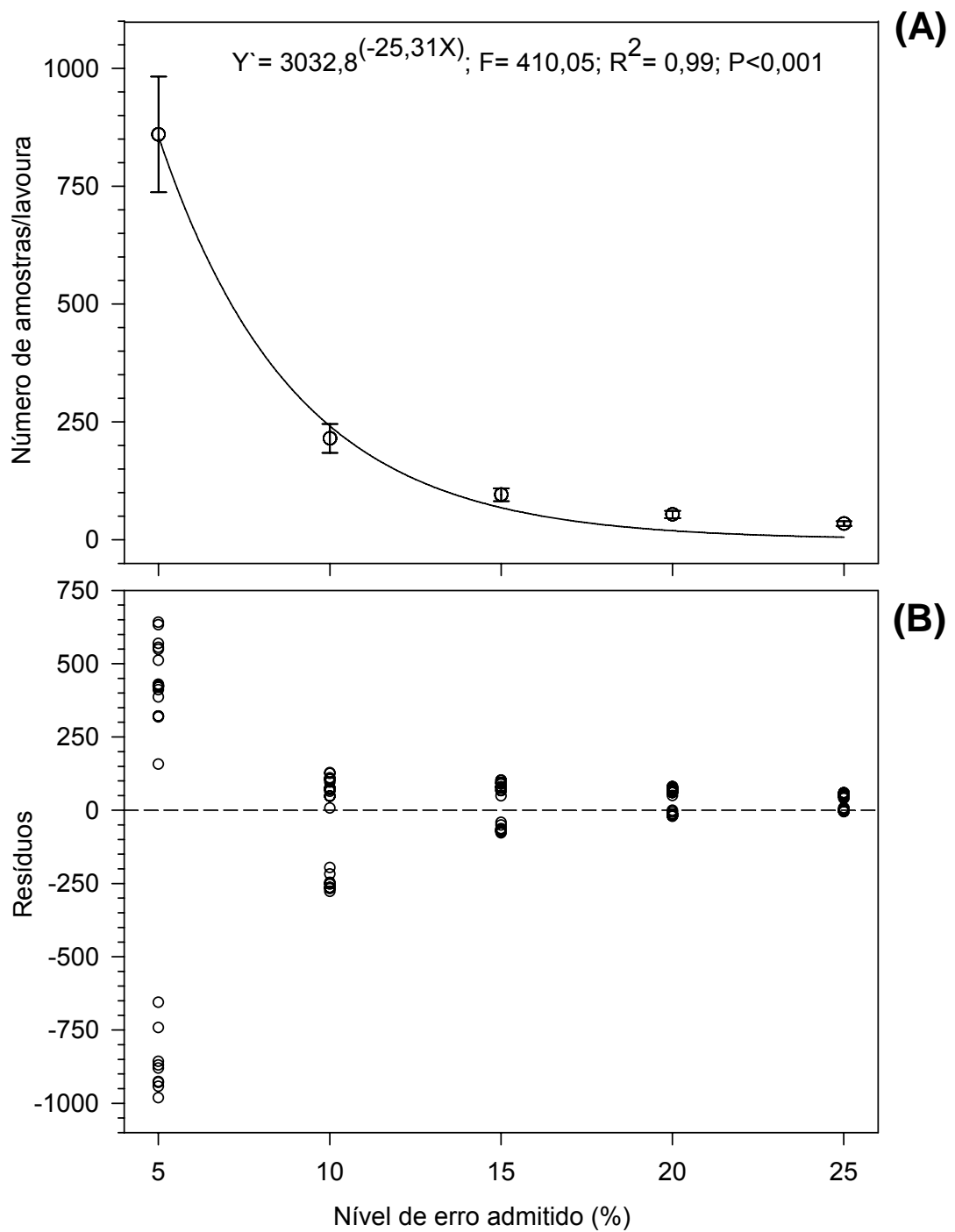


Figura 1. Número de amostras requeridas (A) e resíduo da curva de regressão (B) dos planos de amostragem de adultos de *H. hampei* capturados em armadilhas em função do nível de erro admitido. Ponte Nova, MG. 2007-2009.

O número de armadilhas necessárias para amostragem dos adultos da broca variou entre 3 a 66 armadilhas em uma área média de 10,6 ha, gastando-se em torno de 6,70 a 147,40 minutos, com custos aproximados de R\$ 26,04 e R\$ 572,88, respectivamente. O valor comum que foi representativo para todas as lavouras foi de 14 armadilhas com tempo de 31,27 minutos e custo total de R\$ 121,52 em uma área de 10,6 ha (Tabela 4). Esses valores correspondem a uma armadilha/ha, custo de R\$ 11,46/ha e tempo de amostragem de 2,95 minutos. Os tempos de amostragem no sistema convencional (30 amostras/ha) foram estimados em 3,17 horas/ha com custo de R\$ 245,40/ha.

Tabela 4. Número de amostras tempo (min.) e custo (R\$) requeridos para a amostragem de *H. hampei* em uma lavoura de café calculados com 25% de precisão. Ponte Nova, MG. 2007-2009.

Lavoura	Nº de amostras	Tempo (minutos)	Custo de amostragem (R\$)
1	14	31,27	121,52
2	61	136,23	529,48
3	46	102,73	399,28
4	5	11,17	43,4
5	6	13,40	52,08
6	57	127,30	494,76
7	53	118,37	460,04
8	56	125,07	486,08
9	3	6,70	26,04
10	11	24,57	95,48
11	62	138,47	538,16
12	57	127,30	494,76
13	57	127,30	494,76
14	53	118,37	460,04
15	10	22,33	86,8
16	57	127,30	494,76
17	63	140,70	546,84
18	57	127,30	494,76
19	65	145,17	564,2
20	62	138,47	538,16
21	3	6,70	26,04
22	57	127,30	494,76
23	3	6,70	26,04
24	5	11,17	43,4
25	57	127,30	494,76
26	53	118,37	460,04
27	66	147,40	572,88
Valor comum ¹	14	31,27	121,52

¹Número de amostras, tempo e custo de amostragem calculados com $K_{\text{comum}}=1,1276$; ²Área média das lavouras é de 10,6 ha.

4. DISCUSSÃO

Os dados dos sistemas amostrais selecionados para a amostragem de adultos de *H. hampei* à distribuição binomial negativa, na maioria das lavouras, devido à elevada frequência de amostras com densidades extremas (baixas ou altas). Isso resulta na obtenção de variâncias maiores que a média. Assim, quanto maior a relação variância/média, maiores serão os valores do parâmetro K da distribuição binomial negativa (Taylor, 1984), fato observado no presente trabalho. Esses ajustes indicam que os dados amostrais possivelmente possuem um padrão de agregação. Resultados semelhantes tem sido constatado na amostragem de outros broqueadores, como *Diaphania* spp. (Lepidoptera: Pyralidae) (Bacci *et al.*, 2006), *Lasioderma serricorne* (Coleoptera: Anobiidae) (Carvalho *et al.*, 2006) e outros coleópteros (Koivula *et al.*, 2005).

Foi observada também a ocorrência de um K_{comum} , contemplando dessa forma as variâncias ocorridas nas populações das diferentes lavouras estudadas. Isso possibilitou a geração de um plano de amostragem que foi adequado às diversas lavouras cafeeiras. Young & Young (2002) relatam que diferentes populações podem

apresentar valores distintos do parâmetro K da distribuição binomial negativa, o que resulta em um número diferente de amostras para cada população.

De acordo com os resultados obtidos o número de amostras e o tempo de amostragem requerido para estimativa das densidades populacionais foram menores do que o sistema de tomada de amostragem em vigência.

O número de unidades amostrais necessários para a coleta de dados irá definir o custo da amostragem (Feng *et al.*, 1994), sendo que para o plano de amostragem com nível de precisão de até 25% na estimativa da média populacional são considerados admissíveis para a tomada de decisão em sistemas de manejo de pragas (Southwood, 1978). Dessa forma, o plano convencional para amostragem de *H. hampei* com armadilhas, usando uma armadilha/ha, e tendo um nível de erro da estimativa de 25%, pode ser considerado praticável.

