

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

**PLANO DE AMOSTRAGEM SEQUENCIAL DE *Spodoptera frugiperda*
(J.E.SMITH, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) APLICADO À CULTURA
DO MILHO, BASEADO EM ESTUDO DE DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL**

ELMO PONTES DE MELO

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2008

**PLANO DE AMOSTRAGEM SEQUENCIAL DE *Spodoptera frugiperda*
(J.E.SMITH, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) APLICADO À CULTURA
DO MILHO, BASEADO EM ESTUDO DE DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL**

ELMO PONTES DE MELO
Engenheiro Agrônomo, M.Sc.

Orientador: Prof. Drº. PAULO EDUARDO DEGRANDE

Co-orientador: Prof. Drº. MARCOS GINO FERNANDES

Tese apresentada à Universidade Federal da Grande
Dourados, como parte das exigências do programa
de Pós-graduação em Agronomia – Produção
Vegetal, para a obtenção do título de Doutor.

Dourados
Mato Grosso do Sul
2008

**PLANO DE AMOSTRAGEM SEQUENCIAL DE *Spodoptera frugiperda*
(J.E.SMITH, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) APLICADO À CULTURA
DO MILHO, BASEADO EM ESTUDO DE DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL**

por

Elmo Pontes de Melo

Tese apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de
DOUTOR EM AGRONOMIA

Aprovado em 23/10/2008

Prof. Drº. Paulo Eduardo Degrande
Orientador
UFGD/FCA

Prof. Drº. Marcos Gino Fernandes
UFGD/FCBA

Prof. Drº. Amarildo Pasini
UEL/CCA

Prof. Dr. Harley Nonato de Oliveira
EMBRAPA/CPAO

Prof. Drº. Fabrício Fagundes Pereira
UFGD/FCBA

*A Deus,
pela dádiva da vida e por me guiar em minha caminhada,
Agradeço*

*À minha esposa,
Adriana M.M. Felipe de Melo pelo amor, carinho e incentivo,
Dedico*

AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr^o. Paulo Eduardo Degrande pela orientação, oportunidade, paciência e pelos ensinamentos transmitidos durante todo o período.

Ao professor Dr^o. Marcos Gino Fernandes pela paciência, ensinamentos e ampla disponibilidade.

Ao professor Dr^o. José Carlos Barbosa (Unesp), pelo auxílio, paciência, esclarecimentos e sugestões.

Ao professor Dr^o. Amarildo Pasini UEL/CCA, ao pesquisador Dr. Harley Nonato de Oliveira (EMBRAPA-CPAO) e ao professor Dr^o. Fabrício Fagundes Pereira (UFGD/FCBA), pela participação neste trabalho.

Aos amigos Cássio Kodama, Everton Kodama, Izidro dos Santos de Lima Júnior, Raphael Maia Aveiro Cessa, Renato Suekane, Rodrigo Fernandes Nogueira, Rodrigo Rosa e Thiago Bertencello, pelo companheirismo, trabalho e colaboração para que esse trabalho fosse realizado.

Aos meus pais, Afonso e Deiva, e irmãos Maria Ângela, Luciane, Afonso, Evilásio e Fabiano, pelo amor e apoio.

Aos professores e funcionários da Universidade Federal da Grande Dourados que me proporcionaram condições para a realização desse trabalho.

À Janete Pezarini Gref Lima, Silvia M. Bellani, Eli de Vasconcelos, Sandra Otto e ao João Falcão, pela atenção e colaboração.

Ao produtor rural Sr. Nilton Fujii pela concessão de área experimental e ao seu gerente Jorge Mathias Moura pela ajuda.

Aos meus professores do ensino fundamental, por terem me educado e alfabetizado, dando início a esse sonho que hoje se torna realidade... MUITO OBRIGADO.

Ao Fundect pelo fomento do projeto e pela concessão da bolsa de estudo para a execução do trabalho.

À Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD, pela oportunidade de realizar este curso.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE FIGURAS	ix
RESUMO	xi
1 INTRODUÇÃO	01
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	04
2.1 Cultura do Milho	04
2.2 Lagarta-do-cartucho do Milho, <i>Spodoptera frugiperda</i> (J.E.SMITH, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae)	06
2.3 Distribuição espacial e plano de amostragem seqüencial	14
3 Distribuição espacial da Lagarta-do-cartucho, <i>Spodoptera frugiperda</i> (J.E.SMITH, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), na cultura do milho	21
3.1 Introdução	23
3.2 Materiais e Métodos	26
3.2.1 Distribuição de Poisson	28
3.2.2 Distribuição Binomial Negativa	28
3.2.3 Distribuição Binomial Positiva	29
3.3 Resultados e Discussão	31
3.3.1 Dinâmica populacional da <i>S. frugiperda</i>	32
3.3.2 Estudo de correlação e distribuição espacial de plantas com nota 3	33
3.3.3 Distribuição espacial de posturas	37
3.3.4 Distribuição espacial de lagartas atacando espigas	38
3.3.5 Distribuição espacial de inimigos naturais	39
3.3.6 Distribuição espacial de plantas infestadas	40
3.3.7 Distribuição espacial de lagartas de tamanho médio	42
3.4 Conclusões	45
4 Plano de amostragem seqüencial para a Lagarta-do-cartucho, <i>Spodoptera frugiperda</i> (J.E.SMITH, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), na cultura do milho	46
4.1 Introdução	48

4.2 Materiais e Métodos.....	50
4.3 Resultados e Discussão	57
4.3.1 Plano de amostragem seqüencial para lagartas médias	57
4.3.2 Plano de amostragem seqüencial para nota 3	63
4.3.3 Plano de amostragem seqüencial para plantas infestadas.....	67
4.4 Conclusão.....	72
REFERÊNCIAS.....	73

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Correlações entre nota 3 e dados de lagartas, observadas nos diferentes campos amostrais. Dourados-MS, 2008.	34
TABELA 2	Teste qui-quadrado de aderência das frequências observadas às frequências esperadas pelas distribuições de Poisson, Binomial Negativa (Bn) e Binomial Positiva (Bp) para plantas com nota 3, em Dourados-MS, 2008.	36
TABELA 3	Teste qui-quadrado de aderência das frequências observadas às frequências esperadas pelas distribuições de Poisson, Binomial Negativa (Bn) e Binomial Positiva (Bp) para posturas de <i>S. frugiperda</i> , em Dourados-MS, 2008.	37
TABELA 4	Teste qui-quadrado de aderências das frequências observadas às frequências esperadas pelas distribuições de Poisson, Binomial Negativa (Bn) e Binomial Positiva (Bp) para lagartas de <i>S. frugiperda</i> atacando espigas, em Dourados-MS, 2008.	38
TABELA 5	Teste qui-quadrado de aderência das frequências observadas às frequências esperadas pelas distribuições de Poisson, binomial negativa (Bn) e Binomial Positiva (Bp) para a presença de inimigo natural nas plantas de milho, em Dourados-MS, 2008.	40
TABELA 6	Teste qui-quadrado de aderência das frequências observadas às frequências esperadas pelas distribuições de Poisson, Binomial negativa (Bn) e Binomial Positiva (Bp) para plantas infestadas com pelo menos uma lagarta de <i>S. frugiperda</i> , em Dourados-MS, 2008.	41
TABELA 7	Teste qui-quadrado de aderência das frequências observadas às frequências esperadas pelas distribuições de Poisson e Binomial Negativa (Bn) para lagartas médias de <i>S. frugiperda</i> , em Dourados-MS,	

	2008.	44
TABELA 8	Plano de amostragem seqüencial para avaliar o número de lagartas de tamanho médio ($1,0 < m < 1,5$) de <i>S. frugiperda</i> , com base na distribuição Binomial Negativa. Dourados-MS, 2008.	59
TABELA 9	Plano de amostragem seqüencial para avaliar plantas com nota 3, com base na distribuição Binomial Positiva. Dourados-MS, 2008.	64
TABELA 10	Plano de amostragem seqüencial para avaliar o número de plantas infestadas, com base na distribuição Binomial Positiva. Dourados-MS, 2008.	69

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Padrões básicos de distribuição de indivíduos em uma população.	19
FIGURA 2	Porcentagem de plantas infestadas com lagartas de <i>S. frugiperda</i> na cultura de milho. Dourados - MS, 2008.	33
FIGURA 3	Linhas de decisão do plano de amostragem seqüencial para lagartas de tamanho médio ($1,0 < m < 1,5$) de <i>S. frugiperda</i> , com base na distribuição Binomial Negativa. Dourados-MS, 2008.	58
FIGURA 4	Curva característica de operação CO(p) do teste seqüencial da razão da verossimilhança para população de lagartas médias de <i>S. frugiperda</i> . Dourados – MS, 2008.	61
FIGURA 5	Curva do tamanho esperado da amostra $E_p(n)$, do teste seqüencial da razão da verossimilhança para população de lagartas médias de <i>S. frugiperda</i> . Dourados-MS, 2008.	62
FIGURA 6	Linhas de decisão do plano de amostragem seqüencial para plantas com nota 3, com base na distribuição Binomial Positiva. Dourados-MS, 2008.	63
FIGURA 7	Curva característica de operação CO(p) do teste seqüencial da razão da verossimilhança para plantas com nota 3. Dourados – MS, 2008.	66
FIGURA 8	Curva do tamanho esperado da amostra $E_p(n)$, do teste seqüencial da razão da verossimilhança para plantas com nota 3. Dourados-MS, 2008.	67
FIGURA 9	Linhas de decisão do plano de amostragem seqüencial para plantas infestadas, com base na distribuição Binomial Positiva. Dourados-MS, 2008.	67

- FIGURA 10 Curva característica de operação $CO(p)$ do teste seqüencial da razão da verossimilhança para plantas infestadas. Dourados – MS, 2008. 71
- FIGURA 11 Curva do tamanho esperado da amostra $Ep(n)$, do teste seqüencial da razão da verossimilhança para plantas infestadas. Dourados-MS, 2008. 71

RESUMO – *Spodoptera frugiperda* é a mais importante praga na cultura do milho no Brasil. O conhecimento dos padrões de dispersão populacional é fundamental para o estabelecimento de técnicas eficientes como a amostragem seqüencial para o monitoramento e manejo de pragas. A distribuição espacial foi estudada em campo experimental de milho dividido em 100 parcelas, no qual se avaliaram 10 plantas por parcela. Foi testado o ajuste das freqüências observadas às esperadas, de acordo com as distribuições de Poisson, Binomial Negativa e Binomial Positiva. e para a construção de planos de amostragens sequencial o nível de segurança foi de 10%, ou seja, o erro utilizado foi $\alpha=\beta=0,10$. Para plantas com dano referente à nota 3 o melhor ajuste deu-se ao modelo Binomial Positivo. Este modelo também descreveu a distribuição espacial de plantas infestadas com pelo menos uma lagarta. De acordo com os dados observados para o modelo teórico de distribuição de freqüência, as lagartas de tamanho médio possuem padrão de dispersão espacial definido mais adequadamente pela agregação. Para lagartas de tamanho médio as linhas de foram: uma superior ($S_1 = 4,6803 + 1,4243 N$), a partir da qual se recomenda o controle, e outra inferior ($S_0 = -4,6803 + 1,4243 N$), até a qual o controle não é recomendado. Para plantas com notas 3 as duas linhas de decisão foram: a superior, definida por $S_1 = 2,7095 + 1,1452 N$, que representa a necessidade de controle e a inferior $S_0 = -2,7095 + 1,1452 N$, representando que o controle não é recomendado. Foram geradas duas retas para o plano de amostragem seqüencial para plantas infestadas, a superior $S_1 = 1,8161 + 0,0919 N$, a partir da qual se recomenda o controle, e outra inferior $S_0 = -1,8161 + 0,0919 N$, em que o controle não é recomendado.

1 INTRODUÇÃO

O consumo de alimentos tem acompanhado o crescimento da economia mundial nos últimos anos, principalmente em países como a China, Índia, Rússia, Brasil e outros países asiáticos. Além disso, os Estados Unidos tem direcionado parte de sua safra de milho para a produção de etanol, bem como a Europa que está substituindo áreas de lavouras convencionais por culturas utilizadas na produção de biocombustível. Nessa conjuntura, as perspectivas são de continuidade da redução dos estoques de produtos agrícolas e crescimento da produção inferior às necessidades de consumo, e, por conseguinte, significativa alta de preço das *commodities* e o aumento de custo de produção em todo o mundo (MAPA, 2007).

Desta maneira, a demanda mundial por alimento é um fato inquestionável, principalmente na faixa tropical do globo terrestre (WAQUIL; VILELA, 2003). Com a evolução da agricultura através dos anos, fica claro os benefícios que a tecnologia pode trazer para sociedade, em 1850 foram necessários 4 agricultores para alimentar uma única pessoa, em 2005 um agricultor alimentou 100 pessoas. Porém de acordo com a FAO, as perdas na agricultura, devido a problemas fitossanitários, são de 35%; sendo 14% pelos insetos, 12% devido doenças e 9% pelas plantas daninhas (CONCEIÇÃO, 2007).

O controle químico, sem dúvida, é o mais importante dos métodos de controle de pragas, devido à praticidade, rapidez, viabilidade e eficiência. Apesar da tendência de redução das doses da aplicação e toxicidade, no entanto o controle químico de pragas na agricultura ainda constitui-se num dos principais desafios do homem para o manejo do agroecossistema, visando à sustentabilidade (WAQUIL et al., 2003).

Os sistemas agrícolas, por mais simples que sejam não se constituem apenas das plantas e seus insetos-praga; eles abrigam diferentes espécies de artrópodes, dentre esses os

inimigos naturais, que integram uns com os outros, formando teias tróficas (PIRES et al., 2003).

Para o desenvolvimento sustentado neste agroecossistema há necessidade da implantação do Manejo Integrado das Pragas (MIP), que proporciona soluções dos problemas com pragas em longo prazo. O MIP consiste na integração de práticas e métodos apropriados de controle de pragas, de um modo compatível, que possibilita a manutenção das populações dos competidores abaixo do nível econômico. Inclui a combinação de várias estratégias e táticas de controle, tais como: práticas culturais, resistência varietal, controle biológico e manejo de inseticidas (SANTOS, 2001).

No MIP a amostragem, juntamente com o conhecimento de biologia e ecologia do inseto, níveis de dano econômico e controle biológico, é aspecto primordial para se decidir sobre a necessidade ou não de alguma ação de controle com base não só nas populações das pragas, mas também nas populações dos inimigos naturais. Desta maneira, estimativas precisas da abundância de uma praga são fundamentais no desenvolvimento de técnicas de MIP, no qual se inclui o momento apropriado de utilização de práticas de controle quando as populações alcançam o nível de controle (BOARETTO; BRANDÃO, 2006).

Para programar um manejo, é necessário construir um plano confiável de amostragem que permita estimar a densidade populacional da praga e seu dano, e com base nele, tomar uma decisão sobre uma medida de controle (FARIAS et al., 2001a).

Existem, basicamente, dois tipos de amostragem: a amostragem comum ou simples e a amostragem seqüencial. A comum caracteriza-se por apresentar um número fixo de observações, previamente estabelecido antes de se iniciar a amostragem, e os resultados são avaliados após o seu término. A amostragem seqüencial é um método estatístico caracterizado por não apresentar um número fixo de observações, sendo que a decisão de terminar a amostragem depende dos resultados obtidos até o dado momento. Assim, as

informações parciais fornecidas pela amostragem são levadas em conta, o que não ocorre com os métodos não seqüenciais (BOARETTO; BRANDÃO, 2006; SACONATO, 2005).

Outra diferença, segundo ESTEFANEL (1977), é que enquanto na amostragem convencional os parâmetros populacionais são estimados para, posteriormente, testar uma hipótese a respeito desses parâmetros, na amostragem seqüencial a hipótese é testada sem a preocupação de estimá-los. A grande vantagem da amostragem seqüencial consiste na economia de tempo, que em certos casos, de acordo com WALD (1945) citado por ESTEFANEL (1977), pode requer um terço do tamanho que seria usado com a amostragem de tamanho fixo.

Desta maneira o presente estudo teve por objetivo definir um plano de amostragem seqüencial para a lagarta *Spodoptera frugiperda* no milho, em Dourados-MS.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cultura do Milho

O milho (*Zea mays* L.) pertence à família Gramineae/Poaceae e, provavelmente, é a mais importante planta comercial originária das Américas. A pesquisa e o desenvolvimento do milho têm sido tão intensos que hoje diferentes tipos de milho podem ser cultivados desde o Equador até o limite das terras temperadas e desde o nível do mar até altitudes superiores a 3.600 m evidenciando sua grande adaptabilidade (MAGALHÃES et al., 2002).

O resultado geral da seleção natural e da domesticação desta cultura foi produzir uma planta anual, que é conhecida somente em cultivo e, na sua forma atual, provavelmente não poderia subsistir sem os cuidados do homem (MAGALHÃES et al., 2002).

A importância sócio-econômica do milho é caracterizada pelas diversas formas de sua utilização, que vai desde a alimentação animal até a indústria de alta tecnologia. Apesar do uso do milho em grão como alimentação animal representar a maior parte do consumo desse cereal, o mesmo é também utilizado na alimentação humana ao natural, ou transformados. Na Europa e nos EUA tem sido incentivado o uso do milho para produção, em grande escala, de etanol; o que tem gerado grande discussão ao redor do mundo, e tem promovido, talvez, o melhor momento da cultura ao redor do mundo.

A planta de milho é considerada uma das mais eficientes na conversão de energia radiante e, conseqüentemente, na produção de biomassa, no entanto, para manifestar sua elevada capacidade de produção de biomassa, é necessário que a planta apresente adequada estrutura de interceptação da radiação disponível. Assim, quanto mais rapidamente tal

condição for atingida maior será a taxa de crescimento e a garantia de velocidade metabólica satisfatória.

Para expressar seu elevado potencial produtivo a planta de milho necessita ser rigorosamente planejado e criteriosamente manejado, objetivando a manifestação de sua capacidade produtiva.

Logo, o conhecimento da influência efetiva dos fatores que determinam o desempenho da planta, poderá contribuir de forma decisiva para a minimização de estresses de natureza diversa. Ou seja, a integridade e a capacidade de armazenagem de fotoassimilados por parte do colmo, que é influenciada diretamente pela área foliar, é de suma importância para o período de enchimento de grãos. Conclui-se, portanto, que o milho deverá estar preparado para eventual restrição de carboidratos coincidente com a fase de enchimento de grãos, que poderá ser remediada, caso a planta apresente a possibilidade de acúmulo de excedentes de fotoassimilados no colmo, oriundos do acúmulo no desenvolvimento vegetativo.

No Brasil, durante a safra 2007/2008, o milho foi cultivado em uma área de 14,7 milhões de hectares com uma produção de aproximadamente 58,5 milhões de toneladas (CONAB, 2008), os preços altamente estimulantes, aliados às boas condições climáticas na maioria dos estados produtores, justificam este resultado. O estado do Mato Grosso do Sul plantou na safra 2007/2008 973 milhões de hectares, aproximadamente, com produção de 3,5 milhões de toneladas, atingindo produtividade média, próxima a $3500 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$.

O Brasil é o terceiro produtor mundial de milho, estando a sua frente apenas os Estados Unidos e a China, no entanto a produtividade nacional é baixa. A média de rendimento ($3,9 \text{ t/ha}$ nas últimas três safras) é de menos de um terço da norte-americana e cerca de metade da Argentina (FNP, 2008).

São diversos os fatores responsáveis pelas baixas produtividades; um deles deve-se ao fato do milho está presente na grande maioria das propriedades agrícolas do Brasil, tanto em propriedades que se emprega alta tecnologia, com elevada produtividade; bem como nas pequenas onde está como cultura de subsistência, com baixa utilização de tecnologia (SILOTO, 2002).

