



# Distribuição e amostragem de *Sitophilus zeamais* (M.) em grãos de trigo armazenado em silo metálico<sup>1</sup>



Anderson K. Santos<sup>2</sup>, Lêda R. D'Antonino Faroni<sup>3</sup>, Jamilton P. dos Santos<sup>4</sup>,  
Raul N. C. Guedes<sup>5</sup> & Adriano F. Rozado<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Parte da Dissertação do primeiro autor, apresentada à UFV para obtenção do título de Mestre em Entomologia

<sup>2</sup> Moinhos Vera Cruz S.A., Av. Ângelo Teixeira da Costa 1077, Dist. Industrial de Carreira Comprida, CEP 33045-170, Santa Luzia, MG. E-mail: aksantos@gold.com.br (Foto)

<sup>3</sup> DEA/UFV. CEP 36571-000, Viçosa, MG. E-mail: Ifaroni@ufv.br

<sup>4</sup> EMBRAPA Milho e Sorgo. Rod. MG 424, km 65, CEP 35701-970, Sete Lagoas, MG. E-mail: jamilton@cnpmc.embrapa.br

<sup>5</sup> DBA/UFV. CEP 36571-000, Viçosa, MG. E-mail: guedes@mail.ufv.br

<sup>6</sup> DEA/UFV. Viçosa, MG. E-mail: eg34922@correio.ufv.br

Protocolo 21 - 13/2/2003 - Aprovado em 19/9/2003

**Resumo:** O objetivo deste trabalho foi encontrar, em uma massa de grãos, o tipo de distribuição populacional de *Sitophilus zeamais* (Mostch., 1895) e calcular o número de amostras necessárias para um programa de monitoramento dessa praga. Utilizou-se um silo metálico com 12,5 t de trigo tipo *durum*, da safra de setembro/1998. Durante o carregamento do silo, o trigo foi infestado com *S. zeamais*, de tal forma que obtivesse 1 inseto kg<sup>-1</sup> de grãos. Em intervalos de oito dias e por um período de três meses, realizou-se uma amostragem em três profundidades do silo. Depois de pesadas, as amostras eram peneiradas para retirada dos insetos. Para caracterizar o tipo de distribuição populacional de *Sitophilus*, foram comparadas três técnicas: "Iwao's patchiness", "Taylor's power law" e índice de Morisita. Embora a técnica de Iwao e a de Taylor tenham caracterizado o mesmo tipo de distribuição, optou-se pela de Iwao por ser a menos influenciada pelo tamanho da amostra, localização e intervalos de amostragem. O cálculo do número de amostras baseou-se no número médio de insetos por amostra coletada e, pelos resultados obtidos, concluiu-se que, quanto maior o número de insetos por quilograma de grãos, menor a quantidade de amostras necessárias.

**Palavras-chave:** MIP, amostragem, *Sitophilus zeamais*, trigo, armazenamento

## Distribution and sampling of *Sitophilus zeamais* (M.) in wheat grains stored in a metallic bin

**Abstract:** The objective of this work was to determine the type of distribution of *Sitophilus zeamais* (Mostch., 1895) in a grain mass and to estimate the number of samples required for design of monitoring program for the insect-pest. A metallic bin filled with 12,5 t of wheat (type *durum*; harvested in Sept. 1998) was utilized. The wheat was infested with *S. zeamais* during the bin loading to obtain 1 insect kg<sup>-1</sup> of grains. Grain sampling at three depths was carried out every eight days for three months. After weighing, the grain samples were sieved to isolate and allow insect counting. In order to characterize the type of the distribution of the *Sitophilus* population, three techniques were used: Iwao's patchiness, Taylor's power law and Morisita's index. Despite Iwao's and Taylor's techniques providing the same distribution characterization, Iwao's technique was preferred because it is less affected by sample size, location and sampling intervals. The determination of the number of samples was based on the mean number of insects collected per sample. The results obtained indicated that a smaller number of sample is required for the detection of high insect densities.

**Key words:** MIP, sampling, *Sitophilus zeamais*, wheat, storage

## INTRODUÇÃO

A importância de se entender a dinâmica populacional do inseto para tomadas de decisão, não pode ser subestimada, pois este conhecimento é indispensável como princípio do manejo integrado de pragas. É igualmente importante, conhecer

se a praga está presente ou se ela significa ameaça ao produto (como consumidor, vetor e até mesmo esteticamente) e a que nível é fundamental para a tomada de decisão de um programa de manejo.

Segundo Pedigo (1994), amostragem pode ser definida como o processo e a arte de se tomar amostras para fazer inferências

sobre a população. Portanto, insetos são amostrados para determinar várias características da população, tais como a densidade ou o número de espécies que ocupam certa área, a dispersão ou o arranjo dos indivíduos no espaço, mudanças nas taxas de natalidade e mortalidade, número relativo de vários estágios dos insetos e mudanças em seu número, ao longo do tempo (Subramanyam & Hagstrum, 1996).

O processo de amostragem é, também, uma das bases para a implementação e desenvolvimento de um programa de manejo integrado de pragas, pois é a partir dela que se determinam os parâmetros quantitativos e qualitativos das pragas, detectando a presença do inseto na cultura ou no produto processado, e sua abundância no tempo e no espaço. Tais informações podem ser usadas para prever tendências populacionais no futuro e avaliar danos potenciais (Pedigo, 1994).

