

**FUNDO DE DEFESA DA CITRICULTURA  
MESTRADO PROFISSIONAL EM  
CONTROLE DE DOENÇAS E PRAGAS DOS CITROS**

**CLÁUDIA FERNANDES GASPARINO**

**Tamanho da amostra e custo para monitoramento da infestação  
do ácaro da leprose em pomares de laranja**

Dissertação apresentada ao Fundo de  
Defesa da Citricultura como parte dos  
requisitos para obtenção do título de  
Mestre em Fitossanidade

Orientador: Renato Beozzo Bassanezi

Coorientador: Ana Beatriz Costa Czermainski

Araraquara  
Julho – 2013

**CLÁUDIA FERNANDES GASPARINO**

**Tamanho da amostra e custo para monitoramento da infestação  
do ácaro da leprose em pomares de laranja**

Dissertação apresentada ao Fundo de  
Defesa da Citricultura como parte dos  
requisitos para obtenção do título de  
Mestre em Fitossanidade

Orientador: Renato Beozzo Bassanezi

Coorientador: Ana Beatriz Costa Czermainski

Araraquara  
Julho – 2013

## **CLÁUDIA FERNANDES GASPARINO**

### **Tamanho da amostra e custo para monitoramento da infestação do ácaro da leprose em pomares de laranja**

Dissertação apresentada ao Fundo de Defesa da Citricultura como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Fitossanidade

Araraquara, 19 de julho de 2013

#### **BANCA EXAMINADORA**

---

Dr. Renato Beozzo Bassanezi  
Fundecitrus

---

Dr. José Belasque Junior  
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” / USP - Piracicaba

---

Dr. Daniel Júnior de Andrade  
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias / UNESP – Jaboticabal

## DEDICATÓRIA

Aos meus pais amados, que enchem a minha vida de luz todos os dias, pelo amor incondicional e todos os ensinamentos de vida.

Minhas irmãs, Marcela e Roberta, minhas maiores riquezas, meus exemplos de conduta, de força e dedicação.

Ao amor da minha vida Carlos, que me ajudou a conquistar meus sonhos, vibrando com as minhas superações e me incentivando sempre a realizar tudo que me faz feliz.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pela proteção diária.

Ao Fundecitrus e toda equipe de professores do mestrado profissional pela oportunidade.

Ao meu orientador Renato Beozzo Bassanezi por todo ensinamento.

A minha coorientadora Ana Beatriz Costa Czermainski por toda ajuda e colaboração.

A minha amiga irmã Aline que me incentivou desde o início para realização desde curso, acreditando muitas vezes mais em mim do que eu mesma.

A minha família maravilhosa, por toda força e alegria que me dão para lutar até o fim pelos meus sonhos e ideais.

Ao meu sobrinho Artur que faz a minha vida cada dia mais encantada.

A todos que contribuíram para que este trabalho fosse concretizado, todos os inspetores, supervisores, gerência e direção da Empresa Cambuhy.

## **Tamanho da amostra e custo para monitoramento da infestação do ácaro da leprose em pomares de laranja**

**Autor: CLÁUDIA FERNANDES GASPARINO**

**Orientador: Prof. Dr. RENATO BEOZZO BASSANEZI**

**Coorientador: Dra. ANA BEATRIZ COSTA CZERMAINSKI**

### **RESUMO**

O monitoramento do ácaro *Brevipalpus phoenicis* é realizado para se determinar o momento de se reduzir a população do ácaro e, conseqüentemente, os danos causados pela leprose dos citros. Na prática, se recomenda a inspeção de 1% a 2% das plantas do talhão e 3 a 5 frutos/planta. Como os erros desta amostragem são significativos, eles induzem aplicações desnecessárias ou tardias de acaricida, resultando num controle ineficiente. Assim, este trabalho teve como objetivos: (i) avaliar o erro na estimativa da média para porcentagem de frutos com a presença do ácaro da leprose quando se variam o número de inspetores, a quantidade de frutas nas plantas e o nível de infestação de frutos com ácaro; (ii) determinar as melhores combinações de porcentagem de plantas amostradas por talhão e a quantidade de frutas amostradas por planta; (iii) propor um novo sistema de amostragem viável economicamente e que permita erros aceitáveis na estimativa dos níveis de infestação de frutos. Para isso foram selecionadas duas quadras com diferentes cargas de frutos por planta e cada um dos cinco subtalhões de cada quadra foi inspecionado no mesmo dia por seis diferentes inspetores numa amostragem de 20% das plantas e 10 frutos/planta. Com base na amostra piloto, foram simuladas as estimativas da incidência de frutos infestados em diferentes combinações de % de plantas inspecionadas (1%, 2%, 5%, 10% e 20%) e número de frutos/planta (1, 2,..., 10) e calculados o tempo e o custo de cada combinação de inspeção. Mesmo com uma superamostragem as avaliações realizadas por diferentes inspetores apresentaram variações significativas e o tamanho da amostra aceitável variou de acordo com a quantidade de frutos/m<sup>3</sup> de copa das plantas. Em talhões com 10 frutos/m<sup>3</sup> de copa o tamanho mínimo da amostra aceitável e com menor custo de inspeção foi de 5% das plantas e 4 frutos/planta, enquanto que em talhões com cerca de 19 frutos/m<sup>3</sup> de copa foi de 10% das plantas e 8 frutos/planta. O aumento do custo de inspeção pela adoção deste tamanho de amostra maior pode ser aceitável em função do alto custo de uma aplicação de acaricida.

**Palavras Chaves:** amostragem, *Brevipalpus phoenicis*, *Citrus leprosis virus*, *Citrus sinensis*.

## **Sample size and cost for monitoring leprosis mite infestation in sweet orange groves**

**Author: CLÁUDIA FERNANDES GASPARINO**  
**Advisor: Prof. Dr. RENATO BEOZZO BASSANEZI**  
**Co-Advisor: Dr. ANA BEATRIZ COSTA CZERMAINSKI**

### **ABSTRACT**

The scouting of *Brevipalpus phoenicis* mite is done to determine the moment for mite population reduction and, consequently, to avoid the damages caused by citrus leprosis disease. In practice, it is recommended to scout 1% to 2% trees in the block and 3 to 5 fruit/tree. Due to significant errors in this sampling method, the growers are commonly induced to unnecessary or late miticide sprays which results an inefficient control. Therefore, this work aimed: (i) to assess the error of mean estimative for the percentage of fruits with leprosis mite with variable number of inspectors, amount of fruit per tree, and level of mite infestation; (ii) to determine the better combinations of percentage of sampled trees per block and amount of sampled fruit per tree; (iii) to propose a new and economically feasible sampling system that permits acceptable errors on the estimative of fruit infestation levels. For that, two sweet orange blocks with different amount of fruit per tree were selected and divided in five sub-blocks. Each sub-block was inspected for the incidence of infested fruit at the same day by six different inspectors by sampling of 20% of trees and 10 fruit/tree. Based on pilot-sample, the estimative of infested fruit incidences by different combinations of % of inspected trees (1%, 2%, 5%, 10%, and 20%) and number of fruit/tree (1, 2, ..., and 10) were simulated and the time and cost of each sampling combination were calculated. Even with a super sampling the assessments by different inspectors showed significant variations and the acceptable sample size was variable according to the amount of fruit/m<sup>3</sup> of tree canopy. In blocks with 10 fruit/m<sup>3</sup> of tree canopy the acceptable and less expensive minimum sample size was 5% of trees and 4 fruit/tree, while in blocks with almost 19 fruit/m<sup>3</sup> of tree canopy it was 10% of trees and 8 fruit/tree. The increase on scouting cost due to the adoption of this bigger sample size could be acceptable because of the high cost of miticide spray.

**Key Words:** sampling, *Brevipalpus phoenicis*, *Citrus leprosis virus*, *Citrus sinensis*.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Coeficientes de variação (%) associados às estimativas de incidência de frutos atacados em 100 amostras simuladas com diferentes números de frutos por planta ( $m$ ) com  $npl=20\%$  das plantas do subtalhão, na Q112 e Q66.....18
- Figura 2.** Coeficientes de variação associados aos valores da estimativa da porcentagem de frutos infestados ( $p$ ) nas amostras simuladas para cada combinação  $npl-m$  ( $npl$  = porcentagem de plantas amostradas e  $m$  = número de frutos amostrados por planta) em três subtalhões de mais alta incidência.....19
- Figura 3.** Estimativas  $p$  (média para todos os inspetores, pontos) e intervalos de confiança 95% (linhas tracejadas) para as diferentes combinações de porcentagem de plantas vistoriadas nos subtalhões e  $m=1, 2, \dots, 10$  frutos por planta, da quadra 112. As linhas contínuas representam os limites do intervalo de confiança construído a partir da amostra piloto.....21
- Figura 4.** Estimativas  $p$  (média para todos os inspetores, pontos) e intervalos de confiança 95% (linhas tracejadas) para as diferentes combinações de porcentagem de plantas vistoriadas nos subtalhões e  $m=1, 2, \dots, 10$  frutos por planta, da quadra 66. As linhas contínuas representam os limites do intervalo de confiança construído a partir da amostra piloto.....22
- Figura 5.** Custo estimado (em Reais) para inspeção do açúcar da leprose em diferentes combinações de porcentagem de plantas e frutos/planta na quadra 112.....26
- Figura 6.** Custo estimado (em Reais) para inspeção do açúcar da leprose em diferentes combinações de porcentagem de plantas e frutos/planta na quadra 66.....26

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Número total de frutos de laranja amostrados e de plantas inspecionadas por quadra e por talhão na amostra piloto (20% de plantas do talhão e $m=10$ frutos/planta), para o conjunto de seis inspetores.....	7
<b>Tabela 2.</b> Proporção de frutos com ácaro da leprose obtida por cada inspetor, média, erro padrão da média e mediana nos subtalhões da quadra 112, com $npl=20\%$ de plantas e $m=10$ frutos por planta.....	14
<b>Tabela 3.</b> Proporção de frutos com ácaro da leprose obtida por cada inspetor, média, erro padrão da média e mediana nos subtalhões da quadra 66, com $npl=20\%$ de plantas e $m=10$ frutos por planta.....	14
<b>Tabela 4.</b> Teste de Wald para a comparação entre inspetores conforme as incidências de frutos infestados (proporções) estimadas a partir de cada amostra piloto ( $n=20\%$ das plantas do subtalhão e $m=10$ frutos/planta), em cada subtalhão das quadras 112 e 66.....	15
<b>Tabela 5.</b> Tamanhos de amostra, em número de frutos, calculados pelas fórmulas completa ( $n_1$ ) e reduzida ( $n_2$ ) do método convencional, por quadra e subtalhão.....	16
<b>Tabela 6.</b> Resultados da anova na amostra piloto ( $npl=20\%$ e $m=10$ ) segundo o modelo de efeitos aninhados.....	17
<b>Tabela 7.</b> Limites inferior ( $L_I$ ) e superior ( $L_S$ ) do intervalo de confiança de 95% exato obtido para a amostra piloto total.....	20
<b>Tabela 8.</b> Tempo (média* $\pm$ erro padrão) para executar o caminhamento em ziguezague nas inspeções de 1%, 2%, 5%, 10% e 20% das plantas dos subtalhões das quadras 112 (Q112) e 66 (Q66).....	24
<b>Tabela 9.</b> Tempo (média* $\pm$ erro padrão) para a avaliação de 3, 6 e 10 frutos/planta dos subtalhões das quadras 112 (Q112) e 66 (Q66).....	25

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	6
<b>2.1. Área experimental e levantamentos preliminares</b> .....	6
<b>2.2. Definição das amostras piloto e cálculo da melhor estimativa da incidência de frutos com açúcar da leprose em cada quadra e subtalhão</b> .....	7
<b>2.3. Dimensionamento de amostra pelo método estatístico convencional</b> .....	8
<b>2.4. Geração de amostras menores que as amostras piloto</b> .....	8
<b>2.5. Análises dos dados de amostragem</b> .....	9
<b>2.6. Avaliação dos tempos e custos de amostragem</b> .....	10
<b>3. RESULTADOS</b> .....	12
<b>3.1. Volume de copa e número de frutos por planta em cada quadra</b> .....	12
<b>3.2. Incidências de frutos com açúcar da leprose nas amostras piloto</b> .....	12
<b>3.3. Dimensionamento da amostra pelo cálculo convencional</b> .....	16
<b>3.4. Amostras simuladas pelos coeficientes de variação associados às estimativas de incidência nas amostras piloto</b> .....	16
<b>3.5. Análise do conjunto de amostras simuladas</b> .....	16
<b>3.6. Tempo e custo de amostragem</b> .....	24
<b>4. DISCUSSÃO</b> .....	28
<b>5. CONCLUSÃO</b> .....	31
<b>6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA</b> .....	32

## 1. INTRODUÇÃO

O agronegócio brasileiro é composto por inúmeras culturas agrícolas, entre as quais a citricultura tem um grande destaque. O Brasil é o maior produtor mundial de suco de laranja, sendo que de cada cinco copos de suco consumidos no mundo, praticamente três são produzidos no Brasil (Neves, 2010). A cadeia produtiva da laranja destaca-se no Brasil pela produção média de 469 milhões de caixas de 40,8 kg, em uma área colhida de 814 mil hectares, nas últimas cinco safras (Agrianual, 2013). Aproximadamente 80% da produção nacional de laranja é proveniente dos pomares situados em quase 525 mil hectares do estado de São Paulo (Agrianual, 2013).