As pragas também têm elevada participação, principalmente nos últimos anos com o cultivo de milho “safrinha”, que oferece condições para a continuidade e desenvolvimento das pragas devido à permanência da planta de milho na área, praticamente durante todo ano. Dentre as pragas mais importantes do milho destaca-se a lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), considerada a principal praga desta cultura no Brasil (CRUZ, 1993).

No Brasil, estima-se que a lagarta-do-cartucho seja responsável por mais de 25% dos prejuízos causados por pragas ao milho e pela maior dos gastos com pulverizações de inseticidas nesta cultura (WAQUIL e VILELA, 2003), resultando num prejuízo anual que ultrapassa os 400 milhões de dólares (CRUZ, 2008).

2.2 Lagarta-do-cartucho do Milho, *Spodoptera frugiperda* (J.E.SMITH, 1797)

(Lepidoptera: Noctuidae)

Desde o clássico trabalho de LUGINBILL em 1928, inúmeros trabalhos envolvendo diversos aspectos da lagarta-do-cartucho tem sido realizados.

De acordo com SARMENTO et al. (2002), a referência mais antiga desse inseto na literatura é a de SMITH (1797), na qual o autor a reconhece como praga do milho, na Geórgia, Estados Unidos (CRUZ, 1995). A espécie foi originalmente classificada como *Phalaena frugiperda* (SIMMONS; WISEMAN, 1993). Posteriormente, recebeu outras designações, tais como *Trigonophora frugiperda*, *Prodenia autumnalis*, *Laphygma frugiperda*, entre outras (SILVA, 1995). TODD (1964) publicou uma nota científica com a atual denominação de *Spodoptera frugiperda*.

ASHLEY et al. (1989) relataram esta praga como uma das mais importantes das Américas, e que devido a esta importância foi compilado uma bibliografia com mais de 1310 referências, sobre diferentes aspectos da praga.

Spodoptera frugiperda (J.E. SMITH, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), é originária das zonas tropicais e subtropicais do continente americano (ARTHUR et al., 2002) e está distribuída desde os Estados Unidos até a Argentina. Esta espécie não possui habilidade de diapausa, é um hábil voador na forma adulta que consegue atingir longas distâncias anualmente (LUGINBILL, 1950).

É uma praga que devido sua ampla distribuição, constância e severidade, tornou-se bastante conhecida e recebe diferentes denominações ao redor do mundo, sendo comumente chamada em país de língua espanhola de “la palomilla del maíz” (PÉREZ et al., 1997), “oruga cogollera” (SOSA, 2004), “cogollero del maíz” (SALAS, 2003), “gusano cogollero” e “barredora” (EPPO, 2004). Em inglês é conhecida por “fall armyworm”, “corn leafworm”, “southern grassworm” (EPPO, 2004), “grass worm”, “overflow worm”, “grass armyworm” (LUGINBILL, 1950). Em francês por “légionnaire d'automne” e em alemão por “heerwurm” (EPPO, 2004).

No Brasil, em função da alimentação diversificada e disponível o ano todo e das condições de clima favoráveis ao inseto (FARIAS et al., 2001b), está presente em todas as

regiões do território nacional; sendo denominada de “lagarta-militar”, “lagarta-dos-milharais” (CRUZ, 1995), “lagarta-do-cartucho” (GALLO et al., 2002), “lagarta-dos-capinzais”, “lagarta-dos-pastos”, “lagarta-das-folhas e “lagarta-dos-arrozais” (GRÜTZMACHER, 1999; BUSATO et al., 2002).

S. frugiperda é um inseto holometábolo, ou seja, durante seu ciclo de vida compreende as fases de ovo, larva, pupa e adulto. Na fase imatura apresenta aparelho bucal mastigador, e quando adulto possui aparelho bucal do tipo sugador maxilar, isto faz com que este inseto seja denominado metagnato (GARCIA, 2002).

As fêmeas depositam seus ovos durante as primeiras horas da noite (PÉREZ et al., 1997). Em campos onde a densidade populacional está baixa, normalmente a oviposição ocorre nas partes inferiores das folhas; já quando a densidade populacional está alta a oviposição é feita indiscriminadamente por toda a planta (SPARKS, 1979).

Os ovos são postos em massas e cobertos por uma secreção do aparato bucal e por escamas do corpo da fêmea; o período incubação varia de 2 a 4 dias dependendo da temperatura (PÉREZ et al., 1997).

De acordo com WAQUIL E VILELLA (2003) as massas de ovos variam de 8 a mais de 500 por postura. Normalmente, uma postura com 500 ovos é suficiente para colonizar cinco plantas e cada mariposa chega a ovipositar cerca de 1500 a 2000 ovos durante seu ciclo de vida.

As larvas neonatas alimentam-se da casca do ovo e depois se dispersam em busca de alimento e para evitar o canibalismo (MONSTEBRAVO, 2004). Para se dispersarem as larvas tecem um fio de seda. A habilidade de tecer geralmente é perdida ainda no primeiro instar (CRUZ, 1995).

Existe usualmente seis instares larvais. Nos primeiros instares as larvas provocam um sintoma típico que é a raspagem das folhas; a partir do terceiro instar a lagarta dirige-se ao cartucho da planta onde passa a causar danos significativos a produção (SILVA, 1995).

Segundo ZUCCHI et al. (1993), a lagarta apresenta coloração variando de cinza-escuro a marrom com a faixa dorsal com pináculos (base das cerdas) pretas ao longo do corpo e possui cinco pares de falsas pernas. Em suas mandíbulas os dentes são pontiagudos e na cápsula cefálica a sutura adfrontal não alcança o vértice da cabeça.

Devido ao comportamento de canibalismo na espécie é comum encontrar apenas uma lagarta desenvolvida por cartucho do milho. A duração do período larval é de 12 a 30 dias, sendo que no final deste período a lagarta pode atingir 50 mm de comprimento (GALLO et al., 2002).

Ao término do período larval as lagartas penetram no solo, onde se transformam em pupas de coloração castanho avermelhada, medindo cerca de 15 mm de comprimento. Geralmente, a pupação ocorre a uma profundidade de 2 a 8 cm, sendo que esta profundidade é extremamente influenciada pela textura do solo, onde as profundidades maiores são observadas em solos arenosos (CAPINEIRA, 2003). O período pupal é de 8 dias no verão e 25 dias no inverno, após surge o adulto.

A mariposa mede cerca de 35 mm de envergadura. Esta espécie apresenta um acentuado dimorfismo sexual. As asas anteriores do macho apresentam-se de cor acinzentada, com uma mancha branca irregular próxima ao ápice. As asas anteriores da fêmea são de cor cinzenta escura, relativamente uniforme. As asas posteriores de ambos os sexos são de coloração clara. A duração da vida de um adulto é de aproximadamente de 10 dias (CAPINEIRA, 2003; CRUZ, 1995; SPARKS, 1979; ZUCCHI et al., 1993).

A temperatura é fator determinante em todas as fases de desenvolvimento deste inseto (CLAVIJO et al., 1992). Estes autores relataram ainda, que *S. frugiperda* suporta

temperaturas em uma grande amplitude (16 °C e 34 °C), porém seu desenvolvimento e capacidade reprodutiva são favorecidos a temperaturas entre 20°C e 30°C, condição esta que geralmente ocorre nas regiões de cultivo permitindo que a praga, em algumas situações, tenha até 12 gerações em um ano.

A lagarta militar é um inseto polífago encontrado em mais de 80 espécies de 23 famílias (PASHEY, 1988), no entanto tem preferência por Poáceas e dentre estas o milho é seu principal hospedeiro (CLAVIJO et al., 1992).

Esta praga pode ser encontrada atacando sorgo, soja, feijão, capins (papuã, milhã, capim elefante, grama seda), cana-de-açúcar, aveia, trigo, algodão, alface, batata, amendoim, couve, tomate, trevo, etc, dentre outras (ANDREWS, 1980; ANDREWS, 1988; ASHEY et al., 1989; LUGINBILL, 1928; PASHEY, 1988).

Dentre esta gama de hospedeiros, no Brasil, a lagarta-do-cartucho tem se destacado como um sério problema fitossanitário nas seguintes culturas comerciais: no arroz, onde é um dos insetos mais prejudiciais (BUSATO et al., 2002; GRÜTZMACHER et al., 1999); no algodão, que devido sua severidade e constância, atacando desde a emergência até os botões florais, flores e maçãs (VELOSO; NAKANO, 1983), tornou-se uma das principais pragas e de difícil controle; e no milho é praga chave presente em todo o ciclo da cultura (CRUZ, 1999).

Sendo assim, a espécie *S. frugiperda* é um dos principais componentes do complexo de pragas que reduzem a produtividade de várias culturas no Brasil (VELOSO; NAKANO, 1986).

Nos primeiros ínstares, os danos causados pela lagarta, são caracterizados pela raspagem do limbo foliar (“folha raspada”); quando mais desenvolvidas perfuram as folhas e as destroem parcial ou totalmente, danificando o “cartucho” da planta (SILVA, 1995). Bastante característico também é a quantidade de excrementos deixados pela lagarta

(BIANCO, 1995) no local de ataque. Segundo CRUZ (1995), esta praga pode ainda cortar plântulas, broquear o colmo, cortar o pendão e atacar as espigas.

A redução na produção, devido ao ataque de *S. frugiperda*, é influenciada por fatores como grau de infestação, local, cultivar, condição edafoclimática e estágio de desenvolvimento da praga e da cultura (BIANCO, 1995).

O potencial de dano provocado por esta praga, em milho, tem sido muito estudado. No Brasil, Carvalho (1970) citado por SILOTO (2002), trabalhando com diferentes genótipos de milho, constatou perdas entre 15% e 34%, dependendo do estágio fenológico da cultura, sendo que, aos 49 dias após o plantio, observou redução de 30 %. BIANCO (1991), em estudos realizados no Paraná, observou perdas de 60% e 38% para condições de seca e de precipitações relativamente normais, respectivamente. Em algumas situações a praga pode até mesmo impedir a produção (ÁVILA et al., 1997).

CRUZ E TURPIN (1982) trabalhando em Indiana, nos Estados Unidos, que o estágio do milho mais suscetível à lagarta foi quando a planta apresentava de 8 a 10 folhas, correspondendo há aproximadamente 40 dias após o plantio, o que corrobora com os resultados de CARVALHO (1970).

Perdas de até 40 % foram relatadas em Cuba (PÉREZ et al., 1997), isto também foi observado no Chile, Venezuela, Peru e México (CRUZ; TURPIN, 1982). O aumentando da severidade em várias áreas cultivadas com milho no Brasil, deve-se não somente ao aumento da exploração da cultura, que é cultivada em várias regiões brasileiras, em duas safras anuais, mas também ao desequilíbrio biológico, pela eliminação de seus inimigos naturais, principalmente, devido a aplicações precoces de produtos não seletivos.

De acordo com REZENDE et al. (1994) apesar de todo o potencial de dano e da voracidade da lagarta-do-cartucho, que consome aproximadamente 200cm² de folha para completar seu desenvolvimento, quase 95% desse consumo foliar ocorre nos últimos estágios

larvais; isso evidencia que aplicações precoces muitas vezes são desnecessárias, pois lagartas pequenas não causam danos significativos e também não é dada a oportunidade para a atuação dos inimigos naturais, visto que em algumas situações o controle biológico natural consegue manter em níveis razoavelmente baixos as populações de diversas pragas.

MOLINA-OCHOA et al. (2003) fizeram um inventário sobre inimigos naturais ocorrendo em *S. frugiperda* em diferentes países do continente americano. Neste trabalho foram constatadas aproximadamente 150 espécies em 14 famílias. Os autores relataram ainda que *Chelonus insularis* foi o parasitóide mais freqüente e que *Noctuidonema guyanense* foi o mais importante nematóide ectoparasita atacando adultos.

No Brasil, parasitóides e predadores são importantes reguladores da população da lagarta-do-cartucho, dentre estes se destacam: *Doru luteipes*, *Telonus remus*, *Chrysoperla externa*, *Chelonus insularis*, *Campoletis flavicincta*, *Diadegma* sp., *Ophion flavidus*, *Apanteles marginiventris*, *Archytas incertus*, *Archytas marmoratus*, *Lespesia* sp. (CRUZ, 1995; DEQUECH et al., 2004; SILVA et al., 1997; VALICENTE, 1989). Além dos predadores e parasitóides, os entomopatógenos como os fungos *Nomuraea rileyii*, *Aspergillus parasiticus*, *Beauveria globulifera*, a bactéria *Bacillus thuringiensis*, nematóides do gênero *Hexamermis*, os vírus de poliedrose nuclear (VPN) e de granulose (VG) podem causar altas taxas de mortalidade nestas lagartas (CRUZ, 1995; VALICENTE, 1999; WATANABE, 2003).

Para o manejo desta espécie são citadas várias estratégias incluindo práticas culturais, controle biológico e controle químico (WAQUILL; VILELA, 2003).

Cruz (1995) relatou a possibilidade de controle através do predador *Dorus luteips* e dos parasitóides *Trichogramma* spp. e *Telenomus* sp. O controle biológico também pode ser realizado utilizando-se entomopatógenos como o VPN (ESCRIBANO et al., 2000) ou a bactéria *Bacillus thuringiensis* (VALICENTE; BARRETO, 2003).

Apesar dos fatores que afetam a eficiência do parasitóide liberado artificialmente no campo como: número de insetos liberados, densidade da praga, espécie ou linhagem de liberada, época e número de liberações, método de distribuição, fenologia da cultura, número de outros inimigos naturais presentes e condições climáticas; em Minas Gerais tem-se obtido controle eficiente da lagarta-do-cartucho com a liberação de 100.000 indivíduos de *Trichogramma pretiosum* (CRUZ; MONTEIRO, 2004).

Dentre as práticas culturais, CRUZ (1995) reportou a gradagem, no entanto ROBERTS E ALL (1993) num estudo comparativo entre áreas sob semeadura direta e cultivo convencional, observaram menor infestação na área sob semeadura direta.

Outra prática cultural importante na redução da infestação é a adubação, sendo esta estudada por alguns autores. CARVALHO et al. (1995) relatam que a falta de potássio fez com que a planta sofresse maiores infestações e também maiores perdas devido ao ataque da praga.

Segundo CRUZ et al. (1996), independente a cultivar utilizada (sensível ou tolerante ao alumínio do solo), as perdas causadas pela *S. frugiperda* na produção de grãos na cultura do milho foram de 17,7%. TAVARES et al. (2001) observaram que a adubação em excesso tornou a planta de milho mais suscetível.

GOUSSAIN et al. (2002) avaliando o desenvolvimento de lagartas alimentadas com folhas de milho de plantas tratadas com silício, via solo, em comparação com lagartas alimentadas com folhas de milho não tratadas, constataram que o aumento no teor de silício nas folhas dificultou a alimentação das lagartas, causando desgaste nas mandíbulas, aumentando a mortalidade e o canibalismo e, portanto, tornando as plantas de milho mais resistentes à lagarta-do-cartucho.

A utilização de inseticidas sintéticos tem sido o principal método de controle de *S. frugiperda*. Diversos grupos tais como carbamatos (SARMENTO et al., 2002), fosforados

(CRUZ, 1998), piretróides (CRUZ, 1998), spinosinas (MENDEZ et al., 2002) e reguladores de crescimento (LUCAS et al., 1998) são relatados para o controle desta praga, porém, o uso indiscriminado e incorreto destes produtos tem aumentado o número de aplicações e diminuído sua eficiência, principalmente devido ao surgimento de populações de insetos resistentes (CRUZ, 1998).

Apesar das diversas alternativas de controle e do grande volume de estudos sobre esta praga, a eficiência de seu manejo tem sido prejudicada pela falta de monitoramento adequado. Segundo BIANCO (1995), geralmente as decisões de controlar ou não a praga, são tomadas de forma empírica, que na maioria das vezes ou são precipitadas ou são tardias onerando custos de produção e promovendo desequilíbrio do agroecossistema.

2.3 Distribuição espacial e plano de amostragem sequencial

O controle eficiente de pragas é totalmente dependente do entendimento e da utilização das várias técnicas de controle, sendo que estimativas precisas da abundância de uma praga são primordiais no desenvolvimento do manejo integrado de pragas (MIP); dentro do qual se pode incluir o momento apropriado de utilização de práticas de controle, quando as populações alcançam o nível de controle (VILLACORTA; TORNERO, 1982).

O MIP adotado a postura de alterar o mínimo possível o meio ambiente através de técnicas que enfatizam o manejo da população de artrópodes que se inter-relacionam dentro de um agroecossistema. Assim, o conhecimento de uma forma rápida e eficiente de amostragem das pragas, principalmente em extensas áreas de cultivo, é fundamental para que o MIP seja aplicado satisfatoriamente (FERNANDES et al., 2003).

É necessário que se tenha em mente os elementos básicos para a viabilização do MIP, que são: controle natural, amostragem, níveis de danos econômicos e biologia e ecologia da praga e de seus inimigos naturais.

Assim, ao contrário dos programas tradicionais de controle de pragas que visam apenas à economia, o MIP baseia-se na aplicação dos princípios ecológicos e a tomada de decisão é aspecto chave e básico para se decidir sobre a necessidade, ou não, da adoção de uma medida de controle; destacando-se dois pontos vitais: amostragem e o nível de dano econômico (SACONATO, 2005).

A amostragem de pragas é um processo para fazer inferências sobre uma determinada população com base em amostras; e assim prever tendências populacionais e avaliar danos potenciais (PEDIGO, 1994 apud RIBEIRO, 2007).

De acordo com RÉGNIÈRE et al. (1988) a praticidade de um programa de amostragem está baseada no equilíbrio entre a confiança estatística, nos níveis de precisão e nas restrições práticas de sua aplicação, principalmente, no que se referem ao tempo e a viabilidade econômica.

Basicamente, são dois os tipos de amostragens existentes para o monitoramento de pragas: a amostragem comum ou simples e a amostragem seqüencial. A primeira caracteriza-se por apresentar um número fixo de observações e uma precisão previamente estabelecida, e os resultados são avaliados após o seu término (RIBEIRO, 2007). Já a amostragem seqüencial é um método estatístico caracterizado por não apresentar um número fixo de observações, sendo que a decisão de terminar a amostragem depende dos resultados obtidos até o dado momento. Assim, as informações parciais fornecidas pela amostragem são levadas em conta, o que não ocorre com os métodos não seqüenciais (BOARETTO e BRANDÃO, 2006; SACONATO, 2005).

A amostragem convencional é um importante instrumento para a tomada de decisão no controle de pragas e serve também como padrão para validar métodos alternativos, como os planos seqüenciais; tem como vantagem a necessidade mínima de conhecimento prévio da população, a simplicidade e a facilidade de análise dos dados (SACONATO, 2005; STINGEL, 2005; RIBEIRO, 2007).

No entanto, os métodos convencionais demandam muito tempo para a tomada de decisão, principalmente quando a população está muito baixa ou muito elevada, isso devido o número e/ou tamanho da amostra ser fixo, além disso, nesta metodologia os erros cometidos na tomada de decisão não são conhecidos (SACONATO, 2005). Além disso, na amostragem convencional procura-se estimar os parâmetros populacionais para posteriormente testar uma hipótese com base nos mesmos, já na amostragem seqüencial a hipótese é testada sem a preocupação de estimá-los (ESTEFANEL, 1977).

Segundo STEFANEL (1977) a amostragem seqüencial foi desenvolvida por WALD em 1943, durante a Segunda Guerra Mundial, para indústria bélica, visando o controle de qualidade e a partir da década de 50 passou a ser usado na entomologia. Sendo que essa técnica foi empregada pela primeira vez para a broca do broto do pinheiro *Evagoria starki* (STARK 1952 apud ESTEFANEL 1977).