O plano de amostragem para ser praticável deve apresentar um menor tempo de amostragem e um reduzido número de amostras. Além disso, neste estudo, cerca de 31 minutos foi o tempo necessário para a coleta, havendo tempo suficiente para o processamento dos dados de amostragem e a tomada de decisão no mesmo dia. Segundo Pedigo & Rice (2006) um plano de amostragem é considerado praticável quando a coleta das amostras, o processamento e a decisão de controle ou não controle sejam realizados em um único dia, tendo baixos custos. Isso é importante, pois, outras atividades requeridas pela cafeicultura, tais como adubação, arruação, controle fitossanitário, irrigação e colheita, envolvem grande utilização de mão-de-obra, que às vezes se concentram no mesmo período. Segundo Zambolim (2001) a mão-de-obra constitui o principal custo de produção da cafeicultura. Tendo em vista as questões econômicas dos produtores, a adoção de armadilhas para monitoramento das densidades populacionais de insetos-praga é extremamente mais simples e de menor custo do que o sistema de amostragem convencional atualmente vigente em nossas lavouras cafeeiras.

Muitas vezes os produtores adotam calendários de pulverizações por considerarem o método convencional extremamente oneroso e impossível de se adotar.

Conclui-se que o número de armadilhas no plano de amostragem convencional foi de 14 armadilhas/10,60 ha, valor correspondente a cerca de uma armadilha/ha. Como esse número de armadilhas foi obtido a um nível de erro de 25% que continha resíduos da regressão pequenos e gerado a partir de K_{comum} , estes valores permitiram extrapolar os dados para outras lavouras. Adicionalmente, o baixo custo de amostragem, aliado à facilidade de se retirar as amostras e se tomar a decisão de controle ou não controle torna esse plano amostral praticável. Portanto, a adoção desse plano amostral na cultura do café deve trazer grandes benefícios aos cafeicultores como redução no custo de controle, monitoramento preciso da praga, preservação dos agroecossistemas e da saúde humana.

5. LITERATURA CITADA

- BACCA, T.; LIMA, E.R.; PICANÇO, M.C.; GUEDES, R.N.C.; VIANA, J.H.M. Sampling plan for the coffee leaf miner *Leucoptera coffeella* with sex pheromone traps. **Journal of Applied Entomology**, v.132, p.430-438, 2008.
- 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.
- BINNS, M. 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 theoretical basis for developing practical decision guides**. Crambridge: University, 2000, 281p.
- BLISS, C.I.; OWENS, A.R.G. Negative binomial distributions with a common k. **Biometrika**, v.45, p.37-58, 1958.
- CARVALHO, M.O.; CARVALHO, J.P.; TORRES, L.M.; MEXIA, A. Developing sequential sampling plans for classifying *Lasioderma serricornis* (F.) (Coleoptera, Anobiidae) status in a cigarette factory. **Journal of Stored Products Research**, v.42, p.42-50, 2006.
- DRAPER, N.R.; SMITH, H. **Applied regression analysis**. New York: John Wiley & Sons, 1981, 709p.
- ELLIOTT, J.M. **Some methods for the statistical analysis of samples of benthic invertebrates**. 2^{ed}. London: Freshwater Biological Association. 1983. 157p.

- FENG, M.G.; NOWIERSKI, R.M.; ZENG, Z. Binomial sequential classification sampling plans for Russian wheat aphid (Homoptera: Aphididae) management: Robustness varying with tally thresholds os aphids in sample units. **Journal of Economic Entomology**, v.87, p.1237-1250, 1994.
- FRANCKE, W.; TÓTH, M; SZOCS, G.; KRIEG, W.; ERNST, H; BUSCHMANN, E. Identification and synthesis of dimethylalkanes as sex attractants of female leaf miner moths (Lyonetiidae). **Zeitschrift Naturforsch.** v.43, p.787-789, 1988.
- GUSMÃO, M.R.; PICANÇO, M.C.; ZANUNCIO, J.C.; SILVA, D.J.H, BARRIGOSI, J.A.F. Conventional sampling plan for *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in the tomato culture. **Scientia Horticulturae**, v.103, p.403-412, 2005.
- JONES, O.T. **Practical applications of pheromones and other semiochemicals. In: Insect pheromone and their use in pest management**, London, Chapman and Hall, 1926, 279p.
- KOIVULA, M.J.; KOTZE, D.J.; SALOKANNEL, J. Beetles (Coleoptera) in central reservations of three highway roads around the city of Helsinki, Finland. **Annales Zoologici Fennici**, v.42, p.615-626, 2005.
- KREBS, C.J. **Ecological methodology**. 2^{ed}. Melo Park: Benjamin Cummings, 1999. 620p.
- LUDWIG, J. A.; REYNOLDS, J. F. **Statistical ecology: a primer on methods and computing**. New York: John Wiley, 1988, 337p.
- MATHIEU, F.; BRUN, L.O.; FREÂROT, B.; SUCKLING, D.M.; FRAMPTON, C. Progression in field infestation is linked with trapping of coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). **Journal of Applied Entomology**, v.123, n.9, p.535-540, 1999.
- MYERS, J.H. Selecting a measure of dispersion. **Environmental Entomology**, v.7, p.619-621, 1978.
- NAULT, B.A.; KENNEDY, G.G. Sequential sampling plans for use in timing insecticide applications for control of European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) in potato. **Journal of Economic Entomology**, v.89, p.1468-1476, 1996.
- NORRIS, R.F.; CASWELL-CHEN, E.P.; KOGAN, M. **Concepts in integrated pest management**. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ. 2003.
- OSTLE, B. **Statistics in research**. Ames, The Iowa State University. 1963. 586p.
- PEDIGO, L.P.; RICE, M.E. **Entomology and Pest Management**. New York: Prentice Hall, 2006, 742p.

- PEDIGO, L.P.; BUTIN, G.D.; BECHINSKI, E.J. Flushing technique and sequential-count plan for Green cloverworm (Lepidoptera: Noctuidae) moths in soybeans. **Environmental Entomology**, v.11, n.6, p.1223-1228, 1982.
- PETERS, E.P.; STERLING, W.L. Sequential sampling cotton squares damaged by boll weevils or *Heliothis* spp. in the coastal bend of Texas. **Journal of Economic Entomology**, v.68, p.543-545, 1975.
- SILVA, F.C.; VENTURA, M.U.; MORALES, L. O papel das armadilhas com semioquímicos no manejo da broca-café, *Hypothenemus hampei*. *Ciências Agrárias*, v.27, p.399-406, 2006.
- SOUTHWOOD, T.R.E. **Ecological methods**. London: Chapman & Hall, 1978. 524p.
- SOUZA, J. C.; REIS, P. R. Broca-do-café: **Histórico, Reconhecimento, Biologia, Prejuízos, Monitoramento e Controle**. EPAMIG, 2^{ed}, Belo Horizonte, Brasil. 1997. 40 p.
- TAYLOR, L. R. Aggregation, variance and the mean. **Nature**, v.189, p.732-735, 1961.
- TAYLOR, L.R. 1984. Assessing and interpreting the spatial distribution of insect populations. **Annual Review of Entomology**, v.29, p.231-257, 1984.
- WALD, A. Sequential test of statistical hypotheses. **Annual of Mathematics Statistical**, v.16, p.117-186, 1945.
- WATERS, E.W. A quantitative measure of aggregation in insects. **Journal of Economic Entomology**, v.52, p.1180-1184, 1984.
- WILSON, L.J.; FOLKS, J.L.; YONG, J.H. Multistage estimation compared with fixed-sample-size estimation of the negative binomial parameter k. **Biometrics**, v.40, p.109-117, 1984.
- YOUNG, L.; YOUNG, J. **Statistical ecology: a population perspective**. Kluwer, 2002. 534p.
- ZAMBOLIM, L. **Tecnologias de produção de café com qualidade**. 1^o ed. Visconde do Rio Branco: Suprema gráfica e Editora, 2001, 646p.