Nas duas últimas décadas muitas doenças e pragas surgiram na citricultura paulista, o que ocasionou uma grande preocupação aos produtores que tiveram que tentar encontrar uma maneira de solucionar estes problemas sem que o custo de produção tivesse um grande acréscimo. Cerca de 6% do total de agrotóxicos consumidos no Brasil são destinados ao controle de pragas e doenças na citricultura (Neves, 2010) e o controle fitossanitário, incluindo insumos e operações, representou em 2012 entre 30 a 50% do custo total de produção dependendo da idade do pomar (Agrianual, 2013). Dos agrotóxicos utilizados na citricultura, o gasto com acaricidas representou entre 2 a 5% do custo fitossanitário nos últimos cinco anos (Agrianual, 2013). Destes agrotóxicos, mais de 60% dos acaricidas utilizados na citricultura são destinados ao controle do ácaro *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939), que transmite o vírus da leprose dos citros, devendo, portanto, ser mantido em baixa população nos pomares (Chiavegato & Kharfan, 1993; Maggioni, 1998; Bassanezi, 2001).

Segundo Fawcett (1936), a leprose dos citros foi primeiramente reportada na Florida no início do século passado e, a partir de então, sua ocorrência tem estado restrita ao continente americano (Bastianel *et al.*, 2010). No Brasil, Bitancourt (1955) descreveu a ocorrência da doença no estado de São Paulo, tendo Musumecci & Rossetti (1963) demonstrado sua associação com o ácaro *B. phoenicis*, este o vetor natural do *Citrus leprosis virus* do tipo citoplasmático (CiLV-C), que é o agente causal da doença.

A leprose dos citros caracteriza-se por lesões restritas aos locais de alimentação do ácaro vetor, nas folhas, nos frutos e nos ramos. As lesões nas folhas aparecem geralmente próximas às nervuras como manchas cloróticas de 1 a 3 cm, com ou sem centro necrótico e

goma endurecida. Nos ramos, as lesões apresentam-se como pústulas necróticas marrom-avermelhadas que se tornam corticosas, salientes e, quando gradativamente aumentam de tamanho e coalescem, atingem extensas áreas dos ramos, causando sua seca e morte. Nos frutos verdes as lesões são inicialmente cloróticas e à medida que o fruto amadurece se tornam escuras, marrons ou pretas, deprimidas ou não, depreciando-o para o mercado de fruta fresca. Quando a planta apresenta alta taxa de infecção ocorre queda prematura dos frutos e definhamento dos ramos, que podem levar a planta à morte (Rossetti, 2001).

Ao contrário de outros vírus que causam doenças em citros, o CiLV-C não apresenta movimentação sistêmica nos tecidos das plantas infectadas, uma vez que as partículas virais são vistas somente em tecidos com lesões de leprose e ao seu redor ou assintomáticos nos quais o ácaro contaminado tenha se alimentado (Kitajima *et al.*, 1972; Colariccio *et al.*, 1995). Desta forma, a disseminação do CiLV-C na planta infectada e no campo é totalmente dependente do ácaro da leprose. Segundo Chiavegato & Salibe (1986), o ácaro *B. phoenicis*, uma vez infectado, não perde a capacidade de transmitir o vírus da leprose quando transmitido de uma folha sadia para outra, pelo menos nos primeiros quatro dias de alimentação. Também não é necessário que o ácaro se alimente em uma lesão típica de leprose, bastando apenas alimentar-se em área onde ácaros contaminados tenham se alimentado previamente e transmitido o CiLV-C.

Segundo Martinelli *et al.* (1976), o controle desta doença deve ser feito mediante o combate do ácaro *B. phoenicis*, que, por sua vez, somente poderia ser efetuado convenientemente a partir do momento em que se conhecesse sua flutuação populacional e se determinasse o nível populacional que causa dano econômico. Nas condições do estado de São Paulo, *B. phoenicis* é comumente encontrado durante todo o ano em pomares de citros, havendo, entretanto, grandes oscilações na sua densidade populacional em função de fatores climáticos, do estágio fenológico das plantas, da variedade cítrica e da presença de inimigos naturais. Geralmente, maiores populações têm sido associadas a períodos de maior estresse hídrico, presença de frutos em fase de crescimento e maturação, variedades de múltiplas floradas e mais tardias (Oliveira, 1995; Rodrigues, 2000; Rodrigues & Oliveira, 2005). Desta forma, o monitoramento desta população de ácaros se faz necessário para definir as melhores épocas para a intervenção e controle.

Embora não haja na literatura trabalhos que relacionem o nível populacional do ácaro da leprose com a quantidade de sintomas da doença ou com os danos causados, na prática a

tomada de decisão de pulverização para o controle do ácaro da leprose e, conseqüentemente, para o controle da doença, tem sido baseada em níveis de ação de controle, em porcentagem de órgãos inspecionados com a presença do ácaro da leprose, determinados empiricamente, sem determinação científica da relação entre o nível de infestação do ácaro e os danos causados. Estes níveis de ação de controle adotados dependem mais da experiência ou mesmo do grau de aversão ao risco do citricultor. Desta forma, os níveis de ação observados e utilizados nos pomares são bastante variados. As porcentagens de frutos ou ramos com pelo menos um ácaro da leprose para a aplicação de acaricida encontradas na literatura são: 2% (Nascimento *et al.*, 1982); 3% (CATI, 1997), 5% (Rossetti *et al.*, 1997), 10% (Busoli, 1995; CEMIP citado por Salva, 1994; Fundecitrus, 1999) e 10% ou 15% dependendo da presença de fonte de inóculo (Pinto *et al.*, 1995; Gravena, 1998, 2000, 2002, 2005).

Para a determinação do nível de infestação do ácaro *B. phoenicis* no talhão, com o objetivo de verificar se o nível de ação foi atingido, tem sido recomendado o monitoramento da população de ácaro no talhão, numa frequência de 7 a 10 dias. Dependendo da configuração do plantio, o caminhamento para a escolha das plantas a serem amostradas pode ser em ziguezague escolhendo as plantas ao acaso ou sistemático com as ruas e plantas escolhidas *a priori*, procurando-se sempre percorrer uma área bastante representativa do talhão. O caminhamento em ziguezague escolhendo as plantas ao acaso pode ser utilizado tanto em talhões plantados em nível como em talhões com plantio esquadrejado, porém o caminhamento sistemático praticamente fica limitado aos talhões com plantio esquadrejado. O tamanho da amostra (porcentagem de plantas inspecionadas e número de órgãos amostrados por planta) também tem sido variado. Normalmente se recomenda a amostragem de 1 a 2% das plantas do talhão (no mínimo 20 plantas) e de 2 a 5 frutos e/ou ramos, principalmente na ausência de frutos após a colheita (Salva, 1994; Busoli, 1995; Festuccia *et al.*, 1995; Pinto *et al.*, 1995; CATI, 1997; Rossetti *et al.*, 1997; Gravena, 2002, 2005; Rodrigues & Oliveira, 2005; Yamamoto & Parra, 2005).

Como normalmente o ácaro da leprose realiza sua oviposição em locais protegidos como lesões de verrugose em frutos, reentrâncias em ramos no início de suberização dos tecidos e nervuras foliares, estes são os lugares da planta onde mais se encontra o ácaro da leprose e, por isso, são indicados para serem amostrados e inspecionados (Oliveira, 1986; Nakano *et al.*, 1987; Barreto & Pavan, 1995; Gravena, 2002, 2005). A preferência deve ser dada à amostragem nos frutos, pois o ácaro da leprose se desenvolve melhor nos frutos que

nos ramos e folhas e, portanto, busca preferencialmente os frutos a partir de 3 cm de diâmetro para se alimentar e reproduzir (Martinelli *et al.*, 1976; Oliveira, 1986; Chiavegato, 1986; Albuquerque *et al.*, 1995). Na planta, também se deve dar preferência aos frutos localizados no interior, no ponteiro e nas laterais (entrada e saída da pulverização) da copa, porque nestes locais as pulverizações de acaricidas são normalmente mais deficientes em deposição e cobertura (Ramos *et al.*, 2007).

A vistoria do fruto ou ramo amostrado deve ser feita com uma lupa de 10 aumentos e base de 1 cm<sup>2</sup>. Esta inspeção deve percorrer todo o fruto com várias visadas, em procura do ácaro em todos seus estádios de desenvolvimento (Gravena 2002, 2005). Os ovos de *B. phoenicis* são elípticos, com aproximadamente 0,1 mm de comprimento, de coloração alaranjado-clara a alaranjado-viva, e são colados isoladamente em locais protegidos. A larva têm três pares de pernas e coloração alaranjado-viva quando eclode e alaranjado-opaca quando desenvolvida. As fases de protoninfa e deutoninfa apresentam quatro pares de pernas, são alaranjadas e com áreas de coloração amarela, preta e verde-clara. Os adultos, a maioria de fêmeas, são achatados, medem próximo a 0,3 mm de comprimento por 0,07 mm de largura, têm coloração variável, porém sempre com áreas alaranjadas, e apresentam dois pares de manchas oculares avermelhadas nas margens laterais da parte anterior do corpo. Os adultos deste ácaro movimentam-se lentamente, o que também ajuda a diferenciá-los de outros ácaros, principalmente dos predadores (Flechtmann *et al.*, 1995; Parra *et al.*, 2003).

Apesar de amplamente utilizado na citricultura para o controle da leprose dos citros, este protocolo de amostragem da população de *B. phoenicis* em plantas cítricas apresenta erros consideráveis na estimativa da média para a porcentagem de frutos com a presença de ácaros como constatado nos trabalhos de Pinto *et al.* (1995) e Lopes *et al.* (2007). Pinto *et al.* (1995) relataram os resultados obtidos em dois experimentos de amostragem convencional de ácaro da leprose em pomares adultos, nos quais foram amostradas 1% das plantas e 3 frutos/planta por vários inspetores (12 no primeiro experimento e oito no segundo). No talhão do primeiro experimento com baixa incidência de *B. phoenicis*, dos 12 inspetores, 11 não foram capazes de encontrar frutos com o ácaro da leprose e um encontrou dois frutos infestados. No segundo experimento, no talhão com alta população de *B. phoenicis*, os valores estimados da incidência de frutos com o ácaro da leprose variaram de 11,7% a 51,7%, sendo a média igual a 27,3% e o desvio médio, ou seja, a média aritmética dos desvios absolutos das estimativas a partir da média, igual a 45% do valor da média. Lopes *et al.* (2007) e Gonçalves

(2007), também avaliando a amostragem do ácaro da leprose quando se amostra 3 frutos/planta em apenas 1% das plantas de um talhão de laranjeira com seis a oito anos de idade com média a alta população do ácaro, observaram que a porcentagem de erro na estimativa da média para a porcentagem de frutos com a presença de ácaros foi, respectivamente, de 50% e 67%, indicando a necessidade de se amostrar maior número de plantas (de 5 a 10% das plantas) para que se obtenha um erro aceitável na estimativa da média entre 20% e 30%. Como os erros obtidos nos sistemas de amostragens do ácaro da leprose atualmente empregados são geralmente altos, em caso de superestimativa do nível de infestação (ou % de frutos com a presença de ácaros), os citricultores podem ser induzidos a entrar com aplicações desnecessárias antes de se atingir o nível de ação, ou em caso de subestimativa, de entrar com aplicações tardias, muito além do nível de ação, resultando num controle ineficiente. Desta forma, o que se tem visto atualmente no campo é cada vez mais os citricultores adotarem níveis de ação menores ou, até mesmo, aplicações preventivas em área total, independentes do nível de infestação, para o controle do ácaro da leprose e evitar possíveis futuros danos com a doença.

Além da porcentagem de plantas amostradas, como estudado por Lopes *et al.* (2007), existem outras variáveis que podem ser estudadas no sentido de se melhorar a amostragem do ácaro da leprose e se tentar reduzir o erro na estimativa da média para porcentagem de frutos com a presença do ácaro. Uma destas variáveis é o número de frutos amostrados por planta, que, por sua vez, também pode variar de acordo com a quantidade de frutos presentes nas árvores amostradas. Outra variável pode ser o número de inspeções realizadas ao mesmo tempo por diferentes inspetores.