Para um programa de monitoramento, vários fatores devem ser considerados, dentre eles a localização, o número e tamanho das amostras a serem coletadas, e a frequência de amostragem. Esses fatores não são independentes. A amostragem pode ser menos freqüente se um grande número de amostras for tomado, pois haverá maior confiança de que não se esteja subestimando a densidade dos insetos e de que os níveis de densidade populacional não terão atingido o limite crítico. O custo da amostragem com maior intervalo de tempo, todavia, um número maior de amostras, pode ser menor que o custo de uma amostragem mais freqüente, com menor número de amostras, além do que, o custo do longo período de um programa de amostragem pode ser reduzido por monitoramento acústico (Hagstrum et al., 1994).

A estimativa da população desses insetos é essencial para as diversas finalidades de pesquisa, tais como na determinação das mudanças de crescimento populacional em relação à taxa de temperatura e umidade e determinação dos limites populacionais, para a utilização de métodos eficazes de controle (Subramanyam & Harein, 1990). Amostrar populações para estimar a densidade é, portanto, parte integral de qualquer estudo de dinâmica populacional. Ruesink & Kogan (1982) citados por Subramanyam & Hagstrum (1996) revisaram as principais referências sobre a amostragem das populações de insetos. A relação entre o número médio de insetos por amostra e a variância entre as amostras ou porcentagem de amostras com insetos, fornecem duas medidas de uniformidade da distribuição dos dados de densidade dos insetos em determinada área.

Quanto mais bem distribuída uma população, menor o número de amostras necessárias para detectar ou estimar a população de uma área. Hagstrum et al. (1985) demonstraram como se pode calcular o número de amostras requeridas para detectar ou estimar a população de insetos em um silo. De acordo com os autores, essas equações podem ser aplicadas durante todo o período de armazenamento. Lippert & Hagstrum (1987) citados por Subramanyam & Hagstrum (1996) demonstraram que essas equações também podem ser trabalhadas para armadilhas ("probe-traps").

O objetivo deste trabalho foi determinar a dispersão dos dados de densidade populacional de *Sitophilus zeamais* (Mostch, 1895) em grãos de trigo armazenados em silo metálico, comparando-se três técnicas estatísticas. Para tal, foram

estabelecidos o tipo de distribuição dos insetos, a região amostral mais significativa para se fazer as coletas, o número de amostras necessárias para estimar a densidade populacional da área em estudo e um plano de amostragem seqüencial para *S. zeamais*.

## MATERIAL E MÉTODOS

Utilizou-se um silo metálico de fundo falso com sistema de aeração (desligado durante o período de coletas) do setor de Pré-Processamento de Produtos Agrícolas do Departamento de Engenharia Agrícola (DEA), na Universidade Federal de Viçosa, MG; sua capacidade é de 12,5 t e suas dimensões são de 2,25 m de altura, 3,6 m de diâmetro e um comprimento externo cilíndrico de 12,95 m.

O trigo utilizado foi tipo "soft", da safra de setembro/1998, oriundo de São Gotardo, MG, adquirido junto à COOPADAPE, com o apoio do Programa PRODETAB e através de um projeto da EMBRAPA em parceria com o Departamento de Engenharia Agrícola. Na chegada deste lote, amostraram-se os sacos com um calador tipo sonda, encontrando uma densidade média populacional de 3 insetos  $\text{kg}^{-1}$  (*Tribolium castaneum*, *Oryzaephilus surinamensis* e *Cryptolestes ferrugineus*). Para eliminar esses insetos, expurgaram-se os sacos com fosfeto de alumínio, por um período de 120 h; em seguida, realizou-se nova amostragem para constatar a eficiência do tratamento. O carregamento do silo se deu através de rosca sem fim, durante o qual se infestou a massa inicial com um adulto de *S. zeamais*  $\text{kg}^{-1}$  de grão. Os insetos foram liberados ao longo das profundidades do silo e nos diversos quadrantes.

Os insetos da espécie *S. zeamais*, para liberação na massa de grãos, foram provenientes de uma criação de laboratório do DEA, durante quatro meses. O peneiramento e a separação dos insetos foram realizados com uma peneira de crivos oblongos de 1,41 mm e a quantidade de insetos necessários foi através de uma relação entre o volume e o número de insetos (média de 1220 insetos para cada 5 mL em uma proveta de 50 mL).

Para a coleta das amostras, o silo foi dividido em 4 quadrantes (Hagstrum, 1987) e em três profundidades, superfície da massa (até 22,5 cm) (A), meio (1,15 m) da massa (B) e fundo do silo (C), a 2,0 m de profundidade. As disposições dos quadrantes e pontos de coleta ao longo do silo estão apresentadas na Figura 1.

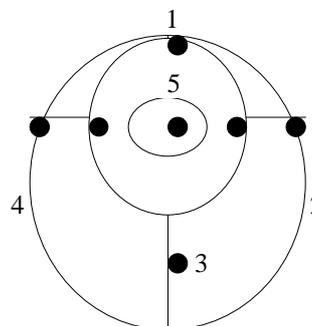


Figura 1. Vista superior do silo metálico

Pontos 1, 2, 3 e 4 formam os quadrantes do silo e a seqüência desses pontos forma a faixa marginal. A linha entre os pontos 1 e 3 forma o transecto norte-sul (NS) e os pontos 2 e 4, o transecto oeste-leste (WL). A faixa mediana é composta pelos pontos intermediários entre a faixa marginal e a central (ponto 5). O ponto 5, que é o centro do silo, representa a faixa central.

