

Nota / Note

AMOSTRAGEM SEQÜENCIAL COM BASE NA LEI DE TAYLOR PARA LEVANTAMENTO DE *Spodoptera frugiperda* NA CULTURA DO MILHO

Paulo Roberto Silva Farias^{1*}; José Carlos Barbosa²; Antônio Carlos Busoli³

¹Depto. Científico - FUNDECITRUS, Av. Dr. Adhemar Pereira de Barros, 201 - CEP: 14807-040 - Araraquara, SP.

²Depto. de Ciências Exatas - FCAV/UNESP, Rod. Carlos Tonanni, km 5 - CEP: 14870-000 - Jaboticabal, SP.

³Depto. de Fitossanidade - FCAV/UNESP.

*Autor correspondente <cient2@fundecitrus.com.br>

RESUMO: A lagarta do cartucho do milho é uma das principais pragas do milho nas Américas, podendo ocorrer durante todos os estágios de crescimento da cultura, causando perdas de 15 a 37% na produção. Neste trabalho estudou-se a distribuição espacial dessa praga no campo, com a finalidade de desenvolver um sistema de amostragem para estimar sua densidade populacional. Na área cultivada com milho foram selecionados 3 campos experimentais de 40 m x 250 m cada, divididos em 100 parcelas cada. Foram contados o número de lagartas pequenas e grandes de *S. frugiperda* nas folhas e no cartucho das plantas, em 10 plantas ao acaso por parcela, num total de 1000 plantas por campo, em 5, 5 e 4 datas de amostragem, respectivamente. Lagartas menores que 1 cm eram consideradas pequenas e lagartas maiores que 1 cm, grandes. Foram estimados os parâmetros da lei de Taylor, sendo as estimativas dos parâmetros das regressões altamente significativas para todas as categorias larvais. O parâmetro **b** da lei de Taylor para lagarta pequena foi igual a 1,57, indicando que a forma de distribuição dessa categoria larval é agregada. Para lagartas grandes o parâmetro **b** foi igual a 0,79, o que conduz a um tipo de distribuição tendendo para aleatoriedade. Para o número total de lagartas os resultados são equivalentes aos obtidos para lagartas pequenas. Foi desenvolvido um plano de amostragem seqüencial com base nos parâmetros da lei de Taylor.

Palavras-chave: *Zea mays*, Lei de Taylor, distribuição espacial, lagarta do cartucho

SEQUENTIAL SAMPLING BASED ON TAYLOR'S POWER LAW FOR THE SURVEY OF *Spodoptera frugiperda* FOR THE CORN CROP

ABSTRACT: Armyworm (*Spodoptera frugiperda*) is one of the most important pests of corn in the Americas, which can damage all plant growth stages, resulting in yield losses ranging from 15 to 37%. In this research, the spatial distribution of this pest was evaluated in the field, to develop a sampling system to estimate population density. Three experimental areas of 40 m x 250 m each, subdivided in 100 plots were chosen, and the number of small and large caterpillars of *S. frugiperda* was counted at 14 sampling dates. Ten random corn plants per plot were used, totalizing 1,000 plants per field for each sampling. Insects were observed in the inner and outer parts of the leafworl, which were opened prior to counting. Caterpillars were classified as small and large, depending on their length, when the length was less than or and more than 0.1 m, respectively. Taylor's law parameters were estimated, resulting highly significant regressions for all insect stages. The **b** parameter in Taylor's law for small caterpillars was greater than 1 (1.57), which indicated that the distribution at this stage is aggregated. The **b** parameter was lower than 1 for large caterpillars (0.79), indicating a random distribution. Results for all caterpillars were similar to that observed for small ones. A sequential counting plan was developed based on the **a** and **b** parameters of Taylor's law.