Desta forma, este trabalho teve como objetivos: (i) avaliar o erro na estimativa da média para porcentagem de frutos com a presença do ácaro da leprose quando se variam o número de inspetores, a quantidade de frutas nas plantas e o nível de infestação de frutos com ácaro; (ii) determinar as melhores combinações de porcentagem de plantas amostradas por talhão e a quantidade de frutas amostradas por planta para que se tenham estimativas do nível de incidência de frutos com ácaro dentro do intervalo de confiança da melhor estimativa da incidência, isto é, aquela calculada para o total de frutos examinados por todos os inspetores; (iii) propor um novo sistema de amostragem do ácaro da leprose que seja viável economicamente e permita menores erros na estimativa dos níveis de infestação de frutos pelo ácaro da leprose.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Área experimental e levantamentos preliminares

O experimento foi conduzido na empresa Cambuhy Agrícola LTDA, no município de Matão, na região central do estado de São Paulo, na quadra 112 (Q112), talhão 183 e na quadra 66 (Q66), talhão H109. Estes talhões foram selecionados por serem da mesma variedade, idades diferentes (tamanho de copa e número de frutos diferentes) e por estarem a mais de 8 meses sem a aplicação de acaricidas e já apresentarem o ácaro da leprose nos frutos em amostragens prévias seguindo o padrão da fazenda (1% das plantas e 3 frutos/planta). A Q112 é constituída por plantas de laranjeira doce da variedade ‘Valência Americana’ [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] enxertadas em tangerina ‘Cleópatra’ (*C. reshni* Hort. Ex. Tan.) com quatro anos de idade. A Q66 continha plantas da variedade ‘Valência Americana’ enxertadas em limão ‘Cravo’ (*C. limonia* Osbeck) com 12 anos de idade. Cada talhão selecionado em cada quadra, de aproximadamente 2.500 plantas, foi subdividido em 5 subtalhões de aproximadamente 500 plantas.

Para caracterizar o tamanho das plantas e a quantidade de frutos por planta de cada quadra, em cada subtalhão da Q112 e Q66 foram medidas a altura, largura e espaçamento entre plantas de cinco plantas selecionadas ao acaso para a estimativa do volume de copa das plantas, considerando as plantas como um cubo. Adicionalmente, na Q112 e na Q66 foram selecionadas, respectivamente, três e duas plantas de cada subtalhão das quais foram contados todos os frutos presentes.

Posteriormente, em cada subtalhão, foram realizadas, por seis inspetores, amostras piloto para determinação da incidência de frutos com a presença do ácaro da leprose. Em cada subtalhão, as inspeções foram realizadas no mesmo dia por cada um dos inspetores para permitir comparar as estimativas entre os inspetores. Na Q112 os levantamentos preliminares foram realizados entre os dias 10/04/2012 e 18/04/2012 e, na Q66, do dia 03/08/2012 ao dia 10/08/2012.

A amostra piloto consistiu de 20% das plantas da amostra, o que resultou em seis amostras de 100 plantas nos subtalhões da Q66 e em 107 plantas nos subtalhões da Q112. Os inspetores percorreram os subtalhões em caminhamento zigzague, o que caracterizou uma linha poligonal de cinco segmentos dentro de cada subtalhão, denominados braços. Esses

segmentos foram considerados somente para garantir que as amostras-piloto cobrissem toda a área dos subtalhões. Durante o caminhamento, as plantas foram escolhidas a esmo ou sem norma definida. Em cada planta foi avaliada uma amostra de 10 frutos. Os frutos foram escolhidos dando preferência aos frutos com sintomas de verrugose, temporões e localizados mais internamente na copa da planta conforme procedimento normalmente utilizado para o monitoramento do ácaro da leprose. Cada fruto amostrado foi vistoriado em toda sua superfície com o auxílio de uma lupa de dez aumentos à procura de ácaros da leprose. Na planilha de campo foram anotados o número da planta, o número do fruto observado na planta e a presença ou ausência de ácaros *B. phoenicis*.

## 2.2. Definição das amostras piloto e cálculo da melhor estimativa da incidência de frutos com ácaro da leprose em cada quadra e subtalhão

Considerando-se as premissas de que (i) a probabilidade de dois ou mais inspetores vistoriarem a mesma planta é muito baixa, (ii) os inspetores são treinados e, portanto, ao examinarem um fruto infestado, há baixo risco de não detectarem o ácaro ou de identificarem erradamente a presença do ácaro, ou seja, uma vez que o fruto é vistoriado há baixo risco de falso negativo ou de falso positivo na amostra, (iii) as amostras pilotos foram altamente representativas do subtalhão (população alvo), porque a razão  $n/N$  entre o número de plantas amostradas ( $n$ ) e no número total de plantas no subtalhão ( $N$ ) foi maior que 0,05 (de fato,  $n/N = 0,214$  em Q112 e  $n/N=0,20$  em Q66), indicando que a melhor estimativa da incidência de frutos com ácaro é aquela calculada para o total de frutos examinados por todos os inspetores (Tabela 1).

**Tabela 1.** Número total de frutos de laranja amostrados e de plantas inspecionadas por quadra e por talhão na amostra piloto (20% de plantas do talhão e  $m=10$  frutos/planta), para o conjunto de seis inspetores.

Quadra	Nº total de plantas inspecionadas/subtalhão ( $n_{pl}$ )	Nº total de frutos amostrados/subtalhão ( $n_0$ )
112	642	6.420
66	600	6.000

$m$ = número de frutos amostrados por planta.

Quando a análise de dados foi efetuada considerando-se o efeito de inspetor, definiram-se seis amostras piloto de tamanho  $n_0=1.070$  frutos (npl=107 plantas e m=10 frutos/planta) na Q112 e  $n_0=1.000$  frutos na Q66 (npl=100 plantas e m=10 frutos/planta).

A estimativa de incidência de frutos com ácaro, expressa em proporção, que constituiu a principal variável resposta para este trabalho, foi estimada pela equação:

$$\hat{p} = \frac{Y}{n_0}$$

onde,  $Y$  corresponde ao número de frutos atacados na amostra e  $n_0$  é o número total de frutos examinados.

### 2.3. Dimensionamento de amostra pelo método estatístico convencional

Com base nos resultados obtidos para as amostras piloto ou pré-amostras descritas na Tabela 1, foi efetuado o cálculo do tamanho ótimo de amostra, ou número “ideal” de frutos ( $n$ ), conforme as fórmulas estatísticas usuais abordadas por Ferreira (2005):

$$n1 = \frac{z_{\alpha/2}^2 [\hat{p}(1 - \hat{p}) + \sqrt{\hat{p}^2(1 - \hat{p})^2 + e^2}]}{2e^2} \quad \text{e} \quad n2 = \frac{z_{\alpha/2}^2 \hat{p}(1 - \hat{p})}{e^2}$$

onde,  $\hat{p}$  é a incidência obtida na amostra piloto, expressa em proporção;  $e$  é o erro de estimação ( $e=0,05$ ) e  $1-\alpha$  é o nível de confiança (95%), ambos fixados, e  $Z$  é o quantil normal para o nível de significância  $\alpha$  estabelecido. Para  $\alpha = 0,05$ ,  $Z = 1,96$ . A segunda expressão é a clássica encontrada na literatura estatística e é uma fórmula reduzida da primeira.

### 2.4. Geração de amostras menores que as amostras piloto

A partir das amostras piloto por subtalhão, para cada quadra, foram obtidas amostras menores, simuladas por reamostragem sem reposição por meio do sistema computacional SAS, visando o cálculo de estimativas por intervalo da proporção de frutos com incidência do ácaro. Essas estimativas foram comparadas com a estimativa  $\hat{p}$  das amostras piloto. Para as 30 combinações subtalhão-inspetor foram simuladas 100 amostras de tamanhos npl=1%, 2%, 5% e 10% das plantas do subtalhão, com m=10 frutos/planta. A seguir, para cada planta nas amostras simuladas, foram simuladas amostras de m=1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9 frutos/planta.

Em cada combinação quadra-subtalhão-inspetor-npl-m foram geradas estimativas de incidência de frutos com ácaro ( $\hat{p}_f$ ). Note-se que nas amostras simuladas  $n=npl*m$ , ou seja, o número de plantas amostradas multiplicado pelo número de frutos amostrados por planta.

## 2.5. Análises dos dados de amostragem

Foram obtidas as distribuições amostrais das incidências  $\hat{p}_f$  das 100 simulações para cada quadra-subtalhão-inspetor-npl-m e a correspondente distribuição de frequências para as estimativas de incidência.

Para cada  $\hat{p}_f$  calculada nas combinações de quadra-inspetor-npl-m foi obtido o intervalo de confiança a 95%, representado por IC(95%) segundo a fórmula usual (Ferreira, 2005) com a aproximação com base na distribuição normal para  $p$ , porque  $n$  é pequeno e a estimativa de  $p$  é desconhecida.

$$IC_{1-\alpha}(p): \hat{p}_f \pm Z_{1-\alpha/2} \sqrt{\frac{\hat{p}_f (1 - \hat{p}_f)}{n}}$$

onde,  $\hat{p}_f = \frac{Y}{n}$  e  $Y$  e  $n$  são como definido acima e  $Z_{1-\alpha/2}$  é o valor normal padrão para o nível de confiança estabelecido. Para  $\alpha = 0,05$ ,  $Z_{1-\alpha/2} = 1,96$ .

O coeficiente de variação (CV, expresso em percentagem) também foi utilizado como estatística de variabilidade relativa para comparar os conjuntos de amostras simuladas.

Uma vez que foi constatada que a incidência  $\hat{p}_f$  foi muito baixa nos subtalhões e o número de unidades amostrais foi grande ( $n_0=6.420$  e  $n_0=6.000$ ), as estimativas por intervalo nas amostras piloto associadas a cada um foram obtidas segundo a aproximação com base na distribuição de Poisson ( $n$  é grande e  $p$  é pequeno), dada pela expressão:

$$IC_{1-\alpha}(p): \left[ L_I = \frac{\chi^2_{1-\alpha/2; v=2Y}}{2n} ; L_S = \frac{\chi^2_{\alpha/2; v=2(Y+1)}}{2n} \right]$$

onde,  $\chi^2$  é o valor de qui-quadrado obtido conforme o nível  $\alpha$  de significância e  $v$  graus de liberdade correspondentes, definidos em função do total de unidades atacadas,  $Y$ .

Os intervalos de confiança exatos definidos pela expressão acima serviram como referência para análise dedutiva através de gráficos a respeito da combinação npl-m a partir da qual 95% das estimativas  $\hat{p}_f$  nas amostras simuladas ficaram contidas entre os limites inferior ( $L_I$ ) e superior ( $L_S$ ).

Para avaliação do efeito de quadra, subtalhão e inspetor utilizaram-se as amostras piloto (20% das plantas do talhão e  $m=10$  frutos por planta). O número de frutos atacados, com a transformação raiz quadrada de  $(Y+0,5)$ , foi usado para uma análise de variância conjunta, admitindo-se o modelo aleatório de classificação hierárquica com os efeitos de quadra, subtalhão dentro de quadra (efeito aninhado de subtalhão) e inspetor dentro de subtalhão.

Como desdobramento da análise de variância, para comparação entre estimativas de incidência de duas amostras quaisquer, foi utilizado o teste entre proporções binomiais ou teste de Wald. O teste da diferença  $\Delta = \hat{p}_1 - \hat{p}_2$  entre duas proporções, obtidas de duas amostras supostamente independentes, é dado pela estatística (Ferreira, 2005):

$$Z_c = \frac{\hat{p}_1 - \hat{p}_2}{\sqrt{\frac{\hat{p}_1(1-\hat{p}_1)}{n_1} + \frac{\hat{p}_2(1-\hat{p}_2)}{n_2}}}$$

que segue aproximadamente a distribuição normal padrão. Então, para um teste bilateral com 95% de confiança nominal, será rejeitada a hipótese nula de que a diferença  $\Delta=0$ , se  $Z_c$ , em módulo, for superior a 1,96.

Da distribuição amostral das estimativas  $p$  para cada combinação quadra-subtalhão-npl-m foram obtidas a média e o respectivo IC(95%), a variância e o coeficiente de variação (CV). São analisados os ICs das estimativas em relação ao IC exato na amostra piloto total e os CVs das distribuições amostrais de  $p$ .

## 2.6. Avaliação dos tempos e custos de amostragem

Em outra etapa do trabalho foi realizada a medição do tempo gasto por três inspetores para executar o caminhamento em ziguezague nas inspeções de 1%, 2%, 5%, 10% e 20% das plantas do subtalhão. Nesta medição, os inspetores foram instruídos a parar por 5 segundos em cada planta selecionada, antes de voltar a caminhar, para simular a desaceleração do inspetor quando é obrigado a parar em frente a uma planta. Este tempo foi posteriormente excluído do tempo total do caminhamento.

Em seguida foi medido o tempo médio gasto por inspetor (três inspetores) para a avaliação de 3, 6 e 10 frutos por planta, tanto na Q112 como na Q66. Por meio de regressão linear entre o número de frutos inspecionados/planta e o tempo de inspeção, considerando o

valor da constante igual a zero, para os dados de inspetor em cada quadra, foram estimados posteriormente os tempos para as avaliações de 1 a 10 frutos/planta.

Com as estimativas dos tempos de caminhamento para a inspeção das diferentes porcentagens de plantas e dos tempos para avaliação de diferentes números de frutos/planta, foram calculados os tempos médios para cada combinação npl-m em cada quadra. Ao tempo total estimado para cada combinação de amostragem foi atribuído um custo específico de acordo com o custo com mão de obra na atividade monitoramento do ácaro da leprose (R\$ 4,50/hora).