A técnica de amostragem utilizada foi o calador tipo sonda (Gehaka) que se compõe de uma parte coletora de amostra (22,2 cm de altura) e duas peças (barra de ferro) de 89,5 cm de altura, o que permitiu as coletas no meio e no fundo da massa. A frequência de amostragem foi semanal e foram feitas as seguintes avaliações: peso da amostra (g), em uma balança analítica, com precisão de 0,01g; número de insetos presentes em cada amostra (peneiramento); teor de umidade dos grãos (método de estufa a  $105 \pm 3$  °C, adotado pelas Regras de Análise de Sementes) e peso hectolétrico (balança com capacidade para um quarto de litro, da marca Dalemole). Após essas avaliações, guardaram-se as amostras para um segundo peneiramento, a fim de se quantificar os insetos recém-emergidos durante o primeiro mês de material coletado. Desta forma, avaliaram-se os insetos que estavam dentro dos grãos e os outros estádios de vida no momento da coleta.

O período de coleta dos dados foi de três meses (novembro/1998 a janeiro/1999) tempo médio de armazenamento de grãos em uma indústria moageira. A avaliação da distribuição dos dados dos insetos na massa de grãos (dispersão) foi feita comparando-se duas técnicas de regressão mais utilizadas para caracterizar a dispersão dos insetos, principalmente em grãos armazenados, e de um índice de dispersão utilizado em distribuição populacional, para insetos em geral: "Iwao's patchiness", "Taylor's power law" e Índice de Morisita. Na regressão de Iwao (Lloyd, 1967) criou-se uma variável média agrupada para descrever o número médio de outros indivíduos por indivíduo em uma unidade amostral média, sendo expressa pela Eq. 1.

$$X = x + \frac{(S^2 - 1)}{x} \quad (1)$$

em que:

- X - média agrupada;
- x - média de insetos das amostras;
- S<sup>2</sup> - variância das amostras;

A dispersão da população é dada pelo "índice de patchiness" (agrupamento), calculado em função da média agrupada (X), ou seja, se X/x for menor, igual ou maior que 1, indica que a distribuição é uniforme, aleatória e agregada, respectivamente. A regressão de Iwao é obtida através da curva de regressão linear entre a média agrupada e a média de insetos por amostra. Nesta técnica, a variância e a média podem ser baseadas em amostras de diferentes tamanhos (números de amostras) e em vários conjuntos de amostras obtidas de diferentes áreas e tempo. A equação da regressão é dada a seguir (Eq. 2).

$$X = \alpha + \beta x \quad (2)$$

em que:

- $\alpha$  - interseção com o eixo y; ela denota a média do número de indivíduos vivendo na mesma unidade amostral e é denominada "índice básico de contágio do indivíduo" ( $\alpha = 0$ , o componente é um simples indivíduo;  $\alpha < 0$ , indica uma repulsão entre os indivíduos e  $\alpha > 0$ , mostra que o componente básico é uma colônia). A medida de  $\alpha + 1$  dá a medida de tamanho do agrupamento (colônia).
- $\beta$  - inclinação da curva; ele indica se os agrupamentos estão distribuídos uniformemente ( $\beta < 1$ ), aleatoriamente ( $\beta = 1$ ) e agregadamente ( $\beta > 1$ ) (Iwao, 1968; Southwood, 1978).

Segundo Taylor (1961), a técnica "Taylor's power law" descreve a relação entre a variância e a média de indivíduos, através de uma função exponencial (Eq. 3).

$$S^2 = Ax^b \quad (3)$$

em que:

- A - fator de escala dependente da unidade amostral (igual ao antilogaritmo de a, ou seja,  $10^a$ );
- b - o índice de dispersão ( $b < 1$ , distribuição uniforme;  $b = 1$ , distribuição aleatória;  $b > 1$  distribuição agregada).

A e b são estimadas pela regressão entre a variância e a média, após transformá-las em escala logarítmica ( $\log_{10}$ ). A equação da regressão é expressa por (Eq. 4).

$$\log_{10} S^2 = a + b \log_{10} x \quad (4)$$

em que:

- x - número médio de insetos
- S<sup>2</sup> - variância
- a - interseção com o eixo y
- b - inclinação da curva de regressão

O Índice de Morisita define a distribuição espacial da população, pela fórmula (Eq. 5):

$$I_f = N \frac{\sum x^2 - \sum x}{(\sum x)^2 - \sum x} \quad (5)$$

em que:

- N - é o número total de amostra
- $\sum x^2$  - é a somatória dos quadrados do número de indivíduos em cada coleta
- $\sum x$  - é a somatória do número de indivíduos em cada coleta
- $(\sum x)^2$  - é o quadrado da somatória do número de indivíduos em cada coleta

O índice calculado é interpretado da seguinte forma: se  $I_f \ll 1$ , a distribuição é considerada uniforme,  $I_f = 1$ , a distribuição é aleatória e se  $I_f \gg 1$ , a distribuição é dita agregada.

O número de amostras (n) requerido para se estimar a média da densidade populacional (x) foi calculado pela Eq. 6, conforme sugeriram Ruesink & Kogan (1975).

$$n = \frac{\log 0,05}{\log \left[ \left( \frac{1,31}{x} + 1,31 \right)^{1,31} \right]} \quad (6)$$

em que:

x - número médio de insetos

Para as análises, agruparam-se as amostras em um eixo horizontal (Transectos norte-sul e oeste-leste) e em faixas (círculos) próximo à margem, à mediana e à central, considerando-se as três profundidades.