No Brasil, essa metodologia foi utilizada na amostragem de lagarta-da-soja (ESTEFANEL, 1977); pragas as do algodoeiro (STERLING et al., 1983); para os ácaros-da-falsa-ferrugem e da leprose do citros (GRAVENA et al., 1988), para o bicho-mineiro-do-cafeeiro (VILLACORTA; TORNERO, 1982; BEARZOTI; AQUINO, 1994; VIEIRA NETO et al., 1999), para a mosca branca no feijoeiro (PEREIRA et al., 2004), para o pulgão-gigante-do-pinus (RIBEIRO, 2007), cigarrinha-das-raízes da cana-de-açúcar (STINGEL, 2005) e para a cochonilha em citros (COSTA et al., 2007).

MOURA et al. (2003) tentaram construir um plano de amostragem para ninfas de *Bemisia tabaci* biótipo B na cultura de pepino, porém, nenhum sistema amostral, para ninfas, foi praticável devido o tempo de amostragem.

Para *Spodoptera frugiperda* no algodoeiro, FERNANDES et al. (2002), desenvolveram um plano de amostragem seqüencial.

Já para a mesma praga, na cultura do milho, ALVAREZ E MARTINEZ (1990) também construíram um plano de amostragem seqüencial. No Brasil BIANCO (1995), FARIAS et al. (2001a) e FARIAS et al. (2001b) construíram planos de amostragem seqüencial para a *S. frugiperda* na cultura do milho.

A amostragem seqüencial pode reduzir consideravelmente o tempo para a tomada de decisão e, por conseguinte, reduzir também custo (ESTEFANEL, 1977). De acordo com WALD (1945) citado por ESTEFANEL (1977) em certos casos, pode requer um terço do tamanho que seria usado com a amostragem de tamanho fixo, com gasto de 50% menor de tempo.

GRAVENA et al. (1988) relataram acentuada redução no tempo de amostragem e também no número de frutos para a tomada de decisão, em estudo comparativo, entre métodos convencionais e seqüenciais em pomares de citros.

PIETERS E SPERLING (1975) reportaram redução de 50%, aproximadamente, no tempo de amostragem, corroborando com as observações de LUNA et al. (1983) que, trabalhando com pragas em batata, também reportaram redução no número de unidades amostrais.

Com o uso da amostragem seqüencial a tomada de decisão de controlar ou não determinada praga exige, segundo HOLLINGSWORTH E GASTSONIS (1990), um número menor de observações quando a densidade da praga está muito acima ou muito abaixo do nível de controle.

No entanto, a amostragem seqüencial é viável somente se: a população está numa área delimitada; as avaliações são feitas diretamente nas unidades amostrais, sem necessitar de análises posteriores; quando não se está interessado em estimar os parâmetros populacionais, mas sim saber se a infestação atinge determinado nível a partir do qual medidas de controle deverão ser realizadas.

Na elaboração dos planos de amostragem seqüencial têm sido utilizadas, basicamente, duas metodologias: o Intervalo de Confiança de Iawo e o Teste Seqüencial de Razão de Probabilidades. O primeiro baseia-se no intervalo de confiança ao redor da média, gerando duas linhas de decisão, independente do modelo probabilístico. Já o modelo Teste Seqüencial de Razão de Probabilidades (TSRP) baseia-se na curva característica operacional, que dá ao plano de proteção contra decisões erradas e está relacionado ao poder do teste; e na curva do número médio de unidades amostrais, que representa o tamanho médio de amostras necessárias para a tomada de decisão.

O TSRP de Wald tem sido utilizado por ser simples e aplicável aos diferentes modelos de distribuições teóricas utilizados em trabalhos entomológicas.

Para o desenvolvimento de um plano de amostragem seqüencial três requisitos são necessários: a) a função matemática que descreve a distribuição das contagens do inseto; b) a determinação do nível de dano econômico, em duas densidades populacionais críticas; e, c) seleção de níveis dos erros possíveis de serem cometidos na tomada de decisão (VILLACORTA; TORNERO, 1982; BARBOSA, 1985).

A dispersão espacial de uma população em um dado ecossistema pode ser do tipo agregado (ou contagioso), aleatório (ou ao acaso) ou uniforme (ou regular) (Figura 1) (BARBOSA 1992).

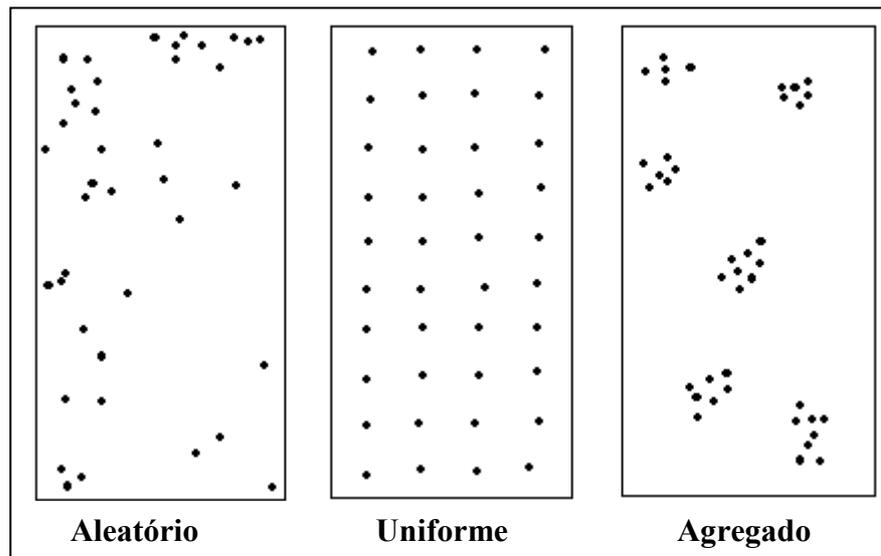


FIGURA 1: Padrões básicos de distribuição de indivíduos em uma população.

De acordo com PERECIN E BARBOSA (1992) a distribuição aleatória possui variância igual à média, sendo típica da distribuição de Poisson; já a uniforme apresenta variância menor que a média típica da Binomial Positiva e por fim a Binomial Negativa com variância maior que a média nos arranjos agregados.

Para se determinar o padrão de arranjo espacial de uma determinada espécie, segundo KUNO (1991), é necessário dividir a área de estudo em várias unidades de mesmo tamanho. Faz-se necessário também obter dados de contagem dos indivíduos no ecossistema a ser considerado, sendo fundamental para isso que o ecossistema em questão permita a realização de amostragens.

Essas amostragens, de acordo com YOUNG E YOUNG (1998), podem ser utilizadas para inferir sobre a forma de distribuição da população amostrada ou sobre as características dessa distribuição. Para a descrição das formas de distribuição de uma população utilizam-se os índices de agregação e as distribuições de frequências.

Os índices de agregação ou dispersão, apesar de não descreverem matematicamente a distribuição da população estudada (ELLIOT et al., 1990), fornecem uma idéia bastante aproximada dessa realidade quando diferentes índices fornecem resultados

similares (MYERS, 1978). A confirmação do tipo de distribuição ocorre apenas com o conhecimento das distribuições de frequência dos números de indivíduos da praga estudada em cada cultura (BARBOSA, 1992).

No Brasil, estudos de distribuição espacial de pragas têm sido desenvolvidos em diferentes culturas, MARUYAMA et al. (2002), estudando o arranjo de *Dilobopterus costalimai* em citros observaram o melhor ajuste ao modelo Binomial Negativa. SANTOS et al. (2004) reportam o arranjo agregado de *Oebalus poecilus* percevejo-do-grão do arroz. Outros estudos de distribuição, ainda no Brasil, foram realizados, por exemplo para *B. tabacia* em feijoeiro (PEREIRA et al. 2004), *Brevipalpus phoenicis* em cafeeiro (REIS et al., 2000), distribuição de postura de *Cosmoclopius nigroannulatus* em fumo (JAHNKE et al., 2003), *Mahanarva fimbriolata* em cana-de-açúcar (STINGEL, 2005), entre outros.

Para *S. frugiperda* alguns estudos de distribuição espacial também tem sido realizados no Brasil. Fernandes et al., 2003 observaram o arranjo dessa praga no algodoeiro. MELO et al. (2006) estudaram o arranjo de plantas infestadas pela lagarta, já FARIAS et al. (2001a) observaram a distribuição das lagartas na cultura do milho.

Desta maneira para implementar um manejo racional de *S. frugiperda*, é necessário construir um plano confiável de amostragem que permita estimar a densidade populacional da praga e classificar seus danos, e com base nisso, então tomar a decisão apropriada (FARIAS et al., 2001b). Sendo assim, a determinação do tipo de distribuição espacial da praga é o primeiro passo para o estabelecimento de um plano de amostragem (FERNANDES et al., 2003b), pois, conforme o tipo de arranjo espacial do inseto na área a ser avaliada, faz-se necessários utilizar diferentes métodos de amostragem, variando o número e o tamanho da amostra na área.

3 DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA LAGARTA-DO-CARTUCHO, *Spodoptera frugiperda* (J.E. SMITH, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), NA CULTURA DO MILHO

SPATIAL DISTRIBUTION OF FALL ARMYWORM, *Spodoptera frugiperda* (J.E. SMITH, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), ON CORN CROP

RESUMO – *Spodoptera frugiperda* é a mais importante praga na cultura do milho no Brasil. O conhecimento dos padrões de dispersão populacional é fundamental para o estabelecimento de técnicas eficientes de monitoramento e manejo desta praga. A distribuição espacial foi estudada em campo experimental de milho dividido em 100 parcelas, no qual se avaliou 10 plantas por parcela. Foi testado o ajuste das frequências observadas às esperadas, de acordo com as distribuições de Poisson, Binomial Negativa e Binomial Positiva. Para plantas com dano referente à nota 3 o melhor ajuste deu-se ao modelo Binomial Positivo. Este modelo também descreveu a distribuição espacial de plantas infestadas com pelo menos uma lagarta. De acordo com os dados observados para o modelo teórico de distribuição de frequência, as lagartas de tamanho médio possuem padrão de dispersão espacial definido mais adequadamente pela agregação.

PALAVRAS CHAVES: Distribuição de probabilidade, amostragem, ecologia populacional.

ABSTRACT – *Spodoptera frugiperda* is the most important pest in Brazilian corn crop. The knowledge on its population dispersion is crucial for the development of efficient techniques for monitoring and management this pest. The spatial distribution was studied in corn experimental field, which had 100 plots with 10 plants each. The adjustment of observed frequencies to the expected ones was tested, according the Poisson, Negative and Positive Binomial distribution. For the plants with damage relative 3 note the adjustment occurred to Positive Binomial model. The spatial distribution of infested plants with at least one worm was described by the Positive Binomial model. According to the data observed to the scattering frequency theoretical, medium size worm is described likely to aggregated pattern of distribution.

KEY WORDS: Probability distribution, sampling, population ecology.

3.1 Introdução

No Brasil, durante a safra 2007/2008, o milho foi cultivado em uma área de 14,7 milhões de hectares com uma produção de aproximadamente 58,5 milhões de toneladas (CONAB, 2008). Os preços altamente estimulantes, aliados às boas condições climáticas na maioria dos estados produtores, justificam este resultado. O estado do Mato Grosso do Sul plantou, na safra 2007/2008, 973 milhões de hectares, aproximadamente. A produção foi de 3,5 milhões de toneladas, atingindo produtividade média próxima a 3500 kg.ha^{-1} .

Para expressar seu elevado potencial produtivo a planta de milho necessita ser criteriosamente manejada. Seu cultivo deve ser rigorosamente planejado, objetivando manter sua integridade e capacidade de armazenagem de fotoassimilados por parte do colmo, que é influenciada diretamente pela área foliar e de suma importância para o período de enchimento de grãos (FANCELLI, 2007).

No Brasil a média de rendimento ainda é baixa e alcançou $3,9 \text{ t.ha}^{-1}$ nas últimas três safras, isso representa menos de um terço da média de produtividade norte-americana e cerca de metade da Argentina (FNP, 2008). São diversos os fatores responsáveis pelas baixas produtividades; um deles se deve ao fato do milho está presente na grande maioria das propriedades agrícolas do Brasil, tanto em propriedades que se emprega alta tecnologia, alcançando elevada produtividade; assim como nas pequenas onde está como cultura de subsistência, com baixa utilização de tecnologia (SILOTO, 2002).

As pragas também têm elevada participação nesse panorama desfavorável, e dentre estas destaca-se a lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J.E.SMITH, 1797)

(Lepidoptera: Noctuidae), um inseto polífago encontrado em mais de 80 espécies de 23 famílias (PASHEY, 1988), e considerada a principal praga desta cultura no Brasil (CLAVIJO et al., 1992; CRUZ, 1993).

No Brasil, estima-se que a lagarta-do-cartucho seja responsável por mais de 25% dos prejuízos causados por pragas ao milho e pela maior parte dos gastos com pulverizações de inseticidas nesta cultura (WAQUIL; VILELA, 2003), resultando num prejuízo anual que ultrapassa os 400 milhões de dólares (CRUZ, 2008). Outro agravante é que o controle dessa praga no campo é realizado quase que exclusivamente com o uso de inseticidas, o que tem ocasionado desequilíbrio e efeitos adversos devido à falta de critério no uso dessa técnica de controle (BIANCO, 1995).

A importância da *S. frugiperda* deve-se não somente aos danos provocados, mas especialmente à dificuldade de seu controle. Neste contexto, torna-se imprescindível o conhecimento dos parâmetros populacionais da praga, como seu padrão de dispersão na cultura, para buscar maneiras mais econômicas e sustentáveis de controle (SANTOS et al., 2004).

Para o controle de pragas, atualmente, tem-se adotado a postura de alterar o mínimo possível o meio ambiente através do Manejo Integrado de Pragas (MIP), adotando técnicas que enfatizam o manejo da população de artrópodes que se inter-relacionam dentro de um agroecossistema. Assim, o conhecimento de uma forma rápida e eficiente de amostragem das pragas, principalmente em extensas áreas de cultivo, é fundamental para que o MIP seja aplicado satisfatoriamente (FERNANDES et al., 2003b).

Para implementar um manejo racional de *S. frugiperda*, é necessário construir um plano confiável de amostragem que permita estimar a densidade populacional da praga e classificar seus danos, e com base nisso, tomar a decisão apropriada (FARIAS et al., 2001b). Sendo assim, a determinação do tipo de distribuição espacial da praga é o primeiro passo para

o estabelecimento de um plano de amostragem (FERNANDES et al., 2003b), pois, conforme o arranjo espacial do inseto na área a ser avaliada, faz-se necessários diferentes métodos de amostragem, variando o número e o tamanho da amostra na área.

A dispersão espacial de uma população em um dado ecossistema pode ser do tipo agregado (ou contagioso), aleatório (ou ao acaso) ou uniforme (ou regular) (BARBOSA, 1992). Para se determinar o padrão de arranjo espacial de uma determinada espécie é necessário que se tenha dados de contagem de indivíduos no ecossistema a ser considerado. Fundamental para isso é que o ecossistema em questão permita a realização de amostragens. Essas amostragens, de acordo com YOUNG E YOUNG (1998), podem ser utilizadas para inferir sobre a forma de distribuição da população amostrada ou sobre as características dessa distribuição. Para a descrição das formas de distribuição de uma população utilizam-se as distribuições de frequências.

O tipo de distribuição é definido com o conhecimento das distribuições de frequência dos números de indivíduos da praga estudada em cada cultura (BARBOSA, 1992). O conhecimento das distribuições de probabilidade que descrevem as disposições espaciais de insetos pragas, que são obtidas a partir dos dados de contagens, é importante para o estabelecimento de critérios adequados de amostragem, análises estatísticas e decisão sobre o controle de pragas agrícolas (RUESINK, 1980; TAYLOR, 1984).

O presente trabalho objetivou estudar a distribuição espacial de *S. frugiperda* em milho, por meio dos testes de qui-quadrado de aderência para os principais tipos de distribuições teóricas de frequência.

3.2 Material e Métodos

O trabalho foi realizado no município de Dourados-MS, de latitude de 22°14'S, longitude de 54°49'W, e altitude 458m e clima Cfa (clima mesotérmico úmido sem estiagem). A precipitação pluviométrica total anual da região é 1200 a 1400 mm, já a evapotranspiração real anual é de 1100 a 1200 mm, e a temperatura média anual é de 22°C. A variação mesoclimática é de Úmido a Sub-úmido, com excedente hídrico anual de 800 a 1200 mm durante 04 meses (MATO GROSSO DO SUL, 2000).

Para elaboração do presente estudo foram implantados os seguintes campos experimentais: 3 (três) campos na safra verão 2006, 1(um) campo na safra de inverno de 2007 e 1 (um) campo na safra verão 2007. Todos os campos experimentais foram compostos de 1 (um) hectare, dividido em 100 (cem) parcelas de 10 x 10 m, nas quais foram amostradas 5 (cinco) plantas, exceto para o campo experimental da safra de verão 2007, no qual foram avaliados 10 plantas.

Nos Campos experimentais utilizou-se o milho híbrido DG 501, exceto para um campo da safra verão 2006, no qual utilizou se o híbrido DKB 479. O espaçamento entre linhas foi de 0,9 metros com 5 plantas por metro linear em todas área experimental. Em todos os campos não houve tratamento de sementes com inseticida. O controle da lagarta, quando realizado, utilizou-se, sub-dose, do inseticida no intuito de apenas reduzir os níveis de infestação e não alcançar um controle efetivo da praga.

As amostragens foram programadas para serem realizadas a cada cinco dias, no entanto, devido a interferências as mesmas foram realizadas em intervalos de no mínimo 3 e no máximo 7 dias, totalizando de 8 a 10 amostragens por campo.

Nas plantas foi observada a presença de dano, para o qual foi atribuída uma nota de acordo com escala de notas descrita por CARVALHO (1970) citada por FIGUEIREDO et al. (1999), onde: 0 – folhas sem dano; 1 – folhas raspadas; 2 – folhas furadas; 3 – lesão no cartucho; 4 – cartucho completamente destruído; 5 – plantas mortas. As notas só foram dadas após a observação e abertura completa da planta. Foram quantificadas ainda as posturas presentes nas plantas e as lagartas, as quais foram divididas em função de seus tamanhos em pequenas ($p < 1,0$ cm), médias ($1,0 < m < 1,5$) e grandes ($g > 1,5$). Foi realizada também a coleta de dados referentes aos inimigos naturais presentes nos campo experimentais, principalmente, no que se refere aos predadores. Todos os dados foram coletados por planta.

Com o objetivo de estabelecer o relacionamento entre notas, números de lagartas e plantas infestadas, realizou-se correlação simples entre os dados coletados nos 5 campos experimentais. Isto porque, caso houvesse uma relação entre esses dados, a nota seria uma forma mais rápida de realizar as amostragens no campo. Para a análise dos dados de correlação foi utilizado o aplicativo computacional Genes e, posteriormente, estudou-se a distribuição espacial para o conhecimento de como ocorre sua dispersão na área.

Além disso, os dados obtidos em cada uma das amostragens foram utilizados para a descrição matemática da dispersão espacial da população desse inseto. Foram determinados a média e a variância. As seguintes distribuições teóricas de frequências foram utilizadas como modelo para amostras das populações: distribuição de Poisson, distribuição Binomial Negativa e distribuição Binomial Positiva. Em seguida, foram realizados os testes de ajustes da estatística de X^2 (qui-quadrado) dos dados obtidos em campo às distribuições teóricas de frequência.