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Volume de copa e número de frutos por planta em cada quadra

Em relação à quantidade de frutos disponíveis por planta para serem amostrados, as plantas da Q66 apresentaram em média 2,56 vezes mais frutos/planta e 1,90 mais frutos/m<sup>3</sup> de copa que as plantas da Q112. As plantas da Q112, com quatro anos de idade, tinham um volume (média ± erro padrão da média) de 41,65 ± 0,61 m<sup>3</sup> e 414,13 ± 13,91 frutos por planta, apresentando 9,95 ± 0,45 frutos/m<sup>3</sup> de copa. Por sua vez, as plantas da Q66, com 12 anos de idade, tinham um volume de 56,25 ± 2,12 m<sup>3</sup> e 1.060,70 ± 119,85 frutos por planta, apresentando 18,92 ± 2,33 frutos/m<sup>3</sup> de copa.

#### 3.2. Incidências de frutos com ácaro da leprose nas amostras piloto

Nas Tabelas 2 e 3 são apresentadas as estimativas de cada inspetor para a incidência de frutos com ácaro e a média, o erro padrão da média e a mediana das estimativas de todos os inspetores para cada um dos subtalhões da Q112 e Q66 na amostra piloto de 20% das plantas e 10 frutos vistoriados por planta.

Na Q112, houve diferentes incidências médias de frutos com a presença de *B. phoenicis*. Os dois primeiros subtalhões foram os que apresentaram maiores incidências de frutos infestados. Isto pode ter acontecido por três motivos: o primeiro, pela proximidade destes subtalhões aos carregadores principais, onde o transporte de máquinas e pessoas é mais frequente, além da condição de seca e poeira que é ideal para o desenvolvimento do ácaro; segundo, porque após as avaliações dos dois primeiros subtalhões, houve uma chuva que pode ter ‘lavado’ os ácaros presentes nas plantas dos outros subtalhões e causado a redução de frutos infestados nas avaliações realizadas após as chuvas; e terceiro, pelo próprio padrão de distribuição do ácaro no talhão, sendo mais concentrado em algumas áreas. Na Q66, as incidências médias de frutos infestados foram mais parecidas, porém em geral menores que na Q112. Na Q66 o subtalhão 5 teve maior incidência de frutos com ácaro que os demais subtalhões, talvez também pelo motivo de estar posicionado mais próximo do carregador principal.

Mesmo com a superamostragem realizada, observou-se que para cada subtalhão houve uma variação entre as estimativas de incidência entre os diferentes inspetores. Na Tabela 4 é apresentada a comparação estatística entre os pares de inspetores em cada subtalhão pelo teste

de Wald. Foram observadas maiores diferenças entre inspetores nos talhões de maior incidência, os quais correspondem ao subtalhões 1 e 2 na Q112 e subtalhão 5 na Q66.

Percebeu-se que alguns inspetores em quase todos os subtalhões foram aqueles que detectaram as maiores incidências de frutos infestados, como os inspetores JC na Q112 e MF na Q66, enquanto que outros em quase todos os subtalhões foram os que detectaram menos frutos infestados, como os inspetores SA na Q112 e MA na Q66. Esta constância do inspetor em detectar mais ou menos ácaros em todos subtalhões deve estar associada à sua maior ou menor experiência e treinamento na operação de monitoramento do ácaro da leprose nos pomares. Como o objetivo do monitoramento é encontrar o ácaro da leprose, os inspetores com mais experiência normalmente direcionam sua escolha das plantas e dos frutos para avaliação para aqueles cujas chances de encontrar o ácaro são maiores. Inspetores com menor experiência podem confundir outros ácaros com o ácaro da leprose e marcar falsos positivos, achando sempre maiores incidências de infestação de frutos, como também podem ser menos criteriosos na escolha das plantas e frutos para avaliação e detectar sempre menos frutos infestados. Se os inspetores tivessem o mesmo nível de treinamento e aptidão para avaliação do ácaro da leprose era de se esperar que eles alternassem de posição em cada subtalhão, sem nenhuma tendência de sempre achar mais ou sempre achar menos frutos infectados.

Considerando a importância da inspeção do ácaro da leprose para a tomada decisão de pulverização do talhão, esta variação entre os inspetores pode ser preocupante quando a tomada de decisão de controle depender de apenas uma inspeção realizada por apenas um inspetor. No caso do subtalhão 1 da Q112, se o nível de ação da fazenda fosse 10%, quatro inspetores apontariam a necessidade de pulverização, enquanto que outros dois mostrariam que ainda poderia se esperar. No caso do subtalhão 2 da Q112, adotando um nível de ação igual a 10%, apenas um dos seis inspetores apontaria a necessidade de controle do ácaro e se o nível de ação fosse 5%, ele seria atingido em apenas duas avaliações. Nestes casos, dependendo do inspetor pode-se pulverizar sem a real necessidade ou deixar de realizar a pulverização embora a população real seja maior que o nível de ação. Em todo caso, é muito difícil saber quais dos inspetores estão mais corretos em suas inspeções. Se possível, a tomada de decisão deveria ser baseada nos resultados de mais de um inspetor.

**Tabela 2.** Proporção de frutos com ácaro da leprose obtida por cada inspetor, média, erro padrão da média e mediana nos subtalhões da quadra 112, com npl=20% de plantas e m=10 frutos por planta.

Q112	Inspetores**						Média*	Erro	Mediana
	Subtalhão	CD	PC	JC	RM	SA			
1	0,101	0,162	0,180	0,133	0,034	0,058	0,111	0,024	0,117
2	0,042	0,063	0,117	0,017	0,013	0,039	0,048	0,016	0,041
3	0,019	0,026	0,060	0,026	0,006	0,004	0,023	0,008	0,023
4	0,006	0,015	0,012	0,021	0,003	0,015	0,012	0,003	0,014
5	0,011	0,010	0,010	0,012	0,006	0,013	0,011	0,001	0,011

\* Média = melhor estimativa da incidência de frutos com ácaro.

\*\* Iniciais dos nomes dos inspetores.

**Tabela 3.** Proporção de frutos com ácaro da leprose obtida por cada inspetor, média, erro padrão da média e mediana nos subtalhões da quadra 66, com npl=20% de plantas e m=10 frutos por planta.

Q66	Inspetores**						Média*	Erro	Mediana
	Subtalhão	CD	PC	MF	MS	MA			
1	0,002	0,004	0,017	0,013	0,005	0,013	0,009	0,002	0,009
2	0,007	0,007	0,023	0,009	0,005	0,013	0,011	0,003	0,008
3	0,005	0,007	0,021	0,012	0,001	0,011	0,009	0,003	0,009
4	0,011	0,009	0,017	0,014	0,002	0,015	0,011	0,002	0,013
5	0,004	0,006	0,023	0,029	0,000	0,024	0,014	0,005	0,015

\* Média = melhor estimativa da incidência de frutos com ácaro.

\*\* Iniciais dos nomes dos inspetores.

**Tabela 4.** Teste de Wald para a comparação entre inspetores conforme as incidências de frutos infestados (proporções) estimadas a partir de cada amostra piloto (n=20% das plantas do subtalhão e m=10 frutos/planta), em cada subtalhão das quadras 112 e 66.

Q112							Q66						
Subtalhão	Inspetor	JC	PC	RM	SA	SR	Subtalhão	Inspetor	MF	MS	MA	PC	SN
1	CD	5,32*	4,18*	2,29*	6,27*	3,69*	1	CD	3,47*	2,86*	1,14	0,82	2,86*
	JC		1,15	3,04*	11,30*	8,9*		MF		0,74	2,58*	2,86*	0,74
	PC			1,89	10,22*	7,78*		MS			1,90	2,19*	0,00
	RM				8,43*	5,94*		MA				0,33	1,90
	SA					2,69*		PC					2,19*
2	CD	6,46*	2,14*	3,46*	4,11*	0,33	2	CD	2,95*	0,50	0,58	0,00	1,35
	JC		4,41*	9,45*	9,96*	6,76*		MF		2,50*	3,44*	2,95*	1,68
	PC			5,46*	6,06*	2,46*		MS			1,07	0,50	0,86
	RM				0,71	3,15*		MA				0,58	1,90
	SA					3,80*		PC					1,35
3	CD	4,93*	1,17	1,17	2,52*	3,29*	3	CD	3,17*	1,71	1,64	0,58	1,51
	JC		3,85*	3,85*	6,96*	7,49*		MF		1,58	4,31*	2,67*	1,78
	PC			0,00	3,59*	4,29*		MS			3,07*	1,15	0,21
	RM				3,59*	4,29*		MA				2,13*	2,90*
	SA					0,91		PC					0,95
4	CD	1,61	2,15*	3,05*	1,00	2,15*	4	CD	1,14	0,60	2,51*	0,45	0,79
	JC		0,56	1,53	2,51*	0,56		MF		0,54	3,47*	1,58	0,36
	PC			0,98	3,00*	0,00		MS			3,02*	1,05	0,19
	RM				3,84*	0,98		MA				2,12*	3,17*
	SA					3,00*		PC					1,23
5	CD	0,21	0,21	0,20	1,15	0,39	5	CD	3,69*	4,41*	2,00*	0,63	3,82*
	JC		0,00	0,41	0,95	0,60		MF		0,84	4,85*	3,19*	0,15
	PC			0,41	0,95	0,60		MS			5,46*	3,94*	0,70
	RM				1,35	0,19		MA				2,46*	4,96*
	SA					1,54		PC					3,32*

\*Diferença significativa ( $P < 0,05$ ) entre os dois inspetores comparados, identificados na linha e coluna, por subtalhão.

### 3.3. Dimensionamento da amostra pelo cálculo convencional

Tomando-se por base a maior amostra piloto de cada subtalhão, isto é, para o conjunto de inspetores, e a respectiva estimativa de incidência, foi calculado o tamanho de amostra pelo método usual encontrado na literatura estatística (Ferreira, 2005). Esse dimensionamento, cujos os resultados encontram-se na Tabela 5, foi efetuado admitindo-se um erro  $e=0,05$  e 95% de confiança na estimativa de  $p$ .

**Tabela 5.** Tamanhos de amostra, em número de frutos, calculados pelas fórmulas completa ( $n1$ ) e reduzida ( $n2$ ) do método convencional, por quadra e subtalhão.

Quadra	Subtalhão	$p$	$n1$	$n2$	Quadra	Subtalhão	$p$	$n1$	$n2$
Q112	1	0,11121	161	152	Q66	1	0,00900	46	14
	2	0,04844	88	71		2	0,01067	47	16
	3	0,02352	60	35		3	0,00950	46	14
	4	0,01184	48	18		4	0,01133	48	17
	5	0,01059	47	16		5	0,01433	51	22

Observa-se que os tamanhos de amostra ou número "ideal" de frutos recomendados por esse método convencional poderiam ser tomados como referência para a amostragem de rotina nos pomares, ou seja, seriam quantidades de frutos viáveis de serem examinados na prática. No entanto, para baixas incidências de frutos infestados é um valor subestimado. Se o cálculo for efetuado para incidências mais altas, ocorre superestimação de  $n$ . Por exemplo, para uma incidência previamente conhecida de  $p=0,25$  seria indicado um mínimo de  $n=293$  frutos para o mesmo erro e nível de confiança fixados ( $e=0,05$  e 95%).

Outra restrição destes resultados é como aplicá-lo considerando os níveis hierárquicos do pomar, planta e fruto. Ou seja, se tem apenas o número de frutos a ser amostrado, mas não se tem informação sobre o número de plantas a serem vistoriadas e o número de frutos por planta.

### 3.4. Amostras simuladas pelos coeficientes de variação associados às estimativas de incidência nas amostras piloto

A análise de variância conjunta das amostras piloto das duas quadras indicou que todos os efeitos considerados no modelo foram significativos como mostrado na Tabela 6. O efeito de quadra explicou 17% da variação total, o efeito de subtalhão 51% e o efeito de inspetor 31%. O coeficiente de variação (CV) foi de 15,55%.

