

## CROP PROTECTION

Planos de Amostragem Seqüenciais para *Orthezia praelonga* Douglas (Hemiptera: Sternorrhyncha, Ortheziidae) na Cultura de CitrosMARILIA G. COSTA<sup>1</sup>, JOSÉ C. BARBOSA<sup>2,3</sup> E PEDRO T. YAMAMOTO<sup>4</sup><sup>1</sup>Depto. Fitossanidade; <sup>2</sup>Depto. Ciências Exatas.

FCAV/UNESP, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n°, 14.884-900, Jaboticabal, SP

<sup>3</sup>Bolsista do CNPq<sup>4</sup>Fundo de Defesa da Citricultura - FUNDECITRUS, C. postal 391, 14.801-970, Araraquara, SP*Neotropical Entomology* 36(6):932-938 (2007)Sequential Sampling Plans to *Orthezia praelonga* Douglas (Hemiptera: Sternorrhyncha, Ortheziidae) in Citrus

**ABSTRACT** - The sequential sampling is characterized by using samples of variable sizes, and has the advantage of reducing sampling time and costs if compared to fixed-size sampling. To introduce an adequate management for orthezia, sequential sampling plans were developed for orchards under low and high infestation. Data were collected in Matão, SP, in commercial stands of the orange variety 'Pêra Rio', at five, nine and 15 years of age. Twenty samplings were performed in the whole area of each stand by observing the presence or absence of scales on plants, being plots comprised of ten plants. After observing that in all of the three stands the scale population was distributed according to the contagious model, fitting the Negative Binomial Distribution in most samplings, two sequential sampling plans were constructed according to the Sequential Likelihood Ratio Test (SLRT). To construct these plans an economic threshold of 2% was adopted and the type I and II error probabilities were fixed in  $\alpha = \beta = 0.10$ . Results showed that the maximum numbers of samples expected to determine control need were 172 and 76 samples for stands with low and high infestation, respectively.

**KEY WORDS:** Insecta, scale, *Citrus sinensis*, negative binomial distribution

**RESUMO** - A amostragem seqüencial caracteriza-se por utilizar amostras de tamanho variável, e possui a vantagem da redução do tempo de amostragem e de custos quando comparada com a amostragem de tamanho fixo. Para implantar o manejo apropriado da cochonilha ortézia, foram desenvolvidos planos de amostragem seqüenciais para pomares com baixa e alta infestação. Os dados foram coletados no município de Matão, SP, em talhões de pomares comerciais de laranja da variedade 'Pêra Rio', com cinco, nove e 15 anos de idade. Foram realizadas vinte amostragens em área total de cada talhão, observando-se visualmente a presença ou ausência da praga nas plantas, onde cada unidade amostral constituiu-se de 10 plantas. Após verificado que nos três talhões a distribuição da cochonilha era agregada, ajustando-se à distribuição binomial negativa na maior parte das avaliações, construíram-se dois planos de amostragem seqüenciais, de acordo com o Teste Seqüencial da Razão de Verossimilhança (TSRV). Na construção dos planos adotou-se o nível de dano econômico de 2%, e os valores para os erros tipo I e II foram fixados em  $\alpha = \beta = 0,10$ . Os resultados mostraram que os números máximos de amostras esperados para se definir a necessidade ou não de controle foram de 172 e 76 amostras para o talhão com baixa e alta infestação, respectivamente.

**PALAVRAS-CHAVE:** Insecta, cochonilha, *Citrus sinensis*, distribuição binomial negativa

Um dos maiores problemas de um pomar de citros é o fitossanitário, pois além de reduzir a produtividade, as pragas e doenças fazem com que o custo de produção dos pomares aumente consideravelmente. Dentre as principais pragas que atacam os citros encontram-se as cochonilhas e em especial a espécie *Orthezia praelonga* Douglas, de grande importância econômica, pois ataca todas as variedades de laranja, limão e tangerina, causando vários prejuízos à planta, principalmente pelo seu dinamismo e

rapidez com que se reproduz e dá origem a novas gerações (Gravena 2005).

A quantidade de ovos colocados pela fêmea de *O. praelonga* varia de 70 a 100, podendo chegar a 200 ovos (Prates 1987, Gravena 2005). Segundo Parra *et al.* (2003) o ciclo médio é de 30 dias e a longevidade da fêmea pode ser de mais de 80 dias. Possuindo um potencial biótico elevado, pode produzir infestação intensa nas plantas cítricas (Prates 1987). Caracteriza-se também por sua difícil erradicação

do pomar, devido ao seu grande potencial de reinfestação, através do vento, materiais de colheita e trânsito de máquinas e caminhões (Yamamoto *et al.* 2004).