Key-words: *Zea mays*, Taylor's law, spatial distribution, armyworm

INTRODUÇÃO

Apesar da extensa área cultivada com milho no Brasil, a produtividade que vem sendo obtida é muito baixa. Melo (1991) cita que a produção mundial de milho encontra-se por volta de 473 milhões de toneladas. Desse total, 40% provem dos Estados Unidos, maior produtor do mercado. Os Estados Unidos produzem três vezes mais que a China, segundo maior produtor, e oito vezes mais que o Brasil, terceiro maior produtor. Esses três países contribuem com 61,5% da

produção mundial de milho. Os Estados Unidos também alcançam a melhor média de produtividade (7182 kg ha⁻¹), sendo essa três vezes maior que a do Brasil (2025 kg ha⁻¹).

São diversos os fatores responsáveis por essa baixa produtividade, mas sem dúvida, as pragas têm um bom percentual de 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.

Entre as pragas que contribuem para baixar a produtividade, a lagarta do cartucho *S. frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) é considerada a principal praga do milho no Brasil, atacando principalmente plantas jovens, chegando mesmo a impedir a produção de espigas comerciais, assumindo também grande importância no México, América Central e América do Sul, causando perdas de 15 a 37% (Cruz, 1993).

Para implementar um manejo racional da lagarta do cartucho do milho, 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.

Vários índices são utilizados para analisar o padrão de agregação de uma espécie, porém cada um apresenta suas limitações (Vargas, 1986). Taylor (1984) cita que a lei de potência de Taylor é recomendada, quando se procura a melhor representação mediante um indicador de agregação. Segundo Taylor (1961) a variância e a média tendem a aumentar juntas, obedecendo a uma lei de potência expressa por $s^2 = am^b$, onde os coeficientes **a** e **b**, são conhecidos como coeficientes de Taylor, e fornecem estimativas do padrão de agregação do inseto. Taylor (1965) cita que o coeficiente **a** é conhecido como fator de amostragem, sendo afetado, principalmente pelo tamanho da amostra, e o coeficiente **b** é conhecido como índice de agregação, sendo característico e constante para cada espécie.

Wilson & Room (1983) encontraram valores diferentes de **a** e **b** entre o estágio de ovo e o desenvolvimento larval de *Heliothis* spp., evidenciando uma agregação progressivamente menor nos últimos instares.

Vários autores utilizaram os parâmetros da lei de Taylor para elaboração de planos de amostragem seqüencial para diversas pragas, destacando-se: *Papaipema nebris* (Davis & Pedigo, 1989); *Lygus hesperus* (Schotzko & O'keeffe, 1989); *Diuraphis noxia* (Schotzko & Smith, 1991), *Sitobion avenae* (Feng & Nowierski, 1992), *Piezodorus guildinii* (Nascimento, 1995) e *Spodoptera frugiperda* (Bianco, 1995) entre outros.

O objetivo desse trabalho foi o de estudar a distribuição espacial de lagartas de *S. frugiperda* através dos parâmetros da lei de Taylor, para elaboração de um sistema de amostragem seqüencial.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização e amostragem

A área estudada localiza-se no município de Jaboticabal, na FCAV/UNESP, que está compreendida nas coordenadas: 21°15'22" de latitude Sul e 48°18'58" de longitude Oeste e altitude de 595 m.

O experimento foi instalado no talhão número 6 do setor 3 da Fazenda de Ensino e Pesquisa da UNESP - Jaboticabal. Na área plantada com milho foram selecionados três campos denominados de: Campo I, II e III, localizados em curvas de nível diferentes. Cada campo teve sua área dividida em 100 parcelas de 50 m² (5 m x 10 m).

As amostragens foram realizadas durante o período de 14/12/94 a 12/01/95, correspondendo ao estágio vegetativo que compreende a germinação até o pendoamento. No campo I foram feitas 5 amostragens (14/12/94, 21/12/94, 28/12/94, 05/01/95 e 10/01/95), no campo II, foram realizadas 5 amostragens (15/12/94, 22/12/94, 29/12/94, 06/01/95 e 12/01/95), e no campo III foram realizadas 4 amostragens (16/12/94, 27/12/94, 03/01/95 e 09/01/95).