**Tabela 6.** Resultados da anova na amostra piloto (npl=20% e m=10) segundo o modelo de efeitos aninhados.

Fontes de variação	GL	SQ	QM	F	Pr > F
Quadra	1	72,251	72,251	132,69	<0,0001
Subtalhão (Quadra)	8	217,973	27,246	50,04	0,0002
Inspetor (Subtalhão)	40	131,648	3,291	6,04	0,0262

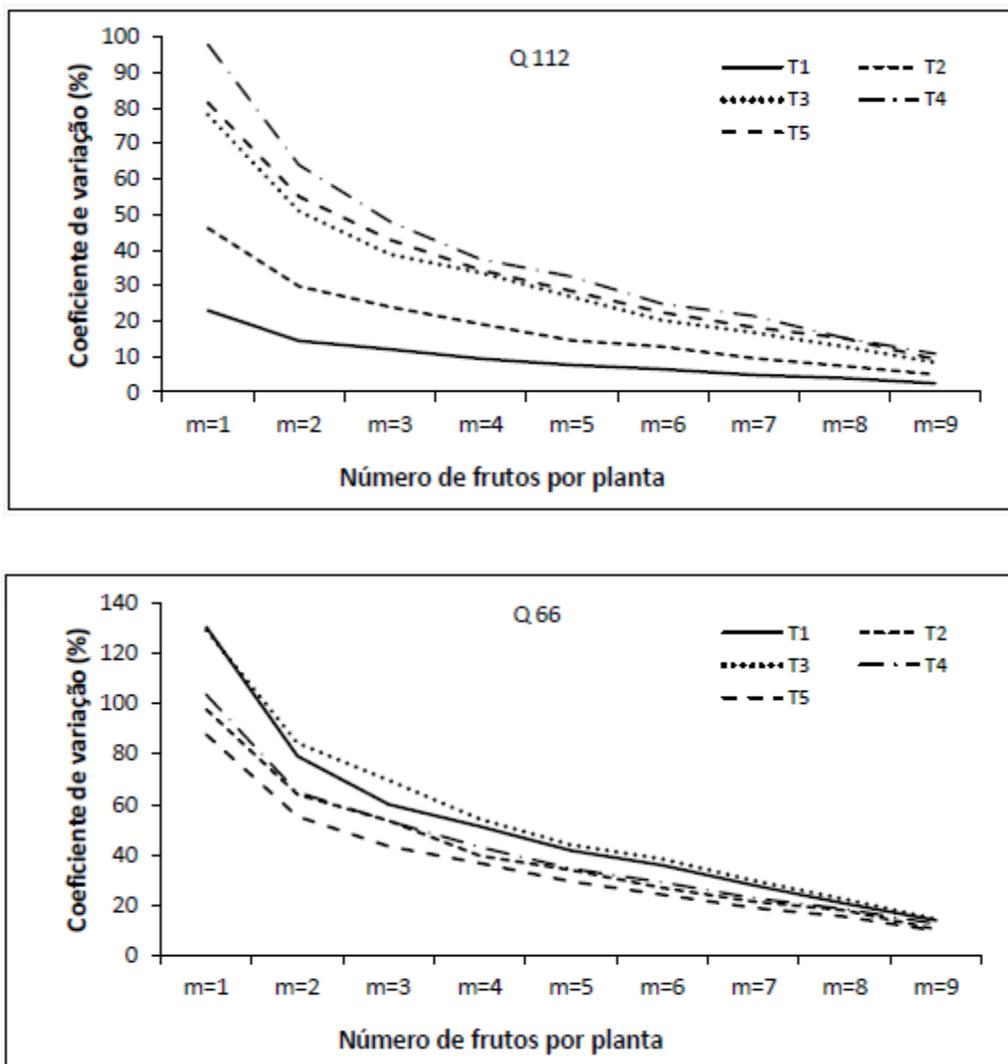
npl = porcentagem de plantas amostradas.

m = número de frutos amostrados por planta.

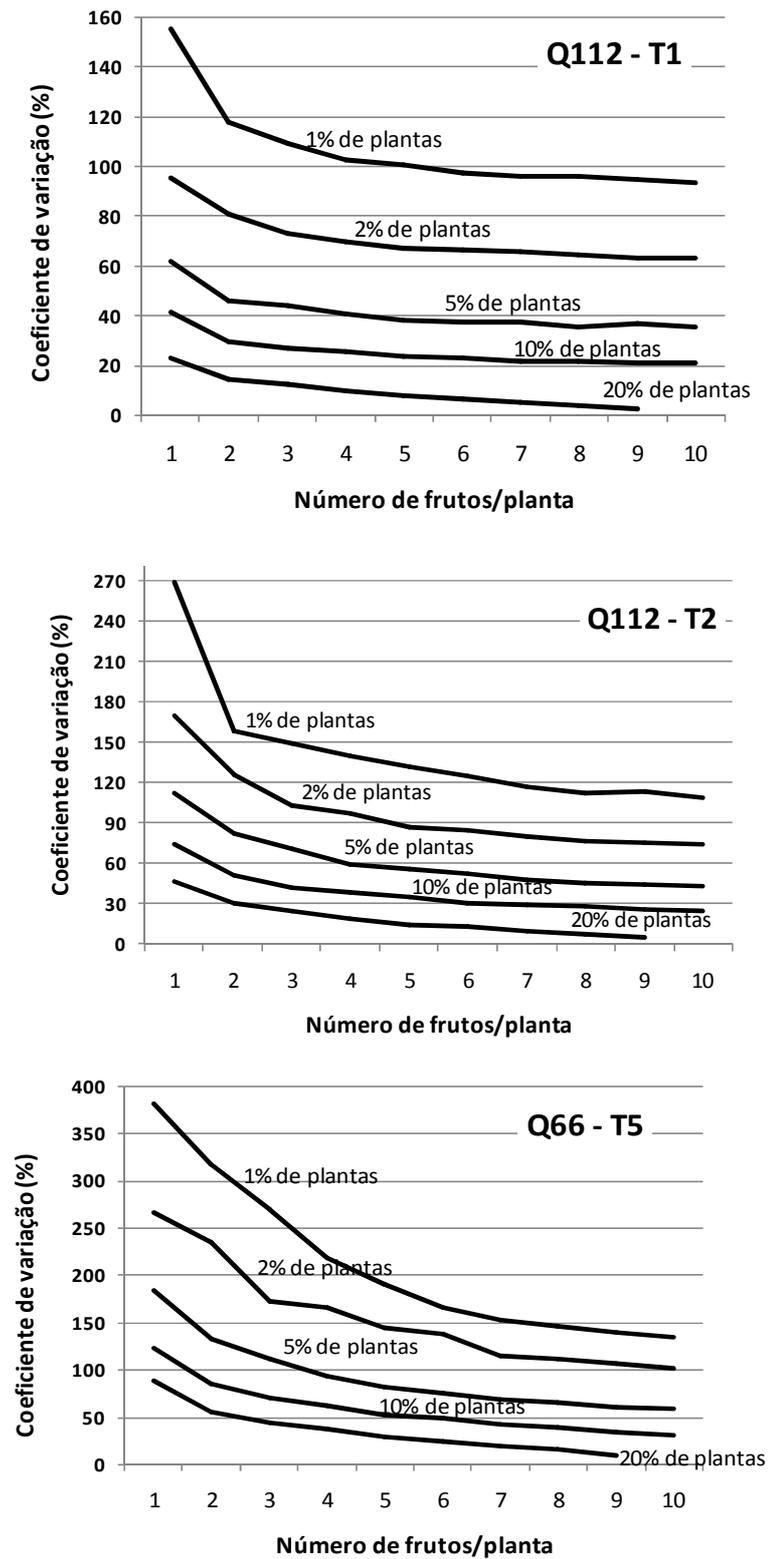
Foram calculados os CVs associados às estimativas de incidência nas amostras piloto de npl=20% de plantas e m=10 frutos/planta, com base na distribuição binomial, para obtenção de uma referência quanto a esta medida relativa de variabilidade. O maior CV encontrado no conjunto dos subtalhões foi de 13,6%.

A Figura 1 mostra as curvas representativas dos CVs, para os valores do estimador  $p$  obtidos nas amostras simuladas de m=1, 2,...,9 frutos quando npl=20% das plantas na Q112 e Q66. O CV diminuiu à medida que se aumentou o número de frutos/planta, em todos os subtalhões da Q112 e da Q66. Para esse número de plantas somente no subtalhão 1 da Q112, de maior incidência, seria admitido m=2 frutos/planta para um CV=20%. No subtalhão 2 da mesma quadra, seria indicado um mínimo de 4 frutos/planta. Nos demais subtalhões, de mais baixa incidência, não seria recomendável examinar menos de 6 frutos/planta. Na Q66 observou-se CVs menores que 20% quando foi simulado 7 frutos/planta no subtalhão5. Nos demais subtalhões não seria indicado menos de 8 frutos/planta.

Quando os coeficientes de variação associados ao  $p$  nas amostras simuladas nas combinações npl-m foram calculados, observou-se que quanto mais baixa a incidência no subtalhão, maior a gama de valores dos CVs associados às amostras simuladas, de modo que a representação gráfica para o conjunto de combinações npl-m ficou prejudicada como ferramenta de análise. Assim, apresentou-se somente para os subtalhões de mais alta incidência. Os coeficientes de variação associados ao  $p$  nas amostras simuladas nas combinações npl-m estão representados na Figura 2 para três subtalhões (Q112, subtalhões 1 e 2 e Q66, subtalhão 5). Observou-se que no subtalhão 5 da Q66 só seriam obtidos CVs abaixo de 40% se fossem vistoriadas 10% das plantas do subtalhão e 7-8 frutos por planta, o que seria um superdimensionamento. Esta observação indica que em subtalhões de baixa incidência ( $p < 2\%$ ), o dimensionamento da amostra com base no CV pode não ser um método satisfatório economicamente.



**Figura 1.** Coeficientes de variação (%) associados às estimativas de incidência de frutos atacados em 100 amostras simuladas com diferentes números de frutos por planta ( $m$ ) com  $npl=20\%$  das plantas do subtalhão, na Q112 e Q66.



**Figura 2.** Coeficientes de variação associados aos valores da estimativa da porcentagem de frutos infestados ( $p$ ) nas amostras simuladas para cada combinação npl-m (npl = porcentagem de plantas amostradas e m = número de frutos amostrados por planta) em três subtalhões de mais alta incidência.

### 3.5. Análise do conjunto de amostras simuladas

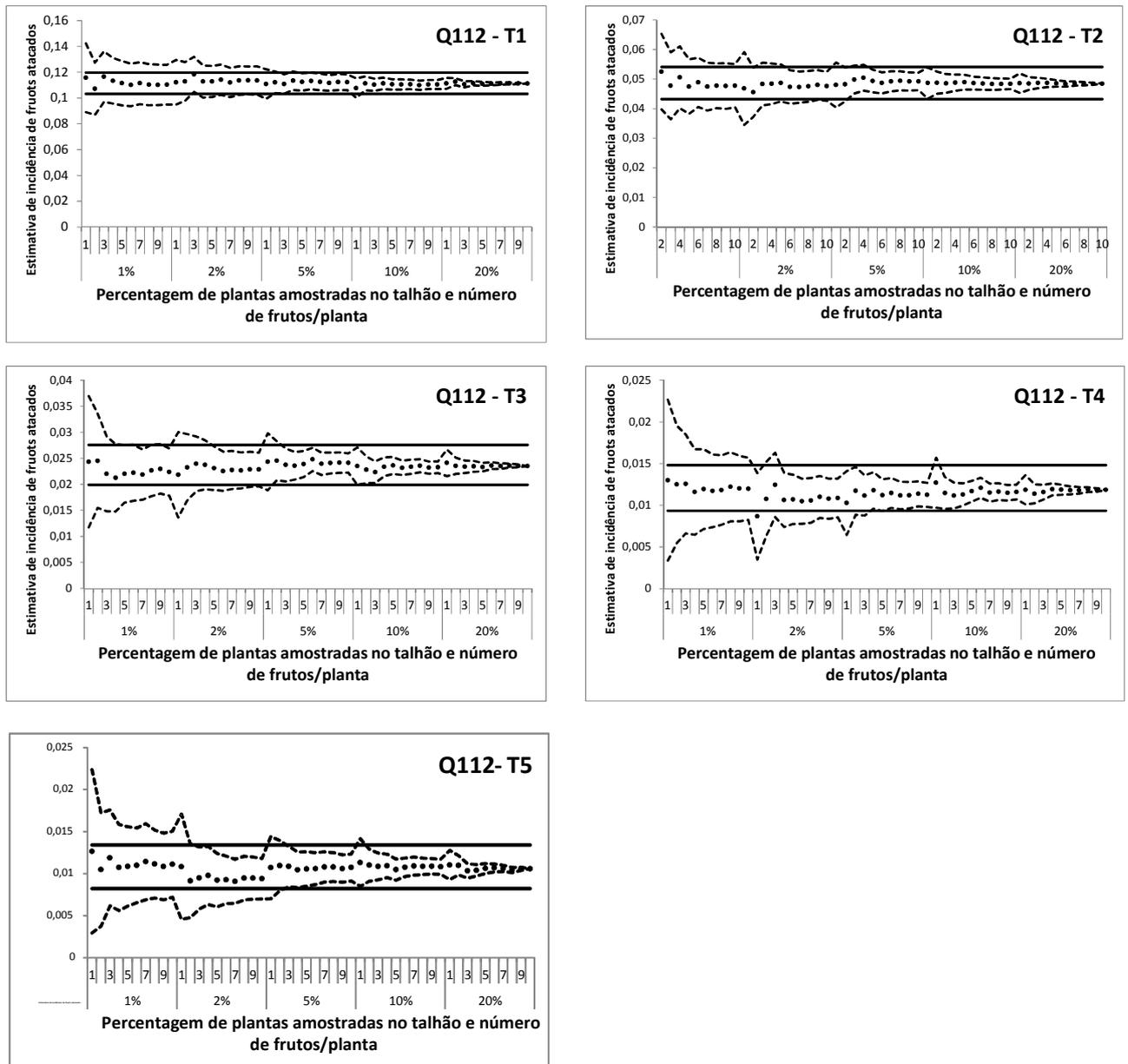
Para avaliar o efeito de número de plantas no subtalhão ( $npl=1\%$ ,  $2\%$ ,  $5\%$ ,  $10\%$  e  $20\%$  de plantas) e número de frutos por planta ( $m=1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10$  frutos) foram utilizadas 100 amostras simuladas por combinação de  $npl$  e  $m$ . O número total de combinações foi 49, pois  $npl=20\%$  e  $m=10$ , corresponde à amostra piloto total. As simulações foram efetuadas a partir das amostras de  $npl=20\%$  e  $m=10$  para cada combinação quadra-subtalhão-inspetor (60 amostras piloto) e por combinação quadra-subtalhão (10 amostras piloto).