Gyenge *et al.* (1999) relatam que o conhecimento da distribuição espacial do inseto é de fundamental importância para estabelecer os melhores critérios de amostragem e determinar o momento de controle de infestação praga. Para isso é necessário conhecer as distribuições de probabilidade que descrevem as distribuições espaciais. Os modelos matemáticos mais utilizados para o estudo da distribuição espacial de insetos são a distribuição de Poisson, que descreve a disposição ao acaso ou aleatória do inseto no campo com variância igual à média (Elliott 1979); a distribuição binomial positiva, com variância inferior à média, representando a disposição regular ou uniforme do inseto no campo (Rabinovich 1980) e a distribuição binomial negativa, que apresenta variância maior que a média e caracteriza distribuição contagiosa ou agregada de insetos (Elliott 1979).

Obtida a distribuição espacial, estabelece-se um nível de dano econômico na forma de duas densidades populacionais críticas, tais que o dano ocorra se a população da variável escolhida ultrapassar o limite superior e não ocorra se a população ficar abaixo do limite inferior estabelecido, e selecionam-se os níveis máximos de probabilidade de cometer erros na decisão sobre densidades populacionais, ou seja, a probabilidade  $\alpha$  de estimar uma densidade populacional não prejudicial como sendo prejudicial (erro tipo I) e a probabilidade  $\beta$  de estimar uma densidade populacional prejudicial como não sendo (erro tipo II). Com esses valores, pode-se elaborar um plano de amostragem para proporcionar alto nível de precisão com o menor custo possível, e maior eficiência na tomada de decisão do controle (Ruesnik & Kogan 1975).

Na maioria das fazendas de citros são realizadas amostragens constantes para determinar a presença de pragas nas plantas, mas ainda não há um número estimado de plantas a serem avaliadas para se determinar o controle da cochonilha ortézia. Sem um número pré-estabelecido, pode ser aplicada grande quantidade de inseticidas sem necessidade, aumentando o custo para o produtor e os danos ao meio ambiente.

Visando dar subsídios ao manejo integrado da cochonilha ortézia, e conhecendo a importância dos efeitos causados pela praga nos pomares citrícolas, procurou-se construir um plano de amostragem para avaliação de *O. praelonga* em pomares de laranja 'Pêra Rio'.

## Material e Métodos

O estudo foi conduzido em três talhões de laranja da cv. 'Pêra Rio', na Fazenda Cambuhy, Matão, SP, de cinco, de nove e de 15 anos de idade.

As amostragens foram realizadas quinzenalmente durante o período de maio de 2004 a abril de 2005. Em todas as plantas de cada talhão amostrado foi avaliada a presença ou ausência de ninfas e/ou adulto de *O. praelonga* viva na planta e, em seguida, as plantas infestadas pela cochonilha foram marcadas com uma fita, anotando-se a posição da mesma na

linha. Cada unidade amostral foi constituída de 10 plantas, formadas por duas ruas de cinco plantas.

Para se estimar o valor do  $k$  comum e testar sua homogeneidade para a série de amostras, ou seja, um valor de  $k$  que representasse a maioria das datas de amostragem, foi utilizado o método proposto por Bliss & Owen (1958), conhecido como método da regressão ponderada.

A distribuição espacial de *O. praelonga*, nos três talhões, baseada na sua distribuição de probabilidade foi agregada, ajustando-se, na maioria das avaliações, à distribuição binomial negativa (Costa *et al.* 2006). Foram construídos planos de amostragem seqüenciais, para talhões com baixa e com alta infestação da praga, baseados no Teste Seqüencial da Razão de Verossimilhança (TSRV), de acordo com a metodologia desenvolvida por Wald (1945).

O TSRV permite testar com o menor número esperado de amostras, as hipóteses  $H_0: m = m_0$  vs.  $H_1: m = m_1$ , onde  $m$  representa médias de infestação, e  $m_1 > m_0$ :

$m_0$  = média abaixo da qual se controla a praga;

$m_1$  = média acima da qual não se controla a praga;

As fórmulas utilizadas para a aplicação do TSRV apresentadas a seguir, são baseadas nos conceitos originalmente desenvolvidos por Wald (1945).