NÍVEL DE DANO ECONÔMICO PARA *Hypothenemus hampei* USANDO ARMADILHAS COM ATRAENTES

RESUMO - Os níveis de dano existentes para *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) foram determinados de forma empírica. Além disso, por serem trabalhosos e dispenderem de muito tempo nas avaliações são de difícil adoção. Estes níveis de dano econômico existentes não consideram as características qualitativas do café. O uso de armadilhas com etanol, metanol e benzaldeído constitui alternativa de baixo custo e simples para se determinar o momento correto de controle. Assim, o objetivo deste estudo foi determinar o nível de dano econômico para adultos de *H. hampei* com uso de armadilhas com atraentes. No cálculo dos níveis de dano econômico foram consideradas as perdas quantitativas e qualitativas causadas por *H. hampei*. Foram determinados níveis de dano econômico para cafeeiros em sistemas de produção convencional e orgânico com alta e média produtividade. Quando se considerou apenas as perdas quantitativas de *H. hampei* os níveis de dano econômico em termos de porcentagem de frutos broqueados foram de 7,9 e 23,7% de frutos broqueados em cafeeiros de alta e média produtividade, respectivamente. Já em cafeeiros orgânicos de alta e média produtividade os níveis de dano econômico seriam de 24,4 e 47,6% de frutos broqueados, respectivamente. Quando se considerou as perdas quantitativas e

qualitativas dessa praga o nível de dano econômico foi de 4,3% de frutos broqueados nos sistemas convencional e orgânico. O nível de dano econômico em cafeeiros em fase de floração, de frutos em fase de chumbinho e em expansão em termos de adultos de *H. hampei* capturados em armadilhas com atraentes foi de 430, 86 e 29 adultos/armadilha, respectivamente.

Palavras chave: broca do café, café, semioquímico, sistema convencional, sistema orgânico.

ECONOMIC INJURY LEVEL TO *Hypothenemus hampei* USING TRAP WITH ATTRACTIVES

ABSTRACT - The injury levels existents to *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) were determined by empiric. In addition, are very hardworking and with high time to evaluations, of the hard adoption. Today, the economic injury level is not considering the qualitative characteristics of the coffee. The use of trap with ethanol, methanol and benzaldehyde are alternatives of a little cost and simple to determine the correct moment to control. Thus, the objective this work was determined the economic injury level to adults of *H. hampei* with attractive traps. The losses qualitative and quantitative causes by *H. hampei* were considered in formula economic injury level. Was determined economic injury level to coffee crops in production systems conventional and organic with high and median production. When considered just the quantitative loss by *H. hampei* the economic injury levels were of 7.9 e 23.7% of fruits boring in coffee plantations of high and median production, respectively. Already in organic coffee plantations of production high and median the economic injury levels were 24.4 and 47.6% of fruits boring, respectively. When considered the losses quantitatives and qualitatives this pest the economic injury levels were 4.3% of fruits

borering in the conventional and organic systems. the economic injury level in coffee plantations in flower phase, fruits in chumbinho phase and fruits in expansion phase were the 430, 86 and 29 adults/trap, respectively.

Key words: coffee berry borer, coffee, semiochemical, conventional system, organic system.

1. INTRODUÇÃO

Os principais índices de tomada de decisão são o nível de dano econômico (NDE), o nível de controle ou de ação (NC) e o nível de não ação (NNA). O NDE corresponde a densidade da praga na qual o custo de seu controle é igual ao benefício esperado pelo mesmo (Stern *et al.*, 1959; Higley & Pedigo, 1997). Já o NC corresponde à intensidade de ataque da praga na qual se devem iniciar ações de controle de modo a evitar que esta densidade venha no futuro a superar o nível de dano econômico (Stern *et al.*, 1959). O NNA corresponde à densidade dos inimigos naturais capaz de manter a população da praga abaixo do nível de dano econômico (Higley & Pedigo, 1993; Pedigo & Rice, 2006).

Os níveis de dano econômico disponíveis para *H. hampei* no cafeeiro foram determinados de forma empírica de pesquisadores, produtores e extensionistas, além de haver extrapolação de índices de pequenas áreas para grandes áreas. Também esses índices não levam em conta a produtividade da cultura e o sistema de produção convencional ou orgânico (Nakano *et al.*, 1981; Souza & Reis, 1997).

Armadilhas contendo atraentes têm sido utilizadas com sucesso para amostragem de insetos-praga porque constituem-se em método rápido e de fácil uso

(Jones 1998; Bacca *et al.*, 2008). De forma geral, armadilhas ou aparatos de amostragem devem ser usados para a amostragem quando o número de insetos capturados nesses instrumentos corresponderem ao ataque dos insetos às plantas (Francke *et al.*, 1988; Gusmão *et al.*, 2005; Pedigo & Rice, 2006).

Na cultura do café armadilhas com atraentes têm sido desenvolvidas para o monitoramento da broca-do-café (González & Dufour, 2000; Dufour, 2002; Saravanan & Chozan, 2003; Barrera *et al.*, 2004 e 2005; Silva *et al.*, 2006; Dufour & Frérot, 2007). Apesar de existirem muitos estudos com armadilhas para captura de adultos de *H. hampei*, não existem relatos de cálculo de níveis de dano para o controle deste inseto praga através do uso de armadilhas. Além disso, não existem trabalhos prévios que considerem as perdas qualitativas e quantitativas em um modelo para determinar o nível de dano econômico para uma dada espécie praga.

Assim, o objetivo deste estudo foi determinar o nível de dano econômico para adultos de *H. hampei* contendo atraentes.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa foi realizada de outubro/2007 a agosto/2009 (safra 2007-2008 e 2008-2009) em cinco lavouras comerciais de café, da variedade Catuaí vermelho, linhagem IAC15. As lavouras localizavam-se em Ponte Nova, MG e suas características encontram-se descritas no capítulo I desta tese. As demais lavouras se localizam em Paula Cândido, MG.

As lavouras de Paula Cândido, MG eram constituídas de plantas com 10 anos de idade, espaçamento 3,5 x 1,0 m e se encontravam em fase reprodutiva. A localização da lavoura um foi 20° 50' 11,5" Sul e 42° 59' 47,8" Oeste, altitude de 712 metros, conduzida em uma área de 6 ha; a localização da lavoura dois foi a 20° 51' 45,9" Sul e 42° 58' 26,1" Oeste, altitude 770 metros e área de 5,21 ha.

As avaliações das densidades de adultos de *H. hampei* em armadilhas confeccionadas com garrafas “pet” vermelha contendo atraente e de porcentagem de frutos broqueados nas plantas de café já foram descritas no capítulo I. Para determinação do nível de dano econômico dessa praga consideraram-se somente os dados de intensidade de ataque durante as fases fenológicas I (floração), II (frutos em estágio chumbinho) e III (frutos em expansão). Essas fases foram selecionadas em

função de serem usadas para a tomada de decisão de acordo com o protocolo usado na amostragem convencional (Ferreira *et al.*, 2003). Já para o cálculo das perdas do valor da produção do café foram usados valores de produtividade do café, possibilitando a estimativa das perdas causadas pela broca-do-café no valor de produção.

O cálculo dos índices de tomada de decisão da broca-do-café foi determinado para sistemas de produção convencionais e orgânicos, em níveis de produtividade média e alta. Dentro de uma visão entomológica, os sistemas de produção convencional e orgânico se diferenciaram nos tipos de inseticidas usados, uma vez que o convencional utiliza inseticidas organossintéticos e o orgânico inseticidas biológicos (a base de fungos e bactérias).

