

Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD  
Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais - FCBA  
Programa de Pós-Graduação em  
Entomologia e Conservação da Biodiversidade - PPGECB

Distribuição espacial e plano de amostragem sequencial de  
*Conotrachelus psidii* (Marshall, 1922) (Coleoptera:  
Curculionidae) na cultura da goiabeira

Fabricio Iglesias Valente

Dourados-MS  
Março, 2018

Universidade Federal da Grande Dourados  
Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais  
Programa de Pós-Graduação em  
Entomologia e Conservação da Biodiversidade

Fabricio Iglesias Valente

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E PLANO DE AMOSTRAGEM  
SEQUENCIAL DE *Conotrachelus psidii* (MARSHALL, 1922)  
(COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) NA CULTURA DA GOIABEIRA

Tese apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de DOUTOR EM ENTOMOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE.

Área de Concentração: Biodiversidade e Conservação

Orientador: Marcos Gino Fernandes

Dourados-MS  
Março, 2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

V154d Valente, Fabricio Iglesias

Distribuição espacial e plano de amostragem sequencial de *Conotrachelus psidii* (Marshall, 1922) (Coleoptera: Curculionidae) na cultura da goiabeira [recurso eletrônico] / Fabricio Iglesias Valente. -- 2019.

Arquivo em formato pdf.

Orientador: Marcos Gino Fernandes.

Tese (Doutorado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2018.

Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:

<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Binomial negativa. 2. Gorgulho da goiaba. 3. *Psidium guajava*. 4. Dinâmica populacional. 5. Fruticultura. I. Fernandes, Marcos Gino. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

“DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E PLANO DE AMOSTRAGEM SEQUENCIAL DE  
*Conotrachelus psidii* (MARSHALL, 1922) (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)”.

Por


**FABRICIO IGLESIAS VALENTE**

Tese apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD),  
como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de  
DOUTOR EM ENTOMOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE  
Área de Concentração: Biodiversidade e Conservação

  
Dr. Marcos Gino Fernandes  
Orientador/Presidente – UFGD

  
Dr.ª Rosilda Mara Mussury Franco Silva  
Membro Titular – UFGD

  
Dr. Fabricio Fagundes Pereira  
Membro Titular – UFGD

  
Dr. Miguel Francisco de Souza Filho  
Membro Titular – Instituto Biológico

  
Dr. Isaias de Oliveira  
Membro Titular – AGRAER

Aprovada em: 13 de março de 2018.

## **Biografia**

Fabricio Iglesias Valente, nascido em 09 de fevereiro de 1986, natural de Colatina-ES, possui graduação em Ciências Biológicas (bacharelado) pela Faculdade Pitágoras de Linhares - ES. Desde o primeiro semestre da faculdade estagiou como voluntário no laboratório de Entomologia do INCAPER (Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural), migrando para o laboratório de Controle biológico no final do segundo ano, onde obteve bolsa de iniciação científica pelo CNPq. Em 2012 ingressou no Mestrado em Agronomia (Entomologia Agrícola) na Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho”, com bolsa fornecida pelo CNPq. Realizou trabalhos de MIP, tendo como foco a distribuição vertical e espacial de insetos na cultura da goiabeira e grandes culturas, e obteve o título de mestre em 2014. Neste mesmo ano, ingressou no Doutorado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade (UFGD), ainda atuando no MIP, focando em estudos de distribuição espacial de pragas. Foi bolsista de doutorado pela CAPES.

## **Agradecimentos**

A Universidade Federal da Grande Dourados, por meio da Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais e ao Programa de Pós-graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade, pelas oportunidades.

A CAPES, Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela bolsa de estudos que tornou possível a realização desse projeto.

Ao Prof. Dr. Marcos Gino Fernandes, pela orientação, compreensão, apoio e principalmente pelo exemplo de profissional. Ter a oportunidade de conhecê-lo, foi um grande aprendizado que ultrapassa as barreiras da academia.

Aos servidores da UFGD, em especial Marcelo e Victor pela colaboração na conclusão desse curso.

A equipe de campo do Mato Grosso do Sul, Fabiola de Oliveira, Éder Alcebiades Alegre, Nubio Moreira, Pedro Amaro e Alyne Ciriaco.

A equipe de campo do Espírito Santo, Deivisson Ferreira e Adson.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade por colaborarem com minha formação especialmente Dra. Laura Jane Gislotti, Dra. Mara Mussury, Dr. Fabricio Fagundes Pereira, Dr. Valter Vieira Alves Júnior, Dr. Manoel Araécio Uchôa-Fernandes, Dr. Rogério Silvestre e Dr. Paulo Eduardo Degrande.

Dr<sup>a</sup>. Vera Lúcia Rodrigues Machado Benassi, símbolo de caráter profissional, pelos valiosos ensinamentos, enorme paciência, orientação da graduação e aos vários outros votos de confiança.

A minha família Irys Fernanda Santana Couto, Alice Couto Valente, nossa futura filha Helena Couto Valente, e ao afilhado João Pedro Valente de Almeida pelo amor e motivação.

Aos amigos da UFGD para a vida, Lorenza Senis, Paulo Ricardo, Antônio Mendonça, Adriano Okano, Paulo Henrique, Manuela Scarpa, Brisa Lunar, Tiago Auko, Luiza, Bhrenno Trad, Vinicius Lopez, Gabriel Silva, Gustavo Machado, Pedro, Paulo Roberto, Antônio de Souza Silva, Magda Freitas, Thiago Motta, José Nicácio e Isaias.

Aos tios Nilson, Tida, Mema, Ismar, Penha, Iara, Ieda e Marilda, por acompanharem minha trajetória, excelentes exemplos.

As famílias Iglesias e Valente, em especial às matriarcas Cacilda e Yolanda.

As famílias de minha companheira Santana e Couto pela acolhida e apoio.

Aos funcionários do IPEM-ES.

Dedico  
Aos meus pais, Mauricio Alves Valente  
e Ilza Iglesias Valente,  
e minha Irmã Taciana Iglesias Valente



## SUMÁRIO

RESUMO GERAL.....	1
ABSTRACT .....	3
1.INTRODUÇÃO GERAL.....	5
2.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
2.1 Características botânicas e econômicas da Goiabeira .....	7
2.2 Gorgulho da goiaba .....	9
2.3 Produção Integrada de Frutas (PIF).....	10
2.4 Manejo Integrado de Pragas (MIP) .....	10
2.5 Distribuição espacial de insetos-praga.....	14
2.5.1 Índices de Dispersão.....	15
2.5.2 Razão variância/média .....	15
2.5.3 Índice de Morisita.....	16
2.5.4 Expoente $k$ da distribuição binomial negativa .....	16
2.6 Modelos probabilísticos para estudo da distribuição espacial de pragas.....	17
2.6.1 Distribuição de Poisson .....	17
2.6.2 Distribuição Binomial Positiva.....	17
2.6.3 Distribuição Binomial Negativa .....	18
2.7. Amostragem Convencional .....	19
2.8. Amostragem Sequencial.....	19
3. REFERÊNCIAS.....	20
4. OBJETIVO GERAL .....	27
5. HIPÓTESES .....	28
CAPÍTULO I - Distribuição espacial de adultos de <i>Conotrachelus psidii</i> (Marshall, 1922) (Coleoptera: Curculionidae) na cultura da goiabeira.....	29
Resumo.....	30
Abstract .....	31
Introdução .....	32
Material e métodos .....	33
Área experimental .....	33
Amostragens .....	34
Análise estatística .....	36

Resultados .....	36
Flutuação populacional.....	36
Distribuição espacial através dos índices de dispersão .....	37
Distribuição espacial através das distribuições teóricas de frequências.....	37
Discussão.....	38
Referências .....	44
CAPÍTULO II - Distribuição espacial de danos de oviposição e alimentação de <i>Conotrachelus psidii</i> (Marshall, 1922) na cultura da goiabeira.....	48
Resumo.....	49
Abstract .....	50
Introdução .....	50
Material e Métodos .....	52
Área experimental .....	52
Amostragens .....	52
Análise estatística .....	55
Resultados .....	56
Discussão.....	57
Referências .....	66
CAPÍTULO III - Plano de amostragem sequencial de adultos de <i>Conotrachelus psidii</i> (Marshall, 1922) (Coleoptera: Curculinidae) na cultura da goiabeira.....	68
Resumo.....	69
Abstract .....	69
Introdução .....	70
Material e métodos .....	71
Área experimental .....	72
Amostragens .....	72
Plano de amostragem sequencial.....	73
Resultados .....	74

Discussão.....	75
Referências .....	78
CAPÍTULO IV - Plano de Amostragem sequencial de frutos danificados por oviposição e alimentação de <i>Conotrachelus psidii</i> (Marshall, 1922).....	83
Resumo.....	84
Abstract .....	84
Introdução .....	85
Material e Métodos .....	87
Área experimental .....	87
Amostragens .....	88
Plano de amostragem sequencial.....	88
Resultados .....	89
Discussão.....	90
Referências .....	95
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	100

## RESUMO GERAL

O Brasil é o maior produtor de frutas tropicais e o terceiro na produção de goiaba (*Psidium guajava* L.) do mundo. Muitos insetos-praga atuam limitando a produtividade da goiabeira, sendo *Conotrachelus psidii* (Marshall, 1922) (Coleoptera: Curculionidae), conhecido popularmente como gorgulho-da-goiaba, uma das principais pragas pois, em grandes densidades populacionais, ocasionam sérios danos a cultura da goiaba. O gorgulho-da-goiaba tem a amostragem e o controle difíceis de serem realizados por conta do seu hábito subterrâneo durante a fase de pré-pupa. Assim, o trabalho teve como objetivo estudar a dinâmica populacional, o padrão de distribuição e desenvolver um plano de amostragem sequencial de *C. psidii* na cultura da goiabeira. Foram utilizadas duas áreas amostrais: a primeira área constou de um pomar orgânico com a cultivar Pedro Sato, situado no município de Itaporã, Estado de Mato Grosso do Sul, região Centro-oeste do Brasil; a segunda área amostral utilizada consta de cultivo convencional localizado no município de São Roque do Canaã, Estado do Espírito Santo, região Sudeste Brasileiro. As avaliações foram realizadas semanalmente em três anos agrícolas. No ano agrícola de 2014/2015 ocorreram 15 amostragens que abrangeram o período de emergência de *C. psidii* do solo para atingir a copa das plantas (aproximadamente 120 dias após a poda de frutificação) até o término do período de infestação. No Estado do Espírito Santo, a área amostral constava de 70 plantas, sendo que cada parcela era representada por uma planta. As amostragens foram realizadas nos anos agrícolas de 2015/2016 e 2016/2017, e também ocorreram desde a emergência de *C. psidii* do solo até o final do período de ocorrência, num total de 17 amostragens em cada ano agrícola de avaliação. Os resultados obtidos permitem a constatação de que, em relação a presença de adultos e aos frutos atacados por oviposição e alimentação na cultura da goiabeira, os índices de dispersão estudados, quais sejam, razão variância/média, índice de Morisita, e expoente  $k$  da distribuição binomial negativa, indicaram que o gorgulho-da-goiaba e seus danos têm distribuição espacial agregada na cultura da goiabeira. Este resultado foi confirmado com o melhor ajuste ao modelo probabilístico de distribuição binomial negativa pelo teste do qui-quadrado. Quanto ao plano de amostragem sequencial, os valores adotados para os erros do tipo I e tipo II foram de  $\alpha = \beta = 0,05$ . As linhas paralelas para tomada de decisão para ocorrência de adultos de *C. psidii*, foram representadas por  $S1 = 9,0256 + 0,6681n$ , indicando o limite

superior e rejeitando  $H_0$ , ou seja, controlar e  $S_0 = -9,0256+0,6681n$ , indicando o limite inferior e aceitando  $H_0$ , ou seja, não controlar. O plano de amostragem sequencial desenvolvido para *C. psidii* indicou que o número máximo de unidades de amostra esperadas para a tomada de decisões é de 45 amostras e o número mínimo é de 15 amostras. As linhas paralelas para tomada de decisão para a presença de oviposição foram representadas por  $S_1 = 7,6062+0,7327n$ , indicando o limite superior e rejeitando  $H_0$ , ou seja, controlar e  $S_0 = -7,6062+0,7327n$ , indicando o limite inferior e aceitando  $H_0$ , ou seja, não controlar. Para alimentação,  $S_1 = 16,1704+1,8028n$  indicou o limite superior e, assim, rejeitando  $H_0$ , ou seja, controlar e  $S_0 = -16,1704+1,8028n$ . De acordo com os planos de amostragem preparados, determinou-se o número máximo de 29 amostras para frutos atacados com oviposições e 82 amostras para frutos atacados por alimentação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Binomial negativa, gorgulho da goiaba, *Psidium guajava*, dinâmica populacional, fruticultura.

## ABSTRACT

Brazil is the largest producer of tropical fruits and the third largest producer of guava (*Psidium guajava* L.) in the world. Many insect pests act by limiting guava productivity, being *Conotrachelus psidii* (Marshall, 1922), popularly known as guava weevil, one of the main pests because, that in large population densities, causes serious damage to guava culture. The guava weevil has sampling and control difficult to perform because of its subterranean habit during the pre-pupae phase. Thus, the work aimed to study population dynamics, the distribution pattern and develop a sequential sampling plan of *C. psidii* in guava culture. Two sampling areas were used: the first area consisted of an organic orchard with the cultivar Pedro Sato, located in the municipality of Itaporã, State of Mato Grosso do Sul, central western region of Brazil, the second sample area used consists of conventional cultivation, located in the municipality of São Roque do Canaã, State of Espírito Santo, Southeastern Brazil. Evaluations were performed weekly in three agricultural years, starting 120 days after pruning. For samplings, a beating cloth was placed underneath the plants, covering every dimension of the crown. The branches were agitated for the adult insects to fall on the beating cloth and be identified and counted. In the agricultural year of 2014/2015 15 samples were taken from the emergence period of *C. psidii* of the soil to reach the crown of the plants (approximately 120 days after pruning), until the end of the infestation period. In the State of Espírito Santo, the sample area consisted of 70 plants, each plot being represented by one plant. Samplings were carried out in the agricultural years of 2015/2016 and 2016/2017, and also occurred since the emergence of *C. psidii* from the soil until the end of the period of occurrence, in a total of 17 samplings in each agricultural evaluation year. The obtained results allow the realization that, in relation to the presence of adults and the fruits attacked by oviposition and feeding in the guava crop, the dispersion indices studied, whatever, variance / mean ratio, Morisita index, and exponent  $k$  of the negative binomial distribution, indicated that the weevil guava and its damages are added. This result was confirmed by the best fit to the probabilistic negative binomial distribution model by the chi-square test. As for the sequential sampling plan. The values adopted for type I and type II errors were  $\alpha = \beta = 0.05$ . The parallel lines for decision making for occurrence of adults of *C. psidii* were represented by  $S1 = 9.0256 + 0.6681n$ , indicating the upper limit and rejecting  $H_0$ , that is, controlling and  $S0 = -9.0256 + 0.6681n$ , indicating the lower limit and accepting  $H_0$ , ie not controlling. The sequential sampling

plan developed for *C. psidii* indicated that the maximum number of sample units expected for decision making is 45 samples and the minimum number is 15 samples. The parallel lines for decision making for the presence of oviposition were represented for  $S1 = 7.6062+0.7327n$ , indicating the upper limit and rejecting  $H_0$ , ie, controlling  $S0 = -7.6062+0.7327n$ , indicating the lower limit and accepting  $H_0$ , ie not controlling. For power supply  $S1 = 16.1704+1.8028n$ , indicated the upper limit and therefore, rejecting  $H_0$ , ie control and  $S0 = -16.1704+1.8028n$ . According to the sampling plans prepared, determined the maximum number of 29 samples for fruits attacked with ovipositions and 82 samples for fruits attacked by feed.

**KEYWORDS:** Negative binomial, guava weevil, guava culture, sampling, fruticulture.

## 1.INTRODUÇÃO GERAL

A goiabeira (*Psidium guajava* L.) é originária das regiões tropicais das Américas, distribuiu-se desde o México até o sul do Brasil. Por ser excelente fonte nutricional (FERREIRA & RIBEIRO, 2006), a fruta participa da base alimentar das populações carentes que residem nessas regiões (ITAL, 1988; PAIVA et al., 1995).

Os insetos-pragas são importantes fatores das perdas de produtividade da goiabeira, sendo registrado mais de 107 espécies de insetos que hospedam a cultura, causando danos como, desfolha e queda dos frutos (MARICONI & SOUBIHE SOBRINHO, 1961). O método de controle mais utilizado para reduzir os danos ocasionados por tais insetos-pragas é o químico, contudo, esta prática vem provocando a contaminação dos alimentos, do solo, da água e dos animais; a intoxicação de agricultores; a resistência de patógenos, de pragas e de plantas invasoras; o surgimento de doenças iatrogênicas (as que ocorrem devido ao uso de agrotóxicos); o desequilíbrio biológico com a eliminação de organismos benéficos, redução da biodiversidade, podendo elevar organismos até então sem importância agrícola para o status de praga (WIT et al., 2009; KORBES et al., 2010).

*Conotrachelus psidii* (Marshall, 1922), conhecido popularmente como gorgulho-da-goiaba, é um inseto que em grandes densidades populacionais ocasionam sérios danos a cultura da goiaba. Esse besouro oviposita em frutos da goiabeira ainda verde, e suas larvas, logo após a eclosão, se alimentam do mesocarpo e das sementes, tornando o fruto impróprio para o consumo in natura. Por conta de seu grande potencial reprodutivo, aliado ao curto tempo exposto às táticas convencionais e a ausência de produtos químicos destinados ao seu controle, faz com que a espécie obtenha o status de praga chave em diversas regiões produtoras de goiaba (AGROFIT, 2018; VALENTE & BENASSI, 2014).

Mesmo o Brasil sendo o terceiro maior produtor de goiaba mundial, apenas 1% da produção destina-se a exportação, sendo 46% para indústria e 53% para o mercado interno de frutas frescas. A reduzida participação brasileira na exportação de produtos tropicais para o mercado de frutas frescas é consequência do baixo padrão de qualidade para com as exigências internacionais, uso inadequado de agrotóxicos e deficiência na tecnologia pós-colheita (ALMEIDA, 2002).

A grande exigência dos países importadores para com a ausência de pragas e resíduos químicos nos alimentos, aliada a uma conscientização ambiental por parte dos



consumidores, tem feito com que muitos produtores mudem de comportamento e adotem técnicas quanto ao manejo de pragas na cultura da goiaba, através do monitoramento da flutuação populacional, ensacamento de frutos, utilização de parasitoides e liberação de machos estéreis (UCHOA-FERNANDES & ZUCCHI, 1999; GARCIA et al., 2003).

Para verificar as infestações dos insetos nas áreas cultivadas, se faz necessário monitorar sucessiva e periodicamente, visando um manejo eficaz (FERNANDES et al., 2002). Para um monitoramento eficiente é necessário certificar que a metodologia utilizada seja adequada para o estágio de desenvolvimento que a maior parte da população se encontra no momento. A metodologia de amostragem deve ser modificada de acordo com o grupo a ser amostrado, até que se complete o ciclo de vida. No caso de *C. psidii*, durante as fases de ovo e larva, os indivíduos se encontram no interior do fruto, e, posteriormente, deslocam-se para o solo onde passam os estágios de pré-pupa, pupa e início da fase adulta; quando as condições do solo permitem sua saída (início do período chuvoso), migram para a parte aérea de suas plantas hospedeiras.

No Manejo Integrado de Pragas (MIP), a amostragem e o conhecimento da biologia e ecologia do inseto, dos níveis de dano econômico e do controle biológico são primordiais para se decidir sobre a necessidade ou não de alguma ação de controle (BOARETTO & BRANDÃO, 2006). Desta maneira, para programar um manejo adequado, é necessário construir um plano confiável de amostragem e, com base nele, tomar uma decisão de controle (FARIAS et al., 2001). Em relação a *C. psidii*, a determinação do padrão de distribuição espacial em diferentes estágios de desenvolvimento, resultará no desenvolvimento de planos confiáveis de amostragem dessa praga, uma vez que poderão ser utilizados de acordo com a fase em que o inseto se encontra e estágio fenológico da planta hospedeira.

Um dos planos mais confiáveis de amostragem de pragas é a amostragem sequencial, pois é um método estatístico caracterizado por não apresentar um número fixo de observações e a decisão de controle ou término da amostragem é tomada após cada observação. Assim, as informações parciais fornecidas pela amostragem são levadas em conta, o que não ocorre com os métodos não sequenciais (BOARETTO & BRANDÃO, 2006).

Na amostragem sequencial, a hipótese da necessidade de controle é testada sem a preocupação de estimar a densidade populacional da praga (ESTEFANEL, 1977). A

grande vantagem da amostragem sequencial consiste na economia de tempo, que em média, pode requerer um terço do tamanho da amostra que seria usado com a amostragem simples (WALD, 1945).

Para o estabelecimento de um plano de amostragem sequencial é necessário conhecer a distribuição espacial das espécies pragas na cultura (GILES et al., 2000). Para a descrição das formas de distribuição de uma população, utilizam-se os Índices de Agregação e as Distribuições de Frequências.

Os Índices de Agregação ou Índices de Dispersão não descrevem matematicamente a distribuição espacial da população estudada (ELLIOTT et al., 1990), mas fornecem uma ideia bastante aproximada dessa realidade. Entretanto, a confirmação do tipo de distribuição do inseto na área ocorre apenas com o conhecimento dos modelos probabilísticos que descrevem as distribuições de frequência dos números de indivíduos da praga estudada em cada cultura (BARBOSA, 1992).

Os tipos de distribuição espacial de pragas nas áreas de cultivo podem ser regular (uniforme), ao acaso (aleatória) ou em reboleira (agregada ou contagiosa), enquanto os modelos probabilísticos que descrevem estas formas de distribuição são denominados Binomial Positiva, Poisson e Binomial Negativa, respectivamente (PERECIN & BARBOSA, 1992).

Logo, a aplicação do conhecimento de amostragem de insetos com as estimativas de densidade populacional, aumenta a acurácia do processo de tomada de decisão de manejar ou não o inseto-alvo. A implementação de um modelo rápido, confiável e de baixo custo para a amostragem de populações de pragas é, de acordo com os princípios do MIP, bastante importante para a eficiência do controle.

## **2.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Características botânicas e econômicas da Goiabeira**

A goiabeira (*Psidium guajava* L.), originária das regiões tropicais das Américas, distribui-se desde o México até o sul do Brasil, onde participa da base alimentar das populações carentes que residem nestas regiões devido a excelente fonte nutricional de seus frutos (PAIVA et al., 1995; FERREIRA & RIBEIRO, 2006). Essas plantas pertencem a família Myrtaceae, apresentam-se como a maior família da Ordem Myrtales, compreendendo 132 gêneros, e abrangem aproximadamente 5950 espécies

descritas (CHRISTENHUSZ & BYNG, 2016). O grupo ocorre em todo o mundo apresentando dois centros de dispersão nas Américas e Austrália. As plantas possuem tronco de casca lisa, que separam todo o ano o ritidoma e florescem normalmente no início da primavera. Algumas são muito comuns no Brasil, como a jaboticaba (*Myrciaria* sp.), pitanga ou cereja-nacional (*Eugenia* sp.), guabiroba (*Campomanesia* sp.), goiaba e araçá (*Psidium* sp.) (CHRISTENHUSZ & BYNG, 2016).

Ao longo do tempo, a classificação botânica da goiabeira tem sofrido modificações. Em função da coloração e forma do fruto, a goiaba era dividida em duas espécies do gênero *Psidium*: *P. pomiferum* que apresenta frutos redondos, elípticos e com polpa de coloração vermelha; e *P. pyriferum*, com frutos piriformes e com polpa de coloração branca ou rosada (SOUBIHE SOBRINHO, 1951). Atualmente não há essa distinção de espécies quanto a forma e coloração do fruto, sendo ambas classificadas como *P. guajava* (SOUBIHE SOBRINHO, 1951; ITAL, 1988; GONZAGA NETO et al., 1991).

A goiabeira é uma planta alógama (apresenta fecundação cruzada), sendo o principal agente polinizador a abelha *Apis mellifera* L. 1758 (Hymenoptera: Apidae). Em ambiente natural, a floração da goiabeira ocorre normalmente no início da primavera, com a produção dos frutos de janeiro a abril. Entretanto, com a técnica de poda, adubação e irrigação adequada, é possível a obtenção de frutos na época desejada pelo produtor (GONZAGA NETO & SOARES, 1994).

O Brasil é o maior produtor de frutas tropicais e o terceiro na produção de goiaba do mundo, sendo aproximadamente 83%, concentrada nas regiões nordeste e sudeste com destaque para os estados de São Paulo e Pernambuco, os maiores produtores da fruta no país (PAIVA et al., 1995; PEREIRA & NACHTIGAL, 2009; AGRICULTURAL, 2013).

A fruta é comercializada no mercado interno e externo, sendo a maior parte da produção destinada para as indústrias na fabricação de goiabada, polpa de suco, guavachup, fruta em calda, xarope, geleia e outros produtos. É também utilizada para consumo in-natura. Para esta finalidade alguns aspectos são importantes para que haja boa aceitação no mercado, como tamanho razoavelmente grande, estágio de maturação e sem defeitos na aparência, como furos e manchas na superfície da casca (WATANABE, 2009).

## 2.2 Gorgulho da goiaba

Uma das pragas chaves da cultura da goiabeira é o gorgulho da goiaba, *Conotrachelus psidii*, (Marshall, 1922). Na ausência de um método de controle eficaz, a espécie aparece de forma repentina, causa grandes prejuízos, e há poucos estudos sobre sua biologia, comportamento e ecologia.

O gorgulho da goiaba foi registrado pela primeira vez no Brasil por Bondar (1923). Atualmente, é uma das principais pragas da cultura, tanto em nosso país como em vários outros países produtores de goiaba, como Peru, Venezuela e Colômbia (MARTÍNEZ & CÁSARES, 1981).

De acordo com Lima (1956), o inseto pertence à família Curculionidae, grupo de maior número da Ordem Coleoptera. Segundo Gallo et al. (2002), muitas espécies de curculionídeos são de importância econômica, atacando raízes, tronco, haste, botão floral e frutos das plantas cultivadas. Distingue-se facilmente dos demais besouros por geralmente apresentar a cabeça prolongada, devido seu rostro ser longo, reto ou curvo, geralmente voltado para baixo (LIMA, 1956; GALLO et al., 2002).