A unidade de amostragem foi o cartucho do milho, sendo amostradas 10 plantas ao acaso por parcela, num total de 1.000 plantas por campo em cada amostragem. Em cada planta, o cartucho era aberto e contava-se o número de lagartas nas folhas e dentro do cartucho. Os dados referem-se a lagartas pequenas (menores que 1 cm) e grandes (maiores que 1 cm).

Análise estatística

Os coeficientes **a** e **b** da lei de Taylor foram estimados através de uma análise de regressão linear do logaritmo neperiano da variância em função do logaritmo neperiano da média para as 14 datas de amostragem.

Aplicando-se o logaritmo neperiano em ambos os membros da equação tem-se:

$$\ln s^2 = \ln a + b \ln m \quad (1)$$

onde, o $\ln a$ é o coeficiente linear, **b** é o coeficiente angular da equação de regressão estimada, s^2 e m , variância e média, respectivamente.

Para verificar se **b** é diferente da unidade, utiliza-se o teste "t" de Student, dado por:

$$t_{(\alpha, N-2)} = \frac{b-1}{\sqrt{V(b)}} \quad (2)$$

onde, b = coeficiente de Taylor e $V(b)$ = estimativa da variância de **b**.

O teste é aplicado a um nível de significância de 5% de probabilidade com N-2 graus de liberdade.

Quando o coeficiente **b** é significativamente maior que a unidade, a distribuição espacial do organismo é agregada, quando é igual ou próximo à unidade, a distribuição é aleatória e quando o coeficiente for menor que a unidade, a disposição espacial é regular ou uniforme (Taylor, 1961).

Foram calculados os coeficientes da lei de Taylor para o número de lagartas pequenas, de lagartas grandes e para o número total de lagartas por planta. A seleção das equações de regressão foram através do

teste F e do coeficiente de determinação (R^2). As médias e variâncias para a estimativa dos parâmetros **a** e **b**, foram obtidas das 14 amostragens realizadas nas várias datas, nos três campos.

O plano de contagem seqüencial, baseado na Lei de Taylor, fornece o tamanho de amostra para a estimativa da densidade média populacional com um nível de precisão constante (D), sendo expresso por:

$$\ln T_n = \frac{\ln(D^2/a)}{b-2} + \frac{(b-1)}{(b-2)} \cdot \ln N \quad (3)$$

Esta fórmula foi usada para determinar as "stop lines", onde: T_n é o número acumulado total para uma amostra de tamanho N, D é o nível de precisão desejado, expresso por $\frac{s}{\sqrt{N}}/m$, **a** e **b** são os coeficientes da lei de Taylor, N é o tamanho da amostra, s e m, o desvio padrão e média, respectivamente.

O plano de amostragem seqüencial desenvolvido neste trabalho foi baseado no modelo proposto por Iwao & Kuno (1968), utilizando os coeficientes **a** e **b** da lei de Taylor, ou seja, as linhas de decisão são traçadas em um gráfico, expresso em escala aritmética. O número de amostras será representado no eixo das abscissas e o número acumulado de insetos no eixo das ordenadas

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As estimativas dos parâmetros da lei de Taylor para número de lagartas pequenas, grandes e totais (Figura 1) foram estimados aplicando-se uma linha de tendência de potência para a variância e a média dos dados das amostragens. Observa-se, pelos valores do coeficiente de determinação (R^2), um melhor ajuste para lagartas pequenas e totais de lagartas. Valores altos de R^2 para lagartas pequenas e total de lagartas (0,89 e 0,96, respectivamente) também foram encontrados por Mitchell & Fuxa (1987) para *S. frugiperda*, em Louisiana (Estados Unidos).

Pela TABELA 1 observa-se que a lei de Taylor pode ser utilizada para analisar os dados de contagem de lagartas de *S. frugiperda*, uma vez que o teste F foi significativo para todas as regressões estimadas.