As distribuições teóricas de frequências utilizadas para avaliar a distribuição espacial de *S. frugiperda* são apresentadas em seguida:

3.2.1 Distribuição de Poisson

Também conhecida como distribuição aleatória, caracteriza-se por apresentar variância igual a média ($s^2 = \hat{m}$). As fórmulas recorrentes para cálculo da série de probabilidades foram dadas por:

$$P(0) = e^{-\hat{m}} e$$

$$P(x) = \frac{\hat{m}}{x} . P(x-1)$$

onde: x = classes= 1,2,3...; e = base do logaritmo neperiano ($e = 2,718282...$);
 $P(x)$ = probabilidade de encontrar x indivíduos na amostra e \hat{m} = média amostral.

3.2.2 Distribuição Binomial Negativa

Caracteriza-se por apresentar variância maior que a média indicando, assim, distribuição agregada. Possui dois parâmetros: a média (\hat{m}) e o parâmetro k ($k > 0$), e as probabilidades foram calculadas pelas fórmulas recorrentes dadas por:

$$P(0) = \left(1 + \frac{m}{k}\right)^{-k}$$

$$P(x) = \frac{k+x-1}{x} \cdot \left(\frac{m}{m+k}\right) \cdot P(x-1)$$

para $x = 1, 2, 3, \dots$

A estimativa inicial de k foi realizada pelo método dos momentos:

$$k = \frac{m^2}{(s^2 - m)}$$

e, posteriormente, pelo método da máxima verossimilhança, isto porque, embora mais trabalhoso, este método permite obter uma estimativa mais eficiente do parâmetro k . O parâmetro é obtido igualando a expressão:

$$N \ln\left(1 + \frac{m}{k}\right) = \sum_x \frac{A(x)}{k+x}$$

3.2.3 Distribuição Binomial Positiva

Descreve a distribuição uniforme e caracteriza-se por apresentar variância menor que a média ($s^2 < \hat{m}$). Sua função probabilística é:

$$P(0) = q^k \text{ e}$$

$$P(x) = \frac{p}{q} \cdot \frac{(k-x+1)}{x} \cdot P(x-1)$$

para $x = 1, 2, 3, \dots, k$; onde:

$$p = \frac{m}{k}$$

$$q = 1-p$$

O teste de ajuste dos dados observados às distribuições teóricas de frequência foi verificado através do teste quiquadrado de aderência, e consistiu em comparar as frequências observadas na área amostral com as frequências esperadas que são definidas, de acordo com YOUNG E YOUNG (1998), pelo produto das probabilidades de cada classe pelo número total de unidades amostrais utilizadas. Os valores das estatísticas do X^2 calculados foram determinados por:

$$X^2 = \sum_{i=1}^{n_c} \frac{(FO_i - FE_i)^2}{FE_i}$$

onde: n_c = número de classes da distribuição de frequências; FO_i = frequência observada na i -ésima classe e FE_i = frequência esperada na i -ésima classe.

Para a realização deste teste, fixou-se uma frequência esperada mínima igual a 1. O número de graus de liberdade associado à estatística X^2 foi determinado por:

$$GL = N_c - N_p - 1$$

onde: GL= número de graus de liberdade; N_c = número de classes da distribuição de freqüências; N_p = número de parâmetros estimados na amostra.

O critério do teste foi o de rejeitar o ajuste da distribuição estudada ao nível de 5% de probabilidade se:

$$X^2 \geq \chi^2_{(nc - np - 1 \text{ gl.}, \alpha = 0,05)}$$

onde: χ^2 = qui-quadrado tabelado.

Para cada avaliação nas diferentes áreas experimentais e para as diferentes variáveis, os dados foram registrados em planilhas do programa Excel[®], no qual foram realizadas todas as análises referentes à distribuição espacial.

3.3 Resultados e Discussão

Para o estudo de distribuição espacial dos insetos optou-se por utilizar apenas os dados provenientes do campo da safra de verão 2007, no qual foram avaliadas 10 plantas em cada amostragem. Isto porque, apesar do comportamento da praga ser semelhante em todos os campos, o grande número de amostragens com insuficiência de classes, poderia conduzir-nos a inferências erradas. Inclusive, notou-se que para os estudos baseados nos modelos de distribuições descritos, quando se trabalha com plantas infestadas, 5 plantas não é um número

suficiente para o estudo de distribuição espacial, e pode conduzir a resultados que não refletem o verdadeiro arranjo da praga.

3.3.1 Dinâmica populacional da *S. frugiperda*

A população de lagartas de *S. frugiperda* atingiu elevados índices na área amostral durante o período de avaliação. Esses altos níveis de infestação observados, chegando a 85% de plantas infestadas com pelo menos uma lagarta (Figura 2), podem estar relacionados ao fato de não ter sido utilizada nenhuma medida efetiva de controle na área amostral, durante o período da realização das amostragens. Segundo CARVALHO (1970), citado por SILOTO (2002), após a chegada dos primeiros indivíduos adultos na área, a população permanece pequena por um curto período, aumentando rapidamente em seguida até atingir o tamanho máximo, e permanecendo assim até próximo do final do ciclo da cultura (Figura 2).

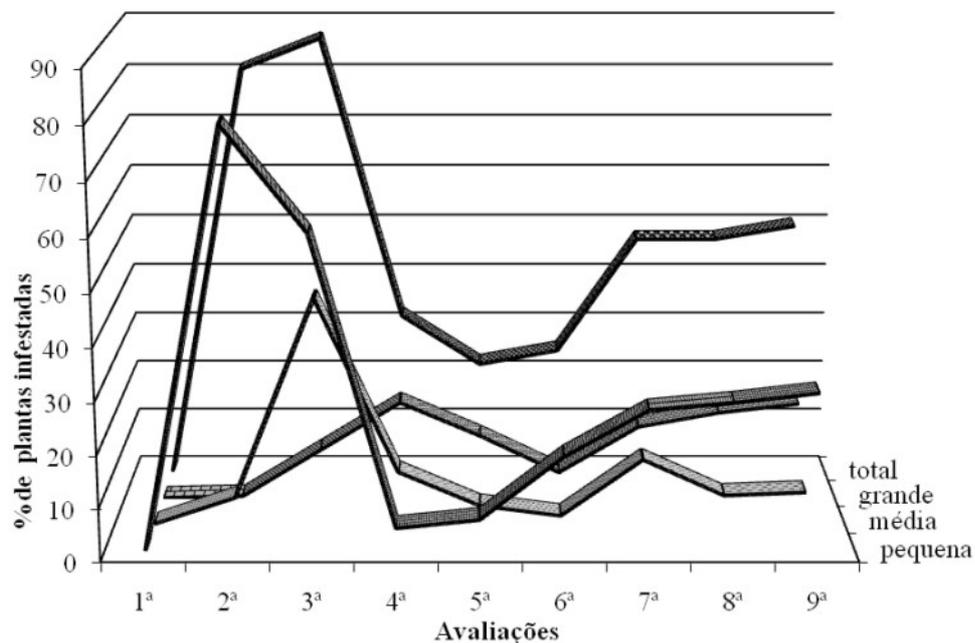


FIGURA 2: Porcentagem de plantas infestadas com lagartas de *S. frugiperda* na cultura do milho. Dourados – MS, 2008.

3.3.2 Estudo de correlação e distribuição espacial de plantas com nota 3

Observando os resultados das correlações (Tabela 1), verificou-se um relacionamento, estatisticamente significativo, entre a nota 3 e o número de lagartas médias.

Este relacionamento também ocorre para o número de plantas infestadas com pelo menos uma lagarta média. Há também correlação entre nota 3, lagartas grandes e total de lagartas. Nota-se que não houve correlação significativa entre nota 3 e lagartas pequenas em nenhum dos campos amostrais.

Diante dos resultados acima descrito, foi realizado o estudo do arranjo de plantas com o dano referente à nota 3. A determinação do arranjo da população de plantas com nota 3

objetivou construir, posteriormente, um plano de amostragem seqüencial baseado nesta variável. Este plano, baseado na nota 3, poderia ser utilizado no monitoramento de lavouras de milho geneticamente modificado.

TABELA 1. Correlações entre nota 3 e dados de lagartas, observadas nos diferentes campos amostrais. Dourados-MS, 2008.

		Nota 3 nos diferentes campos amostrais				
		I	II	III	IV	V
Número de Lagartas	Pequenas	0,35	0,55	-0,16	0,10	0,17
	Médias	0,84**	0,96**	0,90**	0,81**	0,75**
	Grandes	0,80**	0,97**	0,31	0,42	0,97**
	Totais	0,45	0,88**	0,33	0,38	0,45
Número de plantas infestadas	Pequenas	-0,36	0,65	0,41	0,18	0,19
	Médias	0,85*	0,94**	0,92**	0,81**	0,94**
	Grandes	0,81*	0,97**	0,37	0,45	0,36
	Totais	0,69*	0,93**	0,67	0,49	0,51

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

O milho geneticamente modificado é uma nova tática de controle de pragas que consiste nas plantas geneticamente modificadas resistentes a insetos (FERNANDES, 2003). Por meio de técnicas apuradas foi introduzido um gene de *Bacillus thuringiensis* (Bt) em plantas de milho. O gene introduzido codifica a expressão de proteínas *Bt*, com ação inseticida, efetiva no controle de lepidópteros como a *S. frugiperda* (LOGUERCIO et al., 2002). As lagartas ao se alimentarem do tecido foliar do milho geneticamente modificado ingerem esta proteína, que atua nas células epiteliais causando desequilíbrio osmótico das

células, o que conduz à desintegração do mesentero, levando o inseto a morte (LOGUERCIO et al., 2002, FERNANDES, 2003).

Isso seria uma ferramenta para observar não só a eficiência da tecnologia, mas também monitorar uma possível evolução de população resistente.

A amostragem com base em nota 3 seria importante em campos com o milho transgênico, pois, nesta áreas só estariam presentes, teoricamente, lagartas pequenas, as quais deverão alimentar-se da planta para serem controladas, porém não deverá apresentar plantas com notas 3. A presença de plantas atacadas com dano referente à nota 3 seria um indicativo do desenvolvimento das lagartas, ou seja, estaria havendo uma falha no controle. Desta maneira, essa seria uma forma de monitorar as lavouras de milho geneticamente modificado, não só para observar a eficiência da tecnologia, mas também monitorar uma possível evolução de populações resistentes.

Os resultados do teste de aderência das frequências para plantas com nota 3 estão representados na tabela 2. Observa-se que houve ajuste para todos os modelos em quase todas as avaliações. Na primeira avaliação não houve a presença de plantas que apresentasse esse tipo de dano, o que era esperado, pois como observamos esse dano não está relacionado a lagartas pequenas, as quais estão presentes, quase que exclusivamente, nas primeiras avaliações.

Apesar do ajuste a mais de um modelo, na estatística ecológica pode-se aceitar que o melhor ajuste é representado pela distribuição de frequência que apresenta o menor valor do X^2 (qui-quadrado) calculado. Sendo assim, na 2^a, 3^a e 8^a amostragens o melhor ajuste ocorreu ao modelo Binomial Negativo (Tabela 2), o qual descreve um arranjo agregado.

TABELA 2. Teste qui-quadrado de aderência das frequências observadas às frequências esperadas pelas distribuições de Poisson, Binomial Negativa (Bn) e Binomial Positiva (Bp) para plantas com nota 3, em Dourados-MS, 2008.

Avaliações	Média	Variância	G.L	Poisson	G.L	Bn.	G.L	Bp
1 ^a	--	--	--	--	--	--	--	--
2 ^a	1,11	1,27	3	1,39 ^{NS}	2	0,32 ^{NS}	1	6,19*
3 ^a	1,85	1,92	5	5,59 ^{NS}	4	5,54 ^{NS}	3	6,33 ^{NS}
4 ^a	2,41	2,14	5	6,74 ^{NS}	5	8,16 ^{NS}	3	5,98 ^{NS}
5 ^a	2,86	2,10	5	5,99 ^{NS}	4	11,62*	3	3,10 ^{NS}
6 ^a	3,01	2,61	6	9,54 ^{NS}	5	10,25 ^{NS}	4	5,26 ^{NS}
7 ^a	1,73	1,51	4	4,64 ^{NS}	3	6,47 ^{NS}	3	4,12 ^{NS}
8 ^a	2,15	2,20	5	3,97 ^{NS}	4	3,00 ^{NS}	3	7,26 ^{NS}
9 ^a	2,39	2,14	5	2,09 ^{NS}	5	3,32 ^{NS}	4	2,01 ^{NS}

*Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

**Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

^{NS}Não significativo.

Nas demais avaliações (4^a, 5^a, 6^a, 7^a e 9^a) o modelo que melhor descreveu os dados foi o modelo Binomial Positivo. Observa-se que nestas avaliações o menor valor de χ^2 calculado ocorreu neste modelo. De acordo com BARBOSA (1992) é esperado para avaliações onde são consideradas a presença ou ausência da praga, que o modelo que melhor descreva esses dados seja o modelo Binomial Positiva. As avaliações da presença de plantas com dano correspondente a nota 3 é na verdade um estudo de presença ou ausência deste tipo de dano.

Para a construção do plano de amostragem baseado na nota 3, deve-se usar as curvas de decisão baseadas na distribuição Binomial Positiva.

3.3.3 Distribuição espacial de posturas

Tentou-se realizar o estudo de como ocorria à distribuição de postura no campo, mas apenas para uma avaliação foi possível estabelecer o arranjo das posturas na área baseado nos modelos de probabilidade (apenas na avaliação do dia 06/11/06 do campo experimental).

Apesar de nenhum ajuste ter sido observado, nota-se que se considerarmos a média e a variância e o menor valor do χ^2 (qui-quadrado) calculado, o modelo que melhor ajustou-se aos dados de postura foi o da Binomial Positiva (Tabela 3); o qual descreve um arranjo aleatório. Apesar dos dados serem referentes a apenas uma avaliação, o que não nos permite fazer muitas inferências, nota-se que as observações relatadas nos estudos de BARBOSA (1982), BIANCO (1995), ÁLVARES E MARTINEZ (1990) e FARIAS et al. (2001) trabalhando com *S. frugiperda*, nas quais os autores reportam o arranjo agregado para lagartas pequenas, podem estar realmente vinculado apenas ao hábito da praga realizar sua postura em massas de ovos (as massas podem conter até 500 ovos), e não ao arranjo das posturas na área.

TABELA 3. Teste qui-quadrado de aderência das freqüências observadas às freqüências esperadas pelas distribuições de Poisson, Binomial Negativa (Bn) e Binomial Positiva (Bp) para posturas de *S. frugiperda*, em Dourados-MS, 2008.

Avaliações	Média	Variância	G.L	Poisson	G.L	Bn.	G.L	Bp
1 ^a	0,65	0,47	2	8,56*	1	17,18**	1	5,41*

*Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

**Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

JAHNKE et al. (2003) relatam que a seleção do local de oviposição pelo inseto objetiva assegurar não só a colonização da área, mas também o desenvolvimento de seus descendentes. Sendo assim, as mariposas buscam plantas que ainda não foram infestadas; e como a presença de adultos é constante na região estudada, as massas de ovos seriam colocadas de forma uniforme pela praga, na tentativa de aproveitar melhor os recursos disponíveis.

3.3.4 Distribuição espacial de lagartas atacando espigas

A disposição de lagartas atacando espiga também só foi observada em apenas uma avaliação, e o arranjo da praga foi descrito como aleatório (Tabela 4). Esta disposição espacial deve estar relacionada ao canibalismo característico dessa espécie, que faz com que as lagartas dispersem e seja encontrada apenas uma lagarta por espiga.

TABELA 4. Teste qui-quadrado de aderência das frequências observadas às frequências esperadas pelas distribuições de Poisson, Binomial Negativa (Bn) e Binomial Positiva (Bp) para lagartas de *S. frugiperda* atacando espigas, em Dourados-MS, 2008.

Avaliações	Média	Variância	G.L	Poisson	G.L	Bn.	G.L	Bp
1 ^a	6,65	4,07	7	5,62 ^{ns}	1	15,15 ^{**}	1	60,26 ^{**}

*Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

**Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

^{ns}Não significativo.

3.3.5 Distribuição espacial de inimigos naturais

Na primeira avaliação não foi detectada a presença de inimigos naturais, já na segunda apesar de presente, não houve índice de classes que permitisse o cálculo de ajuste da distribuição. Na 3ª avaliação o melhor ajuste foi ao modelo agregado, na 4ª ao aleatório e na 5ª ao modelo uniforme. Na 6ª e 9ª avaliações não houve ajuste aos modelos. Para a 7ª e 8ª avaliações o ajuste deu-se ao modelo aleatório e ao uniforme, respectivamente (Tabela 5).

Não houve um padrão de distribuição definido na área, isto se deve ao fato de que para esse estudo utilizou-se os dados provenientes do complexo de inimigos naturais e não das espécies separadamente. Estes resultados evidenciam que o estudo de distribuição espacial de pragas é inerente a espécie, ao habitat, e até mesmo a populações de uma mesma espécie, o que não nos permite conduzir estudos por complexos de inimigos naturais ou de pragas. Segundo FARIAS et al. (2001) os estudos de distribuição espacial de insetos são influenciados pelas diferentes condições ambientais, estágio de desenvolvimento do inseto, pela cultura, pela espécie em estudo, ou seja, esses estudos são próprios de cada espécie. Sendo assim, conclui-se que não há um único modelo que descreva o arranjo do complexo de inimigos naturais, nas condições estudadas, sendo necessário dividi-los em espécies.

TABELA 5. Teste qui-quadrado de aderência das freqüências observadas às freqüências esperadas pelas distribuições de Poisson, Binomial Negativa (Bn) e Binomial Positiva (Bp) para a presença de inimigo natural nas plantas de milho, em Dourados-MS, 2008.

Avaliações	Média	Variância	G.L	Poisson	G.L	Bn.	G.L	Bp
1 ^a	--	--	--	--	--	--	--	--
2 ^a	0,30	0,13	--	i	--	i	--	i
3 ^a	0,71	1,44	2	13,59 ^{**}	3	7,58 ^{NS}	1	17,88 ^{**}
4 ^a	1,36	2,06	4	3,65 ^{NS}	4	3,76 ^{NS}	3	4,23 ^{NS}
5 ^a	1,80	1,45	4	4,16 ^{NS}	3	7,67 ^{NS}	2	2,62 ^{NS}
6 ^a	6,42	3,64	8	23,46 ^{**}	7	39,46 ^{**}	5	15,61 ^{**}
7 ^a	5,24	3,98	8	9,97 ^{NS}	7	15,61 [*]	5	23,23 ^{**}
8 ^a	6,53	3,19	7	25,74 ^{**}	7	47,81 ^{**}	5	12,37 [*]
9 ^a	5,15	3,56	7	11,60 ^{NS}	7	27,88 ^{**}	5	6,18 ^{NS}

*Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

**Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

^{NS}Não significativo.

3.3.6 Distribuição espacial de plantas infestadas

Na primeira avaliação houve ajuste aos três modelos de distribuição, sendo o ajuste mais adequado ao modelo de distribuição de Poisson, o qual apresentou o menor valor de X^2 (qui-quadrado) calculado. Nas duas avaliações subseqüentes houve ajuste ao modelo de

Poisson e a Binomial Negativa, sendo o melhor ajuste mais uma vez descrito pelo modelo aleatório (Tabela 6).

O modelo de distribuição Binomial Positiva foi o que melhor representou a distribuição espacial da população nas demais amostragens realizadas (4^a, 5^a, 6^a, 7^a, 8^a e 9^a). Para a avaliação do número de plantas infestadas o arranjo uniforme é o que melhor descreve a distribuição desta variável.

Esse resultado corrobora com as observações de BARBOSA (1992) e FARIAS et al. (2001) em que os autores relatam que a distribuição de plantas infestadas com pelo menos uma lagarta de *S. frugiperda*, ou seja, a proporção de plantas atacadas em uma determinada amostra, foi melhor descrito pelo modelo da distribuição Binomial Positiva, o qual descreve o arranjo uniforme.