2.1. Determinação do nível de dano econômico

2.1.1. Cálculo do custo de controle

Inicialmente foi calculado o custo de uma aplicação de inseticida (químico ou biológico). Posteriormente, calculou-se o custo de controle/ha/ano multiplicando-se o custo de aplicação pelo número de aplicações. O número de aplicações de inseticidas organossintéticos foram duas, sendo os produtos selecionados para realização dos cálculos o endossulfan e o clorpirifós (MAPA, 2009). Estes inseticidas foram selecionados por serem os principais produtos usados no controle da broca-do-café (Matielo *et al.*, 2000). No caso de cultivo orgânico, utilizou-se como base quatro aplicações do fungo entomopatogênico *Beauveria bassiana* no cálculo do custo de controle em sistema orgânico de produção. Esse foi selecionado por ser o único inimigo natural usado no controle biológico aplicado da broca-do-café (Bustillo *et al.*, 1998). Para determinar o custo dos inseticidas multiplicaram-se os valores das doses superiores (L/ha ou kg/ha) usadas para o controle da broca-do-café pelo preço unitário do inseticida.

O custo da mão-de-obra levou em consideração o tempo de 16 horas/ha para aplicação dos inseticidas. A base dos cálculos foi o salário mínimo de R\$ 465,00 e todos os encargos trabalhistas (FGTS, INSS, Férias e 13º salário e uma jornada de trabalho de 40 horas semanais. No cálculo do custo dos equipamentos por ano agrícola foi considerado o uso de um pulverizador costal manual e equipamento de proteção individual (EPI) recomendado para aplicação do produto. Nestes cálculos considerou-se a durabilidade desses equipamentos (PROCAFÉ, 2008).

2.1.2. Perdas quantitativas

Primeiramente estabeleceram-se relações entre as perdas de peso dos frutos de café em uma amostra de 300g, em função da porcentagem dos frutos broqueados, com o objetivo de estimar as perdas quantitativas em uma saca de 60 Kg.

Para determinar as perdas quantitativas causadas por adultos da broca do café, realizaram-se coletas de frutos e de adultos da broca-do-café em lavouras comerciais. Para tanto, coletaram-se cerca de 5000 frutos cereja broqueados e 20000 frutos não broqueados, da variedade Catuaí vermelho, linhagem IAC-15 nas lavouras localizadas na região de Ponte Nova, MG. Os frutos broqueados foram trazidos para o laboratório e mantidos em regime de criação, conforme metodologia de Hirose & Neves (2002). Os frutos não broqueados foram expostos a pleno sol, em local arejado e seco, para que os frutos atingissem a umidade para armazenamento (10-11%) até que fossem infestados com adultos da broca.

Quando as populações de insetos estavam altas e os frutos estavam com umidade adequada, os 20000 frutos foram descascados e as suas sementes foram infestadas com adultos da broca oriundos da criação massal. Cada amostra de 300 g foi acondicionada em potes plástico (150 mL de volume), contendo cerca de 50 adultos da broca. Os adultos da broca permaneceram em contato com as sementes até que atingissem o nível de infestação desejada, que foram de 0, 5, 10, 15, 20, 40, 60, 80 e

100%. Após isso, retiravam-se os insetos e pesavam-se os frutos em uma balança de precisão. As perdas foram obtidas pela diferença entre o peso de 300g subtraído do peso das amostras após a infestação.

2.1.3. Perdas qualitativas

As perdas qualitativas foram determinadas com base no número de defeitos dos grãos de café que fazem com que ocorra alteração no preço do café. A classificação do número de defeitos em função do broqueamento foi estabelecida segundo Martinez *et al.*, (2004). Cada fruto broqueado pela broca-do-café foi considerado como um defeito. O café pode passar do tipo 2 ao 7 somente devido ao grau de infestação pela broca, pois dois a cinco grãos broqueados constituem um defeito (IBC, 1985).

2.1.4. Cálculo do valor da produção

O valor da produção (R\$/ha/ano) foi calculado considerando somente as perdas quantitativas e a soma das perdas quantitativas e qualitativas, sendo obtido a partir dos valores das produtividades médias e altas (sacas/ha) multiplicados pelo valor médio e alto de comercialização do café (R\$/saca de 60 kg) e o tipo do café em sistemas de produção convencional e orgânico. Os dados dos preços do café no sistema convencional foram obtidos de uma série temporal histórica de 10 anos, corrigidos e atualizados pelo Índice Geral de Preços-Disponibilidade Interna (IGP-DI) da Fundação Getúlio Vargas (FGV, 2009). Por outro lado, os preços de comercialização do café no sistema orgânico foram considerados 50% maiores do que os preços no sistema convencional.

Realizou-se análise de regressão linear simples a $p < 0,05$ entre os dados do valor de produção e as perdas quantitativas obtidas em sistemas de produção convencional e orgânico sob produtividades alta e média.

Já quando se consideraram as perdas qualitativas nas mesmas situações, realizaram-se regressões lineares a $p < 0,05$ entre os dados do valor da produção e faixas

de intensidade de ataque da broca (considerando os modelos descontínuos). As três faixas de intensidade de ataque da broca nos modelos descontínuos foram: 0 a 4,3%, 4,31 a 10% e 10,1 a 100%.

Assim, utilizando-se a equação (1) do nível de dano econômico e a curva do valor da produção (R\$/ha/ano) em função da porcentagem de broqueamento por *H. hampei* calculou-se o nível de dano econômico.

2.1.5. Nível de dano econômico em termos de frutos broqueados

Com os dados das perdas quantitativas e qualitativas causados pela broca do café, as produtividades média e alta (sacas de 60Kg/ha), o preço médio de comercialização (R\$/sacas de 60kg), o valor da produção (R\$/ha), o custo médio de uma aplicação (R\$/ha), o número de aplicações por cultivo e o custo de controle (R\$/ha), calculou-se o NDE.

O dano econômico foi definido conforme Stern *et al.*, (1959), citado por Higley & Pedigo (1997), como sendo “a quantidade de prejuízo que justificaria o custo de medidas de controle artificial” sendo então o componente básico no conceito do nível de dano econômico que, segundo Pedigo & Rice (2006), é dado pela equação 1.

$$NDE = \left(\frac{C * 100}{V * D * I * K} \right) \quad . (1),$$

onde

NDE= Nível de dano econômico;

C= Custo de controle;

V= Valor da produção;

D= Dano por unidade de injúria;

I= Unidade de injúria por praga;

K= Coeficiente de eficiência de controle

O coeficiente K foi obtido pelos valores da eficácia dos inseticidas químicos e biológico, onde se considerou 80% para o controle com inseticidas organossintéticos e 49% para o controle com inseticidas biológicos.

As variáveis D e I da fórmula para obtenção do NDE são obtidas a partir de modelos de regressão estabelecidos entre a intensidade de ataque da praga e a produção. Para isso o coeficiente angular da regressão é usado uma vez que estima a perda de produção decorrente do ataque de um inseto.

3. Nível de dano econômico com armadilhas de garrafa “pet”

Determinou-se em cada fase fenológica do café o número de adultos de *H. hampei*/armadilha em função dos frutos broqueados (%) na colheita. Dessa forma foi possível se obter uma relação para cada uma das três fases fenológicas do café. Essas fases foram selecionadas, por serem o período de monitoramento da broca para a tomada de decisão de controle químico com inseticidas organossintéticos ou com inseticidas biológicos (Damon, 2000).

Com os valores dos níveis de dano para os sistemas convencional e orgânico determinados anteriormente, calculou-se o nível de dano econômico para a armadilha, substituindo-se o valor do nível de dano ao “X” na equação referente ao número de adultos de *hampei*/armadilha em cada fase fenológica em função dos frutos broqueados (%) na colheita.

3. RESULTADOS

O custo de controle da broca-do-café com uso de inseticidas organossintéticos foi de R\$ 134,25/ha/ano. Deste custo total 60,1 e 39% corresponderam aos custos com mão-de-obra, equipamentos e inseticidas, respectivamente. Já o custo de controle em sistemas orgânicos de produção foi de R\$ 537,00/ha/ano. Deste custo total 42,1 e 57% correspondem aos custos da mão-de-obra, equipamentos e com o fungo *Beauveria bassiana*, respectivamente (Tabela 1).