Quando em repouso, o rostro se encaixa no canal rostral, ficando com os olhos parcial ou totalmente cobertos, um caráter comum dos espécimes da subfamília Cryptorhynchinae, grupo importante, com ocorrência de aproximadamente 1.250 espécies na região neotropical, sendo muitos deles de interesse agrícola. A subfamília é dividida em duas principais tribos, Cryptorhychini e Ithyporini, que se diferencia do outro grupo pelo canal rostral, que não ultrapassa o proesterno, sendo o gênero *Conotrachelus*, o mais importante do grupo (LIMA, 1956).

*Conotrachelus* possui aproximadamente 900 espécies, muitas das quais ocorrem em plantas de importância econômica. As larvas de *C. denieri* alimentam-se da haste do algodoeiro, *C. humeropictus*, de frutos de cacau, *C. myciariae*, de jaboticaba, *C. psidii* de frutos da goiabeira e araçazeiros, dentre outras (LIMA, 1956).

Segundo Silva Filho et al. (2007), a fêmea do gorgulho oviposita nos frutos da goiabeira ainda verdes para que ocorra um desenvolvimento mútuo com a maturação do fruto. Após o período de ovo que dura em média 4,2 dias, as larvas eclodem e passam a se alimentar da polpa e sementes e depois de 12,2 dias, em média, quando estão completamente desenvolvidas, caem ao solo, enterrando-se à certa profundidade e constroem então, uma câmara pupal, onde permanecem em estágio de pré-pupa por um período médio de 106,6 dias. Após este período, transformam-se em pupa, sendo que

essa fase dura em média 14,9 dias (VALENTE & BENASSI, 2014). Os adultos emergem do solo no início do período chuvoso, danificam outros órgãos da planta como pecíolos, botões florais, pedúnculos e ramos novos. Além da goiaba, os frutos dos araçazeiros são também citados como plantas hospedeiras (GALLO et al., 2002; MONROY & INSUASTY, 2006).

### **2.3 Produção Integrada de Frutas (PIF)**

Este modelo de produção pode ser definido como um sistema que produz alimentos e outros produtos com alta qualidade, através da utilização dos recursos naturais e regulação de diferentes mecanismos para substituição, ou redução, dos insumos nocivos ou que prejudiquem o meio ambiente (ANDRIGUETO & KOSOSKI, 2002).

Os mercados internacionais importadores têm solicitado frutas certificadas através de processos e leis específicas, por onde realizam o controle e fiscalização permanente da cadeia produtiva do país exportador, visando a redução de resíduos nos alimentos, oriundos do uso de produtos químicos, biológicos e fitoreguladores (NAKA, 2011).

Dessa forma, para os mercados internacionais, o selo de qualidade apresenta credibilidade aos produtores e confiança por parte dos consumidores. Este sistema é uma exigência de diversos mercados importadores, principalmente da Comunidade Europeia, rigorosa nos quesitos de qualidade e sustentabilidade, quanto à segurança alimentar, condições de trabalho, saúde humana e viabilidade econômica (HATSCHBACH, 2000).

### **2.4 Manejo Integrado de Pragas (MIP)**

O Manejo Integrado de Pragas pode ser definido como uma filosofia que visa um sistema de tomada de decisões para seleção e utilização de táticas de controle de pragas, usadas individualmente ou harmoniosamente coordenadas em estratégias de manejo, com base em análises de custo e benefício que levam em conta os interesses dos produtores e os impactos na sociedade e meio ambiente (KOGAN & SHENK, 2002).

Este modelo representa um grande avanço no controle racional de pragas em frutíferas, através da mínima adoção de agrotóxicos, no sentido de amenizar problemas

de contaminação ambiental e diminuição das taxas de resíduos no produto final (SOUZA FILHO & COSTA, 2003).

Para tal redução, o monitoramento dos insetos que possam atingir o status de praga deve ser rotineiro, no caso da cultura da goiabeira, insetos como *Triozioida limbata* Enderlein, 1928, (Hemiptera: Psyllidae), *Leptoglossus* spp. (Hemiptera: Coreidae), moscas das frutas *Anastrepha* spp. (Diptera: Tephritidae) e *Ceratitis capitata* (WIED., 1824) (Diptera: Tephritidae) são as espécies que podem exigir maior atenção dependendo da região (GALLO et al., 2002).

O desenvolvimento de programas do Manejo Integrado de Pragas é muito dependente de estudos básicos sobre a dinâmica populacional e determinação da importância relativa das forças que regulam o crescimento populacional de insetos fitófagos. Entre os diferentes fatores que afetam a intensidade de ataque das pragas agrícolas estão os agentes de controle biológico e os elementos climáticos. O conhecimento da época e magnitude destes fatores apresenta extrema importância para o estudo da dinâmica de populações e desenvolvimento dos sistemas de manejo (CALORE, 2011).

Do ponto de vista do manejo integrado de pragas, o inseto, ao se alimentar de uma planta cultivada provoca nela uma injúria, que é definida como qualquer alteração deletéria decorrente da sua ação. A planta injuriada perde produção, que pode ser quantificada monetariamente, recebendo o nome de Dano Econômico, que é definido como qualquer perda econômica decorrente de uma injúria. Quando esse dano se torna significativo diz-se que esse inseto se tornou uma praga (GALLO et al., 2002).

Outro conceito muito usado no MIP é o do Nível de Ação ou de Controle (NA ou NC), que é a densidade populacional de uma praga em que devem ser tomadas as medidas de controle, para que não causem danos econômicos. A diferença entre os valores do nível de dano e do nível de controle é igual à velocidade de ação dos métodos de controle. Na prática, o produtor terá que acompanhar a flutuação populacional da praga no tempo e somente aplicar o controle quando essa densidade atingir um valor igual ou superior ao nível de controle, para manter a densidade populacional do inseto em equilíbrio. Há também a determinação da densidade de inimigos naturais, que, dependendo da quantidade são capazes de controlar a população da praga sem intervenção humana (nível de não ação) (GALLO et al., 2002).

A implantação do MIP, segundo Gallo et al. (2002) é realizada em cinco etapas:

1. Definir a unidade de manejo: A unidade básica de manejo de pragas florestais é o talhão. Essa unidade consiste numa área delimitada fisicamente por estradas, aceiros ou trilhas e são consideradas independentes umas das outras. Isso significa que a tomada de decisão de combate é específica para cada uma. Cada unidade deve conter a cultura em condições homogêneas de tratos culturais, idade, espécie ou cultivar, tipo de solo, micro-clima, entre outros, de forma que o comportamento da praga seja semelhante em toda a área da unidade, para que a amostragem dos insetos seja representativa. O seu tamanho é determinado pelo sistema de manejo da cultura e pela capacidade operacional de ação de combate. Isso é, deve ter uma área que permita a aplicação de um método de controle em tempo suficiente para não haver alteração no status populacional da praga durante as operações de monitoramento e combate.

2. Eleger as pragas-chave: As pragas-chave são as mais importantes da cultura que se está manejando. Elas são selecionadas de uma lista de insetos que ocorrem ou podem ocorrer nessa cultura. Essa lista é feita com base em consultas à literatura, entrevistas com técnicos ou produtores, ou estudos de campo. As espécies listadas devem ser classificadas em basicamente quatro tipos: as não-pragas, as secundárias, as primárias e as severas, sendo as duas últimas as mais importantes.

3. Aplicar os componentes do MIP: Os componentes do MIP são os passos que devem ser tomados sempre que surgirem problemas de ataque de insetos à cultura e compõem as ações rotineiras do programa. Eles são constituídos de três etapas:

a) Avaliação do ecossistema

É necessária uma avaliação local do problema, onde devem ser analisados quatro componentes do ecossistema: a planta, a praga, os inimigos naturais e o clima. É importante considerar a necessidade de se utilizarem métodos de levantamento populacional de insetos que possam ser diretamente correlacionados com a injúria provocada e conseqüentemente com os danos. Esse levantamento permitirá a determinação não só de nível populacional para a adoção de medidas de controle, como também indicará a tendência das populações em crescer ou decrescer possibilitando a tomada de decisão mais coerente. Não existe um método universal de levantamento, sendo que, frequentemente, um método empregado para uma praga não se aplica a outra, e às vezes, o mesmo método pode não servir para a mesma praga em condições

diferentes. Normalmente ela depende da espécie e da fase da praga, da idade do plantio, da área afetada, dos recursos disponíveis, etc. O MIP está fundamentado na amostragem das populações das pragas -alvo e de seus inimigos naturais, bem como no conhecimento da cultura e das condições climáticas do local. Todas as duas fases posteriores estão baseadas nessa amostragem.

b) Tomada de decisão

A tomada de decisão é efetuada através da análise dos aspectos econômicos da cultura e da relação custo/benefício do controle de pragas, que é determinado pelo nível de dano econômico. Com base na avaliação do ecossistema combate-se a praga se: a densidade populacional da praga for igual ou maior que o nível de controle; a densidade populacional dos inimigos naturais for menor que o nível de não-ação; a planta estiver no estágio suscetível à praga; as condições climáticas estiverem favoráveis à praga.

c) Escolha dos métodos de controle

Uma vez tomada a decisão de adotar medidas de controle, será necessário fazer a opção por um programa que poderá envolver um ou mais métodos de redução populacional de insetos. Para isso deve-se ter um bom conhecimento de todas as técnicas de controle e escolher as mais adequadas, levando-se em consideração os fatores técnicos (eficiência, modo de aplicação, etc.), econômicos (custo de combate), ecológicos (impactos ambientais) e sociológicos (toxicidade e perigo durante a aplicação). Uma análise prévia do histórico da área com relação a culturas, clima, ocorrência de pragas, resultados de combate, entre outros, possibilitará uma previsão dos problemas que deverão ser enfrentados.

4. Planejar as ações: Em função das informações sobre a praga, inimigos naturais, cultura e clima poderá ser feita uma programação para o emprego das medidas de controle selecionadas, visando reduzir o problema atual e dificultar a ocorrência de novos surtos de pragas. Esse planejamento envolve a elaboração de um cronograma físico-financeiro, incluindo a relação das unidades de manejo que serão combatidas, os equipamentos de aplicação, materiais, produtos fitossanitários, mão-de-obra, transporte, alimentação, EPIs, taxas administrativas e impostos. Todas essas informações são relacionadas no tempo e no espaço, propiciando um planejamento detalhado das ações de combate que se seguirão.

5. Acompanhar os resultados: Após o combate da área é necessário acompanhar a flutuação populacional das pragas e dos seus inimigos naturais e verificar



os efeitos dos métodos de redução populacional empregados, sobre os insetos visados e sobre os insetos não-alvo, a fim de avaliar a necessidade de novas intervenções. Para isso, adotam-se, geralmente, os mesmos métodos de amostragem empregados na avaliação do agroecossistema ou outro método dependendo do caso.

## **2.5 Distribuição espacial de insetos-praga**

Em um programa de Manejo Integrado de Pragas (MIP), a amostragem é um procedimento básico e indispensável, sendo importante para o conhecimento do momento em que se deve iniciar a aplicação de métodos de controle (TAYLOR, 1984). Não há um método de amostragem universal para a avaliação dos insetos, pois cada um tem sua particularidade nos quesitos distribuição espacial, no seu ciclo de vida e no seu comportamento reprodutivo e alimentar (SILVEIRA NETO et al., 1976; SOUZA et al., 2014).

Portanto, é fundamental a confecção de um plano de amostragem racional, que visa reduzir o custo de produção em função de aplicações de inseticidas desnecessárias e aperfeiçoar o controle (ELLIOTT, 1979). Neste contexto, o conhecimento da distribuição espacial de pragas é fundamental para definir um plano de amostragem (BARBOSA & PERECIN, 1982).

Os tipos de distribuição espacial de pragas nas áreas de cultivo podem ser: regular (uniforme), onde a ocorrência de um indivíduo limita a ocorrência de indivíduos na mesma unidade; ao acaso (aleatória), neste tipo todos os pontos em um espaço têm a mesma probabilidade de serem ocupados por um inseto, e a presença de um indivíduo não altera a posição de outro; e em reboleira (agregada ou contagiosa), quando a presença de um indivíduo aumenta a probabilidade de encontrar outro na mesma unidade de amostragem (ELLIOTT, 1979; RABINOVICH, 1980; PERECIN & BARBOSA, 1992).

A disposição ao acaso não ocorre com frequência na natureza, pois a hipótese de que todos os pontos têm a mesma probabilidade de serem ocupados, implica que todos os pontos tenham condições idênticas de habitat, e a presença de um indivíduo não alterando a posição de outro, implica numa falta de interação entre os indivíduos, o que normalmente não acontece. Além disso, a disposição regular decorre de uma interação negativa entre os indivíduos, que ocorre quando há uma competição entre os indivíduos de uma população por um determinado recurso (RABINOVICH, 1980).

Em relação à disposição agregada, o espaço apresenta condições heterogêneas ou descontínuas, onde há certos pontos que as condições e fatores que afetam a sobrevivência são mais favoráveis que outros. Mas ainda a agregação pode ocorrer simplesmente por haver um conjunto de insetos agrupados para o período de hibernação, para consumir alimentos ou até mesmo para fins reprodutivos (RABINOVICH, 1980).

Existem diversos trabalhos que estudam o padrão de distribuição dos insetos nas culturas de importância econômica, tais informações fomentam tecnologicamente o processo decisório de controle com maior precisão aos produtores, como cigarrinha em citros, percevejos fitófagos na soja, o bicudo do algodoeiro, entre outros estudos (BROWN & CAMERON, 1982; SOUZA et al., 2014).

Para a descrição das formas de distribuição de uma população, utilizam-se os índices de agregação e as distribuições de frequências.

### **2.5.1 Índices de Dispersão**

Existem muitos índices utilizados para medir o grau de aleatoriedade dos arranjos espaciais e sua aplicação é necessária para os estudos ecológicos ou métodos de amostragem (GREEN, 1966).

O índice ideal deve possuir alguns atributos, como: 1) ele deve resultar valores reais e contínuos e para todo grau de agregação; 2) deve ser pouco influenciado pelo número de unidades amostrais, pelo tamanho da unidade ou pelo número total de indivíduos; 3) deve ser fácil de calcular e, 4) ter uma interpretação biológica (GREEN, 1966; TAYLOR, 1984).

Não há um índice que confere a máxima precisão quanto à distribuição, mas o uso destes se faz necessário para ter algum conhecimento sobre a distribuição espacial dos insetos e uma ideia da variabilidade das áreas a comparar, como o número e tamanho das unidades amostrais (RABINOVICH, 1980).

Seguem os principais índices utilizados para medir o grau de agregação de insetos.

### **2.5.2 Razão variância/média**

É o índice mais comum, também chamado índice de dispersão. É a relação entre a Variância e a Média de dados de todas as parcelas amostradas, no caso 100, ( $I =$

$s^2/m$ ), utilizada para medir o desvio de um arranjo das condições de aleatoriedade, em que Valores iguais a 1 indicam Distribuição Espacial Aleatória, Valores menores que 1, Distribuição Uniforme e Valores maiores que 1, Distribuição Agregada (RABINOVICH, 1980). O afastamento da aleatoriedade pode ser testado pelo teste de qui-quadrado com  $n-1$  graus de liberdade,  $\chi^2 = (n-1) s^2/m$  (ELLIOTT, 1979).

### 2.5.3 Índice de Morisita.

De acordo com MORISITA (1962), o índice é dado pela

fórmula:  $I_d$

onde:  $n$  = número de unidades amostrais;  $x$  = número total de indivíduos por parcela.

O índice de Morisita quando igual a 1, diz-se que a distribuição é aleatória, quando maior que 1, diz-se que é distribuição contagiosa e, quando menor que 1, considera-se que a distribuição é regular ou uniforme. O afastamento da aleatoriedade pode ser testado por:

$$X_d^2 = I_d \left( \sum x_i - 1 \right) + n - \sum x_i \sim \chi_{(n-1)}^2$$

Se  $X_d^2 \geq \chi_{(n-1) g.l.; 0,05}^2$ , rejeita-se a hipótese de aleatoriedade da distribuição.

### 2.5.4 Expoente $k$ da distribuição binomial negativa

A estimativa inicial dos valores de  $k$  é feita pelo método dos momentos:

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

e, posteriormente, pelo método da máxima verossimilhança:

$$N \ln \left( 1 + \frac{\hat{m}}{\hat{k}} \right) = \sum_{i=1}^{nc} \left( \frac{A(x_i)}{\hat{k} + x_i} \right)$$

onde:  $N$  = número de unidades amostrais,  $A(x)$  = soma das frequências de valores maiores que  $x$ ,  $nc$  = número de classes da distribuição de frequências e,  $x_i$  = número de larvas (pequenas, médias ou grandes) por parcela.

Valores negativos indicam distribuição uniforme, valores baixos e positivos ( $k < 2$ ), disposição altamente agregada, valores variando de dois a oito indica uma agregação moderada e valores superiores a oito, distribuição aleatória (ELLIOTT, 1979).

## 2.6 Modelos probabilísticos para estudo da distribuição espacial de pragas

Os modelos probabilísticos (distribuição de Poisson e Binomial Negativa) apresentam bom ajuste aos dados originais, quando as frequências observadas e esperadas são próximas. Essa proximidade é testada pelo teste de qui-quadrado, dado por:

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

onde,  $FO_i$  = Frequência observada na classe  $i$ ;  $FE_i$  = Frequência esperada na classe  $i$ ;  $n_c$  = número de classes da amostra.

O número de graus de liberdade do  $\chi^2$  é dado por  $\nu$  = número de classes - nº de parâmetros estimado na amostra - 1, ou seja:  $\nu = n_c - n_p - 1$ .

### 2.6.1 Distribuição de Poisson

É a distribuição que melhor representa a distribuição espacial aleatória dos insetos e caracteriza-se por apresentar Variância igual à Média ( $\sigma^2 = m$ ). As fórmulas para o cálculo da série de probabilidades são dadas por:

$$P_{(x)} = \frac{\lambda^x e^{-\lambda}}{x!}$$

onde,  $P_{(x)}$  é a probabilidade de ocorrerem  $x$  indivíduos na unidade amostral,  $\lambda$  é o parâmetro da distribuição ( $\lambda = \mu = \sigma^2$ ),  $e$  é a base do logaritmo Neperiano (Natural) = 2,71828.

### 2.6.2 Distribuição Binomial Positiva

A Distribuição Binomial Positiva é um modelo que tem a variância menor que a média ( $\sigma < \mu$ ) como característica principal. Esta distribuição descreve melhor a proporção de plantas atacadas pelos insetos, sendo que nestes casos, as variâncias são

geralmente inferiores a média (BARBOSA, 1985). A série de probabilidades é obtida pela expansão do binômio  $(p + q)^k$ , onde  $k$  é o número máximo de indivíduos que a unidade amostral poderá conter;  $p$  é a probabilidade de que qualquer espaço seja ocupado por um indivíduo e  $q$  é a probabilidade de não ocorrer a presença desse indivíduo (GREIG-SMITH, 1964).

Uma vez obtidas as estimativas de  $p$ ,  $q$  e  $k$ , podemos obter as probabilidades para  $x = 0, 1, 2, \dots, k$ , por:

$$P_{(x)} = C_k^x \hat{p}^x \hat{q}^{\hat{k}-x} = \frac{\hat{k}!}{x!(\hat{k}-x)!} \hat{p}^x \hat{q}^{\hat{k}-x}$$

A seguir, obtêm-se as frequências esperadas pela distribuição, multiplicando-se as probabilidades pelo tamanho da amostra ( $n$ ).

### 2.6.3 Distribuição Binomial Negativa

Apresenta a Variância maior do que a Média ( $\sigma > \mu$ ), e possui dois parâmetros, a Média ( $m$ ) e o Expoente  $k$  ( $k > 0$ ). A série de probabilidades pode ser calculada para uma amostra, através da fórmula recorrente dada por:

$$P(x) = \frac{P(x-1) \cdot R \cdot (k+x-1)}{x}, x = 1, 2, 3, \dots$$

em que,

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

e,  $m$  é a Média amostral,  $k$  é a Estimativa do Expoente  $k$  da Binomial Negativa,  $P(x)$  é a probabilidade de ocorrerem  $x$  indivíduos na unidade amostral.

Caso seja possível determinar a distribuição espacial das pragas nas culturas estudadas, serão construídos Planos de Amostragem Sequenciais com base no Teste Sequencial da Razão de Verossimilhança (WALD, 1945).

## 2.7. Amostragem Convencional

O plano de amostragem convencional é feito amostrando o maior número de plantas/parcelas possível, normalmente são utilizadas 100 parcelas, no final da amostragem é calculado o percentual de infestação e tomada a decisão de controlar ou não a espécie amostrada (FERNANDES et al., 2002).

A amostragem convencional apesar de confiável, pode exigir muito tempo para sua realização, aumentando os custos de produção, podendo assim tornar sua prática inviável aos modelos de produção de frutíferas atuais (FERNANDES et al., 2002).

## 2.8. Amostragem Sequencial

A amostragem sequencial tem por base o teste sequencial da razão de verossimilhança, e caracteriza-se pela redução do número de amostragens e por consequência o tempo de amostragem total, bem como os custos empregados nesta operação, sendo que em certos casos, requer em média, amostras com um terço do tamanho que seria utilizado com a amostragem de tamanho fixo (WALD, 1945; WALD, 1947).

De acordo com Barbosa (1992), a amostragem sequencial caracteriza-se por utilizar um conjunto de amostras de número variável em vez de número fixo de amostragem por área estudada e neste tipo de amostragem, são testadas hipóteses sobre os parâmetros sem a necessidade de estimá-los.

Ainda de acordo com o mesmo autor, depois de formulada a hipótese, as unidades amostrais são examinadas em sequência até que os resultados acumulados tornem possível tomar a decisão de aceitá-la, rejeitá-la ou continuar amostrando, sendo assim, a cada amostragem toma-se uma dessas três decisões.

São necessários três requisitos básicos para o desenvolvimento de um plano de amostragem sequencial para insetos: primeiro, a obtenção de uma função de densidade de probabilidade que descreve a distribuição das contagens dos indivíduos de uma população; em segundo plano, o estabelecimento de um nível de dano econômico na forma de duas densidades populacionais críticas, tais que o dano ocorra se a população da variável escolhida ultrapasse o limite superior e não ocorra dano se a população ficar abaixo do limite inferior estabelecido, e por fim, o estabelecimento de uma seleção de 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) (RUESNIK & KOGAN, 1975).

Uma ficha de amostragem sequencial de insetos, consiste em quatro colunas, número de amostras (coluna onde as linhas estão enumeradas em ordem crescente); limite inferior (não controlar); número de insetos/planta infestada/amostra infestada (campo da tabela onde serão inseridos os dados constatados em campo, o título dessa coluna varia dependendo do que o autor da ficha determinou como uma unidade amostral), limite superior (controlar). Ao iniciar a amostragem supostamente de adultos *C. psidii* em goiabeiras, sabe-se que cada planta avaliada representa uma parcela. Portanto deve ser contado o número de adultos que caíram sobre a lona estendida no chão na primeira planta/parcela, e anotar na linha 1. Na segunda planta, após contar o número de insetos, deve ser anotado na linha 2, o número de adultos constatados na segunda planta somados ao da primeira planta. Sendo acumulativo o número de adultos durante a avaliação das parcelas. Durante a amostragem deve-se confrontar o valor acumulado das amostragens com o limite inferior e limite superior, caso o número de adultos seja menor que o indicado na mesma linha do limite inferior a decisão de não controlar será tomada, porém, caso o número de adultos for maior ao referido no campo limite superior a tomada de decisão será controlar a população do organismo presente no talhão.

### 3. REFERÊNCIAS

AGRIANUAL. São Paulo: AgraFNP Consultoria e Comércio, 334 p., 2013.

AGROFIT, Sistemas de agrotóxicos fitossanitários. Disponível em: <[http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)>. Acesso em 20/01/2018.

ALMEIDA, J. G. F. Barreira às exportações de frutas tropicais. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.27, suplemento, n. S7-S10, 2002.

ANDRIGUETO, J. R.; KOSOSKI, A. R. **Marco legal da produção integrada de frutas do Brasil**. Brasília: MAPA/SARC, 60 p., 2002.

BARBOSA, J. C. **Distribuições de probabilidade como base para análises estatísticas, amostragem e estratégias de manejo de *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794) na cultura da cana-de-açúcar**. Tese (Doutorado em Estatística e Experimentação Agrônômica) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 131 p., 1985.

BARBOSA, J. C. A amostragem sequencial. In: Fernandes O. A; Correia A. C. B; DE BORTOLI S. A. (ed.) **Manejo integrado de pragas e nematoides**. Funep, Jaboticabal, p. 205-211, 1992.

BARBOSA, J. C.; PERECIN, D. Modelos probabilísticos para distribuições de lagartas de *Spodoptera frugiperda* (J.E. SMITH, 1797), na cultura do milho. **Científica**, Jaboticabal, v. 10, n. 2, p. 81-91, 1982.

BARROSO, G. M. Marciel et al. **Sistemática de Angiospermas do Brasil**. 2. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa Imprensa Universitária, 2002.

BOARETTO, M. A. C.; BRANDÃO, A. L. S. **Amostragem de insetos**. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Disponível em: <<http://www.uesb.br/entomologia/ferom.html>>. Acesso em: 29 jan. 2017.

BONDAR, G. Gorgulhos das goiabas e araçás. *Conotrachelus psidii* Marshall, sp.n. **Correio Agrícola**, São Paulo, n.1, p. 325-326, 1923.

BROWN, M. W.; CAMERON, E. A. Spatial distribution of adults of *Ooencyrtus kuvanae* (Hymenoptera: Encyrtidae), an egg parasite of *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae). **Canadian Entomologist**, Ottawa, v. 114, p. 1109-1120, 1982.

CALORE, R. A. **Entomofauna associada à goiabeira *Psidium guajava* L. em pomares experimentais comerciais em Vista Alegre do Alto – SP e semi-orgânicos**



**em Pindorama – SP.** Dissertação (Mestrado em Entomologia Agrícola) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 115 p., 2011.

CHRISTENHUSZ, M. J. M.; BYNG, J. W. The number of known plants species in the world and its annual increase. **Magnolia Press Phytotaxa**, v. 261, n° 3, p. 201-217, 2016.

ELLIOTT, J. M. **Some methods for the statistical analysis of sample benthic invertebrates.** Ambleside, Freshwater Biological Association, 157 p., 1979.

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

ESTEFANEL V. **Amostragem sequencial pela razão de probabilidade e seu uso na determinação da época de controle da lagarta da soja.** Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 130 p., 1977.

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

FERNANDES, M. G; BUSOLI, A. C.; BARBOSA, J. C. Distribuição espacial de *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1797) (Lepidoptera, Noctuidae) em algodoeiro. **Revista Brasileira de Agrociência**, Lavras, v. 8, n. 3, p. 203-211, 2002.