TABELA 6. Teste qui-quadrado de aderência das freqüências observadas às freqüências esperadas pelas distribuições de Poisson, Binomial Negativa (Bn) e Binomial Positiva (Bp) para plantas infestadas com pelo menos uma lagarta de *S. frugiperda*, em Dourados-MS, 2008.

Avaliações	Média	Variância	G.L	Poisson	G.L	Bn.	G.L	Bp
1 ^a	3,97	3,10	7	7,24 ^{NS}	6	12,33 ^{NS}	5	9,21 ^{NS}
2 ^a	3,28	3,29	7	1,15 ^{NS}	6	1,42 ^{NS}	5	12,31 [*]
3 ^a	4,32	3,55	8	8,36 ^{NS}	6	11,83 ^{NS}	5	16,79 ^{**}
4 ^a	5,34	2,76	8	18,15 [*]	8	37,32 ^{**}	5	3,79 ^{NS}
5 ^a	6,67	3,44	7	14,18 ^{**}	7	31,41 ^{**}	5	9,01 ^{NS}
6 ^a	7,13	2,49	7	50,37 ^{**}	7	84,16 ^{**}	4	8,84 ^{NS}
7 ^a	6,55	2,75	8	30,09 ^{**}	5	72,96 ^{**}	3	2,90 ^{NS}
8 ^a	6,84	2,36	7	34,94 ^{**}	7	66,26 ^{**}	5	2,63 ^{NS}
9 ^a	7,07	2,17	2	46,05 ^{**}	5	67,68 ^{**}	4	3,61 ^{NS}

*Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

**Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

^{NS}Não significativo.

3.3.7 Distribuição espacial de lagartas de tamanho médio

O interesse de estudar as lagartas de tamanho médio na cultura do milho ocorreu devido a observações de campo. Na safra de verão de 2006, na intenção de estabelecer uma população de lagartas criadas em laboratório, foram coletadas no campo aproximadamente 130, levadas ao laboratório e colocadas em recipientes com dieta artificial para obtenção de adultos. No entanto, do total de lagartas coletadas, foram obtidos apenas 47 adultos, nos demais recipientes foram observados parasitóides, mostrando que as medidas de controle utilizadas deveriam explorar o potencial de controle biológico existente e até fomentá-lo para diminuir o impacto ambiental.

Segundo CRUZ E MONTEIRO (2004) o aumentando da severidade de lagartas de *S. frugiperda* em várias áreas cultivadas com milho no Brasil, deve-se não somente ao aumento da exploração da cultura, que é cultivada em várias regiões brasileiras, em duas safras anuais, mas também ao desequilíbrio biológico, pela eliminação de seus inimigos naturais, principalmente, devido a aplicações precoces de produtos não seletivos.

Outro fato relevante é que de acordo com REZENDE et al. (1994) apesar de todo o potencial de dano e da voracidade da lagarta-do-cartucho, que consome aproximadamente 200cm² de folha para completar seu desenvolvimento, quase 95% deste consumo foliar ocorre nos últimos estágio larvais. Isso evidencia que aplicações precoces muitas vezes são desnecessária, pois lagartas pequenas não causam danos significativos e também não é dada a oportunidade para a atuação dos inimigos naturais, visto que em algumas situações o controle biológico natural consegue manter em níveis razoavelmente baixos as populações de diversas pragas.

No entanto, esperar a presença de lagartas grandes também não é interessante. Isto porque, além da dificuldade de controle da lagarta, pois, quando desenvolvida localiza-se no “cartucho” (folhas em desenvolvimento que ainda estão enroladas, formando um cartucho), onde se alimenta no sentido descendente da planta eliminando seus excrementos para cima, formando uma barreira física que dificulta o controle químico; a presença de lagartas desenvolvidas, provavelmente, já teria causado dano econômico.

Nota-se que todo o conhecimento não só da praga, mas dos inimigos naturais e da cultura darão suporte as medidas de controle, pois, apesar das diversas alternativas de controle e do grande volume de estudos sobre esta praga, a eficiência de seu manejo tem sido prejudicada pela falta de monitoramento adequado. De acordo com BIANCO (1995) geralmente as decisões de controlar ou não da praga, ainda são tomadas de forma empírica, que na maioria das vezes ou são precipitadas ou são tardias onerando custos de produção e promovendo desequilíbrio do agroecossistema. Baseado nestas observações realizou-se o estudo de distribuição das lagartas médias e o resumo dos testes de ajustes estão representados na Tabela 7.

Nas duas primeiras avaliações houve ajuste ao modelo de Poisson e insuficiência de classes para o modelo Binomial Negativo, isto devido aos baixos níveis populacionais, o que é esperado, porque nas primeiras avaliações lagartas de tamanho médio não estão presentes.

Na 3ª e 4ª amostragens houve ajuste aos dois modelos estudados, no entanto, o modelo que descreve o arranjo agregado apresentou o menor X^2 calculado. A tendência a agregação também pode ser observado pelos valores da variância maior que a média.

TABELA 7. Teste qui-quadrado de aderência das frequências observadas às frequências esperadas pelas distribuições de Poisson e Binomial Negativa (Bn) para plantas infestadas com lagartas médias de *S. frugiperda*, em Dourados, MS.

Avaliações	Média	Variância	G.L	Poisson	G.L	Bn.
1 ^a	0,29	0,35	2	6,93 ^{ns}	--	i
2 ^a	0,50	0,45	2	0,38 ^{ns}	--	i
3 ^a	1,42	1,82	4	7,78 ^{ns}	3	3,94 ^{ns}
4 ^a	1,10	1,65	3	5,01 ^{ns}	3	0,89 ^{ns}
5 ^a	2,69	5,15	6	32,36 ^{**}	7	5,40 ^{ns}
6 ^a	1,60	2,38	6	39,15 ^{**}	6	6,29 ^{ns}
7 ^a	1,97	3,95	5	32,38 ^{**}	5	4,56 ^{ns}
8 ^a	3,18	7,54	6	50,08 ^{**}	8	2,67 ^{ns}
9 ^a	5,30	11,34	9	60,10 ^{**}	8	6,90 ^{ns}

*Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

**Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

^{ns}Não Significativo.

Podem ser observados nas demais avaliações, valores significativos ao modelo teórico de distribuição de Poisson, ou seja, valores que indicam que os dados de contagem obtidos no campo não se ajustam a este modelo.

Para a 5^a, 6^a, 7^a, 8^a e 9^a avaliações ocorreu ajuste a modelo da Binomial Negativa, descrevendo o arranjo agregado das lagartas de tamanho médio. De acordo como os dados observados para os modelos teóricos de distribuições de frequência, as lagartas de tamanho médio da espécie *S. frugiperda* possui um padrão de dispersão espacial definido mais adequadamente pela agregação.

3.4 Conclusões

Face as metodologias empregadas nesse trabalho, os dados estudados e os resultados obtidos, pode-se concluir que:

- o modelo Binomial Positivo é o que melhor descreve o arranjo espacial das plantas com danos referentes à nota 3;
- as plantas infestadas com pelo menos uma lagarta estão dispersas uniformemente na área experimental;
- as lagartas de tamanho médio possuem o padrão de dispersão espacial definido mais adequadamente pela agregação.

4 AMOSTRAGEM SEQUENCIAL DA LAGARTA-DO-CARTUCHO, *Spodoptera frugiperda* (J.E. SMITH, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), NA CULTURA DO MILHO

SEQUENTIAL SAMPLING OF FALL ARMYWORM, *Spodoptera frugiperda* (J.E. SMITH, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), ON CORN CROP

RESUMO – A amostragem seqüencial é uma importante ferramenta utilizada no manejo integrado de pragas pela rapidez e eficiência na tomada de decisão. O experimento foi conduzido em campo experimental de milho dividido em 100 parcelas, no qual se avaliou 10 plantas por parcela. O nível de segurança foi de 10%, ou seja, o erro utilizado foi $\alpha=\beta=0,10$. A partir da análise dos dados, foram obtidos 3 planos de amostragens seqüenciais. Para lagartas de tamanho médio as linhas de foram: uma superior ($S_1 = 4,6803 + 1,4243 N$), a partir da qual se recomenda o controle, e outra inferior ($S_0 = -4,6803 + 1,4243 N$), até a qual o controle não é recomendado. Para plantas com notas 3 as duas linhas de decisão foram: a superior, definida por $S_1 = 2,7095 + 1,1452 N$, que representa a necessidade de controle e a inferior $S_0 = -2,7095 + 1,1452 N$, representando que o controle não é recomendado. Foram geradas duas retas para o plano de amostragem seqüencial para plantas infestadas, a superior $S_1 = 1,8161 + 0,0919 N$, a partir da qual se recomenda o controle, e outra inferior $S_0 = -1,8161 + 0,0919 N$, em que o controle não é recomendado.

PALAVRAS CHAVES: Plano de amostragem, *Zea mays*, linhas de decisão.

ABSTRACT – The sequential sampling is a important tool in integrated pest management because it is quick and efficient way to decide about the control of pests. The security level was 10% ($\alpha=\beta=0,10$). The studied was carried out in corn experimental field, which had 100 plots with 10 plants each From the analyzed data, were built 3 sequential sampling plans. To the medium worm two lines were built, one superior ($S_1 = 4,6803 + 1,4243 N$), from which control is recommended and another inferior ($S_0 = -4,6803 + 1,4243 N$), were the control is not recommended Two lines were obtained to plants with damage relative note 3, one superior $S_1 = 2,7095 + 1,1452 N$, from which control is recommended and another inferior $S_0 = -2,7095 + 1,1452 N$, were the control is not recommended. To infested plants with at least one worm the lines were: one superior $S_1 = 1,8161 + 0,0919 N$, from which control is recommended and another inferior $S_0 = -1,8161 + 0,0919 N$, were the control is not recommended.

KEY WORDS: Sampling plan, *Zea mays*, decision lines

4.1 Introdução

A cultura do milho (*Zea mays*) é uma das mais importantes no contexto econômico e social brasileiro e está presente na grande maioria das propriedades agrícolas, tanto em propriedades que se emprega alta tecnologia, com elevada produtividade; bem como nas pequenas, onde está como cultura de subsistência, com baixa utilização de tecnologia (SILOTO, 2002).

O Brasil é o terceiro produtor mundial de milho, estando a sua frente apenas os Estados Unidos e a China. A produtividade média nacional (3,9 t/ha nas últimas três safras), ainda, é baixa, quando comparada a outros países. Por exemplo, o rendimento nacional representa menos de um terço do norte-americano e cerca de metade do argentino (FNP, 2008).

As pragas também têm elevada participação, principalmente nos últimos anos com o cultivo de milho “safrinha”, que oferece condições para a continuidade e desenvolvimento das pragas devido à permanência da planta de milho na área, praticamente durante todo ano (FARIAS et al., 2001). Dentre as pragas mais importantes do milho, destaca-se a lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J.E.SMITH, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), considerada a principal praga desta cultura no Brasil (CRUZ, 1993).

O potencial de dano provocado por esta praga, em milho, tem sido muito estudado. BIANCO (1991), em estudos realizados no Paraná, observou perdas de 60% e 38% para condições de seca e de precipitações relativamente normais, respectivamente. Em algumas situações a praga pode até mesmo impedir a produção (ÁVILA et al., 1997). Como observado, infestações elevadas provocam sérios prejuízos à cultura se o efetivo controle não

for feito. As medidas de controle das pragas fazem parte dos sistemas de produção e para o desenvolvimento sustentado neste agroecossistema há necessidade da implementação do Manejo Integrado das Pragas (MIP), que proporciona soluções dos problemas com pragas a longo prazo.

O MIP consiste na integração de práticas e métodos apropriados de controle de pragas, de um modo compatível, que possibilita a manutenção das populações dos competidores abaixo do nível econômico. Inclui a combinação de várias estratégias e táticas de controle, tais como: práticas culturais, resistência varietal, controle biológico e manejo de inseticidas (SANTOS, 2001).

No MIP a amostragem, juntamente com o conhecimento de biologia e ecologia do inseto, níveis de dano econômico e controle biológico, é aspecto primordial para se decidir sobre a necessidade ou não de alguma ação de controle com base não só nas populações das pragas, mas também nas populações dos inimigos naturais (VIEIRA NETO et al., 2007).

Para programar um manejo, é necessário construir um plano confiável de amostragem que permita estimar a densidade populacional da praga e seu dano, e com base nele, tomar uma decisão sobre uma medida de controle (FARIAS et al., 2001).

Existem, basicamente, dois tipos de amostragem: a amostragem comum ou simples e a amostragem seqüencial. A comum o número de amostras é fixo, e estabelecido antes do início da amostragem, e os resultados são avaliados após o seu término. A amostragem seqüencial é um método estatístico caracterizado por não apresentar um número fixo de observações, sendo que a decisão de terminar a amostragem depende dos resultados obtidos até o dado momento. Assim, as informações parciais fornecidas pela amostragem são levadas em conta, o que não ocorre com os métodos não seqüenciais (SACONATO, 2005; BOARETTO e BRANDÃO, 2006).

Outra diferença, segundo ESTEFANEL (1977), é que enquanto na amostragem convencional os parâmetros populacionais são estimados para, posteriormente, testar uma hipótese a respeito desses parâmetros, na amostragem seqüencial a hipótese é testada sem a preocupação de estimá-los. A grande vantagem da amostragem seqüencial consiste na economia de tempo (ESTEFANEL, 1977; BIANCO, 1995; VIEIRA NETO et al., 2007).

Para elaborar um plano de amostragem seqüencial, baseado no método do teste de razão de verossimilhança de Wald, é necessário conhecer a distribuição da variável que está sendo levantada pela amostragem, formular as hipóteses e estabelecer os riscos de tomar decisões erradas (ESTEFANEL, 1977).

Desta maneira o presente estudo tem por objetivo construir um plano de amostragem para a lagarta *Spodoptera frugiperda* no milho, em Dourados-MS.

4.2 Materiais e Métodos

O estudo foi desenvolvido no período de outubro a dezembro de 2007, em lavoura de milho. O experimento foi conduzido em área da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados, em Dourados-MS (latitude de 22°14'S, longitude de 54°49'W, e altitude 458m).

O campo experimental foi composto de 1 (um) hectare, dividido em 100 (cem) parcelas de 10 x 10 m, nas quais foram amostradas 10 (dez) plantas. Utilizou-se o milho híbrido DG 501, o espaçamento entre linhas foi de 0,9 metros com 5 plantas por metro linear. Não houve tratamento de sementes com inseticida. O controle da lagarta, quando realizado,

utilizou, sub-dose, do inseticida no intuito de apenas reduzir os níveis de infestação e não alcançar um controle efetivo da praga.

As amostragens foram programadas para serem realizadas a cada cinco dias, no entanto, devido a interferências as mesmas foram realizadas em intervalos de no mínimo 3 e no máximo 7 dias, totalizando de 9 amostragens.

Nas plantas foi observada a presença de dano, para o qual foi atribuída uma nota de acordo com escala de notas descrita por Carvalho (1970) citada por FIGUEIREDO et al. (1999), onde: 0 – folhas sem dano; 1 – folhas raspadas; 2 – folhas furadas; 3 – lesão no cartucho; 4 – cartucho completamente destruído; 5 – plantas mortas. As notas só foram dadas após a observação e abertura completa da planta. Foram quantificadas ainda as posturas presentes nas plantas e as lagartas, as quais foram divididas em função de seus tamanhos em pequenas ($p < 1,0$ cm), médias ($1,0 < m < 1,5$) e grandes ($g > 1,5$). Foi realizada também a coleta de dados referentes aos inimigos naturais presentes nos campo experimentais, principalmente, no que se refere aos predadores. Todos os dados foram coletados por planta.

Os dados obtidos em cada uma das amostragens foram utilizados para a descrição matemática da dispersão espacial da população desse inseto. Foram determinados a média e a variância. As seguintes distribuições teóricas de frequências foram utilizadas como modelo para amostras das populações: distribuição de Poisson, distribuição Binomial Negativa e distribuição Binomial Positiva. Em seguida, foram realizados os testes de ajustes da estatística de χ^2 (qui-quadrado) dos dados obtidos em campo às distribuições teóricas de frequência.

YOUNG E YOUNG (1998) ressaltam que alguns requisitos relativos à praga e ao grau de precisão desejado da amostragem são necessários para o desenvolvimento de um plano de amostragem seqüencial para insetos; entre esses, estão: a) a obtenção de uma função de probabilidades que descreva a distribuição das contagens dos insetos; b) o nível de dano econômico na forma de duas densidades críticas, tais que o dano ocorre se a população da

variável escolhida ultrapassa o limite superior previamente estabelecido, e não ocorre dano caso a população permanecer abaixo do limite inferior estabelecido; c) seleção de níveis máximos de probabilidade de cometer erros na decisão sobre densidades populacionais, isto é, a probabilidade α de predizer uma densidade populacional não prejudicial como sendo prejudicial (erro do tipo I), e a probabilidade β de predizer uma densidade prejudicial como sendo não prejudicial (erro do tipo II); e, d) índice K comum (K_c) ou uma estimativa precisa do índice K, caso a distribuição seja binomial negativa.

O níveis de dano econômico adotado para elaboração dos planos foi de 10 e 20% (FARIAS et al., 2001), exceto para o plano referentes a plantas com nota 3, onde foi adotado 5 e 15%. Isto porque, o plano baseado em nota será utilizado em lavouras de milho geneticamente modificado, no qual o custo de implantação da lavoura é maior.

O valor do nível de segurança, ou seja, o erro utilizado foi $\alpha=\beta=0,10$ visto que 10% é o mais indicado para trabalhos com inseto (YOUNG; YOUNG, 1998).