Sejam:

$S$  = soma das contagens;

$N = 1, 2, \dots, N^*$  = tamanho da amostra;

$p_0 = m_0/k_c$  = probabilidade de a planta estar infestada com a praga sob  $H_0$ ;

$p_1 = m_1/k_c$  = probabilidade de a planta estar infestada com a praga sob  $H_1$ ;

$q_0 = 1 + p_0$  = probabilidade de a planta não estar infestada com a praga sob  $H_0$ ;

$q_1 = 1 + p_1$  = probabilidade de a planta não estar infestada com a praga sob  $H_1$ ;

$\alpha$  = probabilidade de erro tipo I = probabilidade de se aceitar  $m_1$ , quando  $m_0$  é verdadeira;

$\beta$  = probabilidade de erro tipo II = probabilidade de se aceitar  $m_0$ , quando  $m_1$  é verdadeira;

$a = k_c \log(q_1/q_0) / \log(p_1 q_0 / p_0 q_1)$  = inclinação da reta;

$b_0 = \log [b/(1-a)] / \log(p_1 q_0 / p_0 q_1)$  = intercepto da reta sob  $H_0$ ;

$b_1 = \log [(1-b)/a] / \log(p_1 q_0 / p_0 q_1)$  = intercepto da reta sob  $H_1$ ;

O teste consiste em:

a) Rejeitar  $H_0$  (aceitar  $H_1$ ), se existir um tamanho de amostra  $N^*$ , tal que

$$aN + b_0 < S < aN + b_1, \text{ para } N = 1, 2, \dots, N^*-1, \text{ e } S \geq aN^* + b_1.$$

b) Aceitar  $H_0$  se existir um tamanho de amostra  $N^*$ , tal que

$$aN + b_0 < S < aN + b_1, \text{ para } N = 1, 2, \dots, N^*-1, \text{ e } S \leq aN^* + b_0.$$

Em resumo, tomando-se um sistema ortogonal de dois eixos, e plotando-se  $S$  nas ordenadas e  $N$  nas abscissas, continua-se amostrando sucessivamente até que o valor de

S situe-se acima ou sobre a reta  $(aN^* + b_1)$ , quando rejeita-se  $H_0$ ; abaixo ou sobre a reta  $(aN^* + b_0)$ , quando aceita-se  $H_0$ .

Além das retas obtidas, é conveniente expressar a curva característica de operação, denotada por  $CO(m)$ , que fornece a probabilidade de aceitar  $H_0$  em função da média  $m$ , para valores pré-estabelecidos de  $\alpha$  e  $\beta$ . Na dedução, Wald (1945) emprega uma variável auxiliar  $h$  que depende de  $m$ , resultando:

$$CO(m) = \frac{[(1 - \beta) / \alpha]^h - 1}{[(1 - \beta) / \alpha]^h - [\beta / (1 - \alpha)]^h}, h \neq 0$$

$$CO(m) = \frac{\ln[(1 - \beta) / \alpha]}{\ln[(1 - \beta) / \alpha] - \ln[\beta / (1 - \alpha)]}, h = 0, m = a$$

Nas distribuições binomiais negativas com  $k$  comum, a relação entre  $h$  e  $m$  é dada por:

$$\frac{m}{k_c} = \frac{1 - (q_0 / q_1)^h}{[(p_1 q_0) / (p_0 q_1)]^h - 1}, h \neq 0$$

Esta relação permite expressar  $CO(m)$  em função de  $m$ , arbitrando  $h$ .

Uma outra função importante é a que fornece o tamanho médio esperado para a amostra, para a decisão sobre a aceitação ou rejeição de  $H_0$ . É denotada por  $E[N]$  e depende de  $m$ , através da expressão:

$$E[N] = \frac{b_1 + (b_0 - b_1) \cdot CO(m)}{m - a}, h \neq 0$$

Esta função permite expressar o número esperado de amostras como função de  $m$ . Por outro lado, se na prática pretende-se fixar o tamanho da amostra, recomenda-se o máximo valor esperado para  $E[N]$ , no TSRV correspondente.

O nível de controle ( $m_1$ ) de 2% de infestação de ortézia no talhão foi adotado tendo por base o conhecimento prático dos agricultores. O nível de segurança ( $m_0$ ) foi adotado como sendo de 1% do talhão infestado pela praga. Os valores para os erros tipo I e II foram  $\alpha = \beta = 0,10$ , sendo este valor o mais indicado para estudos com insetos (Young & Young 1998).