FERREIRA, M. das G. R; RIBEIRO, J. D. **Coleção frutíferas tropicais da Embrapa Rondônia.** Comunicado Técnico, 306, Embrapa Rondônia, ano CIII, n. 9.458, p. 1-13, 2006.

GALLO, D.; NAKANO, O.; WIENDEL, F. M.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BATISTA, G. C.de; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIN, J. D. **Manual de Entomologia Agrícola**. Piracicaba: Biblioteca de Ciências Agrárias Luiz de Queiroz, 920 p., 2002.

GARCIA, F. R. M.; CAMPOS, J. V.; CORSEUIL, E. Flutuação populacional de *Anastrepha fraterculus* (Wiedmann, 1830) (Diptera, Tephritidae) na Região Oeste de Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, Curitiba, v. 47, n. 3, p. 415-420, 2003.

GILES, K. L.; ROYER, T. A.; ELLIOTT, N. C. Development and validation of a binomial sequential sampling plan for the greengug (Homoptera: Aphididae) infesting winter wheat in the southern plains. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.93, p.1522-1530, 2000.

GONZAGA NETO, L.; PEDROSA, A. C.; BEZERRA, J. E. F.; DANTAS, A. P.; SILVA, H. M. Comportamento produtivo de goiabeiras no vale do rio Moxotó Ibimirim PE. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 13, n.1 p. 17-24, 1991.

GONZAGA NETO, L.; SOARES, J. M. **Acerola para exportação: aspectos técnicos da produção**. Brasília: EMBRAPA - SPI, (FRUPEX, 10). 43 p., 1994.

GREEN, R. H. Measurement of non-randomness in spatial distributions. **Researches on Population Ecology**, Tokyo, v. 8, n. 1, p. 1-7, 1966.

GREIG-SMITH, P. **Quantitative plant ecology**. Washington: ButterWorth, 256 p., 1964.

HATSCHBACH, L. C. **Selo de qualidade**. Revista CREA-PR, Curitiba, n. 9, p. 5, 2000.

ITAL. **Goiaba: cultura, Matéria-prima, processamento e aspectos econômicos**. 2ed. Campinas: São Paulo. Revista e Ampliada. 178 p., 1988.

JOLY, A. B. **BOTÂNICA: introdução à taxonomia vegetal**. 13. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, p. 777, 2002.

KOGAN, M.; SHENK, M. Conceptualización del manejo integrado de plagas en escalas espaciales y niveles de integración más amplios. **Manejo Integrado de Plagas y Agroecología**, Turrialba, v. 65, p. 34-42, 2002.

KORBES, D.; SILVEIRA, A. F.; HYPPOLITO, M. Â.; MUNARO, G. Alterações no sistema vestibulococlear decorrentes da exposição ao agrotóxico: revisão de literatura. **Revista da sociedade brasileira de fonoaudiologia**, v. 15, n. 1, p. 146-152, 2010.

LIMA, A. C. **Insetos do Brasil**. 10º TOMO, São Paulo: Escola Nacional de Agronomia, 1956.

MARICONI, F. A. M.; SOUBIHE SOBRINHO, J. **Contribuição para o conhecimento de alguns insetos que depredam a goiabeira (*Psidium guajava* L.)**. Piracicaba, USP-ESALQ-Instituto de Genética, p. 57, 1961.

MARTÍNEZ, N. B.; CÁSARES, R. Distribución en el tiempo de las fases del gorgojo de la guayaba *Conotrachelus psidii* Marshall (Coleoptera: Curculionidae) en el campo. **Agronomía Tropical**, Venezuela, v. 31, n. 1-6, p. 123-130, 1981.

MONROY, R. A.; INSUASTY, O. I. Biología del Picudo de la guayaba *Conotrachelus psidii* (Marshall) (Coleoptera: Curculionidae). **Revista Corpoica – Ciencia y Tecnología Agropecuaria**, Colômbia, v. 7, n. 2, p. 73-79, 2006.

MORISITA, M. Id-index, a measure of dispersion of individuals. **Researches on Population Ecology**, Tokyo, v. 4, p. 1-7, 1962.

NAKA, J. **Produção integrada da fruticultura**. In: Agroverde Informa – CLAES. Disponível em: <<http://www.ambiental.net/agroverde/produ20integrada20frutas.htm>>. Acesso em 15 jul. 2011.

PAIVA, M. C.; FIORAVANÇO, J. C.; MANICA, I. Características Físicas dos Frutos de Quatro Cultivares e duas Seleções de Goiabeira no 5º Ano de Produção em Porto Lucena – Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 25, n. 2, p. 209-213, 1995.

PERECIN, D.; BARBOSA, J. C. Amostragem e análise estatística de dados de distribuição de contágio. **Revista Matemática e Estatística**, Jaboticabal, v. 10, p. 207-216, 1992.

PEREIRA, F. M.; NACHTIGAL, J. C. **Melhoramento Genético da Goiaba**. In Anais III. Simpósio Brasileiro da Cultura da Goiaba. v. 2. Jaboticabal: Unesp, p. 371- 398. 2009.

RABINOVICH, J. E. **Introducion a la ecologia de problaciones animales**. México: CECSA, 313p., 1980.

RUESNIK, W. G.; KOGAN, M. **The quantitative basis of pest management and measuring**. In: METCALF, R.L.; LUCKMANN, W.H. Introduction to insect pest management. New York: John Wiley & Sons, p. 309-351, 1975

SILVA FILHO, G.; BAILEZ, O. E.; BAILEZ, A. M. V. Dimorfismo Sexual do Gorgulho da Goiaba *Conotrachelus psidii* Marshall (Coleoptera: Curculionidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v.37. p. 520-524, 2007.

SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O.; BARBIN, D.; VILLA NOVA, N. A. **Manual de ecologia de insetos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 419 p., 1976.

SOUBIHE SOBRINHO, J. **Estudos básicos para o melhoramento da goiaba** (*Psidium guajava* L.). Piracicaba-SP. TESE (Doutorado em fitotecnia). Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, p. 32, 1951.

SOUZA FILHO, M. F.; COSTA, V. A. **Manejo Integrado de Pragas da goiaba**. In: ROZANE, D. E.; COUTO, F. A. Cultura da goiaba. Viçosa: Empresa Júnior de Agropecuária, p. 191-195, 2003.

SOUZA, L. A.; BARBOSA, J. C.; BUSOLI, A. C. **Amostragem de insetos-praga no MIP**. In: BUSOLI, A. C.; SOUZA, L. A.; ALENCAR, J. R. C. C.; FRAGA, D. F.; GRIGOLLI, J. F. (Eds.). Tópicos em Entomologia Agrícola - VII. Jaboticabal: Maria de Lourdes Brandel - ME, p. 23-34, 2014.

TAYLOR, L. R. Assessing and interpreting the spatial distributions of insect populations. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 29, n. 1, p. 321-357, 1984.

UCHOA-FERNANDES, M. A.; ZUCCHI, R. A. Metodología de colecta de Tephritidae y Lonchaeidae frugívoros (Diptera: Tephritoidea) y sus parasitoides (Hymenoptera). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 28, n. 4, p. 601-610, 1999.

VALENTE, F. I.; BENASSI, V. L. R. M. Aspectos biológicos e técnica de criação do gorgulho-da-goiaba, *Conotrachelus psidii* marshall (Coleoptera: Curculionidae). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. 2, p. 339-345, 2014.

WALD, A. Sequential tests PF statistical hypotheses. **The Annals of Mathematical Statistics**, Beachwood, v. 16, n. 2, p. 117-186, 1945.

WALD, A. Sequential analysis. New York, John Wiley & Sons, 212p., 1947.

WATANABE, H. S. **Comercialização da Goiaba no Mercado Nacional**. In Anais III. Simpósio Brasileiro da Cultura da Goiaba. v. 1. Jaboticabal: Unesp, 2009.

WIT, J. P. W.; KIEVITSBOSH, R. A.; BETTIOL, W. **Integração de métodos físicos e biológicos para o controle de doenças e pragas em lírios e espatifilo**. In: BETTIOL, W.; MORANDI, M. A. B. Biocontrole de doenças de plantas: usos e perspectivas. Embrapa: Jaguariuna - SP, Cap 22, p. 330-335. 2009.

#### **4. OBJETIVO GERAL**

Avaliar a dinâmica populacional e o padrão de distribuição espacial de adultos e de danos de oviposição e alimentação de *C. psidii* na cultura da goiabeira, com o intuito de elaborar um plano de amostragem sequencial para este inseto-praga para tomada de decisão de controle durante todo estágio fenológico da cultura.

## 5. HIPÓTESES

É provável que os adultos de *C. psidii*, tenham o padrão de distribuição espacial agregado. Esse tipo de distribuição é comum entre os curculionídeos, principalmente os que já se tem conhecimento da produção de feromônio de agregação. Os danos de ataques por oviposição e alimentação de *C. psidii* na cultura da goiabeira, provavelmente, acompanha a distribuição dos adultos, apresentando, também, o padrão de distribuição agregada.

## **CAPÍTULO I**

**Distribuição espacial de adultos de *Conotrachelus psidii* (Marshall, 1922)**

**(Coleoptera: Curculionidae) na cultura da goiabeira**



**Distribuição espacial de adultos de *Conotrachelus psidii* (Marshall, 1922)  
(Coleoptera: Curculionidae) na cultura da goiabeira**

Fabricio Iglesias Valente<sup>1</sup>; Marcos Gino Fernandes<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Programa de Pós Graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade. Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais (FCBA). Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD). Grande Dourados-Itahum, km 12, Dourados, 79804-970.

**Resumo**

A compreensão da distribuição espacial e flutuação populacional de um inseto praga subsidia a elaboração de estratégias e táticas sobre a tomada de decisões de controle em uma determinada cultura. O objetivo desse trabalho foi conhecer o padrão de distribuição espacial de *Conotrachelus psidii* adultos na cultura da goiabeira. As avaliações foram realizadas semanalmente, iniciando 120 dias após a poda. Nas amostragens de adultos de *C. psidii*, foi colocado uma lona branca por baixo das plantas, abrangendo toda dimensão da copa. Em seguida, os galhos da planta foram agitados para que os insetos adultos caíssem na lona e fossem identificados e contados. Com os dados obtidos em cada amostragem, foram determinados índices de dispersão e realizados testes de ajustes às distribuições teóricas de frequências de Poisson e binomial negativa. A população dos adultos de *C. psidii* apresentou rápido incremento nas duas primeiras semanas que foram registrados, e intensa redução logo após o pico. A interpretação dos índices de dispersão calculados mostra que os indivíduos das populações estudadas apresentam dispersão agregada nas áreas amostrais. A distribuição de frequências observadas em campo apresentou ajuste à distribuição de Poisson em apenas quatro amostragens, enquanto que a distribuição binomial negativa 18 amostragens resultaram em ajuste, confirmando o padrão agregado do arranjo espacial populacional.

**Palavras-chave:** Gorgulho da goiaba, Comportamento, Amostragem de insetos

**Abstract**

To understand the insect pest spatial distribution and population fluctuation gives subsidies for elaborating the strategies and tactics on the decision making of control it in the crop. This work aim to know the spatial distribution pattern of *Conotrachelus psidii* adult in guava crop. Evaluations were performed weekly, starting 120 days after pruning. For samplings, a beating cloth was placed underneath the plants, covering every dimension of the crown. The branches were agitated for the adult insects to fall on the beating cloth and be identified and counted. With the data obtained in each sampling, dispersion indexes were determined and tests of adjustments were made to the theoretical distributions of Poisson and negative binomial frequencies. The adult population of *C. psidii* showed a fast increase in the beginning of its occurrence, and intense reduction after the adult peak. The calculated dispersion indexes show that the individuals of the populations show aggregate dispersion in the sampled areas. The distribution of frequencies observed in the crop showed an adjustment to the Poisson distribution only in four samples, while 18 samples resulted in adjustment to the negative binomial distribution, confirming the aggregate pattern of population spatial arrangement.

**Keywords:** Guava weevil, Behavior, Insect sampling.

## Introdução

O uso contínuo de inseticidas sintéticos ao longo dos anos levou à evolução da resistência nas populações de pragas e promoveu preocupações relacionadas ao meio ambiente e a saúde humana. Geng et al., (2017) observaram a presença de 32 tipos de inseticidas sintéticos presentes em lençóis freáticos na China. Além disso o aumento da incidência de doenças como câncer (BONNER et al., 2017), distúrbios neurodegenerativos (YAN et al., 2016; GOLDMAN et al., 2017), disfunção reprodutiva (FRAZIER, 2007; CREMONESE et al., 2017), anomalias congênitas (FOSTER et al., 2017), doenças respiratórias (DOUST et al., 2014) e doenças cardiovasculares (SEKHOTHA et al., 2016) foram ligados à exposição a inseticidas.

Dessa forma, o mercado mundial anseia por alimentos com pouco ou nenhum resíduo químico, estando cada vez mais rigoroso quanto a segurança alimentar (certificação do produto e limite da quantidade de resíduos tóxicos) (PARANHOS et al., 2007).

Uma das estratégias utilizadas para atender essas novas demandas do setor frutícola foi a elaboração de técnicas de produção preconizadas pelo sistema de produção integrada de frutas (PIF), que surgiu da necessidade de se racionalizar o uso de agroquímicos, sem prejuízos à produção e a produtividade das culturas (TIBOLA & FACHINELLO, 2004). O monitoramento de pragas é fundamental no sistema PIF, pois, estudar a ocorrência do agente causador de danos resulta em um controle mais eficiente, uma vez que as aplicações são realizadas apenas quando houver dano econômico, além da utilização de inseticidas mais específicos, com baixo efeito residual e menor impacto ambiental.

No caso da goiabeira, o gorgulho-da-goiaba, *Conotrachelus psidii* Marshall, 1922 (Coleoptera: Curculionidae: Molytinae), é de difícil controle populacional, pois as larvas estão protegidas no interior dos frutos, devido ao seu comportamento endofítico; já as pré-pupas, pupas e parte da vida dos adultos ocorrem no subsolo. Portanto, apenas os adultos, assim que saem do solo, ficam expostos no ambiente possibilitando o controle químico. Normalmente, o controle químico de coleópteros adultos exige produtos com elevada toxicidade (AGROFIT, 2018). Assim, o desenvolvimento de estratégias de controle, visando a redução na aplicação de inseticidas são de suma importância.

Para a determinação das estratégias adequadas de manejo, faz-se importante conhecer as particularidades das infestações desses insetos, como por exemplo, seu tipo de distribuição espacial no campo. Portanto, é necessário ter dados de contagem dessas pragas e determinar seus padrões de distribuição espacial, que definem os padrões comportamentais da população (RODRIGUES et al., 2015).

A distribuição espacial pode ocorrer seguindo um padrão agregado, uniforme ou aleatório, seguindo o modelo da binomial negativa, binomial positiva ou de Poisson, respectivamente (YOUNG & YOUNG, 1998). Esta classificação baseia-se na relação entre a média de ocorrência dos insetos e a variância dos dados obtido em cada unidade amostral que compõe a amostra utilizada (ELLIOTT, 1979).

Para a determinação do tipo de distribuição espacial da população do inseto no habitat de interesse, são determinados os índices de agregação e realizados os ajustes das frequências observadas em campo às frequências esperadas pelas distribuições teóricas. A determinação desses padrões de arranjo é obtida através de índices de dispersão e distribuição teórica de frequências (YOUNG & YOUNG, 1998; FERNANDES et al., 2003). Conhecer a distribuição de frequências (que descrevem matematicamente a distribuição espacial da praga) é importante para determinar o critério de amostragem adequado para decisão de controle (RUESINK, 1980; TAYLOR, 1984).

Diante do exposto, o trabalho em questão tem por objetivo determinar o padrão de distribuição espacial de adultos de *C. psidii* em goiabeira.

## **Material e métodos**

### **Área experimental**

Foram utilizadas duas áreas amostrais com a cultivar Pedro Sato, ambas com cultivos conduzidos com regime de poda, sem irrigação. Essas áreas foram escolhidas devido aos seus históricos de altas infestações em safras anteriores, e distancia no espaço.

A primeira área amostral constou de um pomar orgânico, com plantas de sete anos, em um espaçamento de 7 x 5 metros (21°54'21.82"S; 54°41'56.90"O), situado no município de Itaporã, Estado do Mato Grosso do Sul, região Centro oeste do Brasil. A segunda área utilizada para o estudo, está localizada no município de São Roque do Canaã, Estado do Espírito Santo, região Sudeste Brasileira, sendo um cultivo

convencional com cinco anos, com espaçamento de 7 x 6 metros (19°40'39.6"S; 40°42'06.1"O).

Em um dos lados da cultura da goiaba, encontrava-se um cultivo de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) em Itaporã, MS, e no Espírito Santo a área experimental tem divisa a uma pequena Área de Preservação Permanente em um dos lados.

Devido a não existência de estação meteorológica nos municípios onde foi realizado os experimentos, utilizou-se os dados meteorológicos das estações do município de Dourados, MS e de Santa Teresa, ES.

### **Amostragens**

Em ambas as áreas amostrais, as avaliações foram realizadas semanalmente, pelo período matutino, sempre sem ultrapassar as 10:00 horas.

Para manter a área de bordadura com o mesmo número de plantas em cultivos de diferentes tamanhos, foi utilizado um número de parcelas (tamanho da amostra) distinto em cada área. Em Mato Grosso do Sul foram utilizadas 90 plantas, sendo cada planta correspondente a uma parcela. No ano agrícola de 2014/2015 ocorreram 15 amostragens desde o período de emergência de *C. psidii* do solo para atingir a copa das plantas (aproximadamente 120 dias após a poda de frutificação), até o término do período de infestação. No Estado do Espírito Santo a área amostral constava de 70 plantas, sendo que cada parcela era representada por uma planta. As amostragens foram realizadas nos anos agrícolas de 2015/2016 e 2016/2017, e também ocorreram desde a emergência de *C. psidii* do solo até o final do período de ocorrência, num total de 17 amostragens em cada ano agrícola de avaliação.

Para as amostragens visando a determinação do padrão de distribuição espacial de adultos de *C. psidii*, foi colocado uma lona branca sob cada uma das plantas, abrangendo toda a dimensão da copa da goiabeira, tendo-se o cuidado de não agitar os galhos (Figura 1). Após a colocação da lona, os galhos da planta foram agitados para que os adultos presentes caíssem na lona e fossem identificados e contados. Tomou-se o cuidado em realizar uma agitação uniforme dos galhos para que todas as plantas das áreas amostrais fossem agitadas com intensidade similar.



Figura 1. Lona branca colocada sob a goiabeira, para posterior agitação dos galhos. Gleba de S. Terezinha, Itaporã, MS, safra 2014/2015.

## **Análise estatística**

Para determinar os índices de dispersão do gorgulho da goiaba, foram calculados a média, o erro padrão e a variância dos dados do total de insetos de cada amostragem e, a partir destes dados, foram calculados os seguintes índices: Índice Razão de variância/média (I) (RABINOVICH, 1980) que mede o desvio de um arranjo de dados aleatórios. Para este índice, os valores iguais a um indicam disposição espacial aleatória ou acaso, valores inferiores a um indicam arranjo espacial regular ou uniforme, e valores significativamente maiores do que um indicam agregação ou distribuição contagiosa. Índice de Morisita ( $I\delta$ ) (SILVEIRA NETO et al., 1976) que é relativamente independente da média e do número das amostras. Quando  $I\delta = 1$ , a distribuição é aleatória e quando  $I\delta > 1$ , a distribuição é contagiosa, enquanto  $I\delta < 1$  indica a distribuição regular. Expoente K da distribuição binomial negativa (SOUTHWOOD, 1966; ELLIOTT, 1979) é um índice de dispersão adequado quando o tamanho e número de unidades de amostra são as mesmas em cada amostra, sendo muitas vezes influenciado pelo tamanho da unidade de amostragem. Este parâmetro é uma medida inversa do grau de agregação, e, neste caso, os valores negativos indicam uma distribuição normal ou uniforme, os valores positivos perto de zero indicam um arranjo agregado e os valores mais elevados, até oito, indicam uma distribuição aleatória.

Após a determinação dos índices de dispersão, foi realizado o estudo dos modelos probabilísticos para cada amostragem, objetivando confirmar a distribuição espacial da praga. Para isso, foi efetuado o ajuste das distribuições de frequências obtidas nas amostragens às seguintes distribuições teóricas de frequências: distribuição de Poisson e distribuição binomial negativa.

Na sequência, foi aplicado o teste qui-quadrado de aderência (YOUNG & YOUNG, 1998), que compara o total das frequências observadas na área amostral com as frequências esperadas às distribuições teóricas de frequência.

## **Resultados**

### **Flutuação populacional**

No primeiro ano agrícola (2014/15) amostrado em Mato Grosso do Sul, ocorreu o registro de um indivíduo na segunda avaliação, sendo que na quinta coleta o número médio de indivíduos adultos alcançou seu máximo registrado durante a safra, foram

encontrados adultos até a décima quarta avaliação, período com duração de 77 dias. No segundo (2015/16) e no terceiro ano (2016/17), amostrados no Espírito Santo, a presença dos adultos na parte aérea das plantas foi de 133 dias e de 112 dias, respectivamente.

Com relação a flutuação média dos adultos de *C. psidii*, verificou-se nos três anos de avaliação, um aumento repentino no número de indivíduos, o qual atingiu seu ápice no máximo duas semanas após observada o início da presença desse inseto na parte aérea das plantas (Figuras 2-4).

Verificou-se ainda, que após o aumento repentino, houve uma diminuição acentuada no número de adultos, em duas avaliações atingiu próximo da metade do número médio de indivíduos observado na avaliação anterior (Figura 2 e 4).

### **Distribuição espacial através dos índices de dispersão**

Após as avaliações dos índices de dispersão calculados, verificou-se que os valores da razão variância/média foram maiores que a unidade em 38 avaliações, sendo que 34 amostragens apresentaram 99% de significância, indicando uma distribuição agregada; apenas em seis amostragens (coletas 30/09/2014, 14/10/2014, 21/11/2015, 16/01/16, 27/02/2016 e 24/12/2016) ocorreram valores significativamente iguais à unidade, não se rejeitando, assim, a aleatoriedade (Tabela 1).

O Índice Morisita também indicou distribuição agregada. Os valores foram maiores que a unidade em 38 avaliações, no qual, em 36 delas, observou-se 99% de significância, e em apenas três avaliações (16/01/16, 27/02/2016 e 24/12/2016) não foi rejeitada a aleatoriedade (Tabela 1).

Com o expoente K da distribuição binomial negativa (Tabela 1), apenas uma avaliação (21/11/2015) indicou um comportamento de distribuição ao acaso. Dentre as 41 amostras que apontaram uma distribuição contagiosa, em 38 delas os valores variaram entre 0 e 2.

### **Distribuição espacial através das distribuições teóricas de frequências**

A forte tendência à agregação da população de adultos de *C. psidii*, observada através dos índices de dispersão, fez com que o teste de ajuste da distribuição binomial positiva fosse descartado. Portanto realizou-se apenas o teste de ajuste matemático de Poisson e Binomial negativa.



De acordo com as distribuições teóricas de frequência testadas, das 35 avaliações, em apenas quatro delas 06/01/2015, 26/11/2016, 03/12/2016 e 24/12/2016, houve ajuste ao modelo de Poisson, sendo que das 31 amostras que não se ajustaram a aleatoriedade, 30 delas resultou em 99% de significância, descartando assim a hipótese nula para esse modelo (Tabela 2).

Quando os dados foram submetidos a distribuição Binomial negativa, dentre as 32 avaliações 13 amostras não apresentaram ajustes a esse teste, entretanto, 18 amostras obtiveram ajuste ao modelo (Tabela 2).

### **Discussão**

É importante ressaltar que, ao realizar a amostragem de adultos de *C. psidii*, deve-se considerar alguns fatores climáticos como precipitação e ventos. Na safra 2015/16, ocorreram precipitação e fortes ventos na noite anterior a avaliação do dia 15/01/2016, e que, provavelmente, comprometeram uma boa amostragem, pois esses fatores meteorológicos derrubam os adultos no chão. Outra interferência que pode explicar a média reduzida de adultos no dia 19/12/2015, está relacionado a aplicação de inseticida organofosforado no dia anterior. A resiliência do número médio de adultos após a pulverização desse inseticida, aponta uma baixa efetividade no controle de *C. psidii*, que talvez tenham sofrido o apenas efeito “Knock down”, ou apenas os adultos caíram no solo devido agitação dos galhos durante a tática de controle utilizada, em momento posterior, retornando às copas das árvores sendo registrado nas avaliações seguintes (Figura 3).

Aplicação de fungicida foi realizada (com o intuito de controlar a ferrugem da goiaba (*Puccinia psidii*) um dia antes da avaliação do dia 24/12/16), no segundo ano de coleta (Figura 3). Esse fato pode ter influenciado com relação ao baixo número de insetos adultos nessa coleta.

A presença de chuvas anterior a saída dos adultos de *C. psidii* do solo, aponta que a precipitação apesar de essencial, não parece ser o único fator responsável pela saída sincronizada dos adultos no solo. A determinação dos fatores que contribuem para tal fenômeno poderam ser útil para o desenvolvimento de estratégias de controle populacional da espécie.

O comportamento gregário dos adultos de *C. psidii* pode ser explicado pela presença do feromônio de agregação denominado papaianol (PALACIO-CORTÉS et

al., 2015). Esse composto é liberado por machos adultos de *C. psidii*, provocando respostas em indivíduos de ambos os sexos, facilitando tanto o encontro de recursos para alimentação, quanto para o acasalamento. Esse tipo de comportamento pode trazer benefícios ao longo da história da vida desses insetos, tais como o encontro entre os parceiros sexuais durante a reprodução, defesa contra inimigos naturais e maior exploração dos recursos (HALL & BRANHAM, 2008; HUNTER, 2000; RAY et al., 2009).

Trabalhos que visaram determinar o padrão de distribuição espacial de insetos curculionídeos, como moleque da bananeira, *Cosmopolites sordidus* Germar (Coleoptera: Curculionidae) em bananeira *Musa* spp. (MALDONADO et al., 2016), *Metamasius hemipterus* (Coleoptera: Curculionidae) em dendezeiro (*Elaeis guineensis* Jacq.) (SILVA DIONISIO et al., 2015) e *Sitona humeralis* Stephens (Coleoptera: Curculionidae) em alfalfa (*Medicago sativa* L.) (ARBAB & MCNEILL, 2014), constataram que todos apresentam um padrão de distribuição espacial agregado nos seus respectivos agroecossistemas.

Durante as amostragens realizadas nas áreas amostrais do presente estudo, pode ser observado uma grande quantidade de indivíduos adultos de *C. psidii* concentrados onde as temperaturas eram mais amenas durante o período mais quente do dia, como próximo de cultivos adjacentes, como também nos terços inferior e médio das plantas de goiabeira, devido, provavelmente, às maiores temperaturas que ocorrem no terço superior das plantas (VALENTE & BENASSI, 2014).