Verificou-se redução linear no peso dos grãos de café em função do ataque de *H. hampei* em termos de porcentagem de frutos broqueados. Quando 100% dos frutos estão broqueados ocorrem 21,05% de perdas no peso do café o que corresponde a uma perda de 13 sacas de 60 kg/ha (Figura 1).

Além do ataque da broca-do-café causar redução na produtividade ele reduz a qualidade do café em termos da classificação por defeitos. Baseado nesta classificação o café com até 4,3% de frutos broqueados recebe preço máximo (100%) por ter até 40 defeitos por amostra de 300g. Já o café com 4,31 a 10% de broqueamento é cotado ao preço de 81,25% do preço máximo por ter entre 40 e 360 defeitos por amostra de 300g.

Enquanto o café com 10,1 a 100% de broqueamento é cotado ao preço de 75% do preço máximo por ter mais de 360 defeitos por amostra de 300g (COOXUPÉ, 2009).

O valor da produção do café/ha em função da percentagem de frutos broqueados por *H. hampei* não se ajustou a um modelo contínuo e sim a três modelos descontínuos. O primeiro modelo descreveu o valor da produção em função da percentagem de broqueamento de frutos de 0 a 4,3%. O segundo modelo descreveu a relação entre estas duas variáveis quando o ataque foi de 4,31 a 10% de frutos broqueados. Já o terceiro modelo descreveu a relação entre estas duas variáveis quando o ataque foi de 10,1 a 100% de frutos broqueados (Figura 2 e Tabela 2).

Tabela 1. Custos de mão-de-obra, equipamentos, inseticidas sintéticos e biológicos e total do controle de *H. hampei* na cultura do café.

Mão-de-obra				
Itens	Quantidade	Custo mensal (R\$)	Custo anual (R\$)	Custo/ha/aplicação ⁽¹⁾
Salário	12	465,00	5.580,00	46,83
FGTS (%)	8	37,20	446,40	3,75
INSS (%)	27	12,56	150,66	1,26
Férias (%)	33,33	12,90	154,85	1,30
13º salário	1	465,00	465,00	3,90
Custo da mão-de-obra (R\$/ha/aplicação) (1)				57,04

Equipamentos (quantidade)	Valor (R\$)	Vida útil (meses)	R\$/ha/aplicação
Equipamento de proteção individual	52,5	12	0,44
Luvas	3,8	12	0,03
Botas	21,5	12	0,18
Pulverizador costal manual de 20 L	200	36	0,56
Custo dos equipamentos (R\$/ha/aplicação) (2)			1,21

Inseticidas organossintéticos			
Inseticida	Preço (R\$/L)	Concentração (L/ha)	R\$/ha/aplicação
Endossulfan	19	2	38
Clorpirifós	24	1,5	36
Custo do inseticida organossintético (R\$/ha/aplicação) (3)			37,00

Inseticida biológico			
Inseticida	Preço (R\$/kg)	Concentração (kg/ha)	R\$/ha/aplicação
<i>B. bassiana</i>	19	4	76,00
Custo do inseticida biológico (R\$/ha/aplicação) (4)			76,00

	Custo total (R\$/ha)
Café convencional	(1)+(2)+(3) de uma aplicação Ano agrícola (duas aplicações)
	95,25 190,50
Café orgânico	(1)+(2)+(4) de uma aplicação Ano agrícola (quatro aplicações)
	134,25 537,00

Custo/ha= $\left(\frac{\text{Custo anual (R\$)}}{1906 \text{ horas}}\right) * 16$, os cálculos foram baseados em 40 horas semanais, durante 11 meses somando-se 1906 horas/ano e o tempo para pulverizar 1ha= 16 horas.

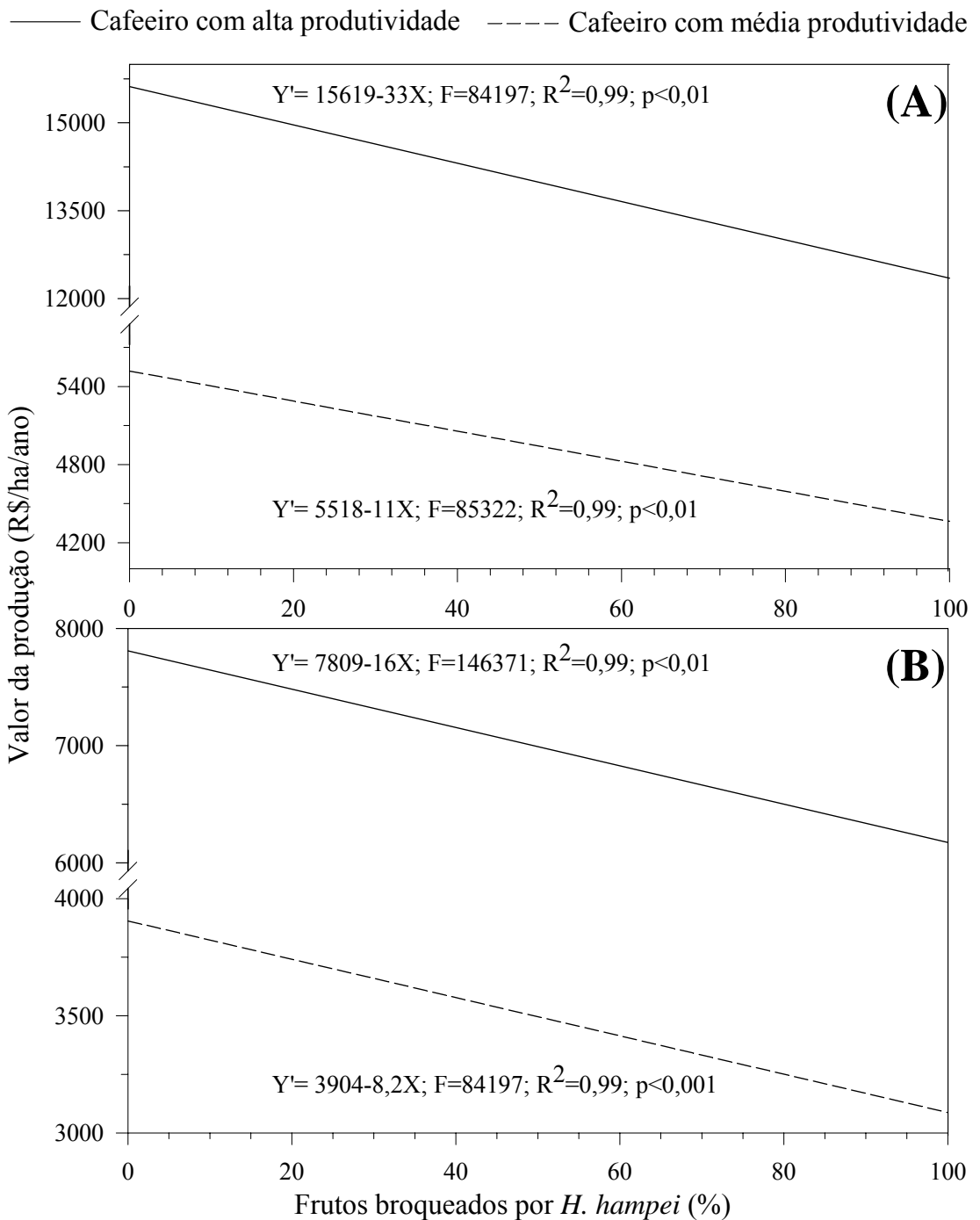


Figura 1. Valor da produção de cafeeiros com alta e média produtividade nos sistemas convencional (A) e orgânico (B) em função só das perdas quantitativas causadas pela porcentagem de broqueamento dos frutos por *H. hampei*.