O parâmetro **b** da lei de Taylor para número de lagartas pequenas foi igual a 1,57, e o teste t foi significativo, indicando que a forma de distribuição dessa categoria larval é agregada. Isso deve-se ao fato de que os primeiros estágios larvais são mais susceptíveis às condições bióticas e abióticas, agregando-se para uma melhor proteção. Esse comportamento das lagartas pequenas de manterem-se agregadas favorece sua sobrevivência.

Para lagartas grandes o parâmetro **b** foi igual a 0,79 e o teste t foi não significativo indicando que

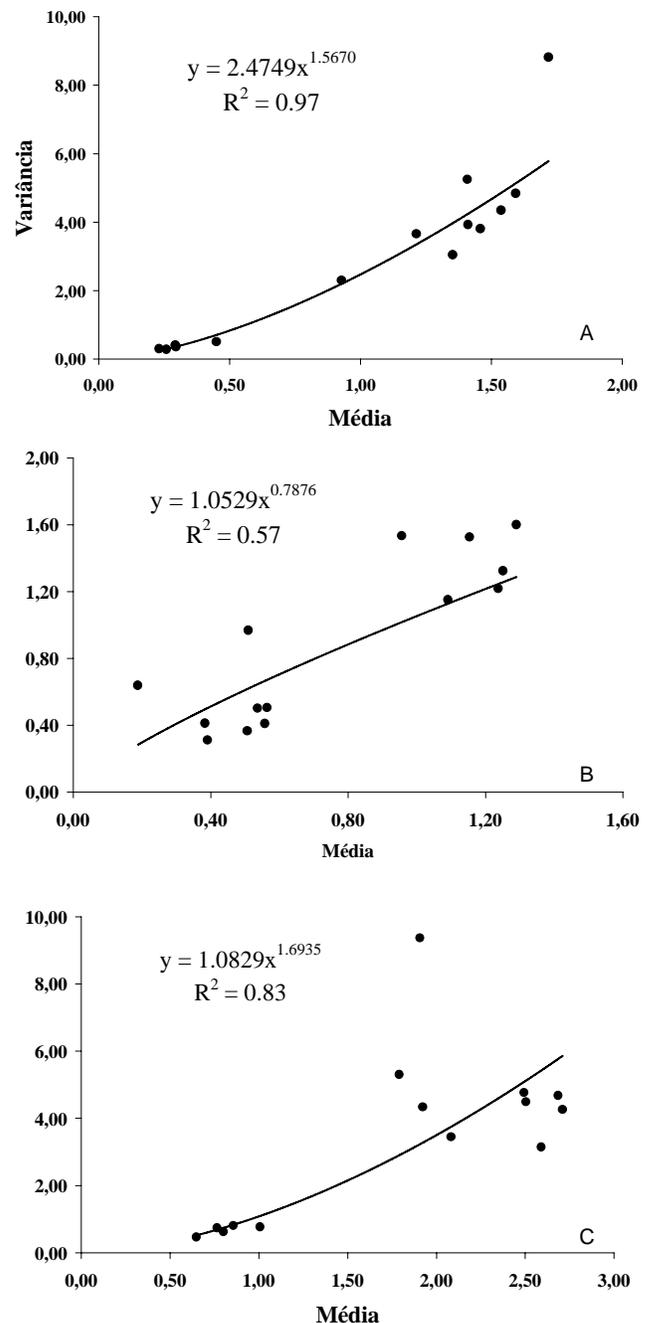


Figura 1 - Relação entre a variância e a média, utilizando a função de potência de Taylor para lagartas pequenas (A), lagartas grandes (B) e total de lagartas (C).

TABELA 1 - Estimativas dos parâmetros de Taylor e estatística da análise de regressão.