As análises de regressão lineares foram feitas utilizando-se o procedimento PROC REG do SAS (SAS Institute, 1989) e as análises não-lineares foram através do procedimento "curve fitting", do programa SigmaPlot (Jandel Scientific, 1986).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados analisados pelas técnicas de regressão para se determinar o padrão de dispersão, estão dispostos nas Tabelas 1, 2 e 3, nas quais os dados estão separados e calculados com base na divisão feita dentro do silo (transecto, faixa circuncêntrica e profundidade) para sua análise. Com relação aos transectos, apenas o transecto NS apresentou variância maior que a média da densidade populacional obtida; quanto às faixas, somente a faixa marginal mostrou uma variância maior que a média, enquanto nas demais divisões do silo, inclusive

Tabela 1. Valores obtidos pela técnica de regressão de Iwao e o tipo de distribuição da população de *S. zeamais*, em cada região do silo

Região	Média	SE*	S <sup>2</sup>	Iwao						
				α	β	X/x	R <sup>2</sup>	p	n	ID*
Transecto NS	13,33	0,51	16,70	-0,36	0,99	<1	0,99	<0,0001	225	Uniforme
Transecto WL	11,50	0,39	10,37	-0,29	0,98	<1	0,99	<0,0001	225	Uniforme
Faixa										
Marginal	13,70	0,31	14,77	-0,53	0,99	<1	0,99	<0,0001	156	Uniforme
Mediana	4,91	0,17	4,60	-0,41	0,99	<1	0,99	<0,0001	156	Uniforme
Central	8,33	0,38	5,78	-0,12	0,99	<1	0,99	<0,0001	156	Uniforme
Distr. Total	12,26	0,23	18,01	-0,63	0,99	<1	0,99	<0,0001	156	Uniforme
Faixa Marginal										
Superfície	17,48	0,45	8,34	-0,34	0,99	<1	0,99	<0,0001	52	Uniforme
Meio	13,29	0,5	10,56	-0,13	0,99	<1	0,99	<0,0001	51	Uniforme
Fundo	10,83	0,48	9,51	-0,66	0,99	<1	0,99	<0,0001	51	Uniforme
Faixa Mediana										
Superfície	11,27	0,41	6,99	-0,38	0,99	<1	0,99	<0,0001	48	Uniforme
Meio	12,33	0,36	5,36	-0,13	0,99	<1	0,99	<0,0001	52	Uniforme
Fundo	9,54	0,42	7,34	-0,78	0,96	<1	0,97	<0,0001	52	Uniforme

\* ID - Distribuição dos dados de dispersão; SE - Erro padrão

Tabela 2. Valores obtidos pela técnica de regressão de Taylor e o tipo de distribuição da população de *S. zeamais*, em cada região do silo

Região	Média	SE*	S <sup>2</sup>	Taylor						
				a	b	A	R <sup>2</sup>	p	n	ID*
Transecto NS	13,33	0,51	16,70	-0,23	0,76	0,6	0,77	<0,0001	225	Uniforme
Transecto WL	11,50	0,39	10,37	-0,19	0,5	0,64	0,36	0,0308	225	Uniforme
Faixa										
Marginal	13,70	0,31	14,77	-0,3	0,8	0,5	0,97	<0,0001	156	Uniforme
Mediana	4,91	0,17	4,60	-0,02	0,59	0,99	0,72	<0,0001	156	Uniforme
Central	8,33	0,38	5,78	-0,03	0,86	0,92	0,99	<0,0001	156	Uniforme
Distr. total	12,26	0,23	18,01	-0,39	0,76	0,68	0,92	<0,0001	156	Uniforme
Faixa Marginal										
Superfície	17,48	0,45	8,34	-0,27	0,8	0,53	0,91	<0,0001	52	Uniforme
Meio	13,29	0,5	10,56	-0,07	0,88	0,85	0,94	<0,0001	51	Uniforme
Fundo	10,83	0,48	9,51	Indt	Indt	Indt	Indt	Indet	Indt	Uniforme
Faixa Mediana										
Superfície	11,27	0,41	6,99	-0,18	0,81	0,66	0,96	<0,0001	48	Uniforme
Meio	12,33	0,36	5,36	-0,06	0,87	0,86	0,81	<0,0001	52	Uniforme
Fundo	9,54	0,42	7,34	0,04	0,67	1,1	0,70	=0,0006	52	Uniforme

\* ID - Distribuição dos dados de dispersão; SE - Erro padrão

nas profundidades da faixa marginal, as densidades populacionais dos insetos apresentaram variação amostral menor. Analisando-se a dispersão da população de insetos pelo índice de agrupamento, ou seja, razão entre a média agrupada ( $X$ ) e o número médio de insetos por amostra ( $x$ ), verifica-se que foi predominantemente menor que um, indicando um padrão de dispersão uniforme ( $X/x < 1$ ) mesmo nos casos em que a variância entre as amostras do transecto NS e da faixa marginal tenha sido superior à da média da densidade populacional. Analisando-se o comportamento e a forma de agrupamento entre os insetos de uma mesma unidade amostral, verifica-se que os valores dos coeficientes  $\alpha$  e  $\beta$  foram constantes, indicando uma repetição da uniformidade, ao longo das coletas. O coeficiente  $\beta < 1$  indica que há uma distribuição uniforme dos grupos de indivíduos, porém, como o coeficiente  $\alpha < 0$ , há repulsão entre eles.