## Resultados e Discussão

O estabelecimento dos planos de amostragem foi realizado de acordo com o modelo probabilístico que melhor se ajustou aos dados. O modelo mais adequado para estudo do número de plantas infestadas por parcela (10 plantas) foi a distribuição binomial negativa. Construiu-se um plano de amostragem para talhões com baixa infestação (talhão de cinco anos de idade, com média de 0,1766 plantas infestadas em cada 10 avaliadas, ou seja, 1,7% de infestação) e outro para talhões com alta infestação (talhão de nove anos de

idade, com média de 1,4720 plantas infestadas em cada 10 avaliadas, ou seja, 14,7% de infestação).

**Plano de amostragem sequencial para talhões com baixa infestação.** Para a construção deste plano de amostragem sequencial utilizaram-se os níveis  $m_0 = 0,1$  plantas infestadas por 10 plantas, correspondente a 1% de infestação e  $m_1 = 0,2$  plantas infestadas por 10 plantas, correspondente a 2%, segundo as hipóteses:  $H_0: m_0 = 0,1$  versus  $H_1: m_1 = 0,2$ , com valores para os erros tipo I e II:  $\alpha = \beta = 0,10$ .

Com a utilização do  $k$  comum obtido no talhão de cinco anos ( $k_c = 0,1022$ ), construiu-se o plano sequencial para a praga (Fig. 1). A reta superior, a partir da qual se rejeita  $H_0$  é dada por  $S_1 = 7,5424 + 0,1410 N$  e a inferior, até a qual se aceita  $H_0$  é dada por  $S_0 = -7,5424 + 0,1410 N$ .

O procedimento de amostragem é o seguinte: percorrer a área a ser amostrada e observar se há pelo menos uma ninfa ou adulto de *O. praelonga* em cada planta avaliada. A seguir o número de plantas infestadas a cada 10 plantas é acumulado a cada unidade amostrada. O valor acumulado é comparado com as linhas de decisão. Se o total acumulado se situar abaixo da linha de decisão inferior, para-se a amostragem e aceita-se  $H_0$ , optando-se por não controlar a praga. Quando o total acumulado se situar acima da linha de decisão superior, rejeita-se  $H_0$  e aceita-se  $H_1$ , havendo então necessidade de controle da praga. Se o valor acumulado permanecer entre as duas linhas, deve-se continuar a amostragem até atingir o número máximo esperado de unidades amostrais para a tomada de decisão, quando se suspende a amostragem, devendo repeti-la antes da próxima amostragem programada.

Em seguida, obteve-se a Curva Característica de Operação  $CO(m)$ , que indica a probabilidade de tomar uma decisão correta para um determinado nível de infestação (Fig. 2). Para a média de 0,10 plantas/10 plantas com cochonilha ortézia, o teste possui 90% de probabilidade de aceitar  $H_0$ , não recomendando o controle e, para média de 0,20 plantas/10 plantas com ortézia, ou seja, 2% do talhão infestado, a probabilidade de aceitar  $H_0$  é de 10%, isto é, o teste tem 90% de probabilidade de recomendar o controle.

Os resultados obtidos para número esperado de amostras  $E(N)$  do teste da razão da verossimilhança para número de plantas atacadas com ortézia por 10 plantas estão representados na Fig. 3. Para infestação média de 0,10 plantas com a cochonilha em 10 plantas amostradas, o tamanho aproximado é de 140 unidades amostrais, enquanto que com infestação de 0,2 plantas com ortézia em 10 plantas, ou seja, 2% de um talhão infestado, o número esperado de unidades amostrais para a tomada de decisão é de 104. O tamanho máximo esperado é de 172 unidades amostrais para a média de 0,13 plantas infestadas em 10 avaliadas, ou seja, 1,3% de infestação.

**Plano de amostragem sequencial para talhões com alta infestação.** Para a construção do plano de amostragem para *O. praelonga* para talhões com alta infestação, o nível de dano econômico utilizado foi o mesmo que o do plano anterior:  $m_1 = 0,2$  (2% do talhão infestado), bem como o de nível de segurança:  $m_0 = 0,1$  (1% do talhão infestado). Os valores para os erros tipo I e II foram os mesmos:  $\alpha = \beta = 0,10$ , porém o valor de  $k$  comum nesse talhão foi igual a 1,7227.