Na Tabela 7 são mostrados os limites inferior ( $L_I$ ) e superior ( $L_S$ ) do intervalo de confiança exato obtido para a amostra piloto total.

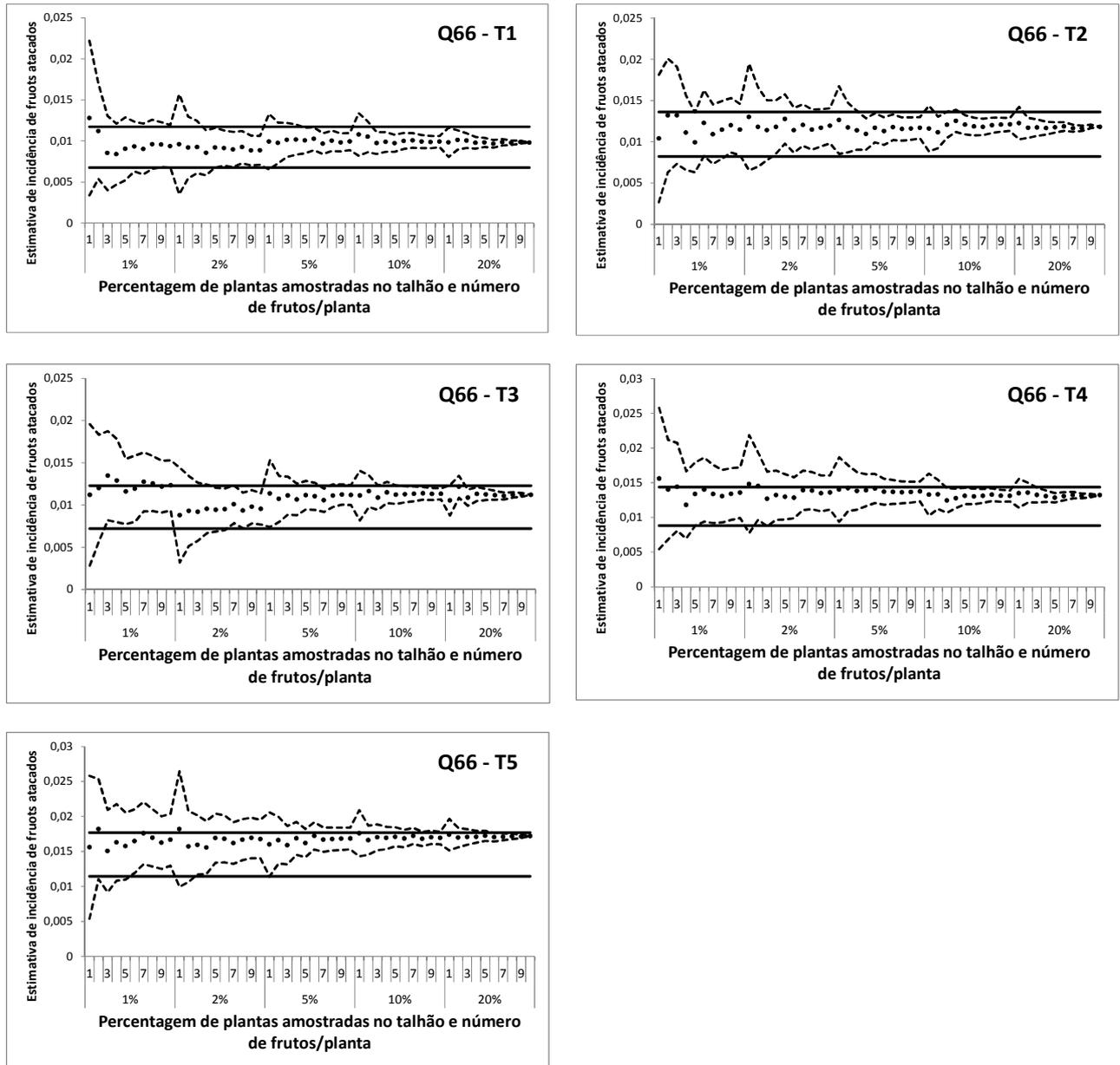
**Tabela 7.** Limites inferior ( $L_I$ ) e superior ( $L_S$ ) do intervalo de confiança de 95% exato obtido para a amostra piloto total.

Quadra	Subtalhão ( $n_0=6420$ )	IC		Quadra	Subtalhão ( $n_0=6000$ )	IC	
		$L_I$	$L_S$			$L_I$	$L_S$
Q112	1	0,1032	0,1197	Q66	1	0,0068	0,0117
	2	0,0432	0,0541		2	0,0082	0,0136
	3	0,0199	0,0276		3	0,0072	0,0123
	4	0,0093	0,0148		4	0,0088	0,0144
	5	0,0082	0,0134		5	0,0115	0,0177

Os limites do IC exato e as estimativas por intervalo, a 95% de confiança, para a média de  $p$ , nas amostras simuladas (todos os inspetores conjuntamente) estão representados nas Figuras 3 e 4, respectivamente para os subtalhões da Q112 e da Q66. Quando os limites superiores e inferiores (linhas tracejadas) ficam fora do intervalo de confiança exato (linhas contínuas), isto indica que existe probabilidade de se obter estimativas de incidência diferentes da obtida com a pré-amostra (amostra piloto). Observa-se em todos os casos que ao aumentar a porcentagem de plantas e frutos a serem inspecionados, 95% das estimativas de  $p$  ficam entre os limites do intervalo de confiança construído a partir da amostra piloto, isto é, conforme aumenta a porcentagem de plantas inspecionadas e o número de frutos inspecionados por planta, diminui-se a amplitude do intervalo para  $\hat{p}$ .



**Figura 3.** Estimativas  $p$  (média para todos os inspetores, pontos) e intervalos de confiança 95% (linhas tracejadas) para as diferentes combinações de porcentagem de plantas vistoriadas nos subtalhões e  $m=1, 2, \dots, 10$  frutos por planta, da quadra 112. As linhas contínuas representam os limites do intervalo de confiança construído a partir da amostra piloto.



**Figura 4.** Estimativas  $\hat{p}$  (média para todos os inspetores, pontos) e intervalos de confiança 95% (linhas tracejadas) para as diferentes combinações de porcentagem de plantas vistoriadas nos subtalhões e  $m=1, 2, \dots, 10$  frutos por planta, da quadra 66. As linhas contínuas representam os limites do intervalo de confiança construído a partir da amostra piloto.

Ao inspecionar 1% das plantas dos subtalhões da Q112 (Figura 3), os limites superiores e inferiores ficaram fora do intervalo de confiança exato para todas as combinações com número de frutos/planta, o que indica que existe probabilidade de se obter estimativas de incidência diferentes da obtida com a pré-amostra. Com a inspeção de 2% das plantas nesta mesma quadra, para somente dois subtalhões (2 e 3), quando foram selecionados 9 e 10 frutos/planta, os limites superiores e inferiores ficaram dentro do intervalo de confiança exato. Ao inspecionar 5% das plantas dos subtalhões desta quadra, ambos os limites ficaram dentro do intervalo de confiança exato quando se avaliaram 4 ou mais frutos/planta para todos os subtalhões. Quando inspecionadas 10% e 20% das plantas da Q112, 95% das estimativas de  $p$  ficaram entre os limites do intervalo de confiança construído a partir da amostra piloto quando foram inspecionados, respectivamente, 2 ou mais frutos/planta e 1 ou mais frutos/planta. Assim, nas condições desses subtalhões da Q112, seria recomendado amostrar um mínimo de 5% das plantas e 4 frutos/planta, ou 10% das plantas e 2 frutos/planta, ou 20% das plantas e 1 fruto/planta.

Para os subtalhões da Q66, com plantas maiores e maior carga de frutos na planta, a inspeção de 1%, 2% e 5% das plantas, independente do número de frutos amostrados por planta ( $m=1, 2, \dots, 10$ ), teria probabilidade de gerar estimativas de incidência diferentes das obtidas com a pré-amostra. Em três subtalhões da Q66 (1, 2 e 3) quando inspecionadas 5% das plantas e acima de 5 frutos/planta, os limites inferiores e superiores ficaram dentro do intervalo de confiança exato. Entretanto, em outros dois subtalhões desta mesma quadra (4 e 5), ao inspecionar 5% das plantas, independente do número de frutos/planta, ambos os limites ficaram fora dos limites do intervalo de confiança construído a partir da amostra piloto. Ao inspecionar 10% das plantas dos subtalhões desta quadra, ambos os limites ficaram dentro do intervalo de confiança exato quando se avaliaram 8 ou mais frutos/planta para todos os subtalhões. Inspeccionando-se 20% das plantas, 95% das estimativas de  $p$  ficaram entre os limites do intervalo de confiança construído a partir da amostra piloto quando foram inspecionados quatro ou mais frutos/planta. Assim, nas condições desses subtalhões da Q66, seria recomendado amostrar um mínimo de 10% das plantas e 8 frutos/planta, ou 20% das plantas e 4 frutos/planta.

### 3.6. Tempo e custo de amostragem

Na Tabela 8 são apresentados os tempos médios gastos para executar o caminharmento em ziguezague nas inspeções plantas dos subtalhões das Q112 e Q66. Com exceção da inspeção de 20% das plantas, os tempos de caminharmento na Q66 foram maiores que na Q112, provavelmente pelo maior porte das plantas na Q66 que dificultaram a passagem dos inspetores de uma rua para outra por entre as plantas. Na Q66 a largura média das plantas era de 4,35 m, enquanto que na Q112 era de 3,39 m, mais próximo ao espaçamento entre plantas na linha, que era de 3 m.

Em ambas as quadras observou-se que, quanto maior o número de plantas para inspecionar, maior o tempo gasto durante o caminharmento. Os valores do coeficiente angular ( $\alpha$ ) das retas obtidas pela regressão linear entre o tempo de caminharmento de cada inspetor e a porcentagem de plantas inspecionadas foram significativamente maiores que zero ( $\alpha=26,05$  e  $P=0,00001$  para Q112, e  $\alpha=7,4$  e  $P=0,00003$  para Q66).

**Tabela 8.** Tempo (média\*  $\pm$  erro padrão) para executar o caminharmento em ziguezague nas inspeções de 1%, 2%, 5%, 10% e 20% das plantas dos subtalhões das quadras 112 (Q112) e 66 (Q66).

Porcentagem de plantas inspecionadas	Tempo (segundos)	
	Q112	Q66
1	255,0 $\pm$ 20,0	415,0 $\pm$ 6,8
2	290,0 $\pm$ 20,0	431,3 $\pm$ 12,1
5	337,0 $\pm$ 34,6	426,3 $\pm$ 10,4
10	390,0 $\pm$ 34,6	426,7 $\pm$ 18,3
20	765,0 $\pm$ 121,7	565,7 $\pm$ 6,8

\*Média de três inspetores.

Na Tabela 9 são apresentados os tempos médios gastos para a avaliação de 3, 6 e 10 frutos/planta, tanto na Q112 como na Q66. Pela análise da comparação das médias dos tempos gastos pelo teste t, com exceção da avaliação de 10 frutos/planta ( $P=0,170$ ), as avaliações dos frutos na Q66 tomaram mais tempo que na Q112 ( $P=0,019$  para 3 frutos/planta e  $P=0,009$  para 6 frutos/planta). Uma vez que, depois de selecionados os frutos, o tempo de

avaliação é praticamente o mesmo, o que pode ter contribuído para aumentar o tempo na Q66 foi o maior tempo para a seleção e colheita dos frutos nas plantas nesta quadra. Na Q66, as plantas eram maiores (volume de copa médio de 56,3 m<sup>3</sup> na Q66 contra 41,6 m<sup>3</sup> na Q112), o que pode dificultar a colheita dos frutos, e continham mais frutos (média de 1.061 frutos por planta na Q66 contra 414 frutos por planta na Q112), o que pode fazer com que o inspetor demore mais para selecionar o fruto mais apropriado para avaliação.