Essa dinâmica espaço-temporal agregada constatada para o gorgulho dentro da cultura da goiabeira é relevante para o desenvolvimento de um plano de amostragem preciso, pois esse arranjo espacial implica em um tamanho de amostra maior, quando comparado aos demais padrões de distribuição, para a realização das amostragens (DOWDY & WEARDEN, 1991). Além disso, como estratégia de manejo do inseto-praga, recomenda-se a marcação dos agrupamentos (reboleiras) desses insetos, para posterior tática de controle. Em aplicações de inseticidas, reduzirá o uso de produtos químicos no agroecossistema, reduzindo a contaminação ambiental, preservando os inimigos naturais nos pomares, além do beneficiado econômico (YOUNG & YOUNG, 1998).

Os dados obtidos evidenciam que, a saída do solo dos indivíduos adultos de *C. psidii* não é influenciada somente pelas precipitações. Os adultos de *C. psidii* possui o padrão de distribuição agregado, tendo melhor ajuste a binomial negativa.

Tabela 1. Estatísticas: {média ( $\bar{m}$ ) e variância ( $S^2$ )} para adultos de *C. pisidii* e índices de dispersão {variância/média (I); Morisita ( $I\delta$ ) expoente K (K)} e qui-quadrado calculado ( $\chi^2$ ) em *P. guajava*, cultivar Pedro Sato nas safras, 2014/2015 (S. Terezinha), 2015/2016 e 2016/2017 (S. Roque do Canaã).

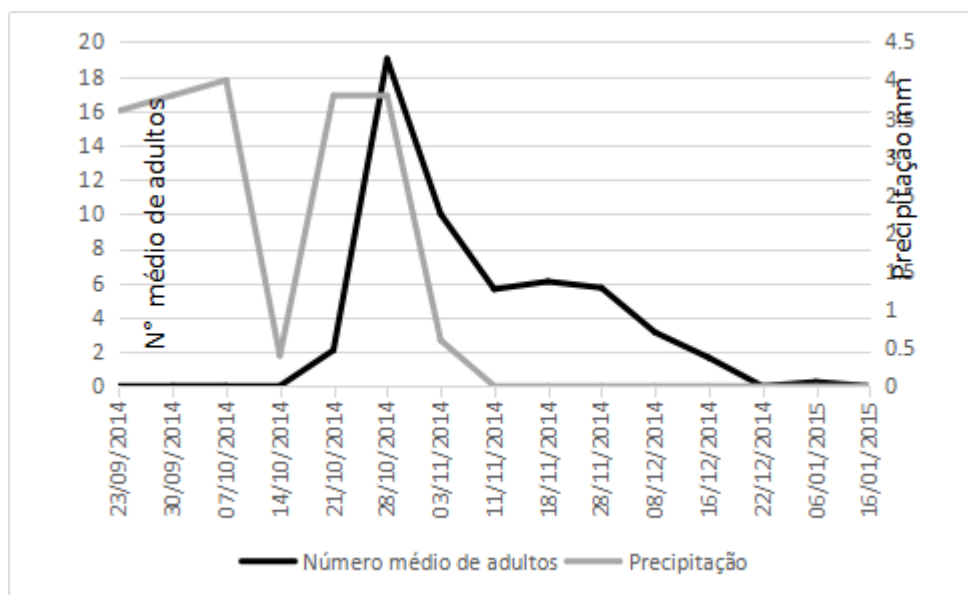
Campo	Índices	Coletas																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
S. Terezinha safra 14/15	$\bar{m}$	0	0,01	0	0,01	2,08	19,01	10	5,63	6,07	5,71	3,12	1,65	0	0,24	0	-	-
	erro padrão	0	0,01	0	0,01	0,32	1,85	1,04	1,02	0,73	0,54	0,38	0,20	0	0,05	0	-	-
	$S^2$	0	0,01	0	0,01	10,41	331,33	104,06	101,08	51,33	28,67	13,95	4,13	0	0,32	0	-	-
	I	-	1ns	-	1ns	4,98**	17,42**	10,40**	17,94**	8,44**	5,02**	4,46**	2,49**	-	1,31*	-	-	-
	$I\delta$	-	-	-	-	2,89**	1,85**	1,93**	3,98**	2,21**	1,69**	2,10**	1,90**	-	2,33*	-	-	-
	K	-	-	-	-	0,52ag	1,15ag	1,06ag	0,33ag	0,81ag	1,42ag	0,90ag	1,10ag	-	0,77ag	-	-	-
	$\chi^2$	-	89	-	89	443,91	1551,14	926,2	1597,08	751,66	446,93	397,68	222,47	-	117,09	-	-	-
S. Roque do Canaã safra 15/16	$\bar{m}$	0,11	0,01	3,11	1,4	0,62	0,40	1,58	0,28	0,95	0,98	1,58	1,61	1,11	0,37	0,05	0,07	-
	erro padrão	0,04	0,01	0,41	0,30	0,13	0,11	0,25	0,07	0,26	0,22	0,25	0,26	0,21	0,07	0,03	0,04	-
	$S^2$	0,16	0,01	11,98	6,64	1,22	0,91	4,50	0,35	4,91	3,43	4,65	4,87	3,08	0,41	0,08	0,15	-
	I	1,40*	1ns	3,84**	4,74**	1,94**	2,27**	2,84**	1,23ns	5,13**	3,48**	2,93**	3,02**	2,77**	1,10ns	1,46*	2,15**	-
	$I\delta$	5*	-	1,90**	3,66**	2,51**	4,25**	2,15**	1,84ns	5,31**	3,52**	2,21**	2,24**	2,58**	1,29ns	11,66**	21**	-
	k	0,28	1,18E+14al	1,09ag	0,37ag	0,66ag	0,31ag	0,86ag	1,23ag	0,23ag	0,39ag	0,82ag	0,79ag	0,62ag	3,50ag	0,12ag	0,06ag	-
	$\chi^2$	97	69	265,57	327,71	134,18	157	196,11	85	354,04	240,42	202,42	208,50	191,23	76,30	101,00	149	-
S. Roque do Canaã safra 16/17	$\bar{m}$	0,51	3,52	10,95	7,98	6,62	5,61	2,58	1,88	0,24	4,27	2,54	5,47	2,14	0,64	0,05	0,1	0,02
	erro padrão	0,12	0,44	1,43	0,89	0,51	0,38	0,54	0,40	0,06	0,57	0,41	0,80	0,39	0,15	0,03	0,05	0,02
	$S^2$	1,03	13,70	144,44	56,07	18,49	10,18	20,44	11,26	0,30	23,07	12,10	45,87	10,99	1,59	0,08	0,20	0,05
	I	2,01**	3,88**	13,18**	7,02**	7,90**	1,81**	7,90**	5,97**	1,24ns	5,40**	4,76**	8,38**	5,13**	2,48**	1,46*	2,07**	2**
	$I\delta$	3**	1,80**	2,09**	1,74**	1,26**	1,14**	3,64**	3,61**	2,05ns	2,01**	2,46**	2,33**	2,91**	3,32**	11,66**	13,33**	70**
	k	0,50ag	1,22ag	0,89ag	1,32ag	3,70ag	6,90ag	0,37ag	0,37ag	0,98ag	0,97ag	0,67ag	0,74ag	0,51ag	0,43ag	0,12ag	0,09ag	0,02ag
	$\chi^2$	139	267,93	909,62	484,48	192,55	125,14	545,68	412,09	85,94	372,67	328,51	578,54	354	171,22	101	143	138

Tabela 2. Teste de qui-quadrado de adultos de *C. psidii* (Coleoptera: Curculionidae) (Poisson, Binomial Negativa) em *P. guajava*, cultivar Pedro Sato nas safras, 2014/2015 (S. Terezinha), 2015/2016 e 2016/2017 (S. Roque do Canaã).

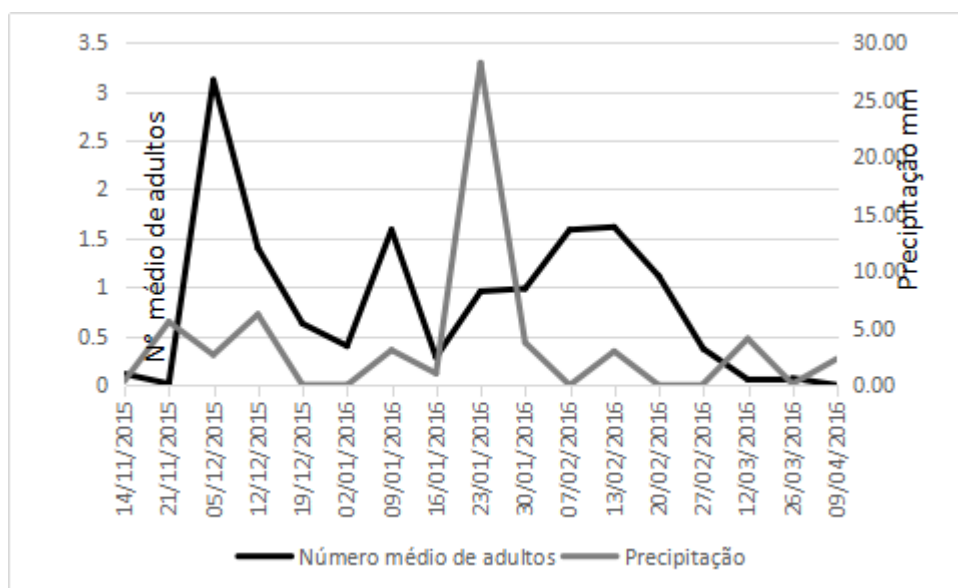
Campo	Amostragem (Avaliação)	Poisson		Binomial	
		$\chi^2$	GL(nc-	$\chi^2$	GL(nc-
S. Terezinha, safra 14/15	23/09/2014	0i	-	0i	-
	30/09/2014	0,01i	-	0i	-
	07/10/2014	0i	-	0i	-
	14/10/2014	0,67i	-	0,04i	-
	21/10/2014	75,05**	3	6,05ns	6
	28/10/2014	818,15**	17	226,28**	29
	03/11/2014	302,01**	13	61,38**	20
	11/11/2014	1690,69**	10	646,18**	22
	18/11/2014	610,8**	10	23,70ns	15
	28/11/2014	498,65**	10	59,80**	14
	08/12/2014	256,12**	7	12,02ns	10
	16/12/2014	69,04**	4	14*	5
	22/12/2014	0i	-	0i	-
	06/01/2015	3,58ns	1	0,60i	0
	16/01/2015	0i	-	0i	-
S. Roque do Canaã safra 15/16	14/11/2015	0,35i	-	0,0052i	-
	21/11/2015	7,152E-7i	-	0,01i	-
	05/12/2015	141,39**	7	8,20ns	9
	12/12/2015	29,98**	3	8,67ns	5
	19/12/2015	10,85**	2	5,93ns	2
	02/01/2016	7,83**	1	0,88ns	2
	09/01/2016	83,83**	4	14,40*	5
	16/01/2016	5,58*	1	2,64i	0
	23/01/2016	40,25**	3	7,80ns	4
	30/01/2016	40,97**	3	4,17ns	4
	07/02/2016	81,56**	4	13,17*	5
	13/02/2016	44,27**	4	1,71ns	5
	20/02/2016	28,62**	3	9,74*	4
	27/02/2016	3,06i	1	2,06i	0
	12/03/2016	0,21i	-	1,54i	0
	26/03/2016	0,74i	-	1,41i	0
	09/04/2016	0i	-	0i	-
29/10/2016	14,63**	2	0,62ns	2	

S. Roque do Canaã safra 16/17	05/11/2016	216,36**	7	17,43*	9
	12/11/2016	880,69**	13	19,82i	18
	19/11/2016	338,93**	11	16,71ns	16
	26/11/2016	15,74ns	10	34,32**	13
	03/12/2016	29,08ns	9	32,18**	11
	10/12/2016	311,18**	6	7,98**	8
	17/12/2016	86,79**	4	3,32ns	6
	24/12/2016	0,19ns	1	0,22ns	0
	07/01/2017	107,67**	7	15,46ns	11
	14/01/2017	206,93**	6	13,27ns	8
	21/01/2017	194,11**	9	33,18**	12
	28/01/2017	146,41**	5	8,83ns	7
	04/02/2017	10,84**	2	2,03ns	3
	11/02/2017	0,17i	0	0i	-
	18/02/2017	1,16i	0	0,94i	0
	25/02/2017	0,47i	0	0,05i	-

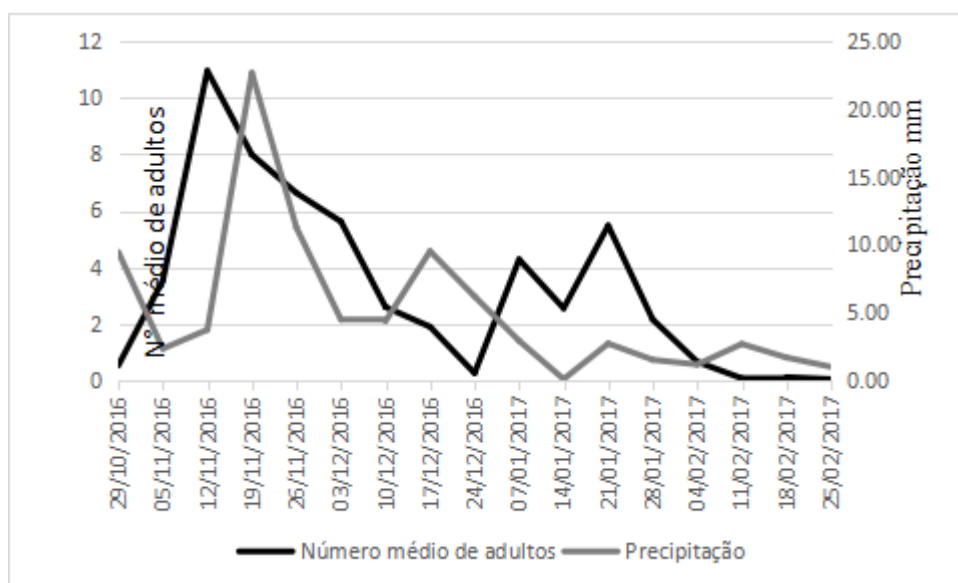
ns - não significativo; \*\* - significativo a 1%;  $\chi^2$  - valor do qui-quadrado calculado; GL - graus de liberdade nc - número de classes observadas; i - insuficiência de classes.



**Figura 2.** Flutuação média de Adultos de *C. psidii*, no ano agrícola 2014/15, em Gleba de Santa Terezinha, Itaporã, MS.



**Figura 3.** Flutuação média de Adultos de *C. psidii*, no ano agrícola 2015/16, em São Roque do Canaã, ES.



**Figura 4.** Flutuação média de Adultos de *C. psidii*, no ano agrícola 2016/17, em São Roque do Canaã, ES.

## Referências

ARBAB, A.; MCNEILL, M. R. Spatial distribution and sequential sampling plans for adult *Sitona humeralis* Stephens (Coleoptera: Curculionidae) in alfalfa. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v. 17, n. 3, p. 515-519, 2014.

AGROFIT 2018. Disponível em: <[http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)>. Acesso em: 03 fev. 2018.

BONNER, M. R.; FREEMAN, L. E. B.; HOPPIN, J. A. Occupational Exposure to Pesticides and the Incidence of Lung Cancer in the Agricultural Health Study. **Environmental Health Perspectives**, v. 125, n. 4, p. 544-551, 2017.

CREMONESE, C.; PICCOLI, C.; PASQUALOTTO, F.; CLAPAUCH, R.; KOIFMAN, R. J.; KOIFMAN, S.; FREIRE, C. Occupational exposure to pesticides, reproductive hormone levels and sperm quality in young Brazilian men. **Reproductive Toxicology**, v. 67, p. 174-185, 2017.

DOUST, E.; AYRES, J. G.; DEVEREUX, G.; DICK, F.; CRAWFORD, J. O.; COWIE, H.; DIXON, K. Is pesticide exposure a cause of obstructive airways disease? **European Respiratory Review**, v. 23, n. 132, p. 180-192, 2014.

DOWDY, S.; WEARDEN, S. **Statistics for research**. 2nd ed., New York, Wiley-Interscience, 629 p., 1991.

ELLIOTT, J. M. **Some methods for the statistical analysis of sample benthic invertebrates**. Ambleside, Freshwater Biological Association, 157 p., 1979.

FERNANDES, M. G.; BUSOLI, A. C.; BARBOSA, J. C. Spatial distribution of *Alabama argillacea* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) on cotton crop. **Neotropical Entomology**, v. 32, p. 107-115, 2003.

FRAZIER, L. M. Reproductive disorders associated with pesticide exposure. **Journal of Agromedicine**, v. 12, n. 1, p. 27-37, 2007.

FOSTER, W. G.; EVANS, J. A.; LITTLE, J.; ARBOUR, L.; MOORE, A.; SAUVE, R.; LEÓN, J. A.; LUO, W. Human exposure to environmental contaminants and congenital anomalies: a critical review. **Critical Reviews in Toxicology**, v. 47, 2017.

GENG, Y.; MA, J.; ZHOU, R.; JIA, R.; LI, C.; MA, X. Assessment of insecticide risk to human health in groundwater in Northern China by using the China-PEARL model. **Pest Management Science**, v. 73, p. 2063–2070, 2017.

GOLDMAN, S. M.; MUSGROVE, R. E.; JEWELL, S. A.; DI MONTE, D. A. Pesticides and Parkinson's Disease: Current Experimental and Epidemiological Evidence. **Advances in Neurotoxicology**, v. 1, p. 83-117, 2017.

HALL, D. W.; BRANHAM, M. A. Aggregation of *Calopteron discrepans* (Newman) (Coleoptera: Lycidae) larvae prior to pupation. **Florida Entomologist**, v. 91, n. 1, p. 124-125, 2008.



HUNTER, A. F. Gregariousness and repellent defences in the survival of phytophagous insects. **Oikos**, v. 91, n. 1, p. 213–224, 2000.

MALDONADO, W.; BARBOSA, J. C.; PAVARINI, R.; MARUYAMA, W. I.; OLIVEIRA, R. A. Spatial Distribution and Sequential Sampling of the Banana Root Borer. **Agronomy Journal**, v. 108, p. 1030-1040, 2016.

PALACIO-CORTÉS, A. M.; VALENTE, F.; SAAD, E. B.; TRÖGER, A.; FRANCKE, W.; ZARBIN, P. H. G. (1R,2S,6R)-Papayanol, Aggregation Pheromone of the Guava Weevil, *Conotrachelus psidii*. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 26, n. 4, p. 784-789, 2015.

PARANHOS, B.A.J.; WALDER, J.M.M.; ALVARENGA, C.D. Parasitismo de Larvas de Mosca-do-Mediterrâneo por *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) em Diferentes Cultivares de Goiaba. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 36, n. 2, p. 243-246, 2007.

RABINOVICH, J. E. **Introducion a la ecologia de poblaciones animales**. México: CECSA, 13 p.,1980.

RAY, A. M.; MILLAR, J. G.; MCELFFRESH, J. S.; SWIFT, I. P.; BARBOUR, J. D.; HANKS, L. M. Male-produced aggregation pheromone of the cerambycid beetle *Rosaliafunebris*. **Journal of Chemical Ecology**, v. 35, n. 1, p. 96- 103, 2009.

RODRIGUES, T. R.; FERNANDES, M. G.; DEGRANDE, P. E.; MOTA, T. A. Spatial Distribution of Eggs of *Alabama argillacea* Hübner and *Heliothis virescens* Fabricius (Lepidoptera: Noctuidae) on Bt and non-Bt Cotton. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 87, n. 4, p. 2243-2253, 2015.

RUESINK, W.G. **Introduction to sampling theory**. In: M. Kogan & D.G. Herzog. Sampling methods on soybean entomology. New York, Springer-Verlag, 587p. p. 60-78, 1980.

RUESNIK, W. G.; KOGAN, M. **The quantitative basis of pest management and measuring**. In: METCALF, R.L.; LUCKMANN, W.H. Introduction to insect pest management. New York: John Wiley & Sons, p. 309-351, 1975.

SEKHOTHA, M. M.; MONYEKI, K. D.; SIBUYI, M. E. Exposure to Agrochemicals and Cardiovascular Disease: A Review. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 13, n. 2, p. 229, 2016.

SILVA DIONISIO, L. F.; LIMA, A. C. S.; de MORAIS, E. G. F.; CORREIA, R. G.; dos SANTOS, A. V. F.; XIMENES, C. K. S. Distribuição espacial de *Metamasius hemipterus* (Coleoptera: Curculionidae) em plantio de dendê (*Elaeis guineensis* Jacq)

em Roraima. **REVISTA AGRO@MBIENTE ON-LINE**, [S.l.], v. 9, n. 3, p. 327-336, 2015.

SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O.; BARBIN, D.; VILLA NOVA, N. A. **Manual de ecologia de insetos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1976. 419 p.

SOUTHWOOD, T. R. E. **Ecological methods with particular reference to the study of insect populations**, London: Methuen, 391 p., 1966.

TAYLOR, L. R. Assessing and interpreting the spatial distributions of insect populations. **Annual Review of Entomology**, v. 29, n. 1, p. 321-357, 1984.

TIBOLA, C. S.; FACHINELLO, J. C. Tendências e estratégias de mercado para a fruticultura. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.10, n. 2, p. 145-150, 2004.

VALENTE, F. I.; BENASSI, V. L. R. M. Aspectos biológicos e técnica de criação do gorgulho-da-goiaba, *Conotrachelus psidii* marshall (Coleoptera: Curculionidae). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. 2, p. 339-345, 2014.

YAN, D.; ZHANG, Y.; LIU, L.; YAN, H. Pesticide exposure and risk of Alzheimer's disease: a systematic review and meta-analysis. **Scientific Reports**, v. 6, Article number: 32222, 2016.

YOUNG, L. J.; YOUNG, J. **Statistical Ecology: A Population Perspective**, Boston: Kluwer Academic., 565 p., 1998.

## **CAPÍTULO II**

**Distribuição espacial de danos de oviposição e alimentação de *Conotrachelus psidii***

**(Marshall, 1922) na cultura da goiabeira**

(De acordo com as normas da ABNT)

**Distribuição espacial de danos de oviposição e alimentação de *Conotrachelus psidii* (Marshall, 1922) na cultura da goiabeira**

Fabricio Iglesias Valente<sup>1</sup>; Marcos Gino Fernandes<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Programa de Pós Graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade. Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais (FCBA). Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD). Grande Dourados-Itahum, km 12, Dourados 79804-970.

**Resumo**

*Conotrachelus psidii*, se alimenta e põe seus ovos no interior dos frutos de goiaba. Entender como se distribui os frutos atacados pode ajudar na construção do plano de amostragem, e na utilização das táticas de controle com maior eficiência. O objetivo desse trabalho foi conhecer o padrão de distribuição espacial de danos de oviposição e alimentação de *C. psidii* em goiabeira. As avaliações foram realizadas semanalmente. Para a determinação do padrão de distribuição espacial de danos de oviposição e alimentação de *C. psidii* em frutos de goiabeira, foi observado 8 frutos de goiaba por parcela. Em cada fruto foi avaliado o número de pontos de oviposições e alimentação dos frutos. Foram avaliados alguns índices de dispersão e realizado testes de ajustes das classes numéricas dos insetos coletados às distribuições teóricas de frequências esperadas pela distribuição de Poisson e binomial negativa. Através dos índices de dispersão observaram-se valores que respondem a agregação tanto para oviposição quanto para alimentação de *C. psidii*. Em relação a oviposição, o teste de qui-quadrado de ajuste à distribuição de Poisson não foi significativo em apenas uma amostragem, enquanto os testes de ajuste à distribuição binomial negativa não foram significativos em 18 amostragens. Já em relação a alimentação, verificou-se que o teste de qui-quadrado de ajuste à distribuição de Poisson não foi significativo em apenas uma amostragem, enquanto os testes de ajuste à distribuição binomial negativa não foram significativos em 7 amostragens. Quanto a flutuação média de danos de oviposição e alimentação pode se observar que em dois, dos três anos de avaliações as médias de frutos atacados por pontos de alimentação foram maiores que de oviposição nas duas primeiras semanas.

Palavras-chave: gorgulho da goiaba, *Psidium guajava*, Binomial negativa

## Abstract

*Conotrachelus psidii*, feeds and lays its eggs inside the guava fruits. Understanding how the fruits are distributed can help in the construction of the sampling plan, and in the use of control tactics with greater efficiency. This work aims to know the spatial distribution of oviposition and feeding damage of *C. psidii* in guava crop. The evaluations were carried out weekly. In order to determine the spatial distribution pattern of oviposition and feeding damage of *C. psidii* on guava fruits, 8 guava fruits per plot were observed. In each fruit, the number of oviposition points and fruit feeding were evaluated. Some dispersion indexes were evaluated and the numerical classes of the collected insects were tested for the theoretical distributions of frequencies expected by Poisson and negative binomial distribution. Through the dispersion indices, values were observed that respond to the aggregation for both oviposition and feeding of *C. psidii*. Regarding oviposition, the chi-square test for adjustment to the Poisson distribution was not significant in only one sample, whereas the adjustment tests to the negative binomial distribution were not significant in 18 samples. Regarding feeding, it was verified that the chi-square test of adjustment to the Poisson distribution was not significant in only one sample, whereas the tests of adjustment to the negative binomial distribution were not significant in 7 samplings. As for the average fluctuation of oviposition and feeding damage, it can be observed that in two of the three years of evaluations, the average fruits attacked by feeding points were higher than oviposition in the first two weeks.

**Keywords:** guava weevil, *Psidium guajava*, Negative binomial distribution

## Introdução

O gorgulho da goiaba, *Conotrachelus psidii* (Coleoptera: Curculinidae), é um dos principais insetos causadores de danos na cultura da goiaba (*Psidium guajava* L.) em países neotropicais (BAILEZ et al., 2003). As larvas se alimentam dos frutos tornando-os impróprios para o consumo *in natura*. Em infestações mais severas os adultos se alimentam de pecíolos e pedúnculos impedindo o surgimento de um novo fruto quando atacam botões florais (VALENTE & BENASSI, 2014).

Tratos culturais como catação dos frutos infestados e ensacamento dos frutos ajudam a controlar a população de *C. psidii*, porém essas ações não são facilmente praticáveis em grandes áreas de produção ou em regiões onde o custo da mão de obra torna a prática inviável, assim, em áreas maiores, mesmo com a limitação no controle das larvas, produtos químicos são a principal tática de controle utilizada na tentativa de reduzir as populações de *C. psidii* na fase adulta (MONROY & INSUASTY, 2006).