As equações da reta da linha de decisão superior e a linha de decisão inferior do teste TSRV são definidas, respectivamente, como:

$$S_1 = h_1 + SN$$

$$S_0 = h_0 + SN$$

na qual, o valor N indica o número da unidade amostral a ser utilizada na amostragem, e os valores h_1 , h_2 e S são determinados em função do tipo de distribuição espacial do organismo estudado. Dessa forma, esses valores são determinados através seguintes equações:

Distribuição Binomial Positiva:

$$h_0 = \frac{b}{\ln \left[\frac{p_1 q_0}{p_0 q_1} \right]}$$

$$h_1 = \frac{a}{\ln \left[\frac{p_1 q_0}{p_0 q_1} \right]}$$

$$S = \frac{\ln \left[\frac{q_0}{q_1} \right]}{\ln \left[\frac{p_1 q_0}{p_0 q_1} \right]}$$

onde:

$$a = \ln \left(\frac{1 - \beta}{\alpha} \right)$$

$$b = \ln \left(\frac{\beta}{1 - \alpha} \right)$$

$\mu_0 = \lambda_0 = q_0 = \text{nível de segurança}$

$\mu_1 = \lambda_1 = q_1 = \text{nível de ação}$

$p_0 = 1 - q_0$

$p_1 = 1 - q_1$

Distribuição Binomial Negativa:

$$h_0 = \frac{b}{\ln \left[\frac{\mu_1(\mu_0 + k)}{\mu_0(\mu_1 + k)} \right]}$$

$$h_1 = \frac{a}{\ln \left[\frac{\mu_1(\mu_0 + k)}{\mu_0(\mu_1 + k)} \right]}$$

$$S = k \frac{\ln \left[\frac{\mu_1 + k}{\mu_0 + k} \right]}{\ln \left[\frac{\mu_1(\mu_0 + k)}{\mu_0(\mu_1 + k)} \right]}$$

Quando várias amostragens são realizadas em uma mesma amostra ou quando se utiliza de estudos realizados em várias amostras com o intuito de se conseguir maior confiabilidade no cálculo do k da distribuição Binomial Negativa, deve-se determinar o índice K comum (Kc). O Kc é calculado pelo método proposto por BLISS E OWEN (1958), ou seja:

$$\frac{1}{Kc} = \frac{\sum_i w_i x_i' \cdot y_i'}{\sum_i w_i x_i'^2}$$

onde:

$$x_i' = \bar{X}_i^2 - \frac{s_i^2}{n_i}$$

$$y_i' = s_i^2 - \bar{X}_i$$

n_i =tamanho da amostra

s_i^2 = variância

\bar{X}_i = média estimada

$$w_i = \frac{0.5(n_i - 1)\hat{k}_c^4}{\bar{X}_i^2 (\bar{X}_i + \hat{k}_c)^2 \left(\hat{k}_c (\hat{k}_c + 1) - \frac{(2\hat{k}_c - 1)}{n_i} - \frac{3}{n_i^2} \right)}$$

Como a variável w_i envolve o parâmetro desconhecido k_c , o processo de estimação dessa variável deve ser iterativo e uma estimativa inicial do k_c deve ser obtida através de:

$$\frac{1}{\hat{k}_c} = \frac{\sum_i x' y'}{\sum_i x'^2}$$

Segundo FARIAS et al. (2001) e PEREIRA et al. (2004), após a definição do plano de amostragem seqüencial, é importante que se determine a Curva Característica de Operação $CO(p)$, que é a representação gráfica da função operatória característica que visa fornecer a probabilidade de terminar a amostragem e não aconselhar o controle para um determinado grau de infestação da lavoura. Assim, essa curva indica a probabilidade de se adotar uma decisão correta ou errada para qualquer nível de infestação. Essa função emprega uma variável auxiliar h dependente de p .

$$CO(p) = \frac{\left(\frac{1-\beta}{\alpha}\right)^h - 1}{\left(\frac{1-\beta}{\alpha}\right)^h - \left(\frac{\beta}{1-\alpha}\right)^h}$$

Outra função importante é a Curva do Tamanho Esperado de Unidades Amostras $E_p(n)$ que representa o número médio de observações necessárias para se tomar a decisão de realizar ou não o controle, e depende de p . As funções utilizadas para a determinação de ambas as curvas em qualquer tipo de distribuição espacial são apresentadas por Young & Young (1998) e são:

$$E_p(N) = \frac{CO(p)(h_1 - h_2) + h_2}{p - S}$$

onde h é uma variável auxiliar dependente de p .

Para a construção do plano de amostragem seqüencial todos os dados foram colocados em planilhas do Excel, onde foram inseridas as fórmulas para obtenção dos resultados.

Para a construção do plano de amostragem seqüencial os dados foram registrados em planilhas do programa Excel[®], no qual foram inseridas as fórmulas para obtenção e análises dos resultados.

4.3 Resultados e Discussão

Com base nos resultados de distribuição espacial optou-se por construir 3 planos de amostragens: 1 para lagartas médias, 1 para plantas com nota 3 e 1 para plantas infestadas. A distribuição de plantas com danos de nota 3 e plantas infestadas foram melhor descritas pelo modelo Binomial Positiva. Já o modelo Binomial Negativa foi o que melhor representou a disposição de lagartas médias na cultura do milho.

4.3.1 Plano de amostragem seqüencial para lagartas médias

O K comum (K_c), determinado pelo método proposto por BLISS E OWEN (1958), foi de 2,9893. As linhas de decisão do plano de amostragem seqüencial para lagartas médias, foram representadas por $S_1 = 4,6803 + 1,4243 N$, indicando o limite superior a partir do qual se aceita $H_1: m_1 = 2,0$, já o inferior, até o qual se aceita $H_0: m_0 = 1,0$ é $S_0 = -4,6803 + 1,4243 N$. Por meio dos dados obtidos das retas S_1 e S_0 foi realizada a representação gráfica das linhas de decisão para o plano de amostragem seqüencial de lagartas médias de *S. frugiperda*, calculado para cada valor de N (Figura 3).

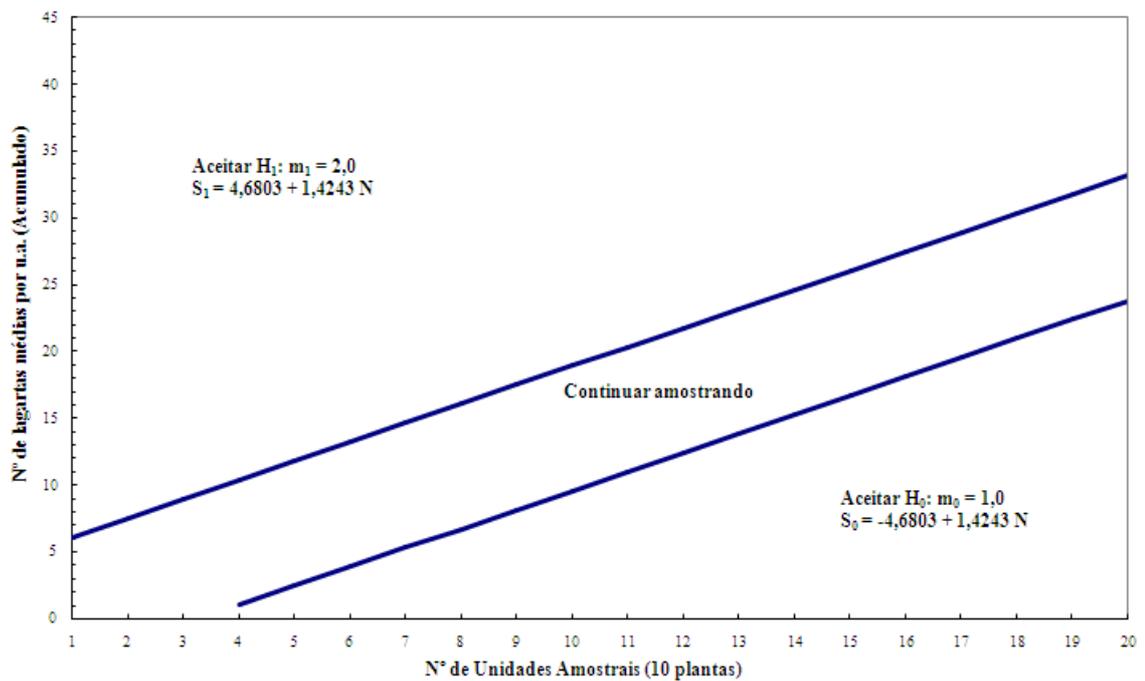


Figura 3: Linhas de decisão do plano de amostragem seqüencial para lagartas de tamanho médio ($1,0 < m < 1,5$) de *S. frugiperda*, com base na distribuição Binomial Negativa. Dourados-MS, 2008.

Para melhor visualização e objetivando também facilitar o trabalho de amostragem no campo, a partir dos dados obtidos na figura 3, construiu-se uma tabela de amostragem na qual a coluna da esquerda representa o limite inferior (S_0) e a coluna da direita representa o limite superior (S_1) (Tabela 8).

TABELA 8. Plano de amostragem seqüencial para avaliar o número de lagartas de tamanho médio ($1,0 < m < 1,5$) de *S. frugiperda*, com base na distribuição Binomial Negativa. Dourados-MS, 2008.

Plano de Amostragem							
Número de amostras	Nº de lagartas médias						
	Lim. inferior	Anotação da amostragem	Lim. superior	Nº de amostras	Lim. inferior	Anotação da amostragem	Lim. superior
1	0		6	51	68		77
2	0		8	52	69		79
3	0		9	53	71		80
4	1		10	54	72		82
5	2		12	55	74		83
6	4		13	56	75		84
7	5		15	57	77		86
8	7		16	58	78		87
9	8		17	59	79		89
10	10		19	60	81		90
11	11		20	61	82		92
12	12		22	62	84		93
13	14		23	63	85		94
14	15		25	64	86		96
15	17		26	65	88		97
16	18		27	66	89		99
17	20		29	67	91		100
18	21		30	68	92		102
19	22		32	69	94		103
20	24		33	70	95		104
21	25		35	71	96		106
22	27		36	72	98		107
23	28		37	73	99		109
24	30		39	74	101		110
25	31		40	75	102		112
26	32		42	76	104		113
27	34		43	77	105		114
28	35		45	78	106		116

29	37	46	79	108	117
30	38	47	80	109	119
31	39	49	81	111	120
32	41	50	82	112	121
33	42	52	83	114	123
34	44	53	84	115	124
35	45	55	85	116	126
36	47	56	86	118	127
37	48	57	87	119	129
38	49	59	88	121	130
39	51	60	89	122	131
40	52	62	90	124	133
41	54	63	91	125	134
42	55	64	92	126	136
43	57	66	93	128	137
44	58	67	94	129	139
45	59	69	95	131	140
46	61	70	96	132	141
47	62	72	97	133	143
48	64	73	98	135	144
49	65	74	99	136	146
50	67	76	100	138	147

A amostragem é feita da seguinte forma: as plantas são avaliadas e o número de lagartas médias encontradas vai sendo anotado, e vai acumulando. A regra para o encerramento da amostragem deve seguir as seguintes condições; caso o total acumulado for igual ou inferior ao número da coluna da esquerda, limite inferior, suspende-se a amostragem aceitando a hipótese H_0 , o controle não é recomendado; já quando o total acumulado igualar ou ultrapassar o limite superior, suspende-se as avaliações e aceita-se H_1 , a medida de controle deve ser realizada. Contudo, caso o número acumulado de lagartas permaneça entre as duas colunas, deve-se continuar amostrando até atingir o número máximo esperado de amostras para tomada de decisão, quando a amostragem é suspensa. Neste último caso, recomenda-se fazer nova avaliação em um intervalo de dias menor do que vem sendo

realizado. Nota-se ainda na mesma tabela que a tomada de decisão só pode ser feita após a 4ª unidade amostral.

Pela curva característica de operação $CO(p)$, verificou-se que quando o número de lagartas médias por 10 plantas for 1, o teste tem 90% de probabilidade de aceitar a hipótese H_0 , ou seja, o teste tem 10% de probabilidade de recomendar o controle de forma desnecessária (figura 4). Quando o número de lagartas passa ser de 2, há uma inversão e o teste tem somente 10% de probabilidade de aceitar H_0 , quando H_1 é verdadeiro. A partir deste ponto a probabilidade de incorrer no erro do tipo I é baixa.

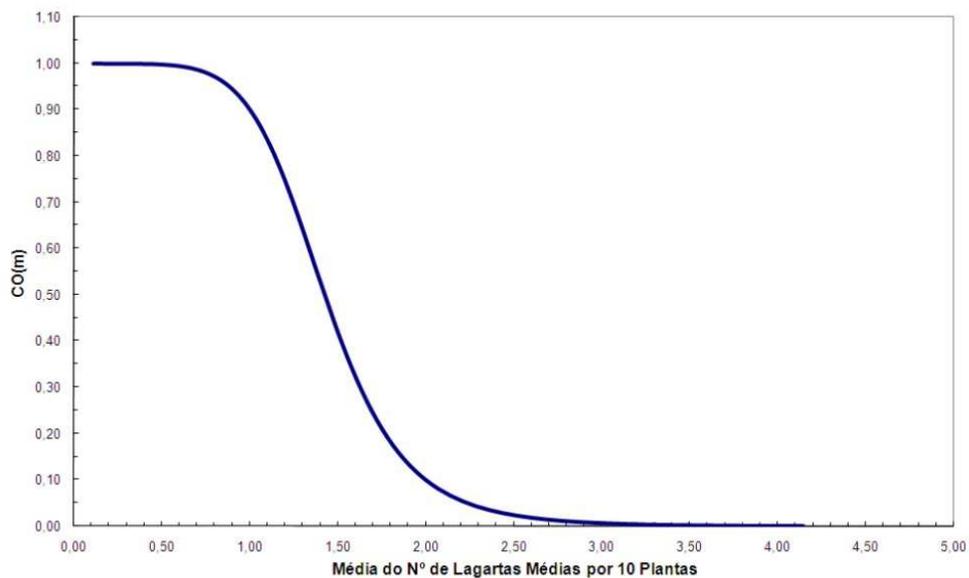


Figura 4: Curva característica de operação $CO(p)$ do teste seqüencial da razão da verossimilhança para população de lagartas médias de *S. frugiperda*. Dourados – MS, 2008.

Na figura 5 onde é representado o número esperado de amostra $Ep(n)$, fica palpável a vantagem do uso de amostragem seqüencial. Verifica-se que em baixos e elevados níveis de infestações a tomada de decisão é rápida, e somente em infestações intermediárias será necessário aumentar o número de pontos amostrais. O número esperado máximo, que é,

aproximadamente, 11 unidades amostrais é alcançado com infestação intermediária de uma lagarta e meia.

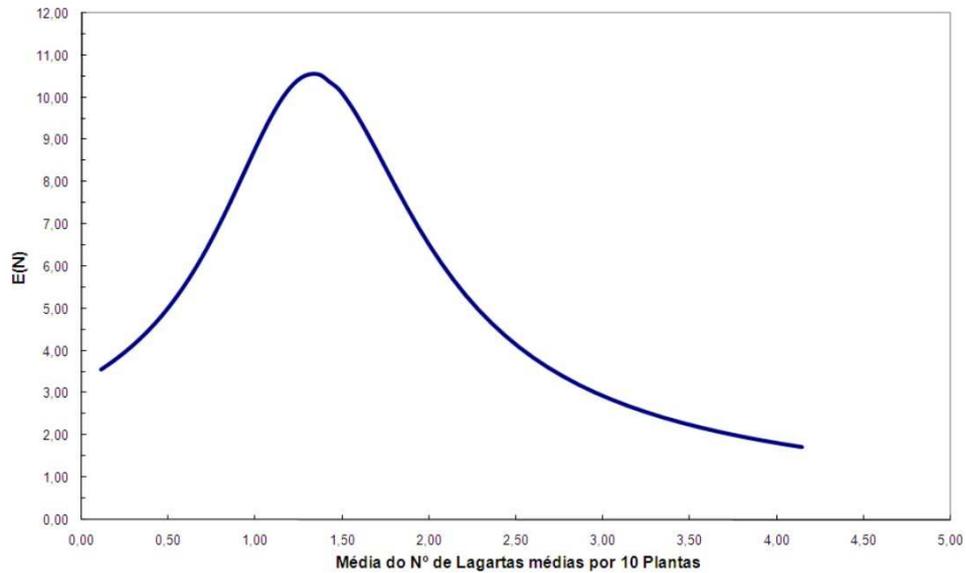


Figura 5: Curva do tamanho esperado da amostra $E_p(n)$, do teste seqüencial da razão da verossimilhança para população de lagartas médias de *S. frugiperda*. Dourados-MS, 2008.

Na construção do plano de amostragem seqüencial baseado em plantas com dano referente a nota 3 o nível de segurança utilizado foi de $\alpha=\beta=0,10$ visto que 10% é o mais indicado para trabalhos com inseto (YOUNG; YOUNG, 1998).

4.3.2 Plano de amostragem seqüencial para nota 3

Na construção do plano de amostragem seqüencial baseado em plantas com dano referente a nota 3 o nível de segurança utilizado foi de $\alpha=\beta=0,10$ visto que 10% é o mais indicado para trabalhos com inseto (YOUNG e YOUNG, 1998).

A reta superior de decisão do plano de amostragem seqüencial para nota 3, a partir da qual aceita-se H_1 : $p_1 = 0,15$ é: $S_1 = 1,8161 + 0,0919 N$ e a inferior, até o qual se aceita H_0 : $p_0 = 0,05$ é $S_0 = -1,8161 + 0,0919 N$. As mesmas estão representadas no gráfico (figura 6).

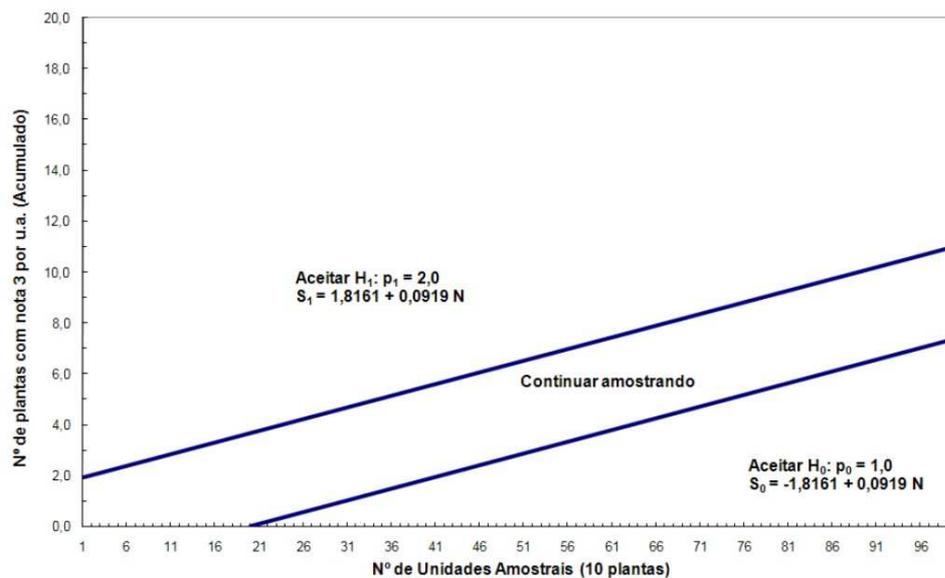


Figura 6: Linhas de decisão do plano de amostragem seqüencial para plantas com nota 3, com base na distribuição Binomial Positiva. Dourados-MS, 2008.

Com relatado, anteriormente, para cada valor de N é calculado o valor de S , a partir das equações S_1 e S_0 , e confeccionada uma tabela para uso no campo (Tabela 9).

TABELA 9. Plano de amostragem seqüencial para avaliar plantas com nota 3, com base na distribuição Binomial Positiva. Dourados-MS, 2008.

Plano de Amostragem							
Número de amostras	Plantas com nota 3						
	Lim. inferior	Anotação da amostragem	Lim. superior	Nº de amostras	Lim. inferior	Anotação da amostragem	Lim. superior
1			2	51	3		7
2			2	52	3		7
3			2	53	3		7
4			2	54	3		7
5			2	55	3		7
6			2	56	3		7
7			2	57	3		7
8			3	58	4		7
9			3	59	4		7
10			3	60	4		7
11			3	61	4		7
12			3	62	4		8
13			3	63	4		8
14			3	64	4		8
15			3	65	4		8
16			3	66	4		8
17			3	67	4		8
18			3	68	4		8
19			4	69	5		8
20	0		4	70	5		8
21	0		4	71	5		8
22	0		4	72	5		8
23	0		4	73	5		9
24	0		4	74	5		9
25	0		4	75	5		9
26	1		4	76	5		9
27	1		4	77	5		9
28	1		4	78	5		9

Plano de Amostragem							
Número de amostras	Plantas com nota 3						
	Lim. inferior	Anotação da amostragem	Lim. superior	Nº de amostras	Lim. inferior	Anotação da amostragem	Lim. superior
29	1		4	79	5		9
30	1		5	80	6		9
31	1		5	81	6		9
32	1		5	82	6		9
33	1		5	83	6		9
34	1		5	84	6		10
35	1		5	85	6		10
36	1		5	86	6		10
37	2		5	87	6		10
38	2		5	88	6		10
39	2		5	89	6		10
40	2		5	90	6		10
41	2		6	91	7		10
42	2		6	92	7		10
43	2		6	93	7		10
44	2		6	94	7		10
45	2		6	95	7		11
46	2		6	96	7		11
47	3		6	97	7		11
48	3		6	98	7		11
49	3		6	99	7		11
50	3		6	100	7		11

Após a confecção da tabela a partir dos dados obtidos pelas linhas de decisão, a amostragem deve ser feita da seguinte maneira: O número de plantas com nota3 é anotado à medida que a amostragem vai sendo realizada, e o valor é acumulado. Caso o total acumulado não alcance o limite inferior, após o número mínimo de amostragem, a avaliação é finalizada e aceita-se H_0 . Quando o total acumulado ultrapassa o limite superior, aceita-se H_1 , e , por

consequente, rejeita-se H_0 . Esse procedimento é repetido até que a regra para finalizar a amostragem seja satisfeita, ou seja, o número máximo de unidades amostrais seja atingido.