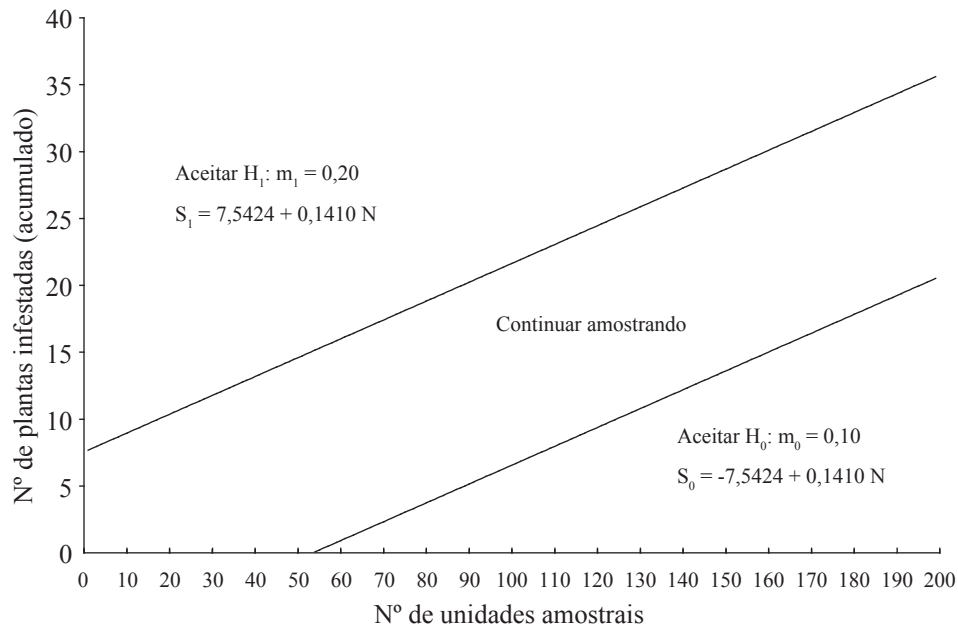


Fig. 1. Linhas de decisão do plano de amostragem seqüencial para o número de plantas infestadas com a cochonilha ortézia por 10 plantas para talhões com baixa infestação.

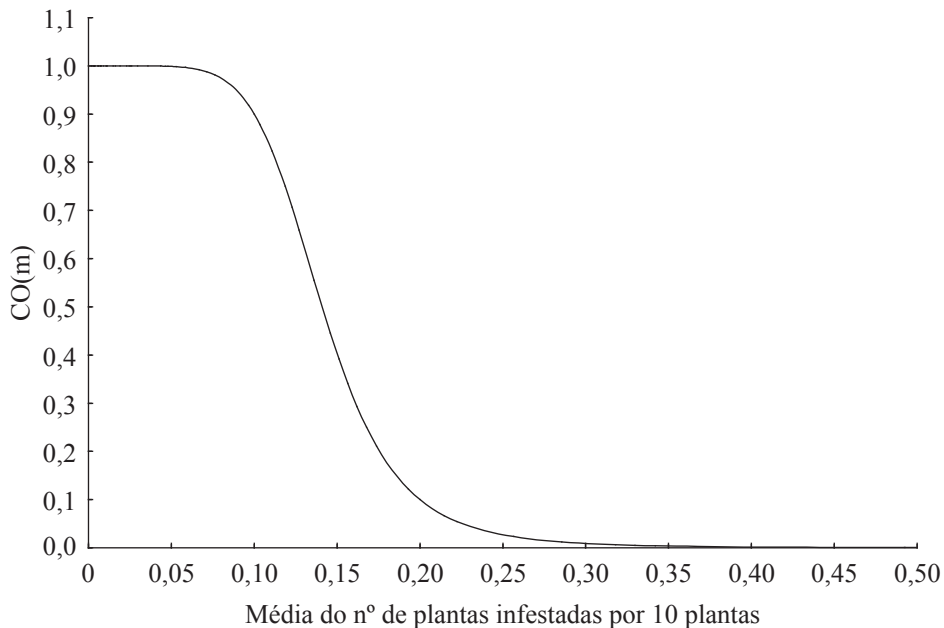


Fig. 2. Curva característica de operação CO(m) do plano de amostragem para a cochonilha ortézia para talhões com baixa infestação.