Por conta dos danos ocasionados pelas excessivas aplicações de inseticidas sintéticos, tanto ao meio quanto para o homem (KORBES et al., 2010); e também, pelas exigências de segurança alimentar do mercado mundial atual (ALMEIDA, 2002), o desenvolvimento de estratégias de controle, visando a redução na aplicação de insumos e de danos ocasionados pelo inseto-praga, são de suma importância.

Para a determinação das estratégias adequadas de manejo, faz-se importante conhecer as particularidades das infestações causadas por esses insetos, como por exemplo, seu tipo de distribuição espacial no campo. Portanto, é necessário ter dados para contar essas pragas e determinar seus padrões de distribuição espacial, que definem os padrões comportamentais da população (RODRIGUES et al., 2015).

A distribuição espacial é uma característica ecológica das espécies, resultante do nascimento, morte e migração de indivíduos (TAYLOR, 1984). O conhecimento da distribuição de probabilidade que descreve a distribuição espacial de uma praga em uma cultura é fundamental para o estabelecimento de planos de amostragem sequenciais apropriados e para a correta utilização de estratégias de controle (BARBOSA, 1992).

Para determinar o padrão de arranjo espacial de uma determinada espécie em um ecossistema é necessário que se tenham dados de contagem dos indivíduos. A distribuição espacial pode ocorrer seguindo um padrão agregado, uniforme ou aleatório, seguindo o modelo da binomial negativa, binomial positiva ou de Poisson, respectivamente (YOUNG & YOUNG, 1998). Esta classificação baseia-se na relação entre a média de ocorrência dos insetos e a variância dos dados obtido em cada unidade amostral que compõe a amostra utilizada (ELLIOTT, 1979).

Para a determinação do tipo de distribuição espacial da população do inseto no habitat de interesse, são determinados os índices de agregação e realizados os ajustes das frequências observadas em campo às frequências esperadas pelas distribuições teóricas. A determinação desses padrões de arranjo é obtida através de índices de dispersão e distribuição teórica de frequências (YOUNG & YOUNG, 1998;

FERNANDES et al., 2003). Conhecer a distribuição de frequências (que descrevem matematicamente a distribuição espacial da praga) é importante para determinar o critério de amostragem adequado para decisão de controle (RUESINK, 1980; TAYLOR, 1984).

A distribuição dos danos de oviposição e alimentação do gorgulho-da-goiaba ainda é desconhecida, o que limita a adoção de estratégias de controle eficientes. Assim, este estudo foi conduzido com o intuito de determinar o padrão de distribuição espacial de danos de alimentação e oviposição de *C. psidii* em frutos de goiabeira.

## **Material e Métodos**

### **Área experimental**

Foram utilizadas duas áreas amostrais, com cultivos conduzidos com regime de poda, sem irrigação. Essas áreas foram escolhidas devido aos seus históricos de altas infestações em safras anteriores.

A primeira área amostral constou de um pomar orgânico com a cultivar Pedro Sato, com plantas de sete anos, em um espaçamento de 7 x 5 metros (21°54'21.82"S; 54°41'56.90"O), situado no município de Itaporã, Estado do Mato Grosso do Sul, região Centro oeste do Brasil. A segunda área utilizada para o estudo, está localizada no município de São Roque do Canaã, Estado do Espírito Santo, região Sudeste Brasileira, sendo um cultivo convencional com cinco anos, com espaçamento de 7 x 6 metros (19°40'39.6"S; 40°42'06.1"O).

Em um dos lados da cultura da goiaba, encontrava-se um cultivo de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) em Itaporã, MS, e no Espírito Santo a área experimental tem divisa a uma pequena Área de Preservação Permanente.

### **Amostragens**

Em ambas as áreas amostrais, as avaliações foram realizadas semanalmente.

Para manter a mesma área de bordadura em cultivos de diferentes tamanhos, foi utilizado um número de parcela distinto em cada área. Em Itaporã-MS, foram utilizadas 90 plantas, sendo que cada planta corresponde a uma parcela. Ocorreram 15 coletas desde o período que *C. psidii* saiu do solo para a copa das plantas até não registrarmos sua presença com o método de amostragem utilizado (Figura 1).

Em São Roque do Canaã-ES, as plantas eram dispostas em 7 linhas com dez plantas em cada linha, totalizando 70 plantas, cada parcela representada por uma planta. As coletas também ocorreram desde a saída de *C. psidii* do solo para a copa das plantas até não registrarmos sua presença na amostragem, sendo possível realizar 17 coletas em cada um dos anos do experimento (Figura 2).

Para a determinação do padrão de distribuição espacial de danos de oviposição e alimentação de *C. psidii* em frutos de goiabeira, foi observado de forma aleatória 8 frutos de goiaba por parcela, sendo quatro frutos por lado da planta, tendo como referência o carreador. Em cada fruto observado foi avaliado o número de pontos de oviposições e alimentação dos frutos. Cada parcela foi determinada através da média de pontos de oviposição ou alimentação dos 8 frutos observados.



Figura 1. Ponto de alimentação de *C. psidii* em fruto de *P. guajava*. São Roque do Canaã, ES, safra 2015/2016.





Figura 2. Dano de oviposição de *C. psidii* em fruto de *P. guajava*. São Roque do Canaã, ES, safra 2015/2016.

### **Análise estatística**

Para determinar os índices de dispersão, foi calculado a média, o erro padrão e a variância de alimentação e oviposição de cada amostragem e, a partir destes dados, os parâmetros avaliados foram: Índice Razão de variância/média (I) (RABINOVICH, 1980) que mede o desvio de um arranjo de dados aleatórios. Para este índice, os valores iguais a um indicam disposição espacial aleatória ou acaso, valores inferiores a um indicam arranjo espacial regular ou uniforme, e valores significativamente maiores do que um indicam agregação ou distribuição contagiosa. Índice de Morisita ( $I\delta$ ) (SILVEIRA NETO et al., 1976) que é relativamente independente da média e do número das amostras. Quando  $I\delta = 1$ , a distribuição é aleatória e quando  $I\delta > 1$ , a distribuição é contagiosa, enquanto  $I\delta < 1$  indica a distribuição regular. Expoente K da distribuição binomial negativa (SOUTHWOOD, 1966; ELLIOT, 1977) é um índice de dispersão adequado quando o tamanho e número de unidades de amostra são as mesmas em cada amostra, sendo muitas vezes influenciado pelo tamanho da unidade de amostragem. Este parâmetro é uma medida inversa do grau de agregação, e, neste caso, os valores negativos indicam uma distribuição normal ou uniforme, os valores positivos perto de zero indicam um arranjo agregado e os valores mais elevados, até oito, indicam uma distribuição aleatória.

Após a determinação dos índices de dispersão, foi realizado o estudo dos modelos probabilísticos para cada amostragem, objetivando confirmar a distribuição espacial da praga. Para isso, foi efetuado o ajuste das distribuições de frequências obtidas nas amostragens às seguintes distribuições teóricas de frequências: distribuição de Poisson e distribuição binomial negativa.

Na sequência, foi realizado o teste qui-quadrado de aderência (YOUNG & YOUNG, 1998), que compara o total das frequências observadas na área amostral com as frequências esperadas às distribuições teóricas de frequência.

## Resultados

Verificou-se que o número médio dos pontos de alimentação e oviposição não se assemelhavam durante todas amostragens. Apesar de ambos apresentarem um número médio alto assim que os frutos danificados começam a surgir, nas amostragens seguintes o número médio de oviposições e alimentações apresentaram um comportamento distinto. Os pontos de oviposição tiveram um pico do número médio logo no início, e tiveram um decréscimo gradativo até perto do zero. Os pontos de alimentação também apresentaram um pico do número médio no início, contudo, observou-se um número médio de alimentação quase a zero, durante 35, 42 e 56 dias, nos anos 14/15; 15/16; 16/17, respectivamente. Posteriormente, nas últimas amostragens de todos os anos, os pontos de alimentação em todos os anos voltaram a ocorrer (Figuras 3-5).

Os índices de dispersão, razão variância/média, morisita e qui-quadrado, apresentou comportamento gregário para oviposição e alimentação (Tabela 1 e Tabela 2). Assim como a distribuição teórica de frequência utilizadas, que mostrou o melhor ajuste para binomial negativa nos dois tipos de danos observados (Tabela 3 e Tabela 4).

Em relação ao padrão de distribuição espacial de oviposição de *C. psidii*, verificou-se que no índice de dispersão razão variância/média dentre as 48 avaliações, 41 apresentaram valores acima da unidade, sendo que, em 40 delas a 1% de significância (Tabela 1). Para o índice de Morisita, os valores foram maiores que a unidade em 42 das 43 avaliações, sendo que, observou-se 1% de significância em 41 das avaliações (Tabela 1).

No expoente K, 3 avaliações (14/11/2105; 29/10/2016; 03/12/2016) indicaram um comportamento de distribuição aleatória (Tabela 1). Dentre as 41 amostras que apresentaram uma distribuição agregada, em 36 delas os valores variaram entre 0 e 2.

Os testes de ajustes de frequências das classes numéricas de danos de oviposição de *C. psidii* em frutos de *P. guajava* e os valores de qui-quadrado foram avaliados para cada distribuição teórica. Quanto a oviposição, ao avaliar a distribuição teórica de frequência de Poisson, 39 amostragens ficaram acima da unidade com significância a 1% para esse modelo. Em todos os anos de coleta, apenas a coleta do dia 03/12/2016 se ajustou ao modelo de Poisson (Tabela 3). Para binomial negativa, 18 das 37 amostras se

ajustaram ao teste, e outras 19 avaliações diferiram da agregação, 18 delas a 1% de significância (Tabela 3).

Quanto ao padrão de distribuição espacial de alimentação de *C. psidii*, em relação ao índice de dispersão razão variância/média, 10 avaliações apresentaram valores não significativos, enquanto que, 20 avaliações apresentaram valores acima da unidade, rejeitando a aleatoriedade a 1% de significância (Tabela 2). Já no índice de Morisita, 4 avaliações apresentaram valores não significativos, enquanto que 20 avaliações rejeitaram a aleatoriedade, a 1% de significância, indicando um padrão agregado dos pontos de alimentação em ambos os índices.

No que se diz respeito ao expoente K (Tabela 2), notou-se uma distribuição aleatória em 3 avaliações (23/09/2014; 03/12/2016 e 25/02/2017), em 4 avaliações observou-se um padrão regular (06/01/2015; 23/01/2016; 13/12/2016 e 19/11/2016), e em 20 avaliações verificou-se um padrão agregado, sendo que, os valores variaram entre 0 e 2.

O baixo número de pontos de alimentação, inviabilizou o cálculo de mais de 2/3 das avaliações realizadas para esses modelos matemáticos, entretanto, o número reduzido de amostras não impossibilitou a observação de um padrão de distribuição. Em relação ao modelo de Poisson, apenas uma amostra teve ajuste ao modelo, enquanto que, as outras 15 avaliações, rejeitaram o modelo a 1% de significância (Tabela 4). Para o teste da distribuição binomial negativa dentre 15 avaliações, 8 diferiram a 1% de significância, e 7 se ajustaram ao modelo (Tabela 4).

## **Discussão**

O baixo número de pontos de alimentação quando comparado aos de oviposição em frutos de goiabeira, pode ser explicado pelo comportamento das fêmeas, que, utiliza do orifício oriundo da alimentação para depositar os ovos (Figuras 3-5). Resultado este que diverge aos de Grigolli et al., (2017) que observaram o número médio de alimentação de *Anthonomus grandis* Bohemam, 1843 (Coleoptera: Curculionidae), se mantendo superior ao de oviposição em botões florais em plantas de algodoeiro durante os dois anos de avaliação.

Quanto a flutuação média de danos de oviposição e alimentação pode se observar que em dois, dos três anos de avaliações, as médias de frutos atacados por pontos de alimentação foram maiores nas duas primeiras semanas, dessa forma, os

pontos de alimentação são encontrados com maior facilidade assim que os adultos saem do solo. Momento que também coincide com o período de pré-oviposição das fêmeas, no qual não estão aptas para ovipositar (BAILEZ et al., 2003; VALENTE & BENASSI, 2014).

A presença de frutos danificados com pontos de alimentação no fim de cada ano de amostragem também foi observada em estudos de biologia de *C. psidii*, no qual, as fêmeas faziam vários pontos de alimentação e em poucos dias morriam (BAILEZ et al., 2003; VALENTE & BENASSI, 2014).

A distribuição agregada nos frutos com danos de oviposição e alimentação parece previsível em um pensamento lógico, quando se tem o conhecimento da distribuição dos adultos. Porém ao verificar o padrão de distribuição de *A. grandis*, observou-se que os padrões de distribuição de adultos e danos em botões florais em algodoeiro divergiram, sendo que a distribuição de adultos foi aleatória e a de danos agregada (GRIGOLLI et al., 2017). No entanto, Alencar (2016), ao estudar *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae), constatou distribuição altamente agregada para adultos e para os danos causados no rizoma da cana-de açúcar (*Saccharum* sp.). As divergências e semelhanças entre a distribuição de formas adultas e seus danos, talvez estejam associadas a arquitetura da cultura, assim como a capacidade de voo, entre outras características que possam interferir na capacidade dos insetos de explorar o agroecossistema.

Os dados analisados, permitem concluir que os ataques de oviposição e alimentação de *C. psidii* nos frutos da cultura da goiabeira, tem melhor ajuste a binomial negativa. Portanto, o padrão de distribuição agregada dos pontos de alimentação e de oviposição corrobora com a distribuição dos adultos da espécie.

Tabela 1. Estatísticas: {média ( $\bar{m}$ ) e variância ( $S^2$ )} para danos de oviposição de *C. pisidii* e índices de dispersão {variância/média (I); Morisita (I $\delta$ ) expoente K (K)} e qui-quadrado calculado ( $\chi^2$ ) em *P. guajava*, cultivar Pedro Sato nas safras, 2014/2015 (S. Terezinha), 2015/2016 e 2016/2017 (S. Roque do Canaã).

Campo	Índices	Coletas																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
S. Terezinha safra 14/15	m	0	0	0	0,01	0,07	0,24	2,47	3,01	2,43	1,36	1,92	1,35	0,63	0,47	0,31	-	-
	erro padrao	0	0	0	0,01	0,04	0,05	0,23	0,34	0,24	0,15	0,24	0,21	0,17	0,11	0,15	-	-
	S <sup>2</sup>	0	0	0	0,01	0,22	0,32	5,46	11,24	5,64	2,21	5,91	4,36	2,90	1,35	2,35	-	-
	I	-	-	-	1ns	2,95**	1,31*	2,20**	3,73**	2,31**	1,61**	3,07**	3,22**	4,59**	2,83**	7,55**	-	-
	I $\delta$	-	-	-	-	30**	2,33**	1,48**	1,90**	1,53**	1,45**	2,07**	2,63**	6,71**	4,88**	22,61**	-	-
	k	-	-	-	-	0,03ag	0,77ag	2,05ag	1,10ag	1,84ag	2,20ag	0,92ag	0,61ag	0,17ag	0,26ag	0,04ag	-	-
	$\chi^2$	-	-	-	89	263	117,09	196,32	332,43	206,34	144,07	273,87	286,68	408,78	252,11	672,71	-	-
S. Roque do Canaã safra 15/16	m	0,01	0	3,55	0,42	0,58	0,20	0,81	0,18	3,37	1,78	1,65	1,71	1,57	0,90	0,95	0,94	0,71
	erro padrao	0,01	0	0,37	0,25	0,17	0,12	0,22	0,07	0,45	0,30	0,31	0,34	0,30	0,19	0,22	0,30	0,16
	S <sup>2</sup>	0,01	0	9,64	4,59	2,15	1,03	3,39	0,38	14,20	6,60	7,12	8,52	6,42	2,78	3,60	6,40	1,83
	I	1ns	-	2,71**	10,72**	3,68**	5,15**	4,17**	2,07**	4,21**	3,69**	4,30**	4,97**	4,08**	3,09**	3,76**	6,79**	2,56**
	I $\delta$	-	-	1,47**	24,13**	5,63**	23,07**	4,91**	7,17**	1,94**	2,50**	2,98**	3,30**	2,95**	3,33**	3,89**	7,14**	3,2**
	k	1,17E+14al	-	2,07ag	0,04ag	0,21ag	0,04ag	0,25ag	0,17ag	1,04ag	0,66ag	0,50ag	0,43ag	0,50ag	0,42ag	0,34ag	0,16ag	0,45ag
	$\chi^2$	69	-	187,02	740	254,36	356	288,08	143,15	290,77	255,24	296,75	343,16	282	213,66	260,01	468,54	176,8
S. Roque do Canaã safra 16/17	m	0,01	2,34	2,35	4,12	2,02	2,72	2,11	1,67	2,14	1,65	2,44	1,41	1,17	0,68	0,22	0,21	0,02
	erro padrao	0,01	0,35	0,29	0,35	0,19	0,21	0,27	0,31	0,36	0,21	0,33	0,32	0,30	0,20	0,13	0,07	0,02
	S <sup>2</sup>	0,01	8,95	6,20	8,69	2,69	3,09	5,23	6,97	9,16	0,35	8,01	7,40	6,43	2,88	1,25	0,40	0,05
	I	1ns	3,82**	2,63**	2,10**	1,32ns	1,13**	2,47**	4,17**	4,27**	2,02**	3,28**	5,23**	5,49**	4,20**	5,47**	1,87**	2**
	I $\delta$	-	2,19**	1,68**	1,26**	1,16*	1,04ns	1,69**	2,88**	2,51**	1,61**	1,92**	3,98**	4,82**	5,70**	21,58**	5,33**	70**
	k	1,17 E+14al	0,83ag	1,44ag	3,73ag	6,17ag	20,08al	1,43ag	0,52ag	0,65ag	1,61ag	1,07ag	0,33ag	0,26ag	0,21ag	0,51ag	0,24ag	
	$\chi^2$	69	263,68	181,60	145,29	91,66	78,37	170,78	288,07	295,02	139,86	226,48	361,30	378,97	290,33	377,75	129,66	138

Tabela 2. Estatísticas: {média ( $\bar{m}$ ) e variância ( $S^2$ )} para danos de alimentação de *C. pisidii* e índices de dispersão {variância/média (I); Morisita ( $I\delta$ ) expoente K (K)} e qui-quadrado calculado ( $\chi^2$ ) em *P. guajava*, cultivar Pedro Sato nas safras, 2014/2015 (S. Terezinha), 2015/2016 e 2016/2017 (S. Roque do Canaã).

Campo	Índices	Coletas																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
S. Terezinha safra 14/15	$\bar{m}$	0,01	0	0	0,01	1,02	1,34	0,36	0,24	0	0	0	0	0,01	0,17	0,16	-	-
	erro padrao	0,01	0	0	0,01	0,16	0,30	0,10	0,07	0	0	0	0	0,01	0,04	0,06	-	-
	$S^2$	0,01	0	0	0,01	2,51	9,10	1,04	0,50	0	0	0	0	0,01	0,17	0,38	-	-
	I	1ns	-	-	1ns	2,46**	6,77**	2,84**	2,05**	-	-	-	-	1ns	0,95ns	2,32**	-	-
	$I\delta$	-	-	-	-	2,42**	5,28**	6,13**	5,45**	-	-	-	-	-	0,75ns	9,42**	-	-
	k	-	-	-	-	0,69ag	0,23ag	0,19ag	0,23ag	-	-	-	-	-	-4,21un	0,12ag	-	-
	$\chi^2$	89	-	-	89	219,08	602,71	253,36	182,54	-	-	-	-	89	85,25	207	-	-
S. Roque do Canaã safra 15/16	$\bar{m}$	0,01	0	0,65	1,44	0,91	0,11	0	0	0,02	0	0	0,04	0	0,35	0,10	0,11	0
	erro padrao	0,01	0	0,14	0,29	0,20	0,05	0	0	0,02	0	0	0,02	0	0,13	0,05	0,06	0
	$S^2$	0,01	0	1,56	6,25	3,06	0,18	0	0	0,02	0	0	0,04	0	1,27	0,20	0,30	0
	I	1ns	-	2,37**	4,33**	3,35**	1,65**	-	-	0,98ns	-	-	0,97ns	-	3,57**	2,07**	2,67**	-
	$I\delta$	-	-	3,11**	3,29**	3,57**	7,50**	-	-	0ns	-	-	0ns	-	8,40**	13,33**	17,50**	-
	k	1,17 E+14al	-	0,47ag	0,43ag	0,38ag	0,17ag	-	-	1,97un	-	-	-1,47un	-	0,13ag	0,09ag	0,06ag	-
	$\chi^2$	69	-	164	298,90	231,31	114,5	-	-	68	-	-	67	-	246,6	143	184,5	-
S. Roque do Canaã safra 16/17	$\bar{m}$	1,15	3,91	0,58	0,02	0	0,01	0	0	0	0	0	0,14	0,25	0,71	0,91	0,08	0,01
	erro padrao	0,25	0,50	0,19	0,02	0	0,01	0	0	0	0	0	0,08	0,10	0,22	0,31	0,07	0,01
	$S^2$	4,59	17,78	2,62	0,02	0	0,01	0	0	0	0	0	0,55	0,71	3,39	6,94	0,36	0,01
	I	3,97**	4,54**	4,47**	0,98ns	-	1ns	-	-	-	-	-	3,91**	2,78**	4,75**	7,60**	4,30**	1ns
	$I\delta$	3,56**	1,89**	7**	0ns	-	-	-	-	-	-	-	23,33**	8,23**	6,28**	8,22**	46,66**	-
	k	0,38ag	1,10ag	0,16ag	- 1,97un	-	1,2 E+14al	-	-	-	-	-	0,04ag	0,14ag	0,19ag	0,13ag	0,02ag	1,2 E+14al
	$\chi^2$	274,18	313,59	309	68	-	69	-	-	-	-	-	270	192	328	524,43	297,33	69

Tabela 3. Teste de qui-quadrado de oviposição de *C. psidii* (Coleoptera: Curculionidae) (Poisson, Binomial Negativa) em *P. guajava*, cultivar Pedro Sato nas safras, 2014/2015 (S. Terezinha), 2015/2016 e 2016/2017 (S. Roque do Canaã).

Campo	Amostragem (Avaliação)	Poisson		Binomial	
		$\chi^2$	GL(nc-)	$\chi^2$	GL(nc-)
S. Terezinha, safra 14/15	23/09/2014	0i	-	0i	-
	30/09/2014	0i	-	0i	-
	07/10/2014	0i	-	0i	-
	14/10/2014	3E-7i	-	0i	-
	21/10/2014	2,24i	0	1,08i	0
	28/10/2014	10,41**	1	4,32i	0
	03/11/2014	40,85**	5	5,95ns	6
	11/11/2014	298,44**	7	835,78**	10
	18/11/2014	130,87**	6	30,20**	6
	28/11/2014	22,78**	4	5,43ns	3
	08/12/2014	178,73**	5	28,49**	6
	16/12/2014	135,63**	4	14,61*	5
	22/12/2014	37,81**	2	2,25ns	4
	06/01/2015	47,44**	2	2,87ns	3
	16/01/2015	24,10**	1	1,87ns	1
S. Roque do Canaã safra 15/16	14/11/2015	0i	0	0i	-
	21/11/2015	0i	-	-	-
	05/12/2015	156,87**	7	31,94**	9
	12/12/2015	27,42**	1	2,25ns	1
	19/12/2015	39,79**	2	3,09ns	3
	02/01/2016	9,61**	1	1,52ns	1
	09/01/2016	57,45**	2	22,35**	4
	16/01/2016	34,26**	1	11,52i	0
	23/01/2016	476,21**	7	51,69**	8
	30/01/2016	163,12**	4	29,55**	6
	07/02/2016	68,77**	4	10,74ns	6
	13/02/2016	172,14**	4	31,92**	6
	20/02/2016	50,83**	4	4,1ns	6
	27/02/2016	40,04**	2	16,50**	4
	12/03/2016	70,71**	3	23,85**	4
	26/03/2016	60,50**	3	7,76ns	4
	09/04/2016	28,35**	2	6,51ns	3
29/10/2016	7,2E-7i	-	0i	-	
05/11/2016	84,38**	5	5,49ns	7	



S. Roque do Canaã safra 16/17	12/11/2016	186,18**	5	41,30**	7
	19/11/2016	1071,64**	8	247,64**	9
	26/11/2016	70,08**	5	38,23**	4
	03/12/2016	10,26ns	6	8,39ns	5
	10/12/2016	19,85**	5	38,76**	6
	17/12/2016	698,07**	4	203,97**	6
	24/12/2016	151,70**	5	59,07**	7
	07/01/2017	19,64**	4	0,73ns	5
	14/01/2017	21,98**	5	8,76ns	7
	21/01/2017	158,57**	4	23,42**	5
	28/01/2017	140,39**	3	44,97**	5
	04/02/2017	48,59**	2	6,22ns	3
	11/02/2017	14,01**	1	1,21ns	1
	18/02/2017	9,43**	1	1,15i	0
	25/02/2017	0,49i	0	0,04i	-

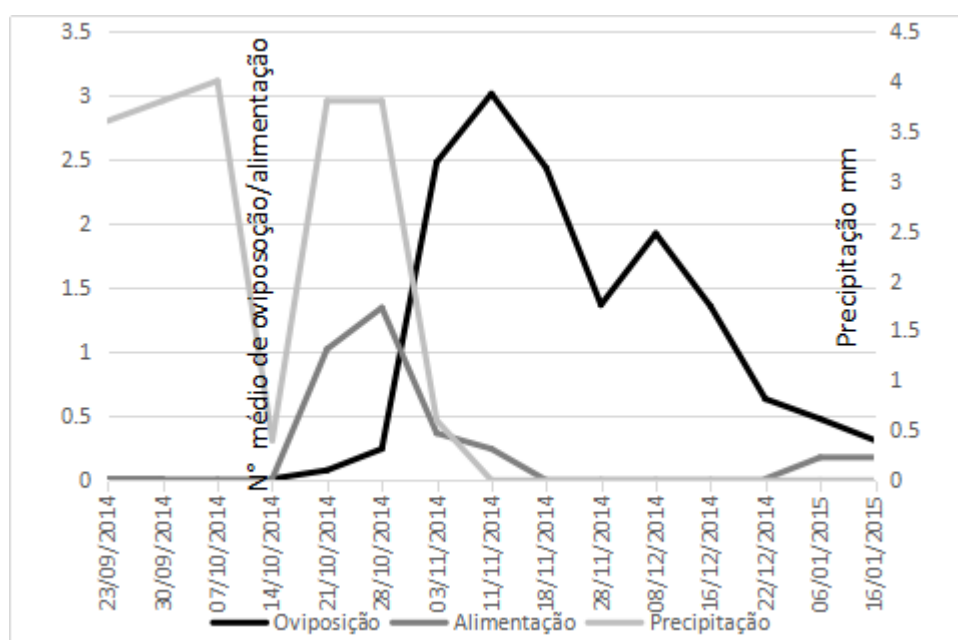
ns - não significativo; \*\* - significativo a 1%;  $\chi^2$  - valor do qui-quadrado calculado; GL - graus de liberdade nc - número de classes observadas; i - insuficiência de classes.