Pode ser observado na curva característica de operação para notas 3, quando a infestação for de 10 %, a probabilidade de aceitar H_0 quando o número de plantas for 10%, o teste tem 90% de probabilidade de aceitar a hipótese H_0 , ou seja, o teste tem 10% de probabilidade de recomendar o controle de forma desnecessária (figura 7). Quando o número de lagartas passa ser de 2, há uma inversão e o teste tem somente 10% de probabilidade de aceitar H_0 , quando H_1 é verdadeiro. A partir deste ponto a probabilidade de incorrer no erro do tipo I diminui.

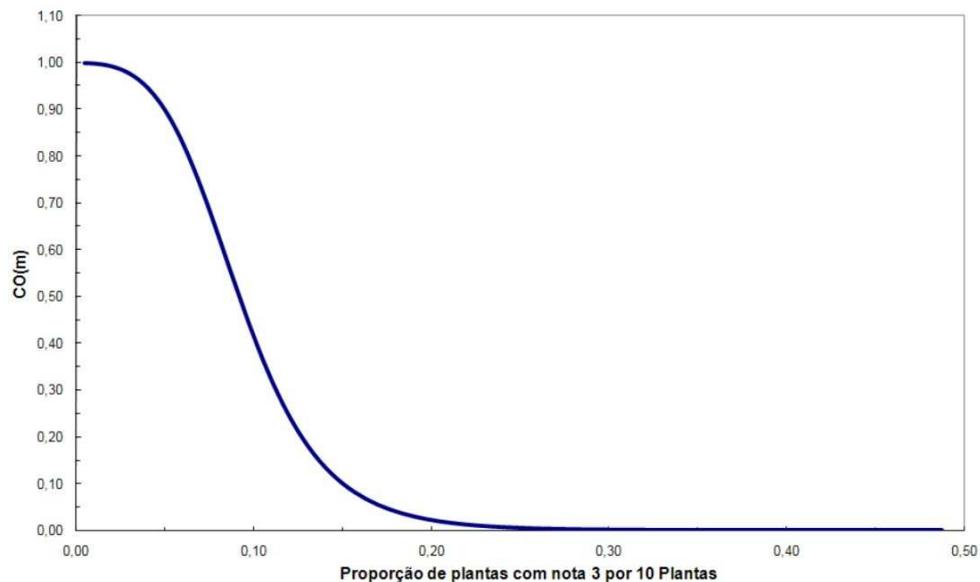


Figura 7: Curva característica de operação $CO(p)$ do teste sequencial da razão da verossimilhança para plantas com nota 3. Dourados – MS, 2008.

Na figura 7, na qual é representado o número esperado de amostra $E_p(n)$ verifica-se que em baixos e elevados níveis de infestações a tomada de decisão é rápida, e somente em infestações intermediárias será necessário aumentar o número de pontos

amostrais. O número esperado máximo, que é, aproximadamente, 40 unidades amostrais é alcançado com 10% de infestação.

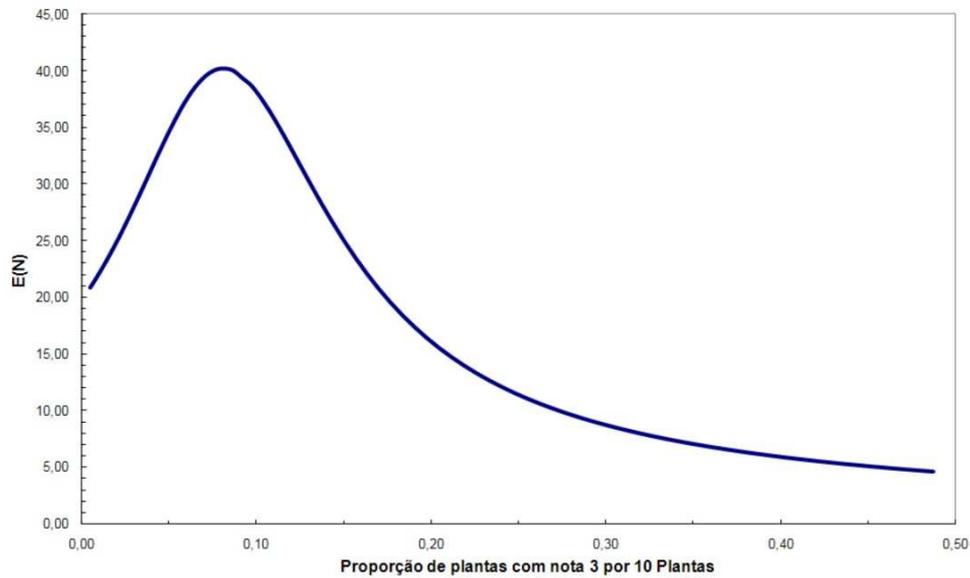


Figura 8: Curva do tamanho esperado da amostra $E_p(n)$, do teste seqüencial da razão da verossimilhança para plantas com nota 3. Dourados-MS, 2008.

4.3.3 Plano de amostragem seqüencial para plantas infestadas

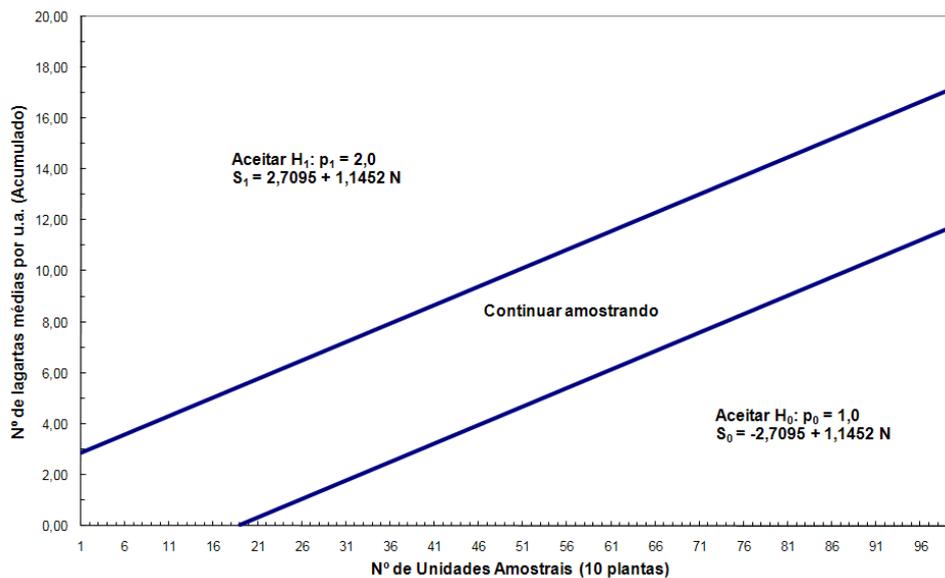


Figura 9: Linhas de decisão do plano de amostragem seqüencial para plantas infestadas, com base na distribuição Binomial Positiva. Dourados-MS, 2008.

Na figura 9 estão representadas as linhas de decisões, superior e inferior, para plantas infestadas. Novamente através dos dados de S_0 e S_1 foi desenvolvida uma planilha para a anotação dos dados (Tabela), procedimento adotado anteriormente, também, para os outros dois planos mencionados. A forma de anotação dos limites inferior e superior já foi detalhada anteriormente para lagartas médias e plantas com nota 3. Enquanto o número acumulado de plantas infestadas, com pelo menos uma lagarta, indiferente ao tamanho, permanecer na coluna do meio, deve-se dar continuidade ao processo de amostragem até atingir o valor máximo esperado de unidades amostrais que é de 60 amostras. Caso o número máximo esperado de plantas for alcançado, e nenhuma decisão for tomada, a amostragem deve ser finalizada e o intervalo de retorno para nova amostragem deve ser reduzido pela metade.

TABELA 10. Plano de amostragem seqüencial para avaliar o número de plantas infestadas, com base na distribuição Binomial Positiva. Dourados-MS, 2008.

Plano de Amostragem							
Número de amostras	Plantas infestadas						
	Lim. inferior	Anotação da amostragem	Lim. superior	Nº de amostras	Lim. inferior	Anotação da amostragem	Lim. superior
1			3	51	5		10
2			3	52	5		10
3			3	53	5		10
4			3	54	5		11
5			3	55	5		11
6			4	56	5		11
7			4	57	6		11
8			4	58	6		11
9			4	59	6		11
10			4	60	6		11
11			4	61	6		12
12			4	62	6		12
13			5	63	6		12
14			5	64	7		12
15			5	65	7		12
16			5	66	7		12
17			5	67	7		12
18			5	68	7		13
19	0		5	69	7		13
20	0		6	70	7		13
21	0		6	71	8		13
22	0		6	72	8		13
23	1		6	73	8		13
24	1		6	74	8		13
25	1		6	75	8		14
26	1		6	76	8		14
27	1		7	77	8		14
28	1		7	78	9		14
29	2		7	79	9		14

30	2	7	80	9	14
31	2	7	81	9	14
32	2	7	82	9	15
33	2	8	83	9	15
34	2	8	84	9	15
35	2	8	85	10	15
36	3	8	86	10	15
37	3	8	87	10	15
38	3	8	88	10	15
39	3	8	89	10	16
40	3	9	90	10	16
41	3	9	91	11	16
42	3	9	92	11	16
43	4	9	93	11	16
44	4	9	94	11	16
45	4	9	95	11	17
46	4	9	96	11	17
47	4	10	97	11	17
48	4	10	98	12	17
49	4	10	99	12	17
50	5	10	100	12	17

Observando uma proporção de 5 % de plantas infestadas a probabilidade de aceitar H_0 e 95% , isto representa 5% de probabilidade de recomendar o controle , baseado na curva característica operacional (figura 10),

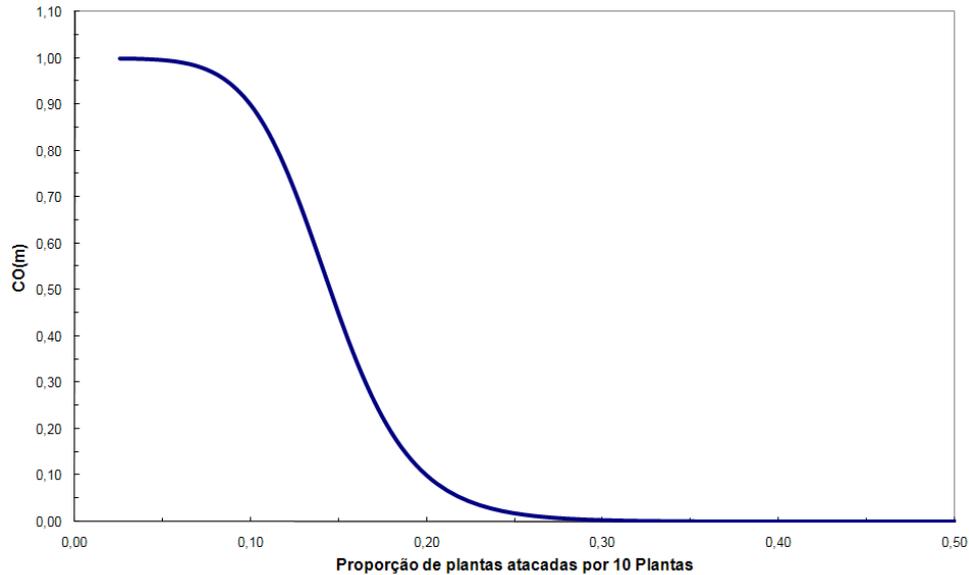


Figura 10: Curva característica de operação $CO(p)$ do teste seqüencial da razão da verossimilhança para plantas infestadas. Dourados – MS, 2008.

Verifica-se por meio da curva do número esperado de unidades amostrais (figura 11), que o máximo valor esperado de observações é de 60 amostras, quando a infestação estiver em 15%.

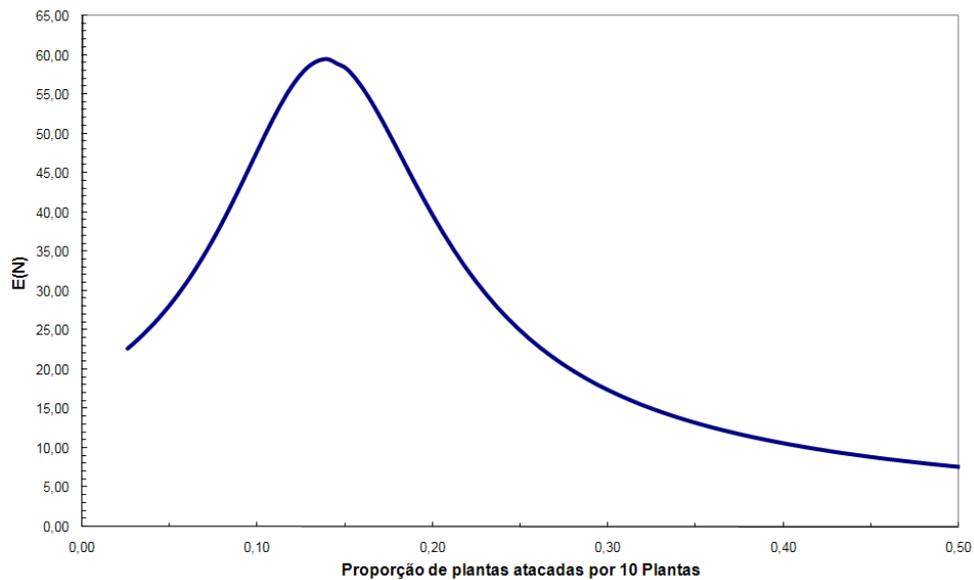


Figura 11: Curva do tamanho esperado da amostra $E_p(n)$, do teste seqüencial da razão da verossimilhança para plantas infestadas. Dourados-MS, 2008.

4.4 Conclusões

A partir da análise dos dados, foram obtidos 3 planos de amostragens seqüenciais. Para lagartas de tamanho médio as linhas de foram: uma superior ($S_1 = 4,6803 + 1,4243 N$), a partir da qual se recomenda o controle, e outra inferior ($S_0 = -4,6803 + 1,4243 N$), até a qual o controle não é recomendado. Para plantas com notas 3 as duas linhas de decisão foram: a superior, definida por $S_1 = 2,7095 + 1,1452 N$, que representa a necessidade de controle e a inferior $S_0 = -2,7095 + 1,1452 N$, representando que o controle não é recomendado. Foram geradas duas retas para o plano de amostragem seqüencial para plantas infestadas, a superior $S_1 = 1,8161 + 0,0919 N$, a partir da qual se recomenda o controle, e outra inferior $S_0 = -1,8161 + 0,0919 N$, em que o controle não é recomendado.

REFERÊNCIAS

- ALVAREZ, R.A.J.; MARTINEZ, O.W. Plano de muestro secuencial para larvas Del gusano cogollero de maiz (Lepidoptera: Noctuidae), en maiz. **Agronomia Colombiana**. v. 7, p. 26-32, 1990.
- ANDREWS, K. L. The whorlworm, *Spodoptera frugiperda*, in Central America and neighboring areas. **Florida Entomologist.**, v. 63, p.456-467, 1980.
- ANDREWS, K.L.. Latin American reseacher on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Florida Entomologist.**, v. 71, p. 630-653, 1988.
- ARTHUR, V., AGUILAR, J.A.D.; ARTHUR, P.B. Esterilização de adultos de *Spodoptera frugiperda* a partir de pupas irradiadas. **Arquivo Instituto Biológico**, v. 69, p. 75-77, 2002.
- ASHLEY, T.R.; WISEMAN, B.R.; DAVIS, F.M.; ADREWS, K.L. The fall armyworm: a bibliography. **Florida Entomologist.**, v.72, p.152-197, 1989.
- ÁVILA, C.J.; DEGRANDE, P. E.; GOMEZ, S. A. Insetos-praga: reconhecimento, comportamento, danos e controle. In: EMBRAPA. Milho informações técnicas. Dourados. p. 157–180, 1997.
- BARBOSA, J.C. A amostragem seqüencial, In: FERNANDES, O.A.; CORREIA, A.C.B.; de BORTOLI, S.A. (ed.), **Manejo integrado de pragas e nematóides**. Jaboticabal: FUNEP, p. 205-211. 1992.
- BARBOSA, J.C. Distribuições de probabilidade como base para análise estatísticas, amostragem e estratégias de manejo de *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794) na cultura da cana-de-açúcar. Piracicaba, 1985. 131p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- BEARZOTI, E. ; AQUINO, Luiz Henrique de . Plano de Amostragem Sequencial Para Avaliação de Infestação de Bicho-Mineiro (Lepidoptera:Lyonetiidae) no Sul de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 29, n. 5, p. 695-705, 1994.

BIANCO, R. **Construção e validação de planos de amostragem para o manejo da lagarta do cartucho *Spodoptera frugiperda* (J.E. SMITH, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), na cultura do milho.** 1995. 113p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

BIANCO, R. Pragas e seu controle. In: INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. A cultura do milho no Paraná. Londrina IAPAR. (IAPAR. Circular Técnica, 68).p.187-221, 1991.

BLISS, C.I.; OWEN, A.R.G. Negative binomial distribution with a common K. **Biometrika**, London, v.45, p.37-58, 1958.

BOARETTO, M.A.C; BRANDÃO, A.L.S. **Amostragem de insetos.** Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Disponível em: <<http://www.uesb.br/entomologia/ferom.html>>. Acesso em: 20 de jul 2006.

BUSATO, G. R; GRÜTZMACHER, A.D.; GARCIA, M.S.; FABRIZIO, P.G.; MARTINS, A.F. Consumo e utilização de alimento por *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) originária de diferentes regiões do Rio Grande do Sul, das culturas do milho e do arroz irrigado. **Neotropical Entomology.**, v. 31, p. 525-529, 2002.

CAPINERA, J.L. **Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Insecta: Lepidoptera: Noctuidae).** University of Florida. Disponível em: <<http://edis.ifas.ufl.edu/IN255>>. Acesso em: 20 de jul. 2003.

CARVALHO, R. P. L. Danos flutuação populacional, controle e comportamento de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) e susceptibilidade de diferentes genótipos de milho em condições de campo. 1970, 170 p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

CARVALHO, R.B.; TRISTÃO, M.M.; GIACON, E.; CALAFIORI, M.H.; TEIXEIRA, N.T.; BUENO, B.F. Estudo de diferentes dosagens de potássio em milho (*Zea mays* L.) influenciando sobre *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith, 1797). **Ecosistema**, v. 9, p.95-100, 1995.

CLAVIJO, S.A.; FERNÁNDEZ-BADILLO, A.; RAMÍREZ, A.A.; DELGADO, A.; LATHULLERIE, J.M. Influência de la temperatura sobre el desarrollo de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Agronomia Tropical**, v. 41, p. 245-256, 1992.

CONAB. 2008. Companhia Nacional de Abastecimento, Décimo Primeiro Levantamento Safra 2007/2008. Brasília.

CONCEIÇÃO M. Z. da. **Defesa Vegetal no Brasil Módulo 1.1.** Curso de Proteção de Plantas – ABEAS, 2007. 62p.

COSTA, M. G. ; BARBOSA, J. C. ; YAMAMOTO, P. T. . Planos de amostragem seqüenciais para *Orthezia praelonga* Douglas (Hemiptera, Sternorrhyncha: Ortheziidae) na cultura de citros. **Neotropical Entomology**, v. 36, p. 932-938, 2007.