Portanto, para a construção do plano de amostragem seqüencial para talhões com alta infestação de *O. praelonga* em citros, as hipóteses de interesse são:

$H_0: m_0 = 0,1$   
 $H_1: m_1 = 0,2$

O limite de decisão superior a partir do qual aceita-se  $H_1$  é:

$S_1 = 3,4346 + 0,1438 N$

E o limite de decisão inferior até o qual se aceita  $H_0$  é:

$S_0 = -3,4346 + 0,1438 N$

Construiu-se uma figura a partir dos dados fornecidos pelas equações das retas superior e inferior acima descritas

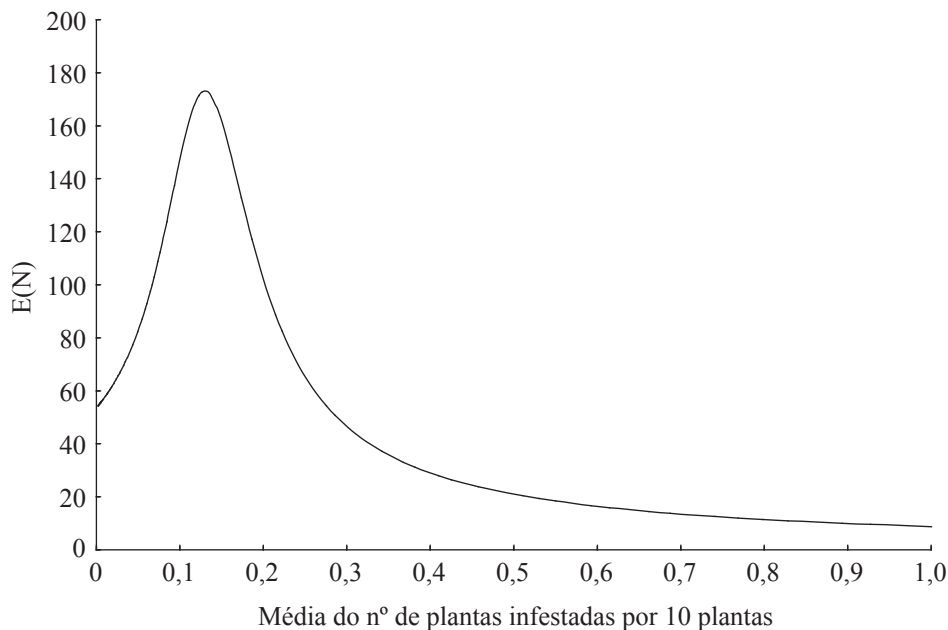


Fig. 3. Curva do tamanho esperado de amostras do plano de amostragem sequencial para a cochonilha ortezia para talhões com baixa infestação.

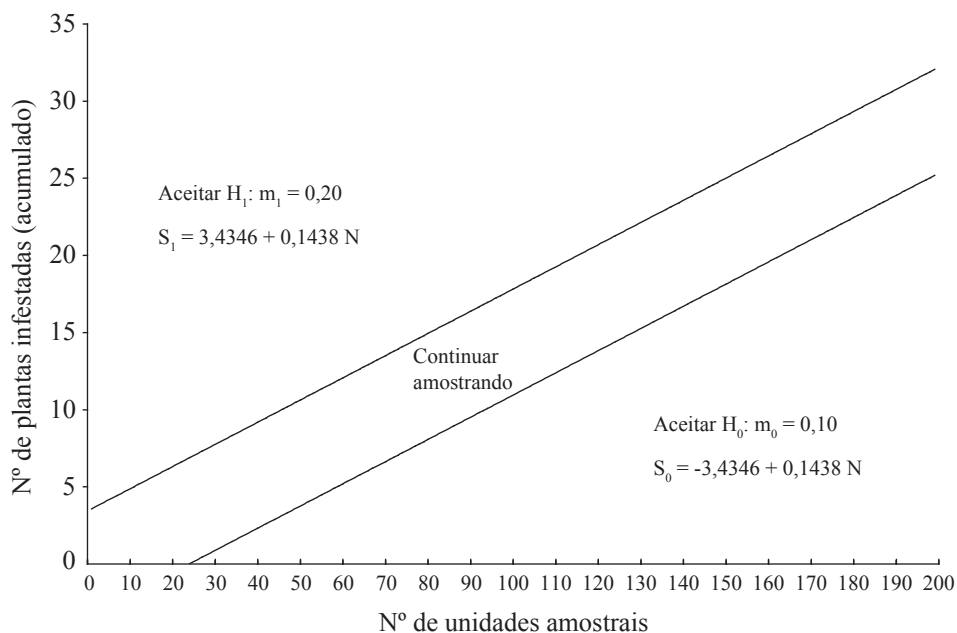


Fig. 4. Linhas de decisão do plano de amostragem sequencial para o número de plantas infestadas com a cochonilha ortezia para talhões com alta infestação.