Tabela 4. Teste de qui-quadrado de alimentação de *C. psidii* (Coleoptera: Curculionidae) (Poisson, Binomial Negativa) em *P. guajava*, cultivar Pedro Sato nas safras, 2014/2015 (S. Terezinha), 2015/2016 e 2016/2017 (S. Roque do Canaã).

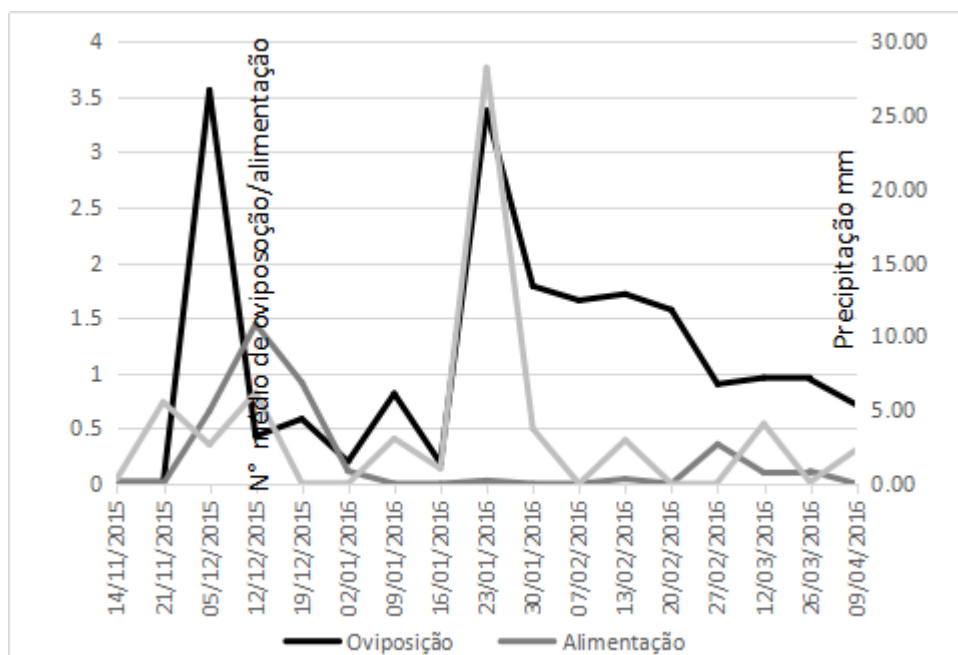
Campo	Amostragem (Avaliação)	Poisson		Binomial	
		$\chi^2$	GL(nc-	$\chi^2$	GL(nc-
S. Terezinha, safra 14/15	23/09/2014	0,01i	-	-	-
	30/09/2014	0i	-	-	-
	07/10/2014	0i	-	-	-
	14/10/2014	0,01i	-	-	-
	21/10/2014	45,82**	3	7,32ns	4
	28/10/2014	239,08**	4	41,55**	6
	03/11/2014	26,47**	1	56,06**	2
	11/11/2014	19,18**	1	30,67**	1
	18/11/2014	0i	-	-	-
	28/11/2014	0i	-	-	-
	08/12/2014	0i	-	-	-
	16/12/2014	0i	-	-	-
	22/12/2014	0,01i	-	-	-
	06/01/2015	0,06ns	1	0,58i	-
	16/01/2015	12,48**	1	9,42i	0
S. Roque do Canaã safra 15/16	14/11/2015	7,2E-7i	-	0i	-
	21/11/2015	0i	-	-	-
	05/12/2015	16,23**	2	0,96ns	3
	12/12/2015	169,99**	4	16,22**	5
	19/12/2015	39,09**	2	5,73ns	4
	02/01/2016	0,36i	0	1,18ns	1
	09/01/2016	0i	-	-	-
	16/01/2016	0i	-	-	-
	23/01/2016	1,2E-5i	-	0i	-
	30/01/2016	0i	-	-	-
	07/02/2016	0i	-	-	-
	13/02/2016	0i	0	0i	-
	20/02/2016	0i	-	-	-
	27/02/2016	16,68**	1	3,54ns	2
	12/03/2016	1,17i	0	0,93i	0
	26/03/2016	1,87i	0	0,37i	0
	09/04/2016	0i	-	-	-
29/10/2016	146,25**	3	33,36**	4	
05/11/2016	343,47**	8	30,80**	10	

S. Roque do Canaã safra 16/17	12/11/2016	47,21**	3	12,11**	3
	19/11/2016	0i	0	0i	-
	26/11/2016	0i	-	-	-
	03/12/2016	7,2E-7i	-	0,01i	-
	10/12/2016	0i	-	-	-
	17/12/2016	0i	-	-	-
	24/12/2016	0i	-	-	-
	07/01/2017	0i	-	-	-
	14/01/2017	0i	-	-	-
	21/01/2017	2,31i	0	1,54i	0
	28/01/2017	14,46**	1	2,32ns	1
	04/02/2017	48,09**	2	7,38ns	3
	11/02/2017	71,95**	2	12,73**	3
	18/02/2017	2,66i	0	1,15i	0
	25/02/2017	69,99i	-	0,01i	-

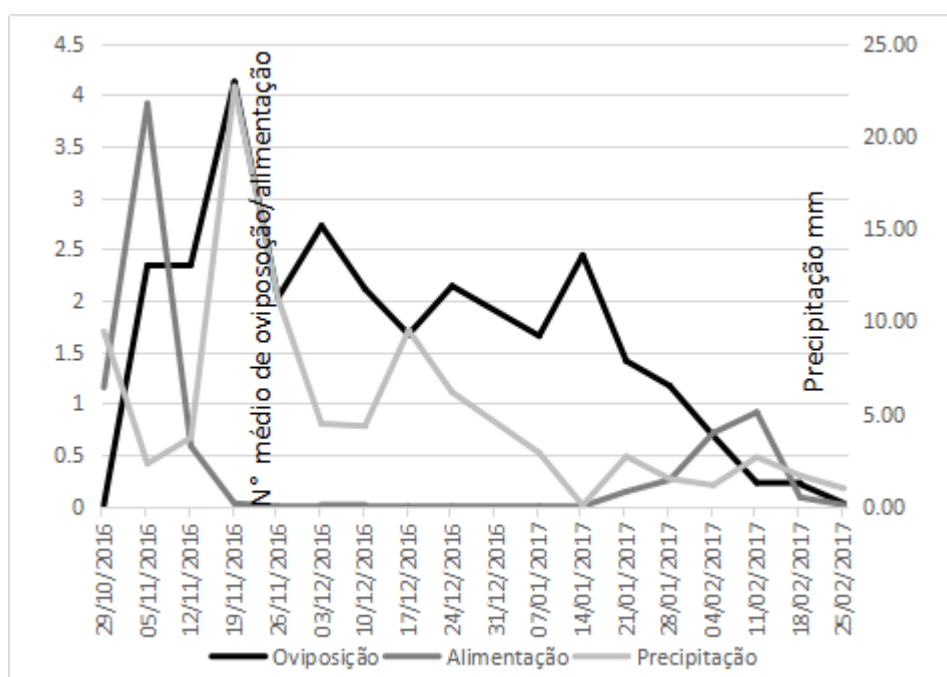
ns - não significativo; \*\* - significativo a 1%;  $\chi^2$  - valor do qui-quadrado calculado; GL - graus de liberdade nc - número de classes observadas; i - insuficiência de classes.



**Figura 3.** Flutuação média de danos de alimentação e oviposição de *C. psidii*, no ano agrícola 2014/15, em Gleba de Santa Terezinha, Itaporã, MS.



**Figura 4.** Flutuação média de alimentação e oviposição de *C. psidii*, no ano agrícola 2015/16, em São Roque do Canaã, ES.



**Figura 5.** Flutuação média de alimentação e oviposição de *C. psidii*, no ano agrícola 2016/17, em São Roque do Canaã, ES.

## Referências

- ALENCAR, J. R. C. C. **Dinâmica populacional, distribuição espacial e plano de amostragem sequencial de *Sphenophorus levis vaurie*, 1978 (Coleoptera: curculionidae) em cana-de-açúcar**. Tese, Unesp Jaboticabal, 68 p., 2016.
- ALMEIDA, J. G. F. Barreira às exportações de frutas tropicais. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.27, suplemento, n. S7-S10, 2002.
- BAILEZ, O. E.; VIANA-BAILEZ, A. M.; DE LIMA J. O. G.; MOREIRA, D. O. Life – history of the guava weevil *Conotrachelus psidii* Marshall (Coleoptera: Curculionidae) under laboratory conditions. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 32, n. 2, p. 203-207, 2003.
- BARBOSA, J. C. A amostragem sequencial. In: Fernandes O. A; Correia A. C. B; DE BORTOLI S. A. (ed.) **Manejo integrado de pragas e nematóides**. Funep, Jaboticabal, p. 205-211, 1992.
- ELLIOTT, J. M. **Some methods for the statistical analysis of sample benthic invertebrates**. Ambleside, Freshwater Biological Association, 157 p., 1979.
- FERNANDES, M. G.; BUSOLI, A. C.; BARBOSA, J. C. Spatial distribution of *Alabama argillacea* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) on cotton crop. **Neotropical Entomology**, v. 32, p. 107-115, 2003.
- GRIGOLLI, J.F.J.; SOUZA, L.A.; FERNANDES, M.G.; BUSOLI, A. C. Spatial Distribution of Adult *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) and Damage to Cotton Flower Buds Due to Feeding and Oviposition. **Neotropical Entomology**, v. 46, p. 442, 2017.
- KORBES, D.; SILVEIRA, A. F.; HYPPOLITO, M. Â.; MUNARO, G. Alterações no sistema vestibulococlear decorrentes da exposição ao agrotóxico: revisão de literatura. **Revista da sociedade brasileira de fonoaudiologia**, v. 15, n. 1, p. 146-152, 2010.
- MONROY, R. A.; INSUASTY, O. I. Biología del Picudo de la guayaba *Conotrachelus psidii* (Marshall) (Coleoptera: Curculionidae). **Revista Corpoica – Ciencia y Tecnología Agropecuaria**, Colômbia, v. 7, n. 2, p. 73-79, 2006.
- RABINOVICH, J. E. **Introducion a la ecologia de poblaciones animales**. México: CECSA, 313 p., 1980.
- RODRIGUES, T. R.; FERNANDES, M. G.; DEGRANDE, P. E.; MOTA, T. A. Spatial Distribution of Eggs of *Alabama argillacea* Hübner and *Heliothis virescens* Fabricius (Lepidoptera: Noctuidae) on Bt and non-Bt Cotton. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 87, n. 4, p. 2243-2253, 2015.

RUESINK, W.G. **Introduction to sampling theory**. In: M. Kogan & D.G. Herzog. Sampling methods on soybean entomology. New York, Springer-Verlag, 587p., p. 60-78, 1980.

RUESNIK, W. G.; KOGAN, M. **The quantitative basis of pest management and measuring**. In: METCALF, R.L.; LUCKMANN, W.H. Introduction to insect pest management. New York: John Wiley & Sons, p. 309-351, 1975.

SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O.; BARBIN, D.; VILLA NOVA, N. A. **Manual de ecologia de insetos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 419 p., 1976.

SOUTHWOOD, T. R. E. **Ecological methods with particular reference to the study of insect populations**, London: Methuen, 391 p., 1966.

TAYLOR, L. R. Assessing and interpreting the spatial distributions of insect populations. **Annual Review of Entomology**, v. 29, n. 1, p. 321-357, 1984.

VALENTE, F. I.; BENASSI, V. L. R. M. Aspectos biológicos e técnica de criação do gorgulho-da-goiaba, *Conotrachelus psidii* marshall (Coleoptera: Curculionidae). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 2, p. 339-345, 2014.

YOUNG, L. J.; YOUNG, J. **Statistical Ecology: A Population Perspective**, Boston: Kluwer Academic., 565 p., 1998.

### **CAPÍTULO III**

#### **Plano de amostragem sequencial de adultos de *Conotrachelus psidii* (Marshall, 1922) (Coleoptera: Curculinidae) na cultura da goiabeira**

(De acordo com as normas da ABNT)

**Plano de amostragem sequencial de adultos de *Conotrachelus psidii* (Marshall, 1922) (Coleoptera: Curculionidae) na cultura da goiabeira**

Fabricio Iglesias Valente<sup>1</sup>; Marcos Gino Fernandes<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Programa de Pós Graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade. Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais (FCBA). Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD). Grande Dourados-Itahum, km 12, Dourados 79804-970.

**Resumo**

*Conotrachelus psidii* (Coleoptera: Curculionidae) é uma das mais importantes pragas da goiabeira e não existem planos de amostragens para seu manejo. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi desenvolver um plano de amostragem sequencial para o gorgulho da goiaba. Os estudos foram conduzidos em Itaporã, Estado do Mato Grosso do Sul, região Centro oeste do Brasil, no ano agrícola de 2014/2015, com tamanho amostral de 90 plantas (parcelas) e no município de São Roque do Canaã, Estado do Espírito Santo, região Sudeste Brasileira, nos anos agrícolas de 2015/2016 e 2016/2017, com tamanho de amostra de 70 plantas. O plano de amostragem sequencial foi elaborado com base no Teste Sequencial da Razão da Máxima Verossimilhança (TSRV), sendo adotado o nível de controle de 1,5 e nível de segurança de 0,7 adultos por planta, com base na média do número de adultos por parcela nos três anos de amostragem. Os valores adotados para os erros do tipo I e tipo II foram de  $\alpha = \beta = 0,05$ . As linhas paralelas para tomada de decisão, foram representadas por  $S1 = 9,0256 + 0,6681n$ , indicando o limite superior e rejeitando  $H_0$ , ou seja, controlar a praga e  $S0 = -9,0256 + 0,6681n$ , indicando o limite inferior e aceitando  $H_0$ , ou seja, não controlar. O plano de amostragem sequencial desenvolvido para *C. psidii* indicou que o número máximo de unidades de amostra esperadas para a tomada de decisões é de 45 amostras e o número mínimo de 15 unidades amostrais.

Palavras-chave: *Psidium guajava*, gorgulho da goiaba, MIP.

**Abstract**

*Conotrachelus psidii* (Coleoptera: Curculionidae) is one of the most important guava pests and there are no sampling plans for its management. Thus, the objective of this work was to develop a sequential sampling plan for guava weevil. The studies were



conducted in Itaporã, State of Mato Grosso do Sul, midwestern region of Brazil, in the agricultural year of 2014/2015, with a sample size of 90 plants (parcels) and in the municipality of São Roque do Canaã, State of Espírito Santo, Southeastern Brazilian region, in the agricultural years of 2015/2016 and 2016/2017, with a sample size of 70 plants. For samplings, a beating cloth was placed underneath the plants, covering every dimension of the crown. The branches were agitated for the adult insects to fall on the beating cloth and be identified and counted. The sequential sampling plan was developed based on the Sequential Maximum Likelihood Ratio Test (TSRV), with a control level of 1.5 and a safety level of 0.7 adults per plant, based on the mean number of adults by plot in the three years of sampling and in the scarce literature on the subject. The values adopted for type I and type II errors were  $\alpha = \beta = 0.05$ . The parallel lines for decision making were represented by  $S1 = 9.0256 + 0.6681n$ , indicating the upper limit and rejecting  $H_0$ , that is, controlling the pest and  $S0 = -9.0256 + 0.6681n$ , indicating the limit lower and accepting  $H_0$ , ie not controlling. The sequential sampling plan developed for *C. psidii* indicated that the maximum number of sample units expected for decision making is 45 samples and the minimum number of 15 sample units.

**Keywords:** *Psidium guajava*, guava weevil, IPM.

## Introdução

O mercado de frutas se encontra cada vez mais focado na qualidade do produto produzido, sendo que o conceito de qualidade, nos dias atuais, exige que a produção agrícola cumpra normas de qualidade preestabelecidas, apresente produtos saudáveis, considere a preservação do meio ambiente e a segurança do produtor (GONZALEZ-MORO, 2003).

O Brasil está localizado na região Neotropical, onde os fatores ambientais são favoráveis à produção contínua de frutas, ocupando o terceiro lugar na produção mundial de frutíferas (IBRAF, 2015), porém, somente 3% de sua produção foi exportada em 2014 (IBGE, 2014). No caso de *Psidium guajava*, os fatores que restringem a exportação da fruta *in natura* são: o pouco conhecimento do produto por parte dos consumidores dos mercados mais rentáveis economicamente, o alto grau de

percebilidade do fruto na fase de pós-colheita e a qualidade desse produto (PARANHOS et al., 2007).

Uma das estratégias utilizadas para atender essas novas demandas do setor frutícola foi a elaboração de técnicas de produção preconizadas pelo sistema de produção integrada de frutas (PIF), que busca racionalizar o uso de agroquímicos, sem prejuízos à produção e a produtividade das culturas (TIBOLA & FACHINELLO, 2004). Os princípios básicos que regem a PIF são elaboração e desenvolvimento de normas específicas para cada cultura. O monitoramento de pragas é fundamental no sistema PIF, assim como estudar os hábitos das pragas, a fim de melhorar a eficiência na aplicação de agrotóxicos, e permitir pulverizações localizadas quando a população das pragas atingir o nível de dano econômico.

A larva do gorgulho-da-goiaba, *Conotrachelus psidii* (Marshall, 1922) (Coleoptera: Curculionidae) se desenvolve no interior do fruto, e sua fase pré-pupal e pupal permanece no solo, sendo que apenas o adulto fica exposto às pulverizações de inseticidas, o que dificulta seu controle populacional (BAILEZ et al., 2003; VALENTE & BENASSI, 2014). Assim, o manejo desse inseto requer amostragem rápida e eficiente para garantir o sucesso e a eficiência dos métodos de controle (FENG et al., 1993; FERNANDES et al., 2003). A amostragem sequencial é uma alternativa considerada mais rápida e confiável (FERNANDES et al., 2003). A amostragem sequencial caracteriza-se por utilizar um conjunto de amostras de número variável em vez de número fixo de unidades amostrais por área estudada, sendo que neste tipo de amostragem são testadas hipóteses (controle ou não controle) sobre os parâmetros sem a necessidade de estimá-los (BARBOSA, 1992).

Para desenvolver um plano de amostragem sequencial, seguindo o método da razão da máxima verossimilhança, é necessário determinar alguns parâmetros (WALD, 1945): o padrão de distribuição espacial da espécie (GILES et al., 2000); nível de controle e o nível de segurança do inseto na cultura; e os erros tipo I ( $\alpha$ ) e tipo II ( $\beta$ ) (YOUNG; YOUNG, 1998).

Assim, o objetivo desse estudo foi estabelecer um plano de amostragem sequencial para *C. psidii* na cultura da goiabeira.

## **Material e métodos**

### **Área experimental**

Foram utilizadas duas áreas amostrais, com cultivos conduzidos com regime de poda, sem irrigação. Essas áreas foram escolhidas devido aos seus históricos de altas infestações em safras anteriores.

A primeira área amostral constou de um pomar orgânico com a cultivar Pedro Sato, com plantas de sete anos, em um espaçamento de 7 x 5 metros (21°54'21.82"S; 54°41'56.90"O), situado no município de Itaporã, Estado do Mato Grosso do Sul, região Centro oeste do Brasil. A segunda área utilizada para o estudo, está localizada no município de São Roque do Canaã, Estado do Espírito Santo, região Sudeste Brasileira, sendo um cultivo convencional com cinco anos, com espaçamento de 7 x 6 metros (19°40'39.6"S; 40°42'06.1"O).

Em um dos lados da cultura da goiaba, encontrava-se um cultivo de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) em Itaporã, MS, e no Espírito Santo a área experimental tem divisa a uma pequena Área de Preservação Permanente.

### **Amostragens**

Em ambas as áreas amostrais, as avaliações foram realizadas semanalmente.

Para manter a área de bordadura com o mesmo número de plantas em cultivos de diferentes tamanhos, foi utilizado um número de parcelas (tamanho da amostra) distinto em cada área. Em Mato Grosso do Sul foram utilizadas 90 plantas, sendo cada planta correspondente a uma parcela. No ano agrícola de 2014/2015 ocorreram 15 amostragens desde o período de emergência de *C. psidii* do solo para atingir a copa das plantas (aproximadamente 120 dias após a poda de frutificação), até o término do período de infestação. No Estado do Espírito Santo a área amostral constava de 70 plantas, sendo que cada parcela era representada por uma planta. As amostragens foram realizadas nos anos agrícolas de 2015/2016 e 2016/2017, e também ocorreram desde a emergência de *C. psidii* do solo até o final do período de ocorrência, num total de 17 amostragens em cada ano agrícola de avaliação.

Para as amostragens, visando a determinação do padrão de distribuição espacial de adultos de *C. psidii*, foi colocado uma lona branca sob cada uma das plantas, abrangendo toda a dimensão da copa da goiabeira, tendo-se o cuidado de não agitar os galhos. Após a colocação da lona, os galhos da planta foram agitados para que os adultos presentes caíssem na lona e fossem identificados e contados. Tomou-se o

cuidado em realizar uma agitação uniforme dos galhos para que todas as plantas das áreas amostrais fossem agitadas com intensidade similar.

### **Plano de amostragem sequencial**

O plano de amostragem sequencial foi elaborado com base no Teste Sequencial da Razão da Máxima Verossimilhança (TSRV) proposto por Wald (1945). O TSRV permite testar, com menor número esperado de amostras, as hipóteses  $H_0: m = m_0$  e  $H_1: m = m_1$ , onde  $m$  representa a porcentagem de adultos presentes, e  $m_1 > m_0$ . A rejeição de  $H_0$ , ou seja, a aceitação de  $H_1$ , indica a necessidade da utilização de uma tática de controle populacional do inseto; ao contrário, a aceitação de  $H_0$  indica a não necessidade de controle do organismo no momento da amostragem (BARBOSA, 1992).

O índice K comum ( $K_c$ ) é um método utilizado quando várias amostragens são realizadas em uma mesma amostra ou quando se utiliza de estudos realizados em várias amostras com o intuito de se conseguir maior confiabilidade no cálculo do  $k$  da distribuição Binomial Negativa (BLISS & OWEN, 1958). Valores correspondentes aos erros tipos I e II foram previamente fixados em  $\alpha = \beta = 0,05$ , o que é bastante usual para esse tipo de trabalho (NARANJO & HUTCHINSON, 1997; GALVAN et al., 2007; PRAGER et al., 2013).

Considerando o grande potencial reprodutivo e dano direto provocado por *C. psidii* na cultura da goiabeira, foi adotado que o nível de controle e nível de segurança fossem 5% dos adultos. Para fixar os valores de  $m_0$  e  $m_1$  foi calculada a média do número adultos por parcelas nos três anos de estudos. Assim, fixou-se  $m_0$  e  $m_1$  com base no valor obtido do número médio de adultos por amostragem semanal e nos índices acima mencionados.

Os valores para os erros tipo I e tipo II foram  $\alpha = \beta = 0,05$ , valores estes os mais indicados para estudos com insetos (YOUNG & YOUNG, 1998). Os níveis de erro utilizados resultam no número de amostragens ou tamanho da amostra necessária para tomada de decisão mais viável no dia da avaliação, seguindo-se uma sequência de avaliações periódicas como prescreve um sistema de manejo integrado de pragas (ALLEN et al., 1972; SOUTHWOOD, 1978).

Os valores de  $h_0$ ,  $h_1$  e  $\alpha$ , bem como a curva característica da operação  $[CO(p)]$ , e a curva do tamanho esperado de amostras  $[E(N)]$  foram calculados de acordo com Young e Young (1998).

## Resultados

O plano de amostragem sequencial foi construído com os resultados da distribuição espacial dos adultos de *C. psidii* na cultura da goiabeira, tendo as amostras melhor ajuste ao teste da binomial negativa. Cada modelo de distribuição espacial resulta em planos de amostragem sequencial calculados de forma diferenciada (YOUNG & YOUNG, 1998), o modelo apresentado nesse estudo pode ser aplicável independentemente da cultivar amostrada.

Diversos métodos para estimativa do  $K_c$  têm sido propostos (ANSCOMBE, 1950; BLISS & FISHER, 1953). O método utilizado no nosso plano de amostragem proposto por Bliss & Owen (1958) é o mais utilizado na literatura (FERNANDES et al., 2003; FERNANDES et al., 2011; ELLIOTT et al., 2014). Portanto, baseado no conjunto de 49 amostragens, o valor calculado do  $K$  comum ( $K_c$ ) foi 0,7535. Foram determinados os níveis de infestação, baseados no número médio de adultos encontrados durante os três anos de coleta. Assim, o nível de segurança foi  $m_0 = 0,6$ , e o nível de ação foi  $m_1 = 1,2$  (Figura 1).

Os valores adotados para os erros do tipo I e tipo II foram de  $\alpha = \beta = 0,05$ . As linhas paralelas para tomada de decisão, foram representadas por  $S_1 = 9,0256 + 0,6681n$ , indicando o limite superior e rejeitando  $H_0$ , ou seja, controlar e  $S_0 = -9,0256 + 0,6681n$ , indicando o limite inferior e aceitando  $H_0$ , ou seja, não controlar (Figura 1). A partir das equações matemáticas de  $S_1$  e  $S_0$ , é possível construir uma tabela, para facilitar os trabalhos de campo.

As Curvas Características da Operação  $CO(p)$  indicam a probabilidade de tomar uma decisão correta para um determinado nível de infestação. De acordo com o plano de amostragem preparado, foi possível verificar a probabilidade de aceitar  $H_0 = 0,6$  (média de 0,6 adultos por planta) não recomendando o controle é de 95%, assim como a probabilidade de aceitar  $H_1 = 1,2$  (média de 1,2 adultos por planta) é de 91%, alcançando os 95% com um número médio 2 adultos por planta (Figura 2).

Para os parâmetros estabelecidos a Curva do Tamanho Esperado de Unidades Amostrais  $Ep(n)$  determinou que o número mínimo de 15 amostras e máximo de 45 amostras são os extremos do plano de amostragem para adultos de *C. psidii* nos parâmetros estabelecidos (Figura 3).