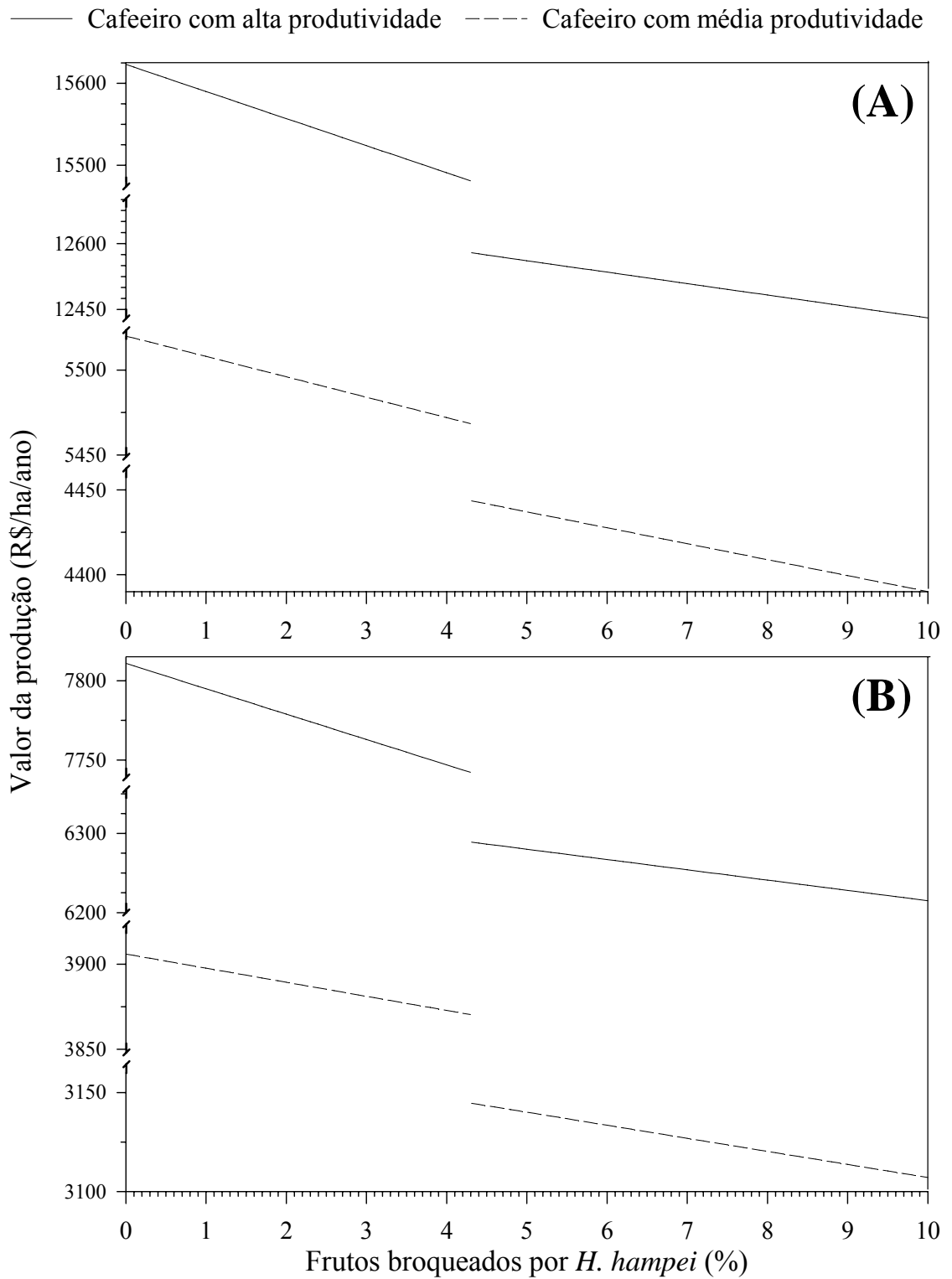


Figura 2. Valor da produção de cafeeiros com alta e média produtividade nos sistemas convencional (A) e orgânico (B) em função das perdas quantitativas e qualitativas causadas pela porcentagem de broqueamento dos frutos por *H. hampei*.

Tabela 2. Equações das regressões do valor da produção (\hat{Y}) em R\$/ha/ano de cafeeiros com alta e média produtividade nos sistemas convencional e orgânico em função das perdas quantitativas e qualitativas causadas pela porcentagem de broqueamento dos frutos por *H. hampei* (X).

Sistema de produção	Modelo*	Produtividade alta				Produtividade média			
		Equação	F	p	R ²	Equação	F	p	R ²
Café convencional	I	$\hat{Y} = 15623 - 33X$	9400	<0,01	0,99	$\hat{Y} = 5520 - 12X$	9400	<0,01	0,99
	II	$\hat{Y} = 12692 - 26X$	2665	<0,01	0,99	$\hat{Y} = 4484 - 9,4X$	2664	<0,01	0,99
	III	$\hat{Y} = 11755 - 25X$	833	<0,01	0,95	$\hat{Y} = 4153 - 8,9X$	833	<0,01	0,95
Café orgânico	I	$\hat{Y} = 7811 - 16X$	9400	<0,01	0,99	$\hat{Y} = 3906 - 8,3X$	9400	<0,01	0,99
	II	$\hat{Y} = 6345 - 13X$	2665	<0,01	0,99	$\hat{Y} = 3173 - 6,6X$	2665	<0,01	0,99
	III	$\hat{Y} = 5878 - 12X$	833	<0,01	0,95	$\hat{Y} = 2939 - 6,3X$	833	<0,01	0,95

* I: até 4,3% de frutos broqueados. II: 4,31 a 10% de frutos broqueados. III: 10,1 a 100% de frutos broqueados.

Se forem consideradas apenas as perdas quantitativas em lavouras com o uso de inseticidas organossintéticos os níveis de dano econômico para a *H. hampei* são 7,9 e 23,7% de frutos broqueados em cafeeiros de alta e média produtividade, respectivamente. Já em cafeeiros orgânicos de alta e média produtividade os níveis de dano econômico seriam de 24,4 e 47,6% de frutos broqueados, respectivamente se forem consideradas apenas as perdas quantitativas (Tabela 3).

Quando se considerou tanto as perdas quantitativas como as qualitativas causadas por *H. hampei* o nível de dano econômico para esta praga foi de 4,3% de frutos broqueados tanto em cafeeiros orgânicos como em convencionais de média ou alta produtividade. Isto ocorreu devido ao fato do prejuízo tolerado antes da realização do seu controle ter sido ultrapassado quando a intensidade de ataque de *H. hampei* foi maior que 4,3% de frutos broqueados (Tabela 3).

Verificaram-se relações positivas e significativas entre o número de adultos de *H. hampei* por armadilha e a porcentagem de frutos broqueados nas fases fenológicas de floração, frutos em chumbinho, em expansão e em granação e a porcentagem de frutos broqueados na colheita (Figura 3).

O nível de dano econômico em cafeeiros em fase de floração, de frutos em fase de chumbinho e em expansão em termos de adultos de *H. hampei* capturados em armadilhas com atraentes foi de 430, 86 e 29 adultos/armadilha, respectivamente (Tabela 3).

Tabela 3. Níveis de dano econômico, prejuízos máximos tolerados e prejuízos causados por 4,3% de frutos broqueados na colheita estimados pelos modelos I e II da Tabela 2 da relação entre valor da produção e o ataque de *H. hampei*.