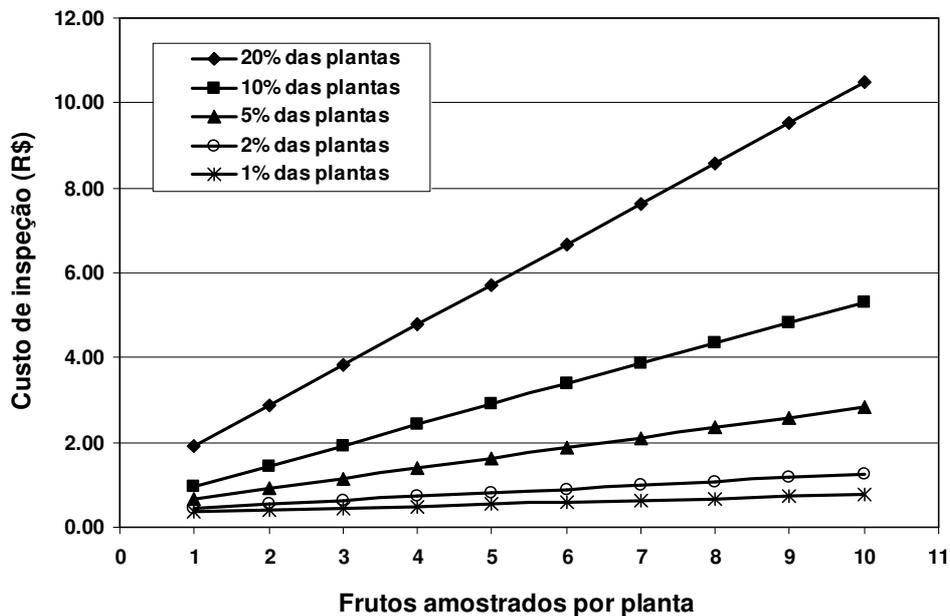
**Tabela 9.** Tempo (média\*  $\pm$  erro padrão) para a avaliação de 3, 6 e 10 frutos/planta dos subtalhões das quadras 112 (Q112) e 66 (Q66).

Número de frutos avaliados por planta	Tempo (segundos)	
	Q112	Q66
3	19,3 $\pm$ 0,7	26,7 $\pm$ 2,3
6	38,7 $\pm$ 0,3	56,7 $\pm$ 4,7
10	74,3 $\pm$ 6,9	87,0 $\pm$ 9,9

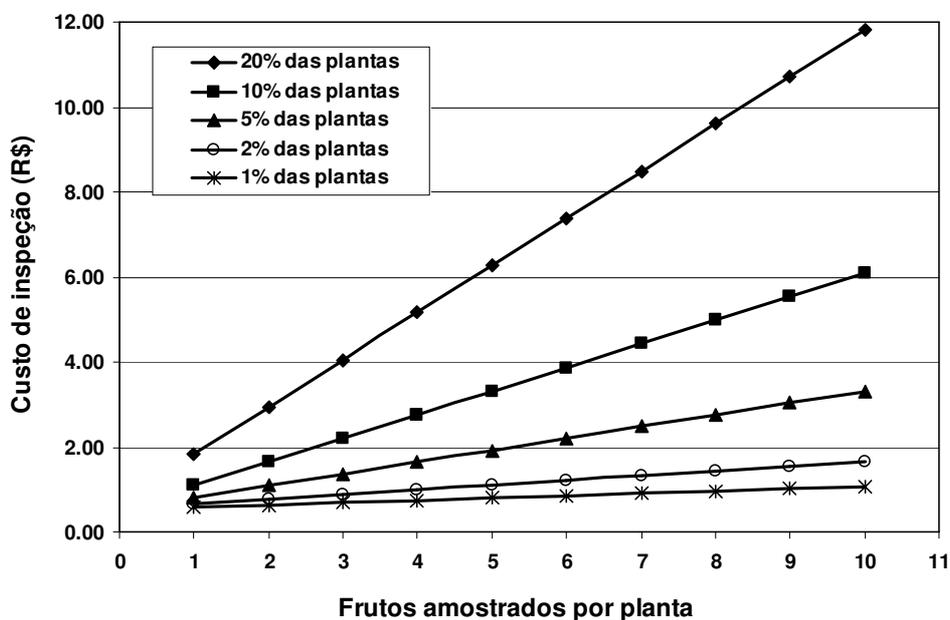
\*Média de três inspetores.

Em ambas as quadras observou-se que, quanto maior o número de frutos avaliados por planta, maior o tempo gasto na inspeção. Os valores do coeficiente angular ( $\alpha$ ) das retas obtidas pela regressão linear entre o tempo de avaliação de cada inspetor e o número de frutos inspecionados por planta foram significativamente maiores que zero ( $R^2=0,98$ ,  $\alpha=7,126$  e  $P=2,23 \times 10^{-8}$  para Q112, e  $R^2=0,98$ ,  $\alpha=8,897$  e  $P=7,03 \times 10^{-8}$  para Q66). Estas regressões foram usadas para a estimativa dos tempos para as avaliações de 1, 2, ..., 10 frutos/planta.

Com as estimativas dos tempos de caminhamento para a inspeção das diferentes porcentagens de plantas e dos tempos para avaliação de diferentes números de frutos/planta, foram calculados os tempos médios para cada combinação npl-m em cada quadra, para os quais foi atribuído um custo com mão de obra na atividade monitoramento do açúcar da leprose de R\$ 4,50/hora (Figuras 5 e 6).



**Figura 5.** Custo estimado (em Reais) para inspeção do ácaro da leprose em diferentes combinações de porcentagem de plantas e frutos/planta na quadra 112.



**Figura 6.** Custo estimado (em Reais) para inspeção do ácaro da leprose em diferentes combinações de porcentagem de plantas e frutos/planta na quadra 66.

As Figuras 5 e 6 mostram que o custo de inspeção do ácaro da leprose aumenta com o aumento da porcentagem de plantas inspecionadas na área e com o aumento de frutos avaliados por planta. O custo de inspeção tem um aumento maior quando se aumenta a porcentagem de plantas inspecionadas do que quando se aumenta o número de frutos avaliados por planta. Portanto, financeiramente seria melhor aumentar o número de frutos a serem inspecionados na planta do que aumentar a porcentagem de plantas a serem inspecionadas na área.

De acordo com os resultados apresentados no item 3.5., nas condições dos subtalhões da Q112, um mínimo de 5% das plantas e 4 frutos/planta, ou 10% das plantas e 2 frutos/planta, ou 20% das plantas e 1 fruto/planta deveriam ser os tamanhos das amostras, o que corresponderia aos custos por inspeção de R\$ 1,38, R\$ 1,45 e R\$ 1,91, respectivamente. Desta forma, o melhor benefício/custo seria obtido para os subtalhões da Q112 com uma amostragem de 5% das plantas e 4 frutos/planta. Esta amostragem recomendada representaria um aumento de 219% no custo da inspeção em relação à inspeção padrão realizada na propriedade, que é de 2% de plantas e 3 frutos/planta (custo de R\$ 0,63).

No caso da Q66, seria recomendado amostrar um mínimo de 10% das plantas e 8 frutos/planta, ou 20% das plantas e 4 frutos/planta, com os respectivos custos de R\$ 4,98 e R\$ 5,16. Neste caso, o melhor benefício/custo seria obtido para os subtalhões da Q66 com uma amostragem de 10% das plantas e 8 frutos/planta. Esta amostragem recomendada corresponderia a um valor 5,72 vezes maior que o custo estimado nesta quadra para a inspeção padrão realizada na propriedade (custo de R\$ 0,87).

#### 4. DISCUSSÃO

A amostragem para a estimativa da incidência de frutos com a presença do ácaro da leprose enfrenta grandes desafios e ainda hoje a amostragem recomendada está longe de ser adequada estatisticamente para ser utilizada com base para a tomada de decisão de controle da população deste ácaro vetor nos talhões de laranja.

De acordo com Alves *et al.* (2005), o ácaro *B. phoenicis* é geralmente encontrado nos pomares em baixa população quando comparado a outros ácaros pragas, como o ácaro-da-falsa-ferrugem *Phyllocoptruta oleivora* (Ashmead, 1879), ácaro purpúreo *Panonychus citri* (McGregor, 1916), ácaro mexicano *Tetranychus mexicanus* (McGregor, 1950) e ácaro texano *Eutetranychus banksi* (McGregor, 1914). Além disso, o ácaro da leprose apresenta-se distribuído de maneira mais agregada que os outros ácaros, tanto em relação às plantas infestadas (Bassanezi & Laranjeira, 2007), como em relação à sua localização na copa da planta. Esta agregação do ácaro da leprose está muito relacionada à sua baixa capacidade de dispersão em relação aos outros ácaros (Alves *et al.*, 2005) e também a sua maior preferência aos frutos em relação aos ramos e às folhas (Oliveira, 1986). Alves *et al.* (2005), observaram que o *B. phoenicis* move-se menos de 1 cm/dia e que ventos de 23 km/h não foram suficientes para retirar os ácaros dos frutos, enquanto que ventos de 30 e 40 km/h retiraram menos de 1% de ácaros dos frutos. Utilizando armadilhas adesivas, estes mesmos autores comprovaram que a dispersão do ácaro da leprose é limitada quando comparada a de outras espécies de ácaros que ocorrem nos pomares cítricos. Aproximadamente de 83 a 99% dos ácaros coletados dispersos pelo vento eram da família Tetranychidae, enquanto que apenas 0,4 a 11,8% eram da família Tenuipalpidae a qual pertence o *B. phoenicis* (Alves *et al.*, 2005). A reduzida capacidade do vento em dispersar *B. phoenicis* pode ser explicada pela anatomia plana do ácaro, pelo seu comportamento de se esconder em frestas e saliências e não ter comportamento de dispersão diante de estímulos como a presença de corrente de vento (Alves *et al.*, 2005). Algumas espécies de Tetranychidae diante de estímulos como correntes de vento produzem teias e formam aglomerados no topo das plantas ou ficam dependurados nos fios de teia para tomar as correntes de vento (Kennedy & Smitley, 1985).

A naturalmente baixa população do ácaro e sua distribuição agregada, tanto no talhão e como nas plantas, certamente leva à necessidade de aumento do número de plantas e frutos/planta nos planos amostrais deste ácaro para uma boa estimativa da incidência de frutos infestados. Neste trabalho, assim como observado anteriormente por Pinto *et al.* (1995),

Lopes *et al.* (2007) e Gonçalves (2007), verificou-se que a confiabilidade das informações obtidas pelas inspeções atualmente realizadas no campo (amostragem de 1 a 2% das plantas e 3 a 5 frutos/planta) são baixas. Segundo Lopes *et al.* (2007), a porcentagem de erro na estimativa da média para a porcentagem de frutos com a presença de ácaros, quando se amostra 3 frutos/planta em apenas 1% das plantas de um talhão com oito anos de idade, foi de 50%. De acordo com Gonçalves (2007), a porcentagem de erro na estimativa da média para a porcentagem de frutos com a presença de ácaros, quando se amostra 3 frutos/planta em apenas 1% das plantas de um talhão com seis anos de idade, foi de 63 a 67%. Estes resultados destes dois trabalhos indicaram a necessidade de se amostrar maior número de plantas (de 5% a 10% das plantas) para que se obtenha um erro aceitável na estimativa da média entre 20% e 30%. Considerando-se a média das avaliações dos inspetores como a melhor estimativa da média da incidência de frutos com ácaros nos subtalhões, percebeu-se neste trabalho que, mesmo com uma superamostragem (20% das plantas e 10 frutos/planta), os desvios médios entre as avaliações dos inspetores para um determinado subtalhão foram em média 49% do valor da média das avaliações.

Como mencionado anteriormente, considerando a importância da inspeção do ácaro da leprose para a tomada de decisão de pulverização ou não do talhão, esta variação entre os inspetores pode ser bastante preocupante quando a inspeção depender de apenas um inspetor, como normalmente ocorre. Neste caso, uma grande atenção deveria ser dada ao treinamento dos inspetores quanto ao protocolo de caminhamento no talhão, de escolha dos frutos a serem amostrados e de identificação do ácaro da leprose para reduzir a variabilidade entre os inspetores. Quando possível, o caminhamento sistemático, pré-determinando quais plantas devam ser amostradas, deveria ser utilizado como tentativa de uniformizar as avaliações entre inspetores e melhorar a cobertura da área do talhão amostrada. No caso de plantios em nível e com ruas mortas, o caminhamento deveria ser determinado a priori com o auxílio de GPS, o que nem sempre é factível. Adicionalmente, dever-se-ia estabelecer com bastante critério em que local da planta os frutos devem ser selecionados (p.ex: ponteiro e interior da copa) para que os inspetores procurem sempre avaliar os frutos nas mesmas posições. Outra opção seria também aumentar o número de inspetores numa mesma data de avaliação e usar a média das avaliações destes inspetores como a “melhor” incidência de frutos com ácaro para tomada de decisão de controle.

As amostragens do ácaro *B. phoenicis* em plantas cítricas nos subtalhões apresentaram resultados estatisticamente satisfatórios quanto maior foi a porcentagem de plantas inspecionadas e maior o número de frutos/planta inspecionados. Em todos os casos, o

tamanho da amostra considerada aceitável foi sempre maior que o tamanho da amostra adotado atualmente pela maioria das empresas citrícolas, que é de 1% das plantas e 3 frutos/planta. Desta forma, faz-se necessária a revisão, por parte das empresas, dos seus planos de amostragem do açúcar da leprose, aumentando a porcentagem de plantas inspecionadas e/ou o número de frutos/planta avaliados.