## Discussão

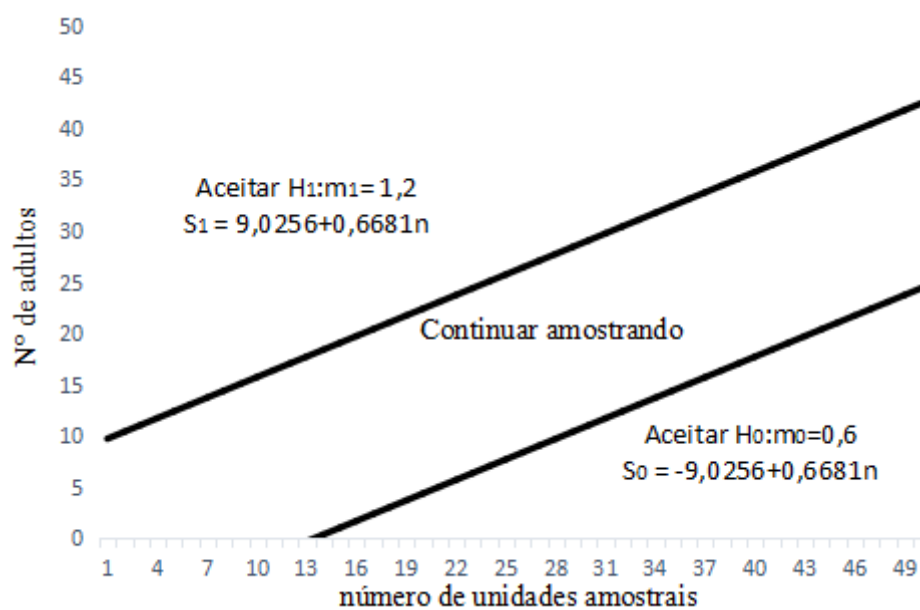
O plano de amostragem sequencial de adultos pode ser útil para o monitoramento logo após o início das chuvas, momento no qual os adultos encontram as condições do solo propícia para saída do solo. Outro ponto positivo do método, é o controle mecânico durante o monitoramento que se torna bastante viável, sendo que após estarem sobre a lona, são facilmente coletados, podendo ser mortos por esmagamento ou a utilização de um frasco mortífero. Contudo, para ser realizado o monitoramento com agilidade, são necessários dois técnicos, para estender a lona por baixo da copa sem que estas sejam agitadas antes das lonas serem completamente estendidas, obtendo maior ganho de tempo.

Desta forma, nas avaliações, cada planta equivale a uma parcela, o número de adultos encontrados em uma parcela, deve ser somado com o acumulado das parcelas anteriores. Assim, se o total de adultos de *C. psidii* somados for igual ou exceder ao limite superior, recomenda-se o controle da população amostrada. Porém se o total de adultos somados for igual ou menor que o limite inferior, o controle não é recomendado. As amostragens durante o período crítico, devem ser realizadas com no máximo sete dias de intervalo (Anexo 1).

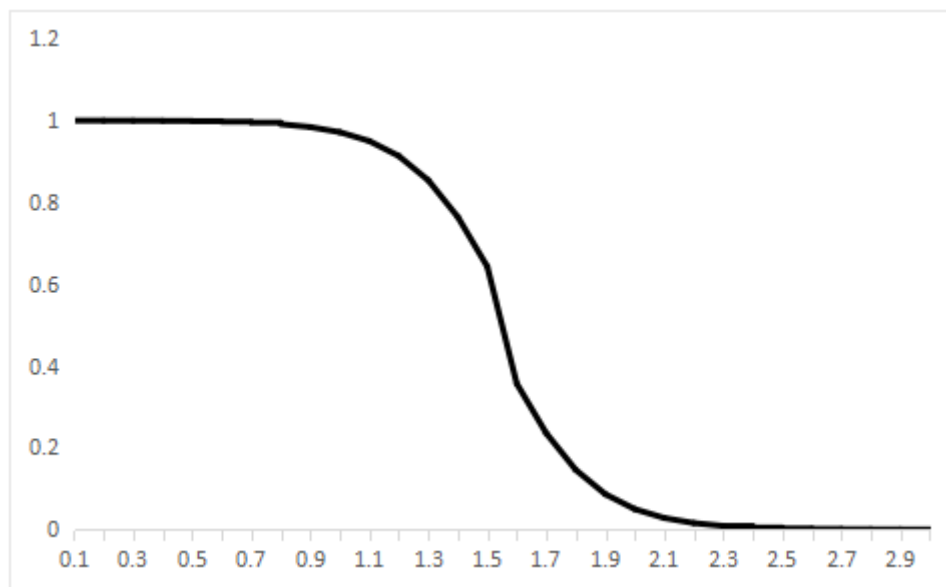
A qualidade do plano de amostragem pode ser avaliada, observando a curva característica operacional  $CO(p)$ , quanto mais inclinada (descendo próximo a zero) à curva operacional, menor é a probabilidade de erro na tomada de decisão. A priorização da confiabilidade da amostra na escolha de  $\alpha = \beta = 0,05$  resultou em um número máximo de 45 amostras determinado no  $Ep(n)$ . Mesmo no caso de ser necessário realizar o número máximo de amostras, o tempo gasto para tomada de decisão, é viável e compatível com a forma que a cultura é conduzida, diminuindo o tempo e o custo na amostragem dos adultos de *C. psidii* na cultura da goiaba.

Com o conhecimento do padrão de distribuição gregária dos adultos do gorgulho, as amostragens podem ser realizadas de modo que as reboleiras sejam marcadas durante o monitoramento, isso permite que, caso a tática de controle seja pulverização possa ser realizado de maneira pontual. Assim, o impacto causado na população de inimigos naturais pode ser minimizado. A distribuição agregada, quando comparada a outros tipos de distribuição, exige um maior número de amostras até uma tomada de decisão.

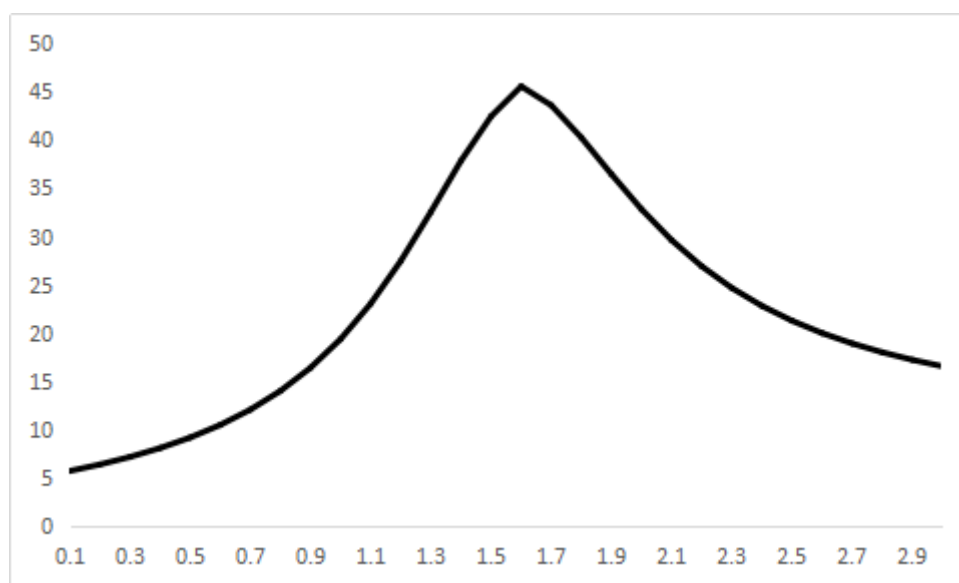
Para o sucesso no controle do gorgulho, é imprescindível monitorar a população de *C. psidii* na cultura da goiabeira, no momento em que os adultos encontram condições propícias para sair do solo, no início das chuvas, onde os adultos se agregam e as fêmeas estão no período de pré-oviposição (BAILEZ et al., 2003; VALENTE & BENASSI, 2014; PALACIO-CORTÉS, et al., 2015).



**Figura 1.** Linha da tomada de decisão do plano de amostragem sequencial de adultos de *C. psidii* na cultura da goiabeira.



**Figura 2.** Curva Característica de Operação  $CO(p)$ , dos planos de amostragem de adultos de *C. psidii* na cultura da goiabeira.



**Figura 3.** Curva do Tamanho Esperado de Unidades Amostrais  $E_p(n)$  do plano de amostragem sequencial para o número médio de adultos de *C. psidii* na cultura da goiabeira.



## Referências

- ALLEN, J.; GONZALEZ, D.; GOKHALE, D. V. Sequential sampling plans for the bollworm, *Heliothis zea*. **Environmental Entomology**, Lanham, v. 1, p. 771-780, 1972.
- ANSCOMBE, F. J. Sampling theory of the negative binomial and logarithmic series distributions. **Biometrika**, v. 37, p. 358-382, 1950.
- BAILEZ, O. E.; VIANA-BAILEZ, A. M.; DE LIMA J. O. G.; MOREIRA, D. O. Life – history of the guava weevil *Conotrachelus psidii* Marshall (Coleoptera: Curculionidae) under laboratory conditions. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 32, n. 2, p. 203-207, 2003.
- BARBOSA, J. C. A amostragem sequencial. In: Fernandes O. A; Correia A. C. B; DE BORTOLI S. A. (ed.) **Manejo integrado de pragas e nematóides**. Funep, Jaboticabal, p. 205-211, 1992.
- BLISS, C. I.; FISHER, R. A. Fitting the negative binomial distribution to biological data and note on the eficiente fitting of the negative binomial. **Biometrics**, v. 9, p. 176-200, 1953.
- BLISS, C. I.; OWEN, A. R. G. Negative binomial distributions with a common k. **Biometrika**, v. 45, p. 37-58, 1958.
- ELLIOTT, N. C.; BREWER, M. J.; GILES, K. L.; BACKOULOU, B. P.; MCCORNACK, B. P.; PENDLETON, B. B.; ROYER, T. A. Sequential Sampling for Panicle Caterpillars (Lepidoptera: Noctuidae) in Sorghum. **Journal of Economic Entomology**, v. 107, n. 2, p. 846-853, 2014.
- FENG, M. G.; NOWIERSKI, R. M.; ZENG, Z.; SCHAREN, A. L. Estimation of population density of the Russian wheat aphid (Homoptera: Aphididae) from the proportion of grain tillers with the different tally threshold of aphids. **Journal of Economic Entomology**, v. 86, p. 427-435, 1993.
- FERNANDES, M. G.; BUSOLI, A. C.; BARBOSA, J. C. Spatial distribution of *Alabama argillacea* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) on cotton crop. **Neotropical Entomology**, v. 32, p. 107-115, 2003.
- FERNANDES, M. G.; SPESSOTO, R. R.; DEGRANDE, P. E.; RODRIGUES, T. R. Sequential Sampling of *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) and *Frankliniella schultzei* Trybom (Thysanoptera: Thripidae) on Cotton Crop. **Neotropical Entomology**, v. 40, p. 258-263, 2011.

GALVAN, A. T. L.; BURKNESS, E. C.; HUTCHISON, W. D. Enumerative and binomial sequential sampling plans for the multicolored Asian lady beetle (Coleoptera: Coccinellidae) in wine grapes. **Journal of Economic Entomology**, v. 100, p. 1000-1010, 2007.

GILES, K. L.; ROYER, T. A.; ELLIOTT, N. C. Development and validation of a binomial sequential sampling plan for the greengug (Homoptera: Aphididae) infesting winter wheat in the southern plains. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 93, p.1522-1530, 2000.

IBGE– Instituto brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal: Culturas temporárias e permanentes**. Rio de Janeiro RJ, v. 41, p.1-100, 2014.

IBRAF - Série agronegócios – Cadeia produtiva, volume 7. Disponível em <[http://www.ibraf.org.br/x\\_files/Documentos/Cadeia\\_Produtiva\\_de\\_Frutas\\_S%C3%A9rie\\_Agroneg%C3%B3cios\\_MAPA.pdf](http://www.ibraf.org.br/x_files/Documentos/Cadeia_Produtiva_de_Frutas_S%C3%A9rie_Agroneg%C3%B3cios_MAPA.pdf)>. Acesso em: 20 Agos. 2015.

GONZALEZ-MORO, J. J. O. La trazabilidad y cultivos controlados e integrados. Santa Cruz de Tenerife: Jornada Autonómica de la Comunidad Canaria, 2002. [Links] Disponível:<<http://www.libroblancoagricultura.com/libroblanco/jautonomica/canarias/comunicaciones/oramas.pdf>>. Acesso em: 18 jun. 2015.

NARANJO, S. E.; HUTCHISON, W. D. Validation of arthropod sampling plans using a resampling approach: software and analysis. **American Entomology**, p. 48-57, 1997.

PALACIO-CORTÉS, A. M.; VALENTE, F.; SAAD, E. B.; TRÖGER, A.; FRANCKE, W.; ZARBIN, P. H. G. (1R,2S,6R)-Papayanol, Aggregation Pheromone of the Guava Weevil, *Conotrachelus psidii*. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 26, n. 4, p. 784-789, 2015.

PARANHOS, B. A. J.; WALDER, J. M. M.; ALVARENGA, C. D. Parasitismo de larvas da mosca-domediterrâneo por *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) em diferentes cultivares de goiaba. **Neotropical Entomology**, v. 36, p. 243-246, 2007.

PRAGER, S. M.; BUTLER, C. D.; TRUMBLE, J. T. A sequential binomial sampling plan for potato psyllid (Hemiptera: Triozidae) on bell pepper (*Capsicum annum*). **Pest Management Science**, v. 69, p. 1131–1135, 2013.

SOUTHWOOD, T. R. E. **Ecological methods with particular reference to the study of insect populations**, London: Methuen, 391 p., 1966.

TIBOLA, C. S.; FACHINELLO, J. C. Tendências e estratégias de mercado para a fruticultura. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 10, n. 2, p. 145-150, 2004.

VALENTE, F. I.; BENASSI, V. L. R. M. Aspectos biológicos e técnica de criação do gorgulho-da-goiaba, *Conotrachelus psidii* marshall (Coleoptera: Curculionidae). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 2, p. 339-345, 2014.

WALD, A. Sequential tests PF statistical hypotheses. **The Annals of Mathematical Statistics**, Beachwood, v. 16, n. 2, p. 117-186, 1945.

YOUNG, L. J.; YOUNG, J. **Statistical Ecology: A Population Perspective**, Boston: Kluwer Academic., 1998, 565 p.

### Anexo

Ficha de campo para amostragem sequencial de adultos de *C. psidii* na cultura da goiabeira

N° de amostras	Limite inferior (não controlar)	N° de adultos	Limite superior (controlar)
1	-		-
2	-		-
3	-		-
4	-		-
5	-		-
6	-		-
7	-		-
8	-		-
9	-		-
10	-		-
11	1		14
12	1		15
13	2		15
14	3		16
15	3		17
16	4		17
17	5		18
18	5		19
19	6		19
20	7		20
21	7		21
22	8		21
23	9		22
24	9		23
25	10		23
26	11		24
27	11		25
28	12		25
29	13		26
30	13		27



## **CAPÍTULO IV**

### **Plano de Amostragem sequencial de frutos danificados por oviposição e alimentação de *Conotrachelus psidii* (Marshall, 1922)**

(De acordo com as normas da ABNT)

**Plano de Amostragem sequencial de frutos danificados por oviposição e  
alimentação de *Conotrachelus psidii* (Marshall, 1922)**

Fabricio Iglesias Valente<sup>1</sup>; Marcos Gino Fernandes<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Programa de Pós Graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade. Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais (FCBA). Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD). Grande Dourados-Itahum, km 12, Dourados 79804-970.

**Resumo**

O gorgulho da goiaba, *Conotrachelus psidii* (Marshall, 1922) (Coleoptera: Curculinidae), representa um problema para os cultivos de *Psidium guajava* L. Os danos são causados por adultos e larvas. Assim, o objetivo do trabalho foi estabelecer um plano de amostragem sequencial para *C. psidii* na cultura da goiaba, visando sua oviposição e alimentação. Os estudos foram conduzidos em Itaporã, Estado do Mato Grosso do Sul, região Centro oeste do Brasil, no ano agrícola de 2014/2015 e no município de São Roque do Canaã, Estado do Espírito Santo, região Sudeste Brasileira, nos anos agrícolas de 2015/2016 e 2016/2017. Em Itaporã-MS, foram utilizadas 90 plantas, sendo que cada planta corresponde a uma parcela. Em São Roque do Canaã-ES, as plantas eram dispostas em 7 linhas com dez plantas em cada linha, totalizando 70 plantas, cada parcela representada por uma planta. Os planos de amostragem sequencial foram construídos com os resultados dos estudos de distribuição espacial de frutos atacados por alimentação e oviposição de *C. psidii* na cultura da goiabeira, tendo as amostras, melhor ajuste ao teste da binomial negativa. As linhas paralelas para tomada de decisão foram representadas para oviposição  $S_1 = 7,6062+0,7327n$ , indicando o limite superior e rejeitando  $H_0$ , ou seja, controlar e  $S_0 = - 7,6062+0,7327n$ , indicando o limite inferior e aceitando  $H_0$ , ou seja, não controlar. Para alimentação  $S_1 = 16,1704+1,8028n$ , indicando o limite superior e rejeitando  $H_0$ , ou seja, controlar e  $S_0 = - 16,1704+1,8028n$ . De acordo com o plano de amostragem preparado, determinou-se o número máximo de 29 amostras para frutos atacados com oviposições e 82 amostras para frutos atacados por alimentação.

Palavras-chave: Distribuição espacial, gorgulho da goiaba, amostragem, MIP.

**Abstract**

The guava weevil, *Conotrachelus psidii* (Marshall, 1922) (Coleoptera: Curculinidae), represents a problem for the cultivations of *Psidium guajava* L. Damage is caused by adults and larvae. Thus, the objective of the work was to establish a sequential sampling plan of *C. psidii* in guava culture, aiming its oviposition and feeding. The studies were conducted in Itaporã, State of Mato Grosso do Sul, midwestern region of Brazil, in the agricultural year of 2014/2015 and in the municipality of São Roque do Canaã, State of Espírito Santo, Southeastern Brazil, in the agricultural years of 2015 2016 and 2016/2017. In Ipatorã-MS, 90 plants were used, with each plant corresponding to one plot. In São Roque do Canaã-ES, the plants were arranged in 7 rows with ten plants in each row, totaling 70 plants, each plot represented by one plant. The sequential sampling plans were constructed with the results of studies of the spatial distribution of fruits attacked by feeding and oviposition of *C. psidii* in the guava crop, with the samples being better fitted to the negative binomial test. The parallel lines for decision making were represented for oviposition  $S1 = 7.6062 + 0.7327n$ , indicating the upper limit and rejecting  $H_0$ , ie, controlling  $S0 = - 7.6062 + 0.7327n$ , indicating the lower limit and accepting  $H_0$ , ie not controlling. For power supply  $S1 = 16.1704 + 1.8028n$ , indicating the upper limit and rejecting  $H_0$ , ie control and  $S0 = - 16.1704 + 1.8028n$ . According to the sampling plans prepared, determined the maximum number of 29 samples for fruits attacked with ovipositions and 82 samples for fruits attacked by feed.

**Keywords:** Spatial distribution, guava weevil, sampling, IPM.

## Introdução

O gorgulho da goiaba, *Conotrachelus psidii* (Marshall, 1922) (Coleoptera: Curculinidae), representa um problema para os cultivos de *Psidium guajava* L. em alguns países neotropicais (BAILEZ et al., 2003). Os danos são causados por adultos e larvas. As fêmeas adultas ovipositam no interior de frutos não maduros, e a alimentação das larvas resulta na podridão, deformação e amadurecimento precoce dos frutos. As larvas migram para o solo e formam uma câmara pupal, permanecendo nela até que as condições climáticas estejam favoráveis para a emergência dos adultos. Os adultos se alimentam de pecíolos, botões florais e pedúnculos das plantas causando redução na produção de goiaba. Em pequenas áreas de pomar, este inseto é monitorado e / ou controlado por captura manual de adultos, coleta de frutos infestados e ensacamento de



frutos. Em contrapartida, em pomares maiores o controle dos adultos é feito por meio de aplicações de inseticidas, sendo que, as aplicações de inseticidas não são eficazes para reduzir o dano larval, uma vez que as larvas se encontram no interior dos frutos ou no solo (MONROY & INSUASTY, 2006).

O conhecimento da dinâmica populacional e das densidades populacionais que causam danos econômico às culturas é imprescindível para um manejo sustentável da agricultura. Para aferir as infestações dos insetos nas áreas cultivadas se faz necessário realizar amostragens periódicas e sucessivas para o sucesso do MIP (FERNANDES et al., 2002). Dessa forma, a tomada de decisão no MIP segue protocolos que auxiliam na decisão sobre a ação de manejo com base em uma análise do nível da população de pragas, no qual os planos de amostragem são um componente crucial do MIP, pois possibilita a consideração de controlar ou não uma determinada praga (FERNANDES et al., 2011).

A mesma área pode ser amostrada várias vezes ao longo de um período de tempo, com foco no ciclo de vida do inseto (KUNO, 1991). Esses estudos geralmente fornecem informações sobre a dinâmica populacional em uma área específica ao longo dos anos, possibilitando a correlação entre os níveis populacionais com alguns fatores de solo e climáticos (KAPLAN & EUBANKS, 2002). Normalmente, as informações derivadas desses estudos nos permitem construir tabelas de vida, avaliando níveis de parasitismo, taxas de dispersão e mudanças na população; eles também ajudam a determinar os fatores que dirigem e regulam grandes populações de insetos (QAIM & ZILBERMAN, 2003).

A informação da distribuição espacial de uma praga (uniforme, aleatório ou agregado) pode determinar a quantidade de amostras a serem avaliadas, principalmente em amostragem sequencial (ELLIOT & KIECKHEFER, 1986; FENG et al. 1993). Na amostragem sequencial, o número de unidades de amostra por área é variável, o que ajuda a reduzir o tempo gasto na amostragem e a diminuir os custos de produção sem perder a confiabilidade da amostragem para a tomada de decisão. Além disso, as unidades são examinadas em sequência até que as decisões possam ser tomadas com base nos dados acumulados sobre se os resultados devem ser aceitos ou rejeitados, ou se a amostragem deve continuar (BARBOSA, 1992).

Para desenvolver um plano de amostragem sequencial, seguindo o método da máxima razão de verossimilhança (WALD, 1947), são necessárias três condições: 1)

distribuição espacial da espécie-praga (GILES et al., 2000) ou de seus danos através da determinação dos índices de agregação e as distribuições de frequência; 2) o nível de ação e o nível de controle do inseto-praga na cultura; e 3) previamente estabelecidos os valores do erro de tipo I (a) e do erro de tipo II (b) (YOUNG & YOUNG, 1998).

A amostragem sequencial pode ser aplicada a agroecossistemas e ecossistemas naturais, com possível utilização de método de amostragem sequencial para a determinação rápida e precisa do direito de gerenciar os alvos de pragas e reduzir o número de aplicações de inseticidas (FERNANDES et al., 2003). Os planos de amostragem sequencial podem, portanto, ser considerados ferramentas valiosas quando você já possui conhecimentos básicos sobre as populações de pragas e seus inimigos naturais, incluindo estudos sobre comportamento e definição de níveis de controle e segurança, entre outros requisitos necessários para desenvolver esses planos (FERNANDES et al., 2002).

No Brasil, estão disponíveis planos de amostragem sequenciais para algumas pragas de goiabeira, como o triozídeo da goiabeira, *Triozoida limbata* (Enderlein, 1918) (Hemiptera: Triozidae) (MARCELINO, 2013) e moscas das frutas *Anastrepha* e *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) (NASCIMENTO, 2016). Assim, o objetivo do trabalho foi estabelecer um plano de amostragem sequencial de *C. psidii* na cultura da goiaba, visando sua oviposição e alimentação.

## **Material e Métodos**

### **Área experimental**

Foram utilizadas duas áreas amostrais, com cultivos conduzidos com regime de poda, sem irrigação. Essas áreas foram escolhidas devido aos seus históricos de altas infestações em safras anteriores.

A primeira área amostral constou de um pomar orgânico com a cultivar Pedro Sato, com plantas de sete anos, em um espaçamento de 7 x 5 metros (21°54'21.82"S; 54°41'56.90"O), situado no município de Itaporã, Estado do Mato Grosso do Sul, região Centro oeste do Brasil. A segunda área utilizada para o estudo, está localizada no município de São Roque do Canaã, Estado do Espírito Santo, região Sudeste Brasileira, sendo um cultivo convencional com cinco anos, com espaçamento de 7 x 6 metros (19°40'39.6"S; 40°42'06.1"O).

Em um dos lados da cultura da goiaba, encontrava-se um cultivo de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) em Itaporã, MS, e no Espírito Santo a área experimental tem divisa a uma pequena Área de Preservação Permanente.

### **Amostragens**

Em ambas as áreas amostrais, as avaliações foram realizadas semanalmente.

Para manter a mesma área de bordadura em cultivos de diferentes tamanhos, foi utilizado um número de parcela distinto em cada área. Em Itaporã-MS, foram utilizadas 90 plantas, sendo que cada planta corresponde a uma parcela. Ocorreram 15 coletas desde o período que *C. psidii* saiu do solo para a copa das plantas até não registrarmos sua presença com o método de amostragem utilizado.

Em São Roque do Canaã-ES, as plantas eram dispostas em 7 linhas com dez plantas em cada linha, totalizando 70 plantas, cada parcela representada por uma planta. As coletas também ocorreram desde a saída de *C. psidii* do solo para a copa das plantas até não registrarmos sua presença na amostragem, sendo possível realizar 17 coletas em cada um dos anos do experimento.

Para a determinação do padrão de distribuição espacial de danos de oviposição e alimentação de *C. psidii* em frutos de goiabeira, foi observado 8 frutos de goiaba por parcela, sendo quatro frutos por lado da planta, tendo como referência o carreador. Em cada fruto observado foi avaliado o número de pontos de oviposições e alimentação dos frutos. Cada parcela foi determinada através da média de pontos de oviposição ou alimentação dos 8 frutos observados.

### **Plano de amostragem sequencial**

O padrão de distribuição dos frutos atacados por oviposição e alimentação de *C. psidii* tiveram um padrão de distribuição predominantemente agregado, tendo melhor ajuste à distribuição Binomial negativa.

O plano de amostragem sequencial foi elaborado com base no Teste Sequencial da Razão da Máxima Verossimilhança (TSRV) proposto por Wald (1945). O TSRV permite testar, com menor número esperado de amostras, as hipóteses  $H_0: m = m_0$  e  $H_1: m = m_1$ , onde  $m$  representa a porcentagem de adultos presentes, e  $m_1 > m_0$ . A rejeição de  $H_0$ , ou seja, a aceitação de  $H_1$ , indica a necessidade da utilização de uma

tática de controle populacional do inseto; ao contrário, a aceitação de  $H_0$  indica a não necessidade de controle do organismo no momento da amostragem (BARBOSA, 1992).