Nível de dano econômico só considerando as perdas na produtividade				
Produtividade	Frutos broqueados (%)			
	Café convencional		Café orgânico	
Alta	7,9		24,4	
Média	23,7		47,6	

Prejuízos (R\$/ha/ano) devido a perdas quantitativas e qualitativas de 4,3% de frutos broqueados				
Sistema de produção	Alta produtividade		Média produtividade	
	Modelo I	Modelo II	Modelo I	Modelo II
Café convencional	142,33	3043,8	50,31	1076,42
Café orgânico	71,07	1522,5	35,53	761,25

Prejuízo máximo tolerado (R\$)	Café convencional		Café orgânico	
	152,50		263,13	
Estádio do cafeeiro	Nível de dano econômico (adultos/ armadilha)			
Floração	430			
Frutos chumbinho	86			
Frutos em expansão	29			

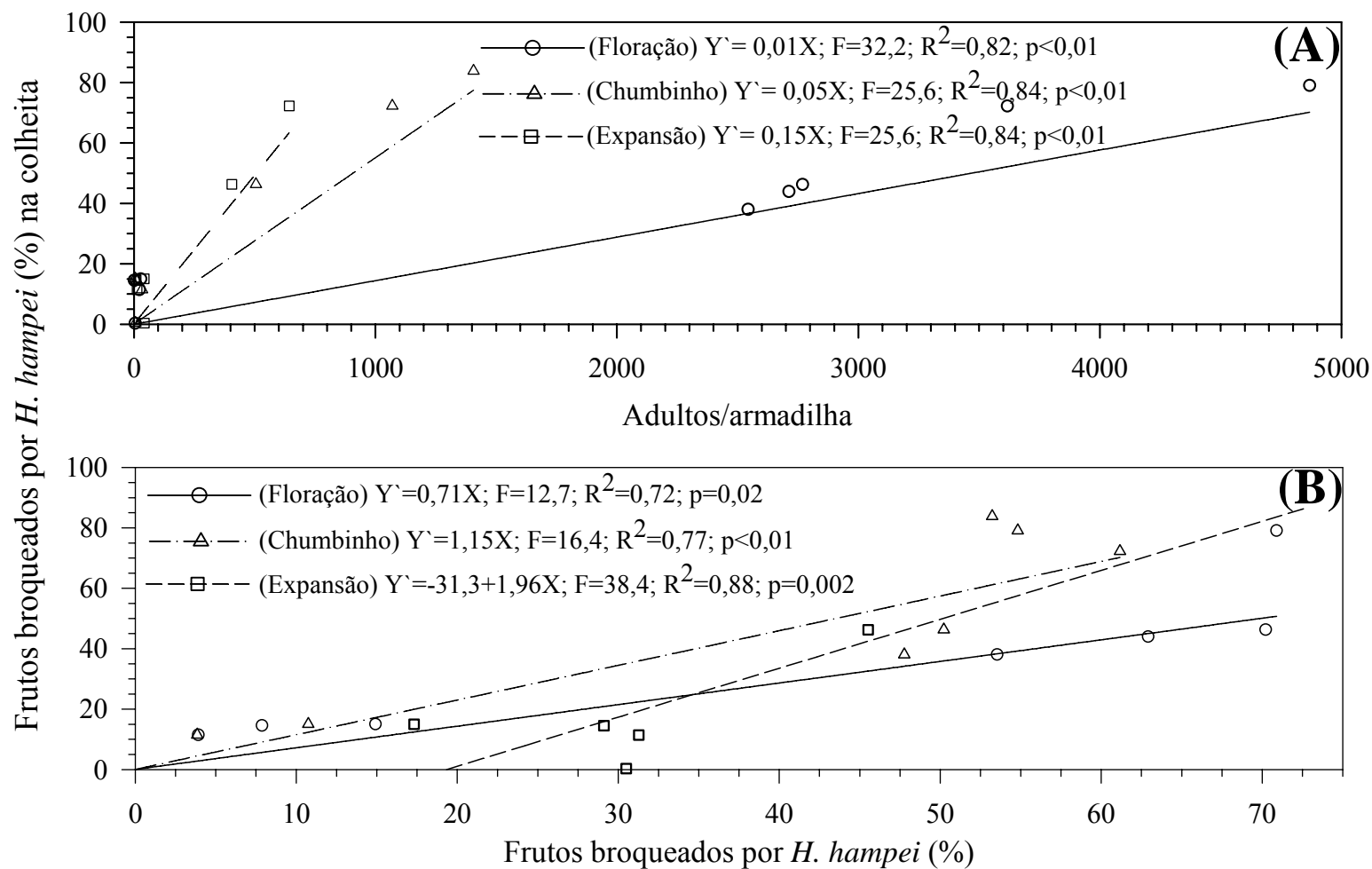


Figura 3. Porcentagem de frutos broqueados por *H. hampei* na colheita em função (A) do número de adultos capturados por armadilhas com atraentes e (B) dos frutos broqueados (%) em cafeeiros em floração, frutos chumbinho e em expansão. Ponte Nova, MG. 2007-2009.

4. DISCUSSÃO

O custo de controle de *H. hampei* foi quatro vezes maior no sistema orgânico do que o custo do café em sistema convencional. Os fatores que elevaram os custos no sistema orgânico foram o preço do fungo *B. bassiana* e o número de aplicações necessárias para o controle da broca-do-café (quatro aplicações). Este número elevado de aplicações (quatro) de *B. bassiana* é devido a sua baixa eficácia no controle de *H. hampei* (49%) (Bustillo *et al.*, 1998). Já no sistema convencional onde os preços dos inseticidas organossintéticos são baixos e a eficácia de controle mais alta (80%) os custos de controle foram mais baixos. A eficácia dos produtos é um fator essencial no cálculo do nível de dano econômico (Stern *et al.*, 1959; Pedigo *et al.*, 1986; Higley & Pedigo, 1997; Pedigo & Rice, 2006). No entanto, os dados de eficácia dos produtos são frequentemente desprezados no cálculo do nível de dano econômico (Nakano *et al.*, 1981; Souza & Reis, 1997).

Neste sistema, a mão-de-obra foi responsável por 60% do custo total de controle. Segundo Teixeira & Milhomem (2001) a mão-de-obra constitui um grande problema na cultura do café, uma vez que corresponde o maior custo associado à cultura.

Verificou-se que o aumento do broqueamento dos grãos por *H. hampei* ocasionou perdas de peso. As perdas qualitativas foram mais importantes do que as quantitativas, uma vez que acima de 4,3% de broqueamento, ocorre uma queda no valor da produção (Figura 1). Os trabalhos que determinam o nível de dano econômico de pragas em cultivos agrícolas são feitos com base somente nas perdas quantitativas (Stone & Pedigo, 1972; Pedigo *et al.*, 1986; Fazolin & Estrela, 2004; Pedigo & Rice, 2006). Como o preço do café é influenciado por sua qualidade de bebida, este estudo é importante por determinar o nível de dano levando em consideração tanto as perdas quantitativas como as qualitativas causadas por esta praga. Dessa forma, a inclusão desta característica no modelo de nível de dano é altamente promissora para obter valores confiáveis para o controle da broca.

Verificaram-se relação linear positiva entre a densidade de adultos de *H. hampei* nas armadilhas com atraentes nos estádios do cafeeiro onde se realiza o controle desta praga (floração, frutos chumbinho e em expansão) com o broqueamento dos frutos por este inseto na colheita. Esta relação pode ser usada em previsões dos prejuízos causados pela praga e no nível de dano (Pedigo & Rice, 2006). No entanto, os escassos e empíricos trabalhos com nível de dano, não correlacionam as densidades de adultos da broca nas primeiras fases fenológicas do café com o broqueamento dos frutos na colheita (Nakano *et al.*, 1981; Souza & Reis, 1997). Assim, o fato de encontrar uma relação significativa entre os insetos na armadilha com o ataque da planta é um bom motivo para continuar com as pesquisas no monitoramento de *H. hampei* usando atraentes.

Os frutos broqueados nas plantas nos estádios fenológicos de floração, frutos em expansão e em granação também apresentaram relação positiva com o broqueamento dos frutos na colheita. Esses resultados sugerem que o broqueamento nas fases iniciais do período reprodutivo dessa cultura pode determinar os níveis de

broqueamento na fase de colheita. Assim, as armadilhas que detectam insetos adultos previamente podem ser altamente praticáveis para o monitoramento dessa praga nesta cultura, uma vez que detectaria o início das infestações nas lavouras (Pedigo & Rice, 2006).