Lagartas	Parâmetros		Teste F ⁽¹⁾	R ²	Teste t ⁽²⁾
	a	b			
Pequenas	2,47	1,57	464,42**	0,97	7,80**
Grandes	1,05	0,79	15,66**	0,57	-1,07 ^{ns}
Total	1,08	1,69	58,27**	0,83	3,13**

⁽¹⁾Teste F para ajuste do modelo. ⁽²⁾Teste t para a hipótese $H_0: b=1$ vs. $H_1: b \neq 1$. **Significativo ($P < 0,01$). ^{ns}Não significativo ($P > 0,05$).

como o **b** não difere de 1 a distribuição de lagartas grandes é aleatória. Isso é resultado da alta mortalidade no primeiro estágio, provocada pela ação de parasitos e predadores e, também, pelo canibalismo freqüente nessa fase de desenvolvimento. As lagartas grandes, constituem-se num dos segmentos mais importantes para o manejo integrado de pragas, pois é nessa fase que ocorre a maior parte dos danos à cultura do milho.

Esses resultados estão de acordo com Fuxa (1989) e Alvarez & Martinez (1990) que concluíram que havia diminuição no índice de agregação para lagartas grandes de *S. frugiperda*, e segundo Wilson & Room (1983), é comum observar uma agregação progressivamente menor com o desenvolvimento do inseto.

No caso do número total de lagartas os resultados são equivalentes aos obtido para lagartas pequenas. Mas é natural que o aumento da população e sua composição aumenta a probabilidade da população tender para uma aleatoriedade com o passar do tempo.

O plano de contagem seqüencial com um nível de precisão constante, foi desenvolvido, usando os coeficientes **a** e **b** da lei de Taylor para o número total de lagartas. O número de amostras necessárias para estimar o número total de lagartas do cartucho do milho foi calculado ao nível de precisão constante de $D=0,2$. O número de amostras requeridas a $D=0,1$ também foi calculado, mas, estes número foi tão grande que não apresentaria interesse prático, concordando com Southwood (1978) que cita o nível $D=0,2$, como o mais adequado ao programa de manejo de praga.

Na Figura 2 é apresentado o plano de contagem seqüencial com um nível de precisão de $D=0,2$. O plano consiste em determinar uma linha de decisão ("stop line"), baseado na fórmula (3). Quando a contagem acumulada de lagartas ultrapassar a linha de decisão, encerra-se a contagem e determina-se a densidade média populacional, dividindo-se o número acumulado de lagartas pelo número de amostras. Para maior facilidade uma tabela foi elaborada para ser utilizada no campo (TABELA 2).

Observa-se que para iniciar a contagem é necessário um número mínimo de 10 unidades amostrais. Na coluna central é apresentada a linha de decisão com o número acumulado de lagartas, calculado pela fórmula (3) ao nível de precisão de 20%. Na coluna da direita são registrados os números de lagartas observadas na amostragem e que são acumulados após a realização de cada inspeção. Quando o número de lagartas anotados na coluna da direita ultrapassar o número da coluna da esquerda, pode-se suspender as contagens e calcular a densidade média populacional.

TABELA 2 - Plano de contagem seqüencial para lagartas de *S. frugiperda*, ao nível de 20% de precisão.

Número de Amostras	Coluna de Decisão	Total Acumulado Observado
10	258	
11	208	
12	171	
13	142	
14	120	
15	103	
16	89	
17	78	
18	68	
19	60	
20	54	
21	48	
22	43	
23	39	
24	36	
25	32	
26	30	
27	27	
28	25	
29	23	
30	21	
31	20	
32	19	
33	17	
34	16	
35	15	
36	14	
37	13	
38	13	
39	12	
40	11	
41	11	
42	10	
43	10	
44	9	
45	9	
46	8	
47	8	
48	7	
49	7	
50	7	