Tabela 3. Valores obtidos pela técnica de regressão de Morisita e o tipo de distribuição da população de *S. zeamais*, em cada região do silo

Região	Média	SE*	S <sup>2</sup>	Morisita	
				If	ID*
Transecto NS	13,33	0,51	16,70	3,53	Agregada
Transecto WL	11,50	0,39	10,37	3,35	Agregada
Faixa					
Marginal	13,70	0,31	14,77	2,32	Agregada
Mediana	4,91	0,17	4,60	0,47	Uniforme
Central	8,33	0,38	5,78	19,7	Agregada
Distr. total	12,26	0,23	18,01	6,3	Agregada
Faixa Marginal					
Superfície	17,48	0,45	8,34	6,04	Agregada
Meio	13,29	0,5	10,56	0,22	Uniforme
Fundo	10,83	0,48	9,51	1,02	Uniforme
Faixa Mediana					
Superfície	11,27	0,41	6,99	6,09	Agregada
Meio	12,33	0,36	5,36	0,92	Uniforme
Fundo	9,54	0,42	7,34	0,79	Uniforme
Faixa Central					
Superfície	19,46	0,8	8,34	24,9	Agregada
Meio	2,62	0,27	0,96	4,29	Agregada
Fundo	2,92	0,3	1,21	1,23	Aleatória

\* ID - Distribuição dos dados de dispersão; SE - Erro padrão

O índice de Taylor, apresentado na Tabela 2, também descreve uma relação entre a variância e a média do número de indivíduos por unidade amostral. O coeficiente angular desta relação ( $b$ ) variou entre 0,5 e 0,9, indicando uma distribuição populacional também uniforme em todas as regiões avaliadas.

O Índice de Morisita (Tabela 3) define a distribuição espacial da população com base no número de indivíduos encontrados em cada coleta e no número total de amostras coletadas. Comparando-se as regiões circuncêntricas (marginal, mediana e central), encontrou-se uma distribuição da população, na maioria das vezes, agregada; apenas a faixa mediana obteve distribuição uniforme.

Estabeleceu-se uma relação entre o número médio de insetos capturados em toda a faixa marginal e o número médio do total de insetos coletados no final do período (Figura 2A). Nesta

relação, encontrou-se uma interação significativa, linear e positiva, entre as duas densidades médias populacionais ( $R^2 = 0,97$ ;  $p < 0,0001$ ). A mesma análise foi feita entre a densidade média do total de insetos coletados no final do período e o número médio de insetos coletados na região superficial da faixa marginal (Figura 2B); o resultado obtido foi significativo e linear positivo ( $R^2 = 0,68$ ;  $p = 0,0005$ ).

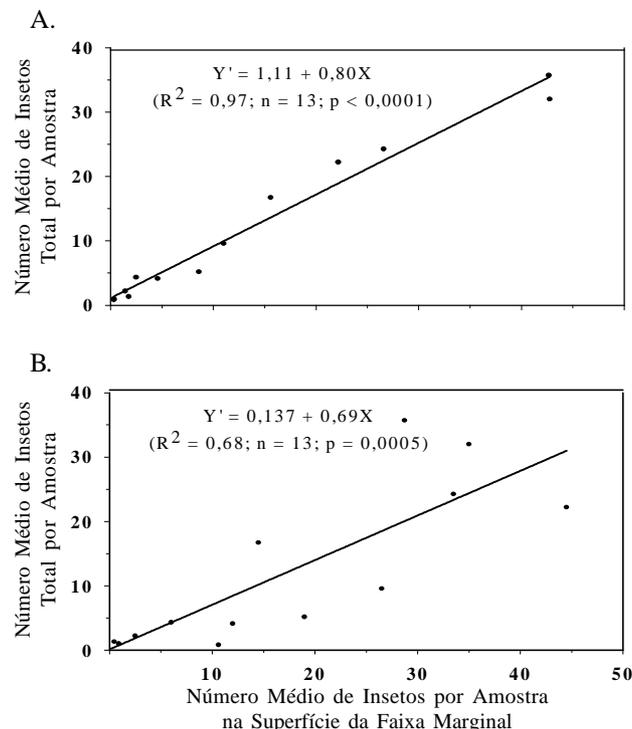


Figura 2. Relações entre as densidades médias populacionais (total) de *S. zeamais*, amostradas por calor dentro do silo, e a faixa marginal (A) e a superfície da faixa marginal (B)

Ao se encontrar a região mais significativa para se fazer a estimativa da densidade populacional de *S. zeamais* (superfície da faixa marginal do silo), calculou-se o número de amostras necessárias para a amostragem dessas populações, em grãos de trigo armazenados em um silo metálico. A curva foi obtida com base no número médio de insetos/amostra de cada coleta ( $R^2 = 0,96$ ;  $p < 0,0001$ ) (Figura 3A). A relação entre esta estimativa populacional (número médio de insetos/amostra) e o número de amostras necessárias para a faixa marginal, teve a mesma tendência ( $R^2 = 0,89$ ;  $p = 0,0003$ ) (Figura 3B).

Na Figura 4 estabeleceu-se uma relação entre a probabilidade de se detectar indivíduos de *S. zeamais* em uma amostra, em função do número médio de insetos coletados em cada amostra. Tanto para o número total de insetos/0,28 kg de grãos (Figura 4A) quanto para a densidade média populacional da faixa marginal por amostra (Figura 4B), obteve-se uma relação crescente na fração de amostras com insetos, à medida que se aumenta a densidade média populacional por amostra, nesses pontos.