O nível de dano econômico em cafeeiros nas fases de floração, frutos chumbinho e frutos em expansão em termos de adultos de *H. hampei* capturados em armadilhas com atraentes foi de 430, 86 e 29 adultos/armadilha, respectivamente. Esta variação no nível de dano nas armadilhas ao longo dos estádios fenológicos do café ocorre em outras culturas e com outras pragas. Shipp *et al.*, (2000) observaram nível de dano econômico em plantas ornamentais de 20 a 50 adultos de *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae)/armadilha/dia. Henneberry & Clayton (1982) e Qureshi *et al.*, (1993) relatam que o nível de dano de *Pectinophora gossypiella* (Saund.) (Lepidoptera: Gelechiidae) foi de 9-15 adultos/armadilha/noite.

Conclui-se que o nível de dano econômico para o controle de *H. hampei* é de 430, 86 e 29 adultos/armadilha nas fases de floração, frutos chumbinho e em expansão, respectivamente. Os resultados deste estudo são inéditos para o monitoramento da broca-do-café com armadilhas de atraentes. São importantes na detecção do momento certo para um controle imediato e eficiente da praga, pois a partir destes números de adultos por armadilha, o dano econômico é inevitável.

5. LITERATURA

- BACCA, T.; LIMA, E.R.; PICANÇO, M.C.; GUEDES, R.N.C.; VIANA, J.H.M. Optimum spacing of pheromone traps for monitoring the coffee leaf miner *Leucoptera coffeella*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.119: p.39-45, 2006.
- BRUN, L.; MARCILLAUD, C.; SUCKLING, D.M. Endosulfan resistance in *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) in New Caledonia. **Journal of Economic Entomology**, v.82, p.1311-1316, 1989.
- BUSTILLO, A.E.; CÁRDENAS, R.; VILLALBA, D.; BENAVIDES, P.; OROZCO, J.; POSADA, F.J. **Manejo integrado de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) em Colombia**. Cenicafé, Chinchiná, Colômbia, 1998.
- COOXUPÉ. Cooperativa Regional dos Cafeicultores em Guaxupé, 2009. Acessado em outubro de 2009. [www.cooxupe.com.br].
- FAZOLIN, M.; ESTRELA, J.L.V. Determinação do nível de dano econômico de *Cerotoma tingomarianus* Bechyné (Coleoptera: Chrysomelidae) em *Phaseolus vulgaris* L. cv. Pérola. **Neotropical Entomology**, v.33, p.1-7, 2004.
- FERREIRA, A.J.; MIRANDA, J.C.; BUENO, V.H.P.; ECOLE, C.C.; CARVALHO, G.A. Bioecologia da broca-do-café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Scolytidae), no agroecossistema cafeeiro do cerrado de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, v.27, p.422 -431, 2003.
- FGV. Fundação Getúlio Vargas, 2009. Acessado em outubro de 2009. [www.fgv.br].
- FRANCKE, W.; TÓTH, M.; SZOCS, G.; KRIEG, W; ERNST, H.; BUSCHMANN, E. Identification and synthesis of dimethylalkanes as sex attractants of female leaf miner moths (Lyonetiidae). **Zeitschrift Naturforsch**, v.43, p.787-789, 1988.

- FRENCH-CONSTANT, R.H. The molecular and population genetics of cyclodiene insecticide resistance. **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, v.24, p.335-345, 1994.
- GUSMÃO, M.R.; PICANÇO, M.C.; ZANUNCIO, J.C.; SILVA, D.J.H.; BARRIGOSI, J.A.F. Standardised sampling plan for *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in outdoor tomatoes. **Scientia Horticulturae**, v.103, p.403-412, 2005.
- HENNEBERRY, T.J.; CLAYTON, T.E. Pink bollworm of cotton (*Pectinophora gossypiella* (Saund.): male moth catches in gossypure-baited traps and relationships to oviposition, boll infestation and moth emergence. **Crop Protection**, v.1, p. 497-504, 1982.
- HIGLEY, L.G., PEDIGO, L.P. **Economic thresholds for integrated pest management**. Lincoln: University of Nebraska Press, 1997. 327p.
- 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.
- HIROSE, E.; NEVES, P.M.O.J. Técnica para criação da broca do café, *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Scolytidae), em laboratório. **Neotropical Entomology**. v.31, p.161-164, 2002.
- IBC-INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ. **Cultura do café no Brasil: manual de recomendações**. Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1985. 580 p. (Boletim Técnico).
- JONES, O.T. Practical applications of pheromones and other semiochemicals. In: HOWSE P.; STEVENS I.; JONES O. (Eds.). **Insect pheromone and their use in pest management**. London, 1998. p. 261–279.
- MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009. Acessado em outubro de 2009. [www.agricultura.gov.br].
- MATHIEU, F.; BRUN, L.O.; FREÂROT, B.; SUCKLING, D.M.; FRAMPTON, C. Progression in field infestation is linked with trapping of coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). **Journal of Applied Entomology**, v.123, n.9, p.535-540, 1999.
- NAKANO, O.; NETO, S.S.; ZUCCHI, R.A. **Entomologia econômica**. São Paulo, Ceres, 1981. 314p.
- PEDIGO, L.P.; HUTCHINS, S.H.; HIGLEY, L.G. Economic injury levels in theory and practice. **Annual Review Entomology**, v.31, p. 341-68, 1986.
- PEDIGO, L.P.; RICE, M.E. **Entomology and Pest Management**. Pearson Prentice Hall. Upper Saddle River, 2006, 749p.

PROCAFÉ. **Custo de produção de café para a região sul e oeste de minas gerais na safra colhida em 2008.** Fundação Procafé, 2008, 6p.

QURESHI, Z.A.; AHMAD, N.; HUSSAIN, T. Pheromone trap catches as a means of predicting damage by pink bollworm larvae in cotton. **Crop Protection**, v.12, n.8, p. 597-600, 1993.

SHIPP, J.L.; WANG, K.; BINNS, M.R. Economic injury levels of western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) on greenhouse cucumber. **Journal of Economic Entomology**, v.93, p.1732-1740, 2000.

SOUZA, J.C.; REIS, P.R. **Broca do café: Histórico, reconhecimento, Biologia, prejuízos, monitoramento e controle.** Belo Horizonte: EPAMIG, 40p, 1997. (Boletim Técnico, 50).

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

STONE, J.P.; PEDIGO, L.P.. Development and economic injury level of the green cloverworm on soybean in Iowa. **Journal of Economy Entomology**, v.65, p. 197-201, 1972.

TEIXEIRA, S.M.; MILHOMEN, A.V. A competitividade e custos da cafeicultura brasileira. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Tecnologias de Produção de café com qualidade.** Visconde do Rio Branco: Suprema, 2001. p. 25-58.

WALL, C. Monitoring and spray timing. In: JUTSUM, A.R.; GORDON, R.F.S.; WILEY, J.; WILEY, S. (Eds.). **Insect pheromones in plant protection.** Chichester, 1989. p. 39-66.

CONCLUSÕES GERAIS

Verificaram-se variabilidade no padrão de distribuição espacial entre as lavouras, fases fenológicas e os anos de avaliação. Os ajustes dos modelos de semivariograma esférico, exponencial e gaussiano indicaram existir dependência espacial para o número de adultos de *H. hampei*/armadilha. Observou-se tendência de movimentação dos adultos ao longo das fileiras e entre as fileiras do café, as quais se encontravam no sentido da declividade do terreno.

O número de armadilhas no plano de amostragem convencional foi cerca de uma armadilha/ha.

O nível de dano econômico em cafeeiros em fase de floração, de frutos em fase de chumbinho e em expansão em termos de adultos de *H. hampei*/armadilha com atraentes foi de 430, 86 e 29 adultos/armadilha, respectivamente.