CRUZ, I. A Lagarta do cartucho: enfrente o principal inimigo do milho. **Revista Cultivar**, v. 21, p. 68, 1999.

CRUZ, I. **A lagarta-do-cartucho na cultura do milho.** Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS. (Circular Técnica, 21) 45p. 1995.

CRUZ, I. Cerco completo. **Revista Cultivar**. v.110, p. 23-27, 2008.

CRUZ, I. **Influência do equipamento de aplicação e do estágio de desenvolvimento da planta na eficiência de inseticidas para o controle de lagartas de *Spodoptera frugiperda*.** Folheto PA nº 30, 6p. 1998.

CRUZ, I. **Recomendações técnicas para o cultivo do milho: principais pragas e seu controle.** Brasília: EMBRAPA-SPI, documentos, 204p. 1993.

CRUZ, I., L.J. OLIVEIRA, A.C. OLIVEIRA & C.A. VASCONCELOS. Efeito do nível de saturação de alumínio em solo ácido sobre os danos de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) em milho. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 25, p. 293-297, 1996.

CRUZ, I.; TURPIN, F.T. Efeito da *Spodoptera frugiperda* em diferentes estádios da cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 17, p. 355-359, 1982.

DEQUECH, S. T. B.; SILVA, R. F. P.; FIÚZA, L.M. Ocorrência de parasitóides de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera, Noctuidae) em lavouras de milho em Cachoeirinha, RS. **Ciência Rural**, v. 34, p.1235-1237, 2004.

ELLIOTT, N.C., KIECKHEFER, R.W.; WALGENBACH, D.D. Binomial sequential sampling methods for cereal aphids in small grains. **Journal Economic Entomology**, v. 83, p.1381-1387, 1990.

EPPO. 2004. European and Mediterrânea Plant Protection Organization Quarantine pest. Disponível em: <<http://www.eppo.org/QUARENTINE/insects/Spodoptera-frugiperda/laphfrds.pdf> 2004>. Acesso em: 25 nov. 2004.

ESCRIBANO, A.; WILLIAMS, T.; GOULSON, D.; CAVE, R.D.; CABALLERO, P. Parasitoid-pathogen-pest interactions of *Chelonus insularis*, *Campoletis sonorensis*, and a Nucleopolyhedrovirus in *Spodoptera frugiperda* larvae. **Biological Control**, v. 19, p. 265-273, 2000.

ESTEFANEL V. Amostragem sequencial pela razão de probabilidade e seu uso na determinação da época de controle da lagarta da soja. 1977, 130 p. Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

FARIAS, P.R.S.; BARBOSA, J.C.; BUSOLI, A.C. Amostragem seqüencial (presença-ausência) para *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) na cultura do milho. **Neotropical Entomology**, v. 30, n. 4, p. 691-695, 2001a.

FARIAS, P.R.S.; BARBOSA, J.C.; BUSOLI, A.C. Distribuição Espacial da lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), na cultura do milho. **Neotropical Entomology**, v.30, n.4, 681-689. 2001b.

FERNANDES, M.G.; BUSOLI, A.C.; BARBOSA, J.C. Amostragem seqüencial de *Spodoptera frugiperda* (j. e. smith, 1797) (Lepidoptera, Noctuidae) em algodoeiro. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 8, n. 3, p. 213-218, set-dez, 2002.

FERNANDES, M.G.; BUSOLI, A.C.; BARBOSA, J.C. Distribuição espacial de *Alabama argillacea* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) em algodoeiro **Neotropical Entomology**, v. 32, n. 1, p. 107-115, 2003b.

FERNANDES, O.D. Efeito do milho geneticamente modificado (MON810) em *Spodoptera frugiperda* (J.E.SMITH, 1797) e no parasitóide de ovos *Trichogramma* spp. 2003. 164 p. Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutor em Ciências, Área de Concentração: Entomologia.

FIGUEIREDO, M.L.C.; CRUZ, I.; DELLA LUCIA, T.M.C. Controle integrado de *Spodoptera Frugiperda* (Smith & Abbott) utilizando-se o parasitóide *Telenomus remus* Nixon. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34 n. 11, p.1975-1982, 1999.

FNP.Consultorias & Agroinformativos. Agriannual 2008: Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo, 512p. 2008.

GALLO, D.; NAKANO, O.; NETO, S.S.; CARVALHO, R.P.L.; DE BATISTA, G.C.; FILHO, E.B.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, J.S.B.; VENDRAMIM, D.; MARCHINI, L.C.; LOPES, J.R.S.; OMOTO, C. **Entomologia Agrícola**. Piracicaba: FEALQ. 920p. 2002.

GARCIA, F.R.M. **Zoologia Agrícola: manejo ecológico de pragas**. 2. ed. Porto Alegre: Rígel. 248p. 2002.

GOUSSAIN, M.M.; MORAES, J.C.; CARVALHO, J.G.; NOGUEIRA, N.L.; ROSSI, M.L. Efeito da Aplicação de Silício em Plantas de Milho no Desenvolvimento Biológico da Lagarta-do-Cartucho *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) **Neotropical Entomology**, v. 31, p. 305-310, 2002.

GRAVENA, S.; FERNANDES, O.A.; PAZINI, W.C. Amostragem seqüencial para os ácaros da falsa ferrugem *Phyllocoptruta oleivora* (Ashm.) e da leprose *Brevipalpus phoenicis* (Geisks) no manejo integrado de pragas dos citros. **Laranja**, Cordeirópolis, n.9, p.147-160, nov. 1988.

GRÜTZMACHER, A.D.; NAKANO, O.; MARTINS, J. F. DA S.; GRÜTZMACHER, D.D.; LOECK, A.E. Danos de *Spodoptera frugiperda* (SMITH, 1797) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDE) e seus efeitos sobre a produção de grãos na cultivar de arroz irrigado EMBRAPA 6-CHUÍ. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 5, p. 135-141, 1999.

HOLLINGSWORTH, C.S.; GATSONIS, C.A. Sequential sampling plans for green peach aphid (Homoptera: Aphididae) on potato. **Journal of Economic Entomology**, v. 83, n.4, p.1365-1369, 1990.

JAHNKE, S.M.; REDAELLI, L.R.; DIEFENBACH, L.M.G.; EFROM, C.F.S. Distribuição espacial de posturas de *Cosmoclopius nigroannulatus* Stål (Hemiptera: Reduviidae) em *Nicotiana tabacum* L. (Solanaceae). **Neotropical Entomology**, v. 32, n. 1, p. 123-126, 2003.

KUNO, E. Sampling and analysis of insect populations. **Annual Review Entomology**, v. 36, p. 285-304, 1991.

LOGUERCIO, L.P.; CARNEIRO, N.P.; CARNEIRO, A.A. Milho Bt: alternativa biotecnológica para controle biológico de insetos-praga. **Biotechn. Ciên. & Desenv.**, n. 24, 2002.

LUCAS, M.B.; SILVEIRA, C.A.; BUIATTI, A.L.; LUCAS, R.V. Estudo da eficiência agrônômica de novos inseticidas no controle de *Spodoptera frugiperda* (SMITH, 1797)

(LEPIDOPTERA: NOCTUIDE), na cultura do milho. In: **Anais XVII Congresso Brasileiro de Entomologia**, Rio de Janeiro, RJ, p. 342. 1998.

LUGINBILL, P. The fall armyworm. **Technical Bulletin, United States Department of Agriculture**, Washington, 34: 1-91. 1928.

LUGINBILL, P. Habits and control of the fall armyworm. **Farmer's Bulletin, United States Department of Agriculture**, Washington, 1990: 1-11. 1950.

LUNA, J.M.; FLEISCHER, S.J.; ALLEN, W.A. Development and validation of sequential sampling plans for potato leafhopper (Homoptera: Cicadellidae) in alfafa. **Environmental Entomology**, v.12, n.6, p. 1690-1694, 1983.

MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F.O. M.; CARNEIRO, N.P.; PAIVA, E. Fisiologia do milho. Circular técnica 22. Sete Lagoas, MG. 2002.

MAPA. Plano Agrícola e Pecuário 2008-2009 / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Política Agrícola. – Brasília : Mapa/SPA, 2008. 36 p. 1. Política agrícola. 2. Pecuária. 3. Planejamento agrícola. 4. Crédito rural. Disponível em: <<https://www.fao.org.br/download/PAP2008a.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2008.

MARUYAMA, W.I., J.C. BARBOSA, M.G. FERNANDES & P.T. YAMAMOTO. 2002. Distribuição espacial de *Dilobopterus costalimai* Young (Hemiptera: Cicadellidae) em citros na região de Taquaritinga, SP. **Neotropical Entomology**. 31: 35-40.

MATO GROSSO DO SUL. Secretaria de Estado de Meio Ambiente. Fundação Estadual de Meio Ambiente Pantanal. Coordenadoria de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental. Divisão Centro de Controle Ambiental. Microbacia Hidrográfica do Rio Dourados: diagnóstico e implantação da rede básica de monitoramento da qualidade das águas. Campo Grande, MS. 78 p. 2000.

MELO, E. P.; FERNANDES, M. G.; DEGRANDE, P. E. ; CESSA, R.M.A. ; SALOMÃO, J.L.; NOGUEIRA, R. Distribuição espacial de plantas infestadas por *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) na cultura do milho. **Neotropical Entomology**, v. 35, p. 689/5-697, 2006.

MENDEZ, W.A.; VALLE, J.; IBARRA, J.E.; CISNEROS, J.; PENAGOS, D.I.; WILLIAMS, T. Spinosad and nucleopolyhedrovirus mixtures for control of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in maize. **Biological Control**, v. 25, p. 195-206, 2002.

MOLINA-OCHOA, J.; CARPENTER, J.E.; HEINRICHS, E.A.; FOSTER, J.E. Parasitoids and parasites of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas and Caribbean Basin: an inventory. **Florida Entomologist**, v. 86, p. 254-289, 2003.

MONSTEBRAVO, E.P. 2004. Control Biológico de *Spodoptera frugiperda* Smith em maiz Disponível em:<<http://www.unne.edu.ar/cyt/2002/05-Agrarias/A-061.pdf> 2004>. Acesso em: 14 nov. 2004.

MOURA, M. F. ; PICANÇO, M.C. ; SILVA, É. M. ; GUEDES, R.N.C. ; PEREIRA, J. L. . Plano de amostragem do biótipo B de *Bemisia tabaci* na cultura do pepino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 38, n. 12, p. 1357-1363, 2003.

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

PASHEY, D.P. Current status of fall armyworm host strains. **Florida Entomologist**, v. 71, p. 227-234, 1988.

PERECIN, D.; BARBOSA, J.C. Comparação entre planos de amostragem seqüencial para presença-ausência e contagens usando dados sobredispersos. **Revista de Matemática e Estatística**, v.13, p.165-180, 1995.

PEREIRA, M.F.A.; BOIÇA JÚNIOR, A.L.; BARBOSA, J.C. Amostragem seqüencial (presença-ausência) para *Bemisia tabaci* (Genn.) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Neotropical Entomology**, v. 33, n. 4, p. 499-504, 2004.

PÉREZ, E.; PIEDRA,P.; BLANCO, E. *Spodoptera frugiperda* en maíz Boletín Técnico, nº 2 Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (Cuba). 71p. 1997.

PIRES, C.S.S., SUJJI, E.D., FONTES, E.M.G. **Avaliação Ecológica de Riscos de Plantas Geneticamente Modificadas Resistente a Insetos sobre Inimigos Naturais**. In. Impacto Ecológico de Plantas Geneticamente Modificadas. Brasília: Embrapa, p. 85-115, 2003.

PITERS, E.P.; STERLING, W.L. Sequential sampling cotton squares damaged by boll weevils and *Heliothis* spp. In the coastal bend of Texas. **Journal of Economic Entomology**, v.68, n.4, p.543-545, 1975.

RÉGNIÈRE, J.; BOULET, B.; TURGEON, J.J. Sequential sampling plan with two critical levels for spruce bud moth (Lepidoptera; Tortricidae). **Journal of Economic Entomology**, College Park, v.81, n.1, p.220-224, Feb. 1988.

REIS, P. R.; SOUZA, J. C.; SOUSA, E. O.; TEODORO, A. V. Distribuição espacial do ácaro *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae) em cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 29, n. 1, p. 177-183, 2000.

REZENDE, M.A.A., I. CRUZ, T. M. C. DELLA LUCIA. 1994. Consumo foliar de milho e desenvolvimento de lagartas de *Spodoptera frugiperda* parasitadas por *Chelonus insularis*. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, 23: 473-478.

RIBEIRO, R.D. Distribuição espacial e plano de amostragem seqüencial para o monitoramento do pulgão-gigante-do-pinus, *Cinara atlantica* (WILSON, 1919) (HEMIPTERA: APHIDIDAE: LACHNINAE), e do seu parasitóide *Xenostigmus bifasciatus* (ASHMEAD, 1891) (HYMENOPTERA: BRACONIDAE: APHIDIINAE) em plantios de *Pinus taeda* L. (Pinaceae). . 2007. 130 p. Dissertação apresentada à Coordenação do Cursos de Pós-graduação em Ciências Biológicas, área de concentração em biologia Entomologia, da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas.

ROBERTS, P.M.; ALL, J.N. Harzad for fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) infestation of maize in double-cropping systems using sustainable agricultural practices. **Florida Entomologist.**, v. 76, p. 276-283, 1993.

RUESINK, W.G. **Introduction to sampling theory**, In: **M. Kogan & D.G. Herzog (eds.) Samplig methods in soybean entomology**. New York, Springer-Verlag, p.60-78. 1980.

SACONATO W.V. Amostragem seqüencial (presença-ausência) para o monitoramento da cochonilha-branca *Aulacaspis tubercularis* (NEWSTEAD) (Hemiptera: Diaspididae) na cultura da manga. 2005. 130 p. Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração: Estatística e Experimentação Agronômica.

SALAS, J. Evaluación de diseños de trampa, altura de colocación y tamaño de dispensadores de feromona en la captura de adultos de *Spodoptera frugiperda* **Revista Manejo Integrado de Plagas y Agroecología**. v.70, p. 50-54, 2003.

SANTOS, L. M. DOS; REDAELLI, L. R. ; DIEFENBACH, L. M.; EFROM, C. F. S. Fertilidade e longevidade de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em genótipos de milho. **Ciência Rural**, v.34, n.2, 345-350. 2004.

SANTOS, W.J. **Identificação, biologia, amostragem e controle das pragas do algodoeiro**. Algodão: tecnologia de produção. Embrapa Agropecuária Oeste; Embrapa Algodão. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, p. 181. 2001.

SARMENTO, R.A.; AGUIAR, R.W.S.; AGUIAR, R.A.S.S.; VIEIRA, H S.M.J.; OLIVEIRA, .G.; HOLTZ, A.M. Revisão da biologia, ocorrência e controle de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) em milho no Brasil. **Bioscience Journal**. 18: 41-48. 2002.

SILOTO, R.C. Danos e biologia de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em genótipos de milho. 2002. 92p. Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

SILVA, D.M.P. Identificação de fontes de resistência em milho a *Spodoptera frugiperda* (J.E. SMITH, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em condições de casa-de-vegetação e campo. 1995. 95p. Dissertação de mestrado, UFRP, Recife.

SILVA, F.M.A., H.G. FOWLER & R.N.S. LEMOS. Parasitismo em lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (Smith), na região do Triângulo Mineiro, MG. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**. 26: 235-241. 1997.

SIMMONS, A.L.; WISEMAN; B.R. James Edward Smith – Taxonomic Author of the fall armyworm. **Florida Entomologist**, v. 76, p.271-276, 1993.

SOSA, M. A. Daño por *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) en maíz bajo siembra directa en diferentes épocas en el noreste santafesino. Disponível em: <http://www.inta.gov.ar/reconquista/info/documentos/agricultura/agric_extension/art_Spodoptera_frugiperda_Smith.htm 2004>. Acesso em: 13 nov. 2004.

SPARKS, A.N. A review of the biology of the fall armyworm. **Florida Entomologist**. 62: 82-87. 1979.

STERLING, W.L.; BLEICHER, E.; JESUS, F.M.M. Um programa de manejo integrado para insetos do algodoeiro no Nordeste do Brasil usando amostragem seqüencial. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 12, n. 1, p.85-98, 1983.

STINGEL, E. Distribuição espacial e plano de amostragem para a cigarrinha-das-raízes, *Mahanarva fimbriolata* (Stal., 1854), em cana-de-açúcar. 2005. 75p. Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração: Entomologia.

TAVARES, M.A.G.C.; SCHIAVETTO, M.; FLORCOVSKI, J.L.; CALAFIORI, M.H. Influência de diferentes níveis de fósforo em diferentes variedades de milho (*Zea mays* L.) no desenvolvimento da lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith, 1797). **Revista Ecosistema**, v. 26, p. 139-142, 2001.

TAYLOR, L.R. Assessing and interpreting the spatial distribution of insects populations. **Annual Review. Entomology**, v.29, p. 231-57, 1984.

TODD, E.L. A change in the scientific name of the fall armyworm. *Coop. Econ. Insect Rep., Plant Pest Control Div. Res. Serv. U.S. Dept. Agr.*, v. 14, p.1254. 1964.

VALICENTE, F. H.; BARRETO, M. R. *Bacillus thuringiensis* Survey in Brazil: Geographical Distribution and Insecticidal Activity Against *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) **Neotropical Entomology**, v.32, p.639-644, 2003.

VALICENTE, F.H. Levantamento dos inimigos naturais de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera, Noctuidae), em diferentes regiões do Estado de Minas Gerais. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.18, p.119-130, 1989.

VALICENTE, F.H.; BARRETO, M.R. Levantamento dos inimigos naturais da lagarta do cartucho do milho, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), na região de Cascavel, PR. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.28, p.333-337, 1999.

VELOSO, V. DA R.S.; NAKANO, O. Avaliação de danos de *Spodoptera frugiperda* (SMITH, 1797) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDE) no algodoeiro cultivar IAC-17. **Anais das Escolas de Agronomia e de Veterinária**. v.16, p.87-96, 1986.

VELOSO, V. DA R.S.; NAKANO, O. Determinação do número de estruturas frutíferas do algodoeiro danificadas por lagartas de *Spodoptera frugiperda* (SMITH, 1797) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDE) em diferentes épocas de desenvolvimento da cultura . **Anais das Escolas de Agronomia e de Veterinária**. v. 13, p. 117-126, 1983.

VIEIRA NETO, J.; AQUINO, L.H.; BEARZOTI, E.; SOUZA, J.C. Otimização da amostragem seqüencial para o monitoramento do bicho-mineiro do cafeeiro *Perileucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetidae) em Lavras, Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 23, n. 3, p. 707-718, 1999.

VILLACORTA, A.; TORNERO, M.T.T. Plano de amostragem seqüencial de dano causado por *Perileucoptera coffeella* no Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.17 , n.9, p.1249-1260, set. 1982.

WAQUIL, J.M.; VIANA, P.A., CRUZ, I. Manejo de Pragas na Cultura do Sorgo. Circular técnica 27. Sete Lagoas, MG. 2003.

WAQUIL, J.M.; VILELLA, F.M.F. Gene bom. **Revista Cultivar**. v.49, p.22-26, 2003.

WATANABE, M.A.; MAIA, A.H.N. Efeito do Núcleopoliedrovírus de *Spodoptera frugiperda* sobre a lagarta-do-cartucho. **Científica**, v.31, p.151-155, 2003.

YOUNG, L.J.; YOUNG, J.H. **Statistical ecology: a population perspective**. Boston, Kluwer Academic Publishers, 565p. 1998.

ZUCCHI, R.A.; NETO, S.S.; NAKANO, O. **Guia de identificação de pragas agrícolas**. Piracicaba, FEALQ. 139p. 1993.