Neste plano de amostragem, como foi mostrado neste trabalho, dever-se-ia também levar em consideração a quantidade de frutos/m<sup>3</sup> de copa da planta. Estatisticamente, não se justifica que em populações de frutos de diferentes tamanhos se amostram a mesma quantidade de frutos para a estimativa da incidência de frutos infestados. Em pomares com maior carga de frutos para uma mesma porcentagem de plantas amostradas seriam necessários avaliar mais frutos/planta. Por exemplo, na Q66, com quase 19 frutos/m<sup>3</sup> de copa, quando se optar pela inspeção de 10% das plantas será necessário avaliar um mínimo de 8 frutos/planta, enquanto que para a mesma porcentagem de plantas inspecionadas na Q112, com cerca de 10 frutos/m<sup>3</sup> de copa, será preciso avaliar um mínimo de 2 frutos/planta. No caso de se optar por inspecionar 20% das plantas, seria preciso avaliar pelo menos 4 frutos/planta na Q66 e apenas 1 fruto/planta na Q112.

Neste estudo também ficou claro que, para se obter uma boa precisão estatística na estimativa da incidência de frutos com açúcar da leprose, aumentando a amostragem para o tamanho mínimo aceitável aumentam consideravelmente os custos em relação aos custos da inspeção tradicional (aumento mínimo de 219% e 572% na Q112 e Q66, respectivamente). Embora significativo, este aumento de custo de inspeção deveria ser considerado pelos citricultores, porque representa apenas uma pequena parcela do custo da aplicação de acaricidas (custo da operação da pulverização + custo do produto) para o controle do açúcar da leprose, estimado em R\$ 256,00/ha para a Q112 (volume de calda de 2.500 L/ha) e R\$ 361,00/ha para Q66 (volume de calda de 3.600 L/ha). Avaliações imprecisas e inaccuradas, que determinem a realização de uma pulverização desnecessária no ano, causariam um custo adicional equivalente a cerca de 185 e 72 inspeções de açúcar da leprose, respectivamente para a Q112 e Q66, conforme as recomendações obtidas por este trabalho (5% das plantas e 4 frutos/planta para Q112 e 10% das plantas e 8 frutos/planta para Q66).

## 5. CONCLUSÃO

- A amostragem do ácaro *B. phoenicis* em plantas de laranja recomendada e utilizada na prática, de 1 a 2% das plantas e 3 a 5 frutos/planta, apresenta erros consideráveis para a estimativa da incidência de frutos infestados e não deveria ser utilizada para a tomada de decisão de pulverização contra o ácaro da leprose;
- Mesmo com uma amostragem de 20% das plantas e 10 frutos/planta as avaliações realizadas por diferentes inspetores nos mesmos subtalhões e nos mesmos dias apresentam variações significativas;
- O tamanho da amostra para a estimativa da incidência de frutos com ácaro da leprose deve variar de acordo com a quantidade de frutos/m<sup>3</sup> de copa das plantas;
- Em talhões com carga de 10 frutos/m<sup>3</sup> de copa o tamanho mínimo da amostra aceitável e com menor custo de inspeção deveria ser de 5% das plantas e 4 frutos/planta, enquanto que talhões com carga de aproximadamente 19 frutos/m<sup>3</sup> de copa deveria ser de 10% das plantas e 8 frutos/planta;
- O aumento do custo de inspeção pela adoção do novo tamanho de amostra recomendado pode ser aceitável em função do alto custo de uma aplicação desnecessária de acaricida baseada numa amostragem imprecisa e inacurada da incidência de frutos infestados com ácaro da leprose.

## 6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- AGRIANUAL. 2013. **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo. Informa economics/FNP. p. 256-258.
- Albuquerque, F.A. de; Oliveira, C.A.L. de & Barreto, M. 1995. Comportamento do ácaro *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) (Acari: Tenuipalpidae) em frutos de citros. In: Oliveira, C. A. L. & Donadio, L. C. (Eds.) **Leprose dos citros**. Jaboticabal. FUNEP. p.77-90.
- Alves, E.B., Casarin, N.F.B., Omoto, C. 2005. Mecanismos de dispersão de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae) em pomares de citros. **Neotropical Entomology** 34(1): 89-96.
- Barreto, M. & Pavan, A. 1995. Relação Verrugose x Leprose. In: Oliveira, C. A. L. & Donadio, L. C. (Eds.) **Leprose dos citros**. Jaboticabal. FUNEP. p.69-76.
- Bassanezi, R.B. 2001. Aspectos da leprose dos citros. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília 26: 246-247.
- Bassanezi, R.B., Laranjeira, F.F. 2007. Spatial patterns of leprosis and its mite vector in commercial citrus groves in Brazil. **Plant Pathology** 56(2):97-106.
- Bastianel, M., Novelli, V.M., Kitajima, E.W., Kubo, K.S., Bassanezi, R.B., Machado, M.A., Freitas-Astua, J. 2010. Citrus leprosis: centennial of an unusual mite-virus pathosystem. **Plant Disease** 94(3): 284-292.
- Bitancourt, A.A. 1955. Estudos sobre a leprose dos *Citrus* I: distribuição geográfica e sintomatologia. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo 22: 161-184.
- Busoli, A.C. 1995. O manejo integrado de pragas - citros e a busca de qualidade total na citricultura. **Laranja**, Cordeirópolis 16: 155-186.

- CATI. 1997. Citros: recomendação para o controle das principais pragas e doenças em pomares do Estado de São Paulo. **Boletim Técnico CATI**, n.165. 58p.
- Chiavegato, L.G. 1986. Biologia do ácaro *Brevipalpus phoenicis* em citros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 21: 813-816.
- Chiavegato, L.G., Kharfan, P.R. 1993. Comportamento do ácaro da leprose *Brevipalpus phoenicis* (G.) (Acari: Tenuipalpidae) em citros. **Anais da Sociedade de Entomologia do Brasil**, Londrina 22: 355-359.
- Chiavegato, L.G., Salibe, A.A. 1986. New result on the transmissibility of leprosis symptoms by mite *Brevipalpus phoenicis* en citrus. In : **Conference of International Organization of Citrus Virologists**, 10. Valência. Proceeding, Riverside: IOVC, 1986. p. 136.
- Colariccio, A., Lovisolo, O., Chagas, C.M., Galleti, S.R., Rossetti, V.V., Kitajima, E.W. 1995. Mechanical transmission and ultrastructural aspects of citrus leprosis virus. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília 20: 208-213.
- Fawcett, H.S. 1936. **Citrus diseases and their control**. 2nd ed. New York. McGraw-Hill. 656 p.
- Ferreira, D.F. 2005. **Estatística Básica**. Lavras, Ed. UFLA. 664 p.
- Festuccia, A.J.; Almeida, M.C. de; Yamamoto, P.T. & Gravena, S. 1995. Comparação entre amostragens absoluta e relativa para o ácaro da leprose em citros. **Laranja**, Cordeirópolis, 16: 263-270.
- Flechtmann, C.H.W., Oliveira, C.A.L., Maia, J.S. 1995. Aspectos taxonômicos do ácaro da leprose *Brevipalpus phoenicis*. In: Oliveira, C. A. L. & Donadio, L. C. (Eds.) **Leprose dos citros**. Jaboticabal. FUNEP. p. 31-36.

- Fundecitrus. 1999. **Manual de Ácaros Leprose e Ferrugem: o que fazer para manter seu pomar sadio**. Araraquara. Fundecitrus. 11 p.
- Gravena, S. 1998. Manejo ecológico de pragas dos citros - aspectos práticos. **Laranja**, Cordeirópolis 19: 61-77.
- Gravena, S. 2000. Manejo integrado de pragas dos citros no contexto de citricultura integrada. In: **Anais do Seminário Internacional de Citros**, 6. Bebedouro. p.147-175.
- Gravena, S. 2002. **Manual prático de inspeção de pragas dos citros**. Jaboticabal, Gravena Ltda. 52 p.
- Gravena, S. 2005. **Manual prático de manejo ecológico de pragas dos citros**. Jaboticabal, Gravena Ltda. 372 p.
- Gonçalves, P.C.T. 2007. Metodologia de amostragens para monitoramento do ácaro da leprose *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) em cultura de citros. **Dissertação de Mestrado**. Jaboticabal SP: Universidade Estadual Paulista. 52 p.
- Kennedy, G.G., Smitley, D.R. 1985. Dispersal. In: W. Helle & M. W. Sabelis (Eds.) **Spider mites: Their biology, natural enemies and control**. New York. Elsevier (World Crop Pests, 1A). p. 233-242.
- Kitajima, E.W., Müller, G.W., Costa, A.S., Yuki, V.A. 1972. Short rod like particles associated with citrus leprosis. **Virology**, Orlando 50: 254-258.
- Lopes, M.V., Oliveira, C.A.L., Barreto, M., Barbosa, J.C., Rossi, F.M. 2007. Dimensionamento de amostras para monitoramento do ácaro da leprose *Brevipalpus phoenicis* (GEIJSKES, 1939) em citros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal 29(3): 671-676.
- Maggione, C.S. 1998. Planejamento e custo citrícola. **Citricultura Atual** 1(5): 6.

- Martinelli, N.M., Oliveira, C.A.L., Percin, D. 1976. Conhecimentos básicos para estudos que envolvam levantamentos de população de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes), 1939, na cultura de citros. **Científica**, Jaboticabal 4(3): 242-253.
- Musumeci, M.R., Rossetti, V.V. 1963. Transmissão dos sintomas da leprose dos citros pelo ácaro *Brevipalpus phoenicis*. **Ciência e Cultura**, São Paulo 15(3): 228.
- Nakano, O.; Sanches, G.A. & Ishida, A.K. 1987. Redução da infestação do ácaro da leprose *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) em citros através do controle da verrugose. **Laranja**, Cordeirópolis 8: 19-34.
- Nascimento, A.S., Morais, G.J., Cabrita, J.R.M., Silva, L.M.S., Porto, O.M.; Cassino, P.C.R.; Gravena, S. & Pinto, W.B.S. 1982. **Manual de Manejo Integrado das Pragas do Pomar Cítrico**. Brasília, EMBRAPA.. 48 p. (EMBRAPA-CNPMPF. Documentos, 6).
- Neves, M.F. 2010. **O Retrato da citricultura brasileira**. Ribeirão preto. Markestrat. 137 p.
- Oliveira, C.A.L. 1986. Flutuação populacional e medidas de controle do ácaro da leprose *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) em citros. **Laranja**, Cordeirópolis 7: 1-31.
- Oliveira, C.A.L. 1995. Aspectos ecológicos do *Brevipalpus phoenicis*. In: Oliveira, C.A.L. & Donadio, L.C. (ed.) **Leprose dos Citros**. Jaboticabal. FUNEP. p. 37-48.
- Parra, J.R.P., Oliveira, H.N., Pinto, A.S. 2003. **Guia ilustrado de pragas e insetos benéficos dos citros**. Piracicaba. A. S. Pinto. 140 p.
- Pinto, R.A., Yamamoto, P.T., Paiva, P.E.B., Gravena, S. 1995. Amostragem seqüencial: uma metodologia rápida e segura. In: Oliveira, C. A. L. & Donadio, L. C. (Eds.) **Leprose dos citros**. Jaboticabal. FUNEP. p. 147-158.
- Ramos, H.H., Yanai, K., Corrêa, I.M., Bassanezi, R.B., Garcia, L.C. 2007. Características da pulverização em citros em função do volume de calda aplicado com turbopulverizador. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal 27: 56-65. (Número Especial).

- Rodrigues, J.C.V. 2000. **Relações patógeno-vetor-planta no sistema leprose dos citros**. Piracicaba, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, 168p. (Tese de Doutorado).
- Rodrigues, J.C.V., Oliveira, C.A.L. 2005. Ácaros fitófagos dos citros. In: Mattos Junior, D., de Negri, J.D., Pio, R.M., Pompeu Junior, J. (Eds.) **Citros**. Campinas, IAC/Fundag. p. 689-727.
- Rossetti, V.; Colariccio, A.; Chagas, C.M.; Sato, M.E. & Raga, A. 1997. Leprose dos citros. **Boletim Técnico do Instituto Biológico** 6: 5-27.
- Rossetti, V.V. 2001. **Manual ilustrado de doenças do citros**. Piracicaba. Fealq/Fundecitrus. 219 p.
- Salva, R.A. 1994. Prática do monitoramento de MIP-Citros no Brasil. SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CITROS, 3. **Anais**. Bebedouro. p. 255-267.
- Yamamoto, P.T., Parra, J.R.P. 2005. Manejo integrado de pragas dos citros. In: Mattos Junior, D., de Negri, J.D., Pio, R.M., Pompeu Junior, J. (Eds.) **Citros**. Campinas, IAC/Fundag. p. 730-768.