(Fig. 4). Como no plano anterior, deve-se percorrer a área a ser amostrada e observar se há pelo menos uma ninfa ou adulto de *O. praelonga* em cada planta avaliada. A seguir o número de plantas infestadas a cada 10 plantas é acumulado a cada unidade amostrada e o valor acumulado é comparado com as linhas de decisão da figura. Se o total acumulado se situar abaixo da linha de decisão inferior, para-se a amostragem e aceita-se  $H_0$ , optando-se por não controlar a praga. Quando o

total acumulado se situar acima da linha de decisão superior, rejeita-se  $H_0$  e controla-se a praga. Se o valor acumulado permanecer entre as duas linhas, continua-se amostrando até atingir a número máximo de unidades amostrais para a tomada de decisão, quando se suspende a amostragem, devendo repeti-la antes da próxima amostragem programada.

A Curva Característica de Operação CO(m) para *O. praelonga* (Fig. 5) indica que com média de 0,10 plantas

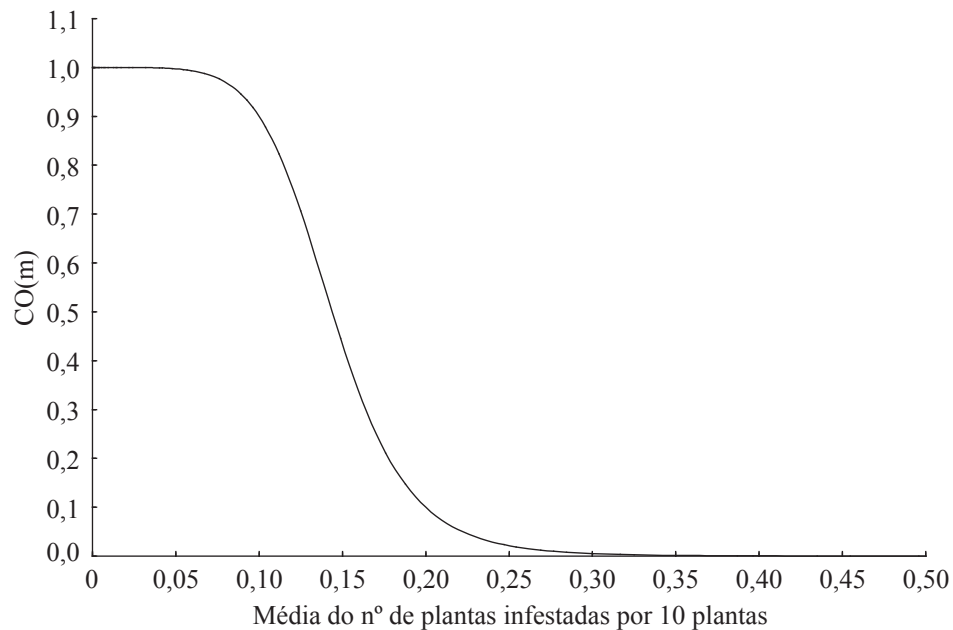


Fig. 5. Curva característica de operação  $CO(m)$  do plano de amostragem para a cochonilha ortézia para talhões com alta infestação.

com a praga em 10 plantas avaliadas, o teste possui 90% de probabilidade de aceitar  $H_0$ , existindo apenas 10% de probabilidade de recomendar o controle erroneamente. Quando a média for de 0,20 plantas/10 plantas com a ortézia, o teste tem 10% de probabilidade de aceitar  $H_0$ , ou seja, 90% de probabilidade de recomendar o controle.

A curva do tamanho esperado de amostras  $E(N)$  indica que para média de infestação de 0,10 plantas com ortézia

em 10 plantas amostradas, ou seja 1% do talhão infestado, o tamanho esperado de amostras é de aproximadamente 60 unidades amostrais. Para média de infestação de 0,2 plantas com a cochonilha em 10 plantas avaliadas, o número esperado é de 50. O tamanho máximo de amostras, 76, acontece quando a média de infestação é de 0,13 plantas infestadas em 10 avaliadas, ou seja, 1,3% do talhão infestado (Fig. 6).