A Figura 5 representa a elaboração de um plano de amostragem seqüencial, desenvolvida para populações de *S. zeamais* em grãos de trigo armazenado em silo metálico. A cada coleta, somam-se os insetos encontrados anteriormente;

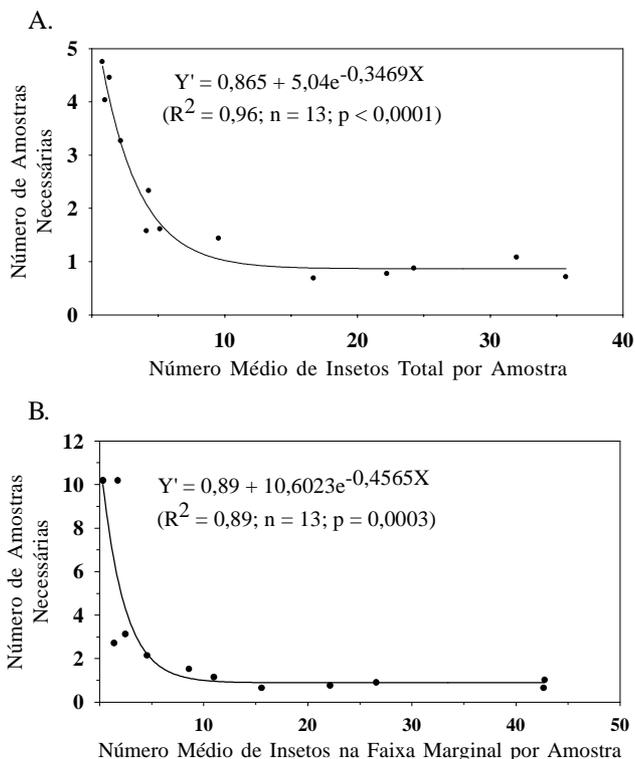


Figura 3. Relação entre o número de amostras necessárias (0,28 kg grãos) para a amostragem de *S. zeamais* com calador e a densidade média populacional dos insetos por amostra (A) e na faixa marginal (B)

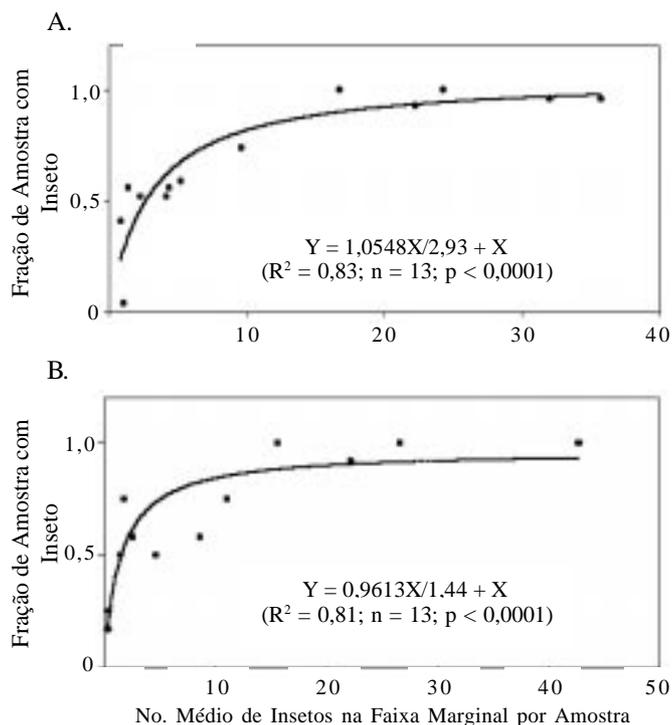


Figura 4. Relação entre a fração de amostra (0,28 kg de grãos) com insetos (*S. zeamais*) e a densidade média populacional total (A) e da faixa marginal (B) de um silo no Brasil

localizando-se os dados no gráfico, toma-se a decisão de controle, de nova amostragem ou de interrupção do processo

de amostragem no período; observa-se que somente a partir da segunda amostra retirada é que se tem uma representação gráfica que indicará a situação da amostragem e do nível populacional, abaixo ou acima do nível de controle (NC). Caso esteja acima da linha contínua (maior que o NC), toma-se a decisão de tratar os grãos; se os valores estiverem entre as linhas contínua e tracejada, a amostragem deve continuar e, se a quantidade de insetos acumulativa estiver abaixo da linha tracejada, deve-se interromper o processo de amostragem e os grãos não necessitarão de tratamento; como exemplo, encontrando-se na terceira coleta de amostras um número acumulativo igual a dois insetos, continua-se o processo de amostragem; para um número acumulativo de quatro insetos, adota-se uma medida, pois a infestação (Figura 5) é maior que o nível de controle.

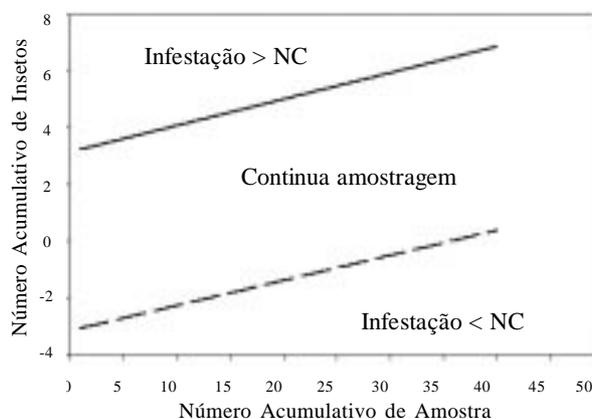


Figura 5. Curvas do limite superior e inferior para a amostragem sequencial de *Sitophilus zeamais* em trigo armazenado