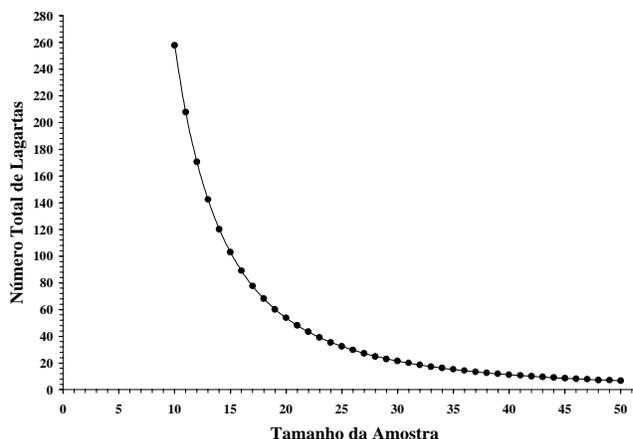


Figura 2 - Plano de contagem seqüencial para estimar a média populacional da lagarta do cartucho do milho *S. frugiperda*, ao nível de 20% de precisão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVAREZ, R.A.J.; MARTINEZ, O.W. Plano del mustreo secuencial para larvas del gusano cogollero de maiz (Lepidoptera: Noctuidae), en maiz. **Agronomia Colombiana**, v.7, p.26-32, 1990.
- BIANCO, R. Desenvolvimento 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. Piracicaba, 1995. 103p Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- CRUZ, I. **Recomendações técnicas para o cultivo do milho:** principais pragas e seu controle. Brasília: EMBRAPA, SPI, 1993. 204p. (Recomendação Técnica, 1).
- DAVIS, P.M.; PEDIGO, L.P. Analysis of spatial patterns and sequential count plans for stalk borer (Lepidoptera: Noctuidae). **Environmental Entomology**, v.18, p.504-549, 1989.
- FENG, M.G.; NOWIERSKI, R.M. Spatial distribution and sampling plans for four species of cereal aphids (Homoptera: Aphididae) infesting spring wheat in southwestern Idaho. **Journal of Economic Entomology**, v.85, p.830-837, 1992.
- FUXA, J.R. Sampling to determine when to control fall armyworms. **Louisiana Agriculture**, v.33, p.3-5, 1989.
- IWAO, S.; KUNO, E. Use of the regression of naean erowding on mean density for estimating sample size and the transformation of data for the analysis of variances. **Research Population Ecology**, v.10, p.210-214, 1968.
- MELO, G.A.F. **Milho informações técnicas:** aspectos sócio-econômicos. Dourados: EMBRAPA, UEPAE, 1991. 198p. (Circular Técnica, 20).
- MITCHELL, F.L.; FUXA, J.R. Distribution, Abundance, and Sampling of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) in South-central Louisiana Corn fields. **Environmental Entomology**, v.16, p.453-458, 1987.
- NASCIMENTO, J.E. Distribuição espacial e plano de amostragem seqüencial para o percevejo pequeno *Piezodorus guildinii* (Westwood, 1837) na cultura da soja. Jaboticabal, 1995. 137p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho".
- SCHOTZKO, D.J.; O'KEEFFE, L.E. *Lygus hesperus* distribution and sampling procedures in lentils. **Environmental Entomology**, v.18, p.308-314, 1989.
- SCHOTZKO, D.J.; SMITH, C.M. Effects of host plant on the between - Plant spatial distribution of the Russian wheat aphid (Homoptera: Aphididae). **Journal of Economic Entomology**, v.84, p.1725-1734, 1991.
- SOUTHWOOD, T.R.E. **Ecological methods**. 2.ed. New York: John Wiley, 1978. 525p.
- TAYLOR, L.R. Aggregation, variance and the mean. **Nature**, v.189, p.732-735, 1961.
- TAYLOR, L.R. A natural law for the spatial dispersion of insects. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF ENTOMOLOGY, London, 1965. **Proceedings**. London, 1965. p.396-397.
- TAYLOR, L.R. Assessing and interpreting the spatial distribution of insects populations. **Annual Review of Entomology**, v.29, p.231-257, 1984.
- VARGAS, R.M. Disposição espacial de *Panonychus ulmi* (Koch, 1836) (Acarina: Tetranychidae) e determinação do mínimo de amostra na macieira. Curitiba, 1986. 87p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná.
- WILSON, L.T.; ROOM, P.M. Clumping patterns of fruit and arthropods in cotton with implications for binomial sampling. **Environmental Entomology**, v.12, p.50-58, 1983.

Recebido em 17.04.00