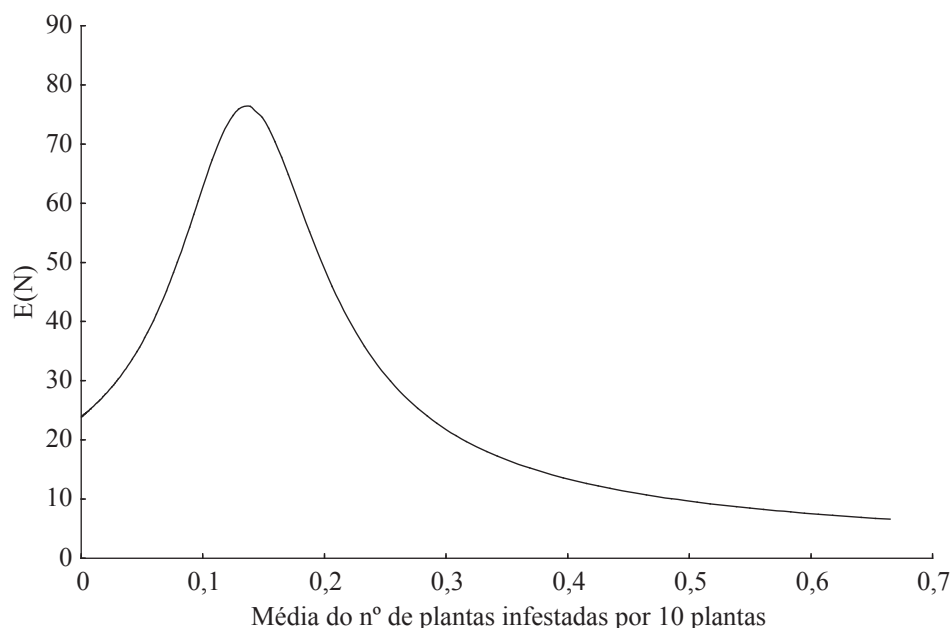


Fig. 6. Curva do tamanho esperado de amostras do plano de amostragem seqüencial para a cochonilha ortézia para talhões com alta infestação.

### Agradecimentos

À Fazenda Cambuhy, pela área experimental cedida e pelo auxílio na condução do experimento. À Capes, pela concessão da bolsa de estudos.

### Referências

- Bliss, C.I. & A.R.G. Owen. 1958. Negative binomial distributions with a common  $k$ . *Biometrika* 45: 37-58.
- Costa, M.G., J.C. Barbosa, P.T. Yamamoto. 2006. Distribuição de probabilidade de ocorrência de *Orthezia praelonga* Douglas (Hemiptera: Sternorrhyncha: Ortheziidae) na cultura de citros. *Neotrop. Entomol.* 35: 395-401.
- Elliott, J.M. 1979. Some methods for the statistical analysis of sample benthic invertebrates. *Freshw. Biol. Assoc. Sci. Publ., Ambleside*, 157p.
- Gravena, S. 2005. Manual prático de manejo ecológico de pragas de citros. Jaboticabal, Gravena Ltda, 372p.
- Gyenge, J.E., E.V. Trumper & J.D. Edelstein. 1999. Diseño de planes de maestro con niveles fijos de precisión del pulgón manchador de la alfafa, *Therioaphis trifolii* Monell (Homoptera: Aphididae) em alfafa (*Medicago sativa* L.) *An. Soc. Entomol. Bras.* 28: 729-37.
- Parra, J.R.P., H.N. Oliveira & A. de S. Pinto. 2003. Guia ilustrado de pragas e insetos benéficos dos citros. Piracicaba, FEALQ, 140p.
- Prates, H.S. 1987. Ortézia, uma praga potencial. *Casa Agric.* 9: 16-19.
- Rabinovich, J.E. 1980. Introducción a la ecología de poblaciones animales. Mexico, Continental, 313p.
- Ruesnik, W.G. & M. Kogan. 1975. The quantitative basis of pest management and measuring, p.309-51. In R.L. Metcalf & W.H. Luckmann (eds.), *Introduction to insect pest management*. New York, John Wiley & Sons, 548p.
- Wald, A. 1945. Sequential test of statistical hypothesis. *Ann. Math. Stat.* 16: 117-86.
- Yamamoto, P.T., A.D. Neves, J.R.P. Parra & R.F. de Oliveira. 2004. A proliferação de cochonilha ortézia na citricultura. *Visão Agric.* 1: 78-80.
- Young, L.J. & J.H. Young. 1998. *Statistical ecology: A population perspective*. Boston, Kluwer Academic Publishers, 565p.

Received 03/X/06. Accepted 23/VI/07.

---