Avaliando-se os resultados sobre a distribuição dos insetos na massa de grãos pelos índices de dispersão de Iwao e de Taylor (Tabelas 1 e 2), encontrou-se que a população de *S. zeamais*, em grãos de trigo armazenado em um silo metálico, distribui-se de forma uniforme e, ainda, que, segundo o índice de agrupamento (técnica de Iwao), ocorre repulsão entre os indivíduos. Conforme Subramanyam & Hagstrum (1996) a variância amostral e a média amostral são os parâmetros utilizados para os cálculos de distribuição populacional, ou seja, uma variação entre o número de insetos encontrados em cada amostra pode levar a mudanças na dispersão dos insetos. Observa-se, pelas Tabelas 1 e 2, que a variância amostral entre as médias de insetos coletados em cada amostra foi grande nas análises das regiões do silo, sendo maior que a média no transecto NS e na faixa marginal. Embora esses resultados tenham ocorrido, devido à grande diferença entre o número de insetos capturados nas amostras e também ao longo das coletas, não influenciaram no tipo de distribuição dos insetos; outro fator que pode afetar o tipo de distribuição, dependendo do índice que se usa, é o tamanho da amostra (Taylor, 1984). Observa-se, pelo índice de Morisita, que o tipo de distribuição encontrada foi agregada (Tabela 3) e, segundo Krebs (1989) o tamanho da amostra influencia este índice de tal forma que, quanto maior o número de amostras, maior será o índice, isto é, maior também a probabilidade da distribuição dos dados ser agregada.

Das técnicas estatísticas utilizadas para a determinação do tipo de distribuição dos dados, a de Iwao (Tabela 1) parece ser

a mais consistente e a que sofre menos interferência da variância amostral, pois a média e a variância necessárias para se calcular o índice de agrupamento, podem ser baseadas em diferentes tamanhos de amostras (número de amostras) e em vários conjuntos de amostras obtidas de variadas localidades e em tempos diferentes, o que permite, inclusive, relacionar-se dados já obtidos e avaliar a dispersão dos insetos em estudos anteriores (Smith, 1985; Subramanyam & Hagstrum, 1996). Em contrapartida, a técnica de Taylor (Tabela 2), que tem a maioria da variância surgindo dentro das regiões de um silo (Subramanyam & Harein, 1990), terá a variância influenciando suas estimativas e as variâncias associadas a essas estimativas. Uma possibilidade de se diminuir a variância, em relação à média, seria a utilização da distribuição binomial (presença/ausência) pois, ao contrário da contagem de todos os insetos das amostras, a variância nesta distribuição é menor (Jones, 1994); além disso, a redução no custo de amostragem será importante (Subramanyam & Harein, 1989).

Analisando-se, ainda na Tabela 2, os valores estimados pela regressão entre a variância amostral e a média amostral representados pela letra "A", da técnica de Taylor, observa-se uma variabilidade entre eles; esta variação pode ter ocorrido em virtude do parâmetro ser um fator relacionado ao tamanho da unidade amostral, conforme observado em outro estudo (Subramanyam & Hagstrum, 1996). O mesmo acontece com o Índice de Morisita (Tabela 3); por isto, a técnica de Iwao (Tabela 1) pode ser a menos influenciável pelo tamanho da amostra, localidades e épocas distintas de amostragem e, portanto, parece ser mais adequada a esse tipo de determinação.

Além do tipo de distribuição das espécies, que é fundamental na elaboração de um programa de amostragem, a localização (região) onde se deve amostrar, o tamanho da amostra e o número de amostras necessárias são também componentes básicos para a amostragem. Neste sentido, encontrou-se a faixa que melhor representa ou caracteriza a densidade média populacional de *S. zeamais* (Figura 2) e o número de amostras necessárias em relação ao número médio total de insetos no silo (Figura 3). Para ambos, quanto maior o número médio de insetos/0,28 kg grãos, menor a quantidade de amostras necessárias, ou seja, a relação entre o número de amostras necessárias, com um nível de precisão fixado em 95%, e o número médio de insetos/amostra foi inversa (Figura 3). Subramanyam & Harein (1990) encontraram resultados semelhantes, isto é, quanto maior o número médio total de insetos no silo, menor a quantidade de amostras necessárias. Mais amostras são requeridas para se estimar a densidade populacional de insetos, quando esta for mais baixa que quando a densidade for alta.

Esta relação também é evidenciada na Figura 4, a qual demonstra aumento na probabilidade de se encontrar insetos em cada amostra, a medida em que o número médio de insetos total ou por faixa marginal, aumenta; como exemplo, detectando-se um inseto por amostra de 0,28 kg de grãos, oito amostras serão necessárias na superfície marginal do silo (Figura 3B); entretanto, com um incremento possível da população de insetos de 10 a 70 vezes (Howe, 1965), os grãos devem ser amostrados frequentemente ou as populações devem ser descobertas a densidades mais baixas.

O monitoramento de *S. zeamais* em silos sugere, portanto, que a amostragem seja feita retirando-se oito amostras da superfície da faixa marginal do silo utilizando-se, para isto, um calador simples (amostra média de 0,28 kg de grãos). Para esses dados de número amostral necessário levou-se em conta o NDE calculado no estudo anterior, que foi de 0,18 insetos kg<sup>-1</sup>, em que os resultados representam uma estimativa da densidade populacional dos insetos. Desta forma e se associando a estimativa da densidade populacional e, ainda, tendo-se as análises de custo-benefício calculadas, as ferramentas básicas para a implementação do programa manejo integrado de pragas se tornam disponíveis para uma eficácia maior na determinação dos níveis das pragas, no caso de *S. zeamais* e, sobretudo, na tomada de decisão, o que viabiliza a escolha do momento e da tática correta de controle dos insetos.

O monitoramento de *S. zeamais* também pode ser feito por um plano de amostragem seqüencial (Figura 5) desenvolvido a partir dos dados gerais das coletas, durante os três meses de armazenamento. O plano não visa conhecer exatamente a densidade média da população de *S. zeamais* mas, sim, dizer se o número de inseto encontrado excede ou não o nível de controle (NC). Por esses dados, o plano permite o aparecimento de três ou mais insetos, num número mínimo de três amostras coletadas para que se indique uma tomada de decisão: controlar, continuar a amostragem ou parar de amostrar. A grande vantagem deste plano é que ele requer um número menor de amostras para a tomada de decisão, que os planos de amostragem com número fixo de amostras (Hagstrum et al., 1997).

## CONCLUSÕES

1. A distribuição de *S. zeamais* em uma massa de trigo armazenado em silo metálico foi uniforme.
2. A técnica de Iwao demonstrou melhor resolução, pois não é afetada pelo tamanho da amostra, variância da amostra e das regiões dentro de um silo.
3. A região superficial da faixa marginal (círculo mais próximo da parede do silo) foi a mais representativa na coleta dos insetos indicando, portanto, o local de se realizar o processo de monitoramento.
4. A redução do número de amostras necessárias ocorre à medida que se aumenta a densidade populacional de *S. zeamais*.
5. O sistema de amostragem seqüencial reduziu os esforços amostrais e indicou o momento correto de se tomar a decisão de tratar a massa de grãos.

## LITERATURA CITADA

- Hagstrum, D.W. Seasonal variation of stored wheat environment and insect populations. *Environmental Entomology*, College Park, v.16, p.77-83, 1987.
- Hagstrum, D.W.; Flinn, P.W.; Shuman, D. Acoustical monitoring of stored-grain insects: an automated system. In: *Proceedings of the International Working Conference on Stored-Product Protection*, 6, 17-21 April, Canberra, Australia, 1994, p.403-405.

- Hagstrum, D.W.; Milliken, G.A.; Waddell, M.S. Insect distribution in bulk-stored wheat in relation to detection or estimation of abundance. *Environmental Entomology*, College Park, v.14, p.665-661, 1985.
- Hagstrum, D.W.; Subramanyam, B.H.; Flinn, P.W. Nonlinearity of a generic variance –mean equation for stored-grain insect sampling data. *Environmental Entomology*, College Park, v.26, n.6, p.1213-1223, 1997.
- Howe, R.W. A summary of estimates of optimal and minimal conditions for population increase of some stored products insects. *Journal of Stored Products Research*, Oxford, v.1, p.177-184, 1965.
- Jandel Scientific. SigmaPlot scientific graphing software version 5 for Macintosh: user's manual, San Rafael, Jandel Corporation, 1986, 658p.
- Jones, V.P. Sequential estimation and classification procedures for binomial counts. In: Pedigo, L.P.; Buntin, G.D. (eds.). *Handbook of sampling methods for arthropods in agriculture*, Boca Raton: CRC Press, 1994. p.176-206.
- Lloyd, M. Mean crowding. *Journal of Animal Ecology*, London, v.36, p.1-30, 1967.
- Pedigo, L.P. Introduction to sampling arthropod populations. In: Pedigo, L.P.; Buntin, G.D. (eds.). *Handbook of sampling methods for arthropods in agriculture*, Boca Raton: CRC Press, 1994. p.1-11.
- Ruesink, W.G.; Kogan, M. The quantitative basis of pest management: sampling and measuring. In: Metcalf, R.L.; Luckman, W.H. (eds.). *Introduction to insect pest management*, New York: Wiley, 1975. p.309-351.
- Ruesink, W.G.; Kogan, M. The quantitative basis of pest management: sampling and measuring. In: Metcalf, R.L.; Luckmann, W.H. (eds.). *Introduction to insect pest management*, New York: Wiley. 1982. p.315-352.
- SAS Institute. SAS/STAT user's guide version 6, Cary: SAS Institute, 1989, 986p.
- Smith, L.B. Insect infestation in grain loaded in railroad cars at primary elevators in southern Manitoba, Canada. *Journal of Economic Entomology*, Lanham, v.78, p.831-834, 1985.
- Subramanyam, B.H.; Hagstrum, D.W. Sampling. In: Subramanyam, B.; Hagstrum, D.W. (eds.) *Integrated management of Insects in stored products*. New York: M. Dekker, 1996. p.135-193.
- Subramanyam, B.H.; Harein, P.K. Insects infesting barley stored on farms in Minnesota. *Journal of Economic Entomology*, Lanham, v.82, p.1817-1824, 1989.
- Subramanyam, B.H.; Harein, P.K. Accuracies and sample sizes associated with estimating densities of adult beetles (Coleoptera) caught in probe traps in stored barley *Journal of Economic Entomology*, Lanham, v.83, p.1102-1109, 1990.
- Taylor, L.R. Aggregation, variance and the mean. *Nature*, London, v.189, p.732-735, 1961.
- Taylor, L.R. Assessing and interpreting spatial distribution of insect populations. *Annual Review of Entomology*, Palo Alto, v.9, p.117-127, 1984.