O índice K comum ( $K_c$ ), é um método utilizado quando várias amostragens são realizadas em uma mesma amostra ou quando se utiliza de estudos realizados em várias amostras com o intuito de se conseguir maior confiabilidade no cálculo do k da distribuição Binomial Negativa (BLISS & OWEN, 1958). Valores correspondentes aos erros tipos I e II foram previamente fixados em  $\alpha = \beta = 0,05$ , o que é bastante usual para tipo de trabalho (NARANJO & HUTCHINSON, 1997; GALVAN et al., 2007; PRAGER et al., 2013).

Na construção do plano de amostragem sequencial foi adotado o nível de controle igual e nível de segurança a 5% dos adultos. Para fixar os valores de  $m_0$  e  $m_1$  foi calculada a média do número adultos por parcelas nos três anos de estudos. Assim, fixou-se  $m_0$  e  $m_1$  com base no valor obtido do número médio de adultos por amostragem semanal e nos índices acima mencionados.

Os valores para os erros tipo I e tipo II foram  $\alpha = \beta = 0,05$ , valores estes os mais indicados para estudos com insetos (YOUNG & YOUNG, 1998). Os níveis de erro utilizados resultam no número de amostragens ou tamanho da amostra necessária para tomada de decisão mais viável no dia da avaliação, seguindo-se uma sequência de avaliações periódicas como prescreve um sistema de manejo integrado de pragas (ALLEN et al., 1972; SOUTHWOOD, 1978).

Os valores de  $h_0$ ,  $h_1$  e  $\alpha$ , bem como a curva característica da operação [ $CO(p)$ ], e a curva do tamanho esperado de amostras [ $E(N)$ ] foram calculados de acordo com Young e Young (1998).

## **Resultados**

Os planos de amostragem sequencial foram construídos com os resultados dos estudos de distribuição espacial de frutos atacados por alimentação e oviposição de *C. psidii* na cultura da goiabeira, tendo as amostras melhor ajuste ao teste da binomial negativa. Cada modelo de distribuição espacial resulta em planos de amostragem sequencial calculados de forma diferenciada (YOUNG & YOUNG, 1998), o modelo apresentado nesse estudo é aplicável e viável. Diversos métodos para estimativa do  $K_c$  têm sido propostos (ANSCOMBE, 1950; BLISS & FISHER, 1953). O método utilizado no nosso plano de amostragem proposto por Bliss & Owen (1958) é difundido na

literatura (FERNANDES et al., 2003; FERNANDES et al., 2011; ELLIOTT et al., 2014).

Portanto, baseado no conjunto de 49 amostragens, o valor calculado do K comum ( $K_c$ ) foi 1,0580 para frutos ovipositados e de 0,2994 para alimentados. Foram utilizados níveis de infestação, baseados no número de frutos danificados nos períodos mais críticos (BIANCO, 2005). Assim, os níveis de segurança o número de oviposições nos frutos de goiaba foi  $m_0 = 0,7$ , e o nível de ação foi  $m_1 = 1,5$  para frutos ovipositados e  $m_0 = 0,6$ , e o nível de ação foi  $m_1 = 1,2$  para frutos alimentados.

As linhas paralelas para tomada de decisão foram representadas para oviposição  $S_1 = 7,6062 + 0,7327n$ , indicando o limite superior e rejeitando  $H_0$ , ou seja, controlar e  $S_0 = -7,6062 + 0,7327n$ , indicando o limite inferior e aceitando  $H_0$ , ou seja, não controlar. Para alimentação  $S_1 = 16,1704 + 1,8028n$ , indicando o limite superior e rejeitando  $H_0$ , ou seja, controlar e  $S_0 = -16,1704 + 1,8028n$  (Figuras 1 e 2).

As Curvas Características da Operação  $CO(p)$  indicam a probabilidade de tomar uma decisão correta para um determinado nível de infestação. De acordo com os planos de amostragem preparado, foi possível verificar amostrando frutos ovipositados e alimentados, uma probabilidade de aceitar  $H_0 = 0,7$  (média de 0,7 oviposições/alimentações por planta) não recomendando o controle é de 76%, assim como a probabilidade de aceitar  $H_1 = 1,5$  (média de 1,5 oviposições por planta) é de 64%, alcançando os 95% com um número médio de dois frutos ovipositados por planta (Figura 3). Para frutos atacados com alimentação, a probabilidade de aceitar  $H_0 = 0,6$  (média de 0,6 alimentações por planta) não recomendando o controle é de 76%, assim como a probabilidade de aceitar  $H_1 = 1,2$  (média de 1,2 alimentações por planta) é de 64%, alcançando os 95% com um número médio de dois frutos alimentados por planta (Figura 4).

Para os parâmetros estabelecidos a Curva do Tamanho Esperado de Unidades Amostrais  $E_p(n)$  determinou o número máximo de 29 amostras para frutos atacados com oviposições e 82 amostras para frutos atacados por alimentação (Figura 5 e Figura 6).

## Discussão

A partir das equações matemáticas de  $S_1$  e  $S_0$ , foi possível construir uma tabela, para facilitar os trabalhos de campo (Anexos). De modo geral, para realizar a

amostragem no campo, deve-se observar oito frutos por planta, sendo quatro de cada lado da planta. Cada planta é uma unidade amostral. Na segunda unidade amostral feita, soma-se o número de oviposições ou alimentações encontradas na planta anterior com a nova constatação. Esse procedimento é repetido de forma acumulativa para as demais unidades amostrais. Assim, se o total de oviposições e alimentações contados for igual ou exceder ao limite superior, recomenda-se o controle. Porém se o total de oviposições e alimentações contados for igual ou menor que o limite inferior, o controle não é recomendado.

A qualidade do plano de amostragem pode ser avaliada, observando a curva característica operacional  $CO(p)$ , quanto mais inclinada a curva operacional, menor é a probabilidade de erro relativo ao nível de ação.

Os planos de amostragem sequencial de oviposição e alimentação se mostra mais prático quando comparado ao plano de amostragem realizado para adultos, a observação dos frutos permite que o monitoramento possa ser feito por apenas uma pessoa. Outra vantagem de amostrar através dos frutos, seria a possibilidade de se realizar o monitoramento em dias com vento ou chuva forte, não sendo possível para amostrar adultos.

Os números de pontos de oviposição registrados durante as coletas, foram muito maiores que os registrados para alimentação. Pode ser observado também, que as médias de frutos atacados por pontos de alimentação foram maiores nas duas primeiras semanas. Período este que julgo ser o único apropriado para o monitoramento através dos pontos de alimentação, porém bastante estratégico, sabendo-se que as fêmeas estão no período de pré-oviposição.

O número máximo determinado por  $Ep(n)$  de 82 amostras a serem realizadas no plano de amostragem sequencial para frutos de goiaba atacados por alimentação de *C. psidii*, se deve a valores de  $\alpha = \beta = 0,05$ , e o número médio amostral encontrado nos três anos de coletas. A amostragem de *C. psidii* por pontos de alimentação nos frutos, tem grande valia na semana seguinte que os adultos saem do solo, pois ainda não há oviposições nas goiabas, portanto a amostragem por frutos atacados com pontos de alimentação é mais viável que amostrar adultos, devido a praticidade de amostrar o dano quando comparado a amostragem de adultos. O nível de ação de 1,2 orifícios de alimentações, impede o aumento exponencial da população, devido ao aumento dos orifícios de oviposição após observado esse nível de ação.

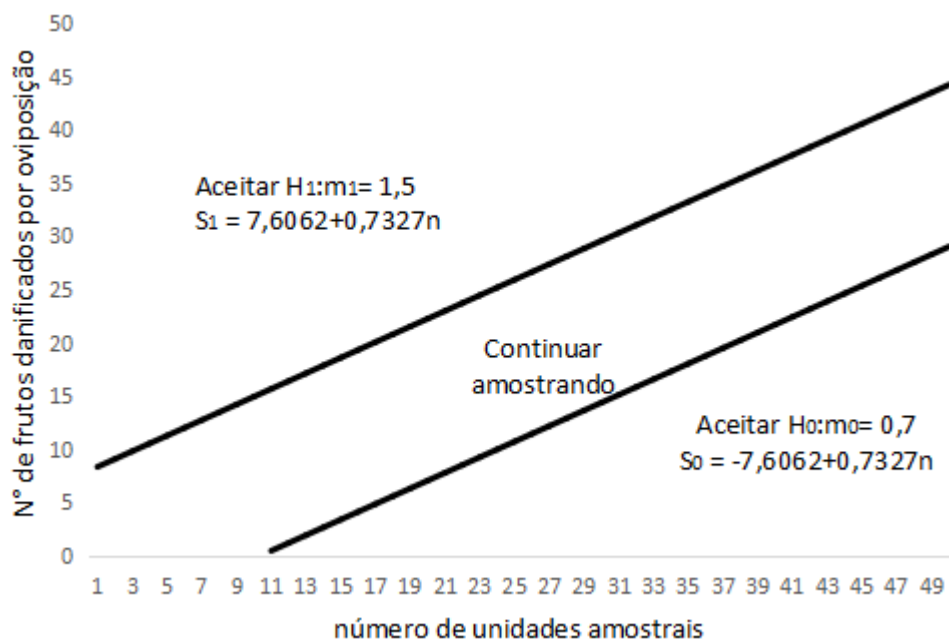


Figura 1. Linha da tomada de decisão do plano de amostragem sequencial de frutos danificados por oviposição de *C. psidii* na cultura da goiabeira.

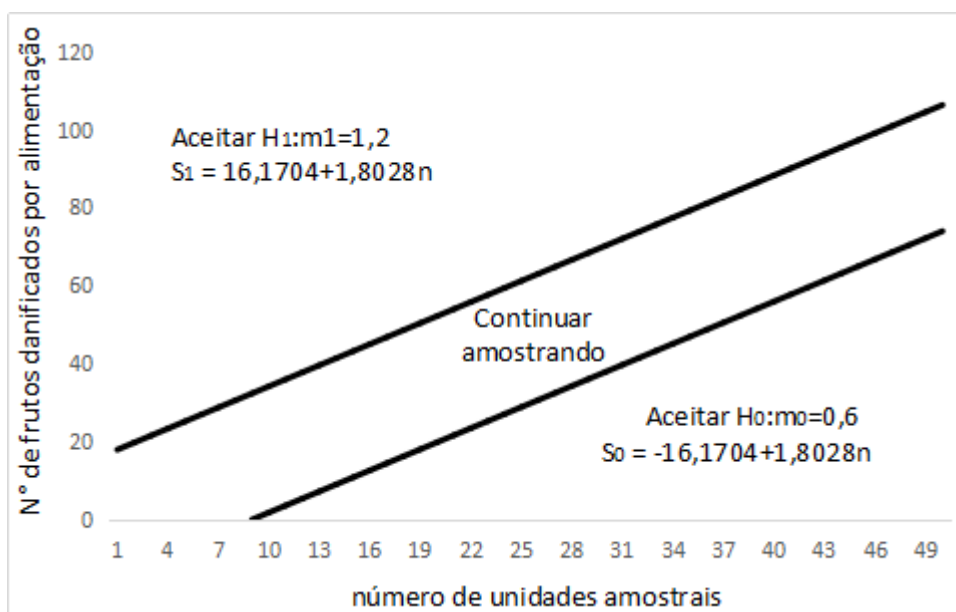


Figura 2. Linha da tomada de decisão do plano de amostragem sequencial de frutos danificados por alimentação de *C. psidii* na cultura da goiabeira.

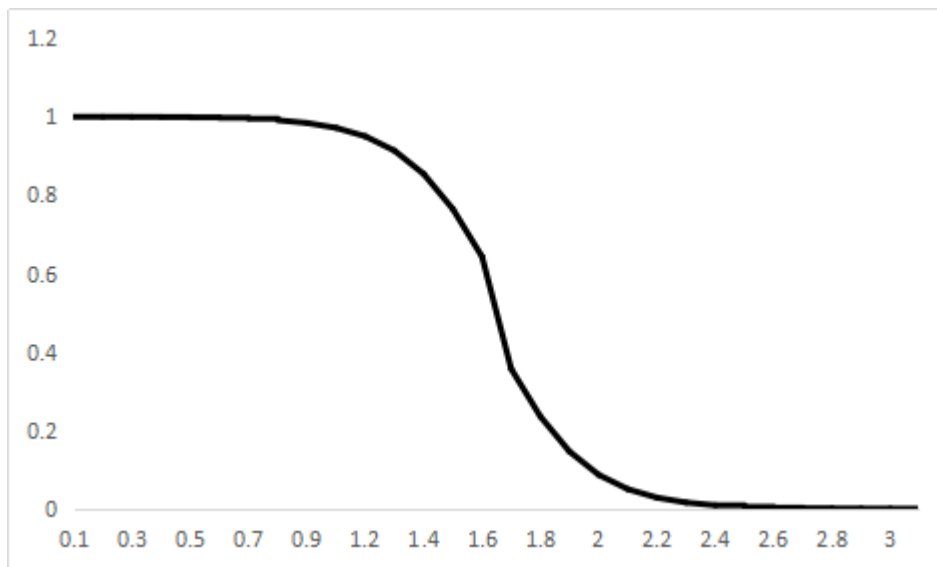


Figura 3. Curva Característica de Operação CO(p), dos planos de amostragem de frutos atacados por oviposição de *C. psidii* na cultura da goiabeira.

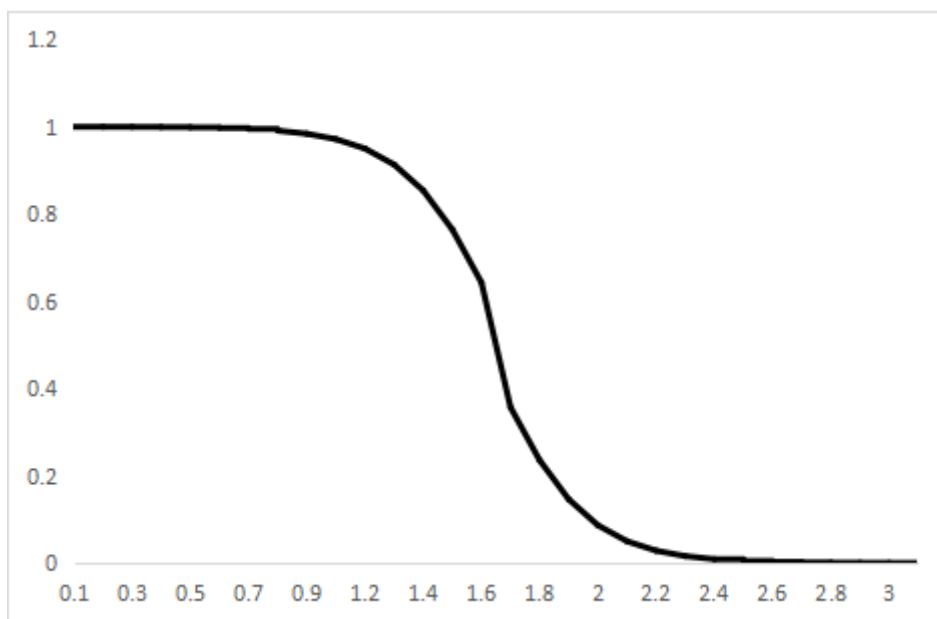


Figura 4. Curva Característica de Operação CO(p), dos planos de amostragem de frutos atacados por alimentação de *C. psidii* na cultura da goiabeira.



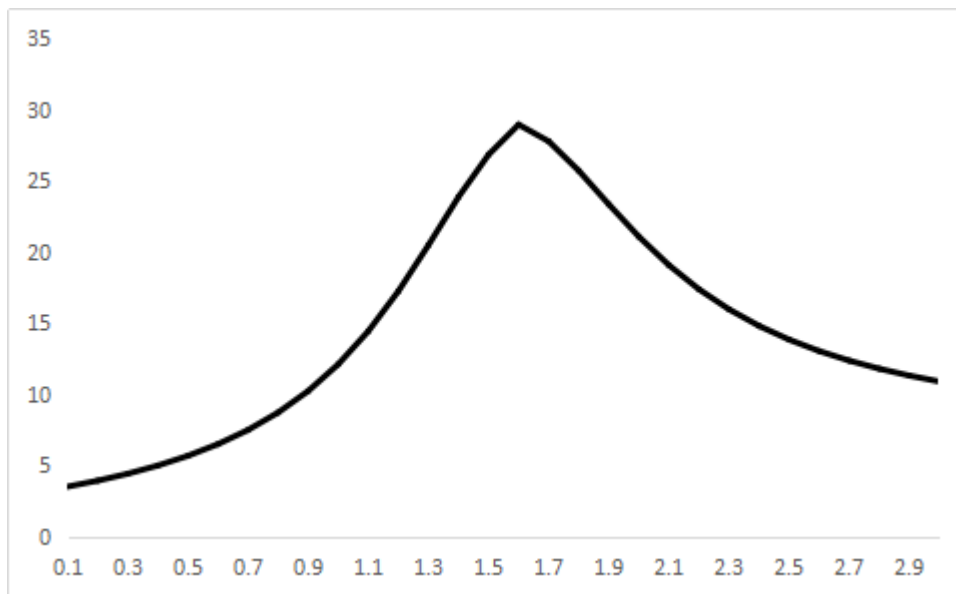


Figura 5. Curva do Tamanho Esperado de Unidades Amostras  $E_p(n)$  do plano de amostragem sequencial para o número médio de frutos atacados por oviposição de *C. psidii* na cultura da goiabeira.

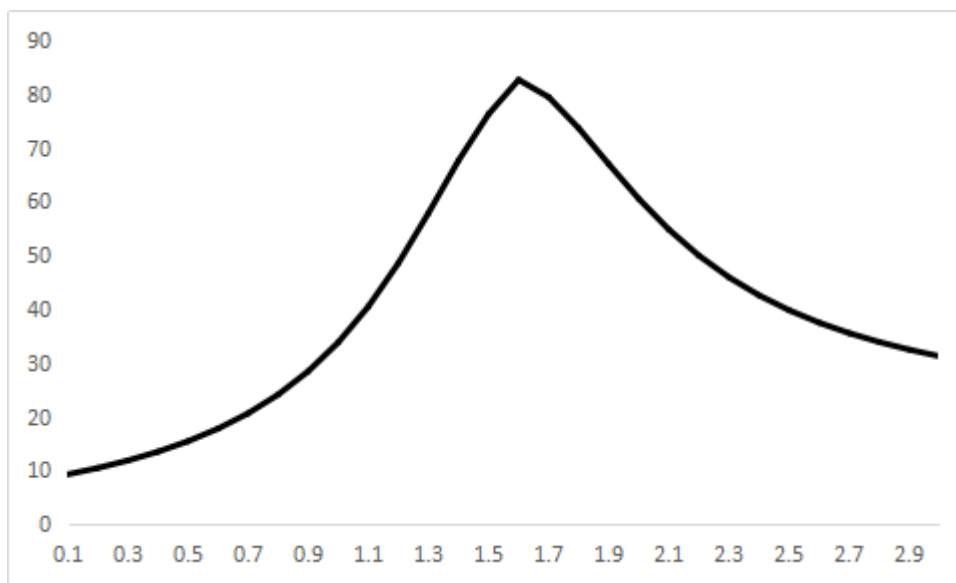


Figura 6. Curva do Tamanho Esperado de Unidades Amostras  $E_p(n)$  do plano de amostragem sequencial para o número médio de frutos atacados por alimentação de *C. psidii* na cultura da goiabeira.

## Referências

ALLEN, J.; GONZALEZ, D.; GOKHALE, D. V. Sequential sampling plans for the bollworm, *Heliothis zea*. **Environmental Entomology**, Lanham, v. 1, p. 771-780, 1972.

ANSCOMBE, F. J. Sampling theory of the negative binomial and logarithmic series distributions. **Biometrika**, v. 37, p. 358-382, 1950.

BAILEZ, O. E.; VIANA-BAILEZ, A. M.; DE LIMA J. O. G.; MOREIRA, D. O. Life – history of the guava weevil *Conotrachelus psidii* Marshall (Coleoptera: Curculionidae) under laboratory conditions. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 32, n. 2, p. 203-207, 2003.

BARBOSA, J. C. A amostragem sequencial. In: Fernandes O. A; Correia A. C. B; DE BORTOLI S. A. (ed.) **Manejo integrado de pragas e nematóides**. Funep, Jaboticabal, p. 205-211, 1992.

BIANCO, R. **Manejo de pragas do milho em plantio direto**. In: INSTITUTO BIOLÓGICO DE SÃO PAULO. (Org.), 2005, Campinas, SP. Encontro de fitossanidade de grãos. Campinas: Emopi, p. 8-17, 2005.

BLISS, C. I.; FISHER, R. A. Fitting the negative binomial distribution to biological data and note on the eficiente fitting of the negative binomial. **Biometrics**, v. 9, p. 176-200, 1953.

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

ELLIOTT, N. C.; BREWER, M. J.; GILES, K. L.; BACKOULOU, B. P.; MCCORNACK, B. P.; PENDLETON, B. B.; ROYER, T. A. Sequential Sampling for Panicle Caterpillars (Lepidoptera: Noctuidae) in Sorghum. **Journal of Economic Entomology**, v. 107, n. 2, p. 846-853, 2014.

ELLIOT, N. C.; KIECKHEFER, R. W. Spatial distributions of cereal aphids in winter wheat and spring oats in South Dakota. **Environmental Entomology**, v. 16, p. 896-901, 1986.

FENG, M. G.; NOWIERSKI, R. M.; ZENG, Z.; SCHAREN, A. L. Estimation of population density of the Russian wheat aphid (Homoptera: Aphididae) from the proportion of grain tillers with the different tally threshold of aphids. **Journal of Economic Entomology**, v. 86, p. 427-435, 1993.

FERNANDES, M. G; BUSOLI, A. C.; BARBOSA, J. C. Distribuição espacial de *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1797) (Lepidoptera, Noctuidae) em algodoeiro. **Revista Brasileira de Agrociência**, Lavras, v. 8, n. 3, p. 203-211, 2002.

FERNANDES, M. G.; BUSOLI, A. C.; BARBOSA, J. C. Spatial distribution of *Alabama argillacea* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) on cotton crop. **Neotropical Entomology**, v. 32, p. 107-115, 2003.

FERNANDES, M. G.; SPESSOTO, R. R.; DEGRANDE, P. E.; RODRIGUES, T. R. Sequential Sampling of *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) and *Frankliniella schultzei* Trybom (Thysanoptera: Thripidae) on Cotton Crop. **Neotropical Entomology**, v. 40, p. 258-263, 2011.

GALVAN, A. T. L.; BURKNESS, E. C.; HUTCHISON, W. D. Enumerative and binomial sequential sampling plans for the multicolored Asian lady beetle (Coleoptera: Coccinellidae) in wine grapes. **Journal of Economic Entomology**, v. 100, p. 1000-1010, 2007.

GILES, K. L.; ROYER, T. A.; ELLIOTT, N. C. Development and validation of a binomial sequential sampling plan for the greengug (Homoptera: Aphididae) infesting winter wheat in the southern plains. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 93, p.1522-1530, 2000.

KAPLAN, I.; EUBANKS, M. D. Disruption of cotton aphid (Homoptera: Aphididae) - natural enemy dynamics by red imported fire ants (Hymenoptera: Formicidae). **Environmental Entomology**, v. 31, p. 1175-1183, 2002.

KUNO, E. Sampling and analysis of insect populations. **Annual Review of Entomology**, v. 36, p. 285-304, 1981.

MARCELINO, M. C. S. **Distribuição espacial e amostragem sequencial de *Triozoida limbata* (Hemiptera: Trioziidae) em goiabeira**. Tese (Doutorado em Agronomia) – Unesp. Jaboticabal, 91 p., 2013.

MONROY, R. A.; INSUASTY, O. I. Biología del Picudo de la guayaba *Conotrachelus psidii* (Marshall) (Coleoptera: Curculionidae). **Revista Corpoica – Ciencia y Tecnología Agropecuaria**, Colômbia, v. 7, n. 2, p. 73-79, 2006.

NARANJO, S. E.; HUTCHISON, W. D. Validation of arthropod sampling plans using a resampling approach: software and analysis. **American Entomology**, p. 48-57, 1997.

NASCIMENTO, J. N. **Distribuição espacial e plano de amostragem de moscas das frutas do gênero *Anastrepha* e *Ceratitis* (Diptera: Tephritidae) em pomares de goiaba**. Tese (Doutorado em Entomologia) - Universidade Federal da Grande Dourados. Dourados, 96 p., 2016.

QAIM, M.; ZILBERMAN, D. Yield effects of genetically modified crops in developing countries. **Science**, v. 299, p. 900-902, 2003.

PRAGER, S. M.; BUTLER, C. D.; TRUMBLE, J. T. A sequential binomial sampling plan for potato psyllid (Hemiptera: Triozidae) on bell pepper (*Capsicum annum*). **Pest Management Science**, v. 69, p. 1131–1135, 2013.

SOUTHWOOD, T. R. E. **Ecological methods with particular reference to the study of insect populations**, London: Methuen, 391 p., 1966.

WALD, A. Sequential tests PF statistical hypotheses. **The Annals of Mathematical Statistics**, Beachwood, v. 16, n. 2, p. 117-186, 1945.

YOUNG, L. J.; YOUNG, J. **Statistical Ecology: A Population Perspective**, Boston: Kluwer Academic., 565 p., 1998.

## Anexos

Ficha de campo para amostragem sequencial de frutos com lesão por oviposição de *C. psidii* na cultura da goiabeira.

<b>Nº de amostras</b>	<b>Limite inferior (não controlar)</b>	<b>Nº de adultos</b>	<b>Limite superior (controlar)</b>
1	-		-
2	-		-
3	-		-
4	-		-
5	-		-
6	-		-
7	-		-
8	-		-
9	1		11
10	2		12
11	2		13
12	3		13
13	4		14
14	4		15
15	5		16
16	6		16
17	6		17
18	7		18
19	8		18
20	8		19
21	9		20
22	10		20
23	10		21
24	11		22
25	12		22
26	12		23
27	13		24
28	14		24
29	15		25
30	15		26

Ficha de campo para amostragem sequencial de frutos com lesão por alimentação de *C. psidii* na cultura da goiabeira.

<b>N° de amostras</b>	<b>Limite inferior (não controlar)</b>	<b>N° de adultos</b>	<b>Limite superior (controlar)</b>
1	-		-
2	-		-
3	-		-
4	-		-
5	-		-
6	-		-
7	-		-
8	-		-
9	-		-
10	-		-
11	-		-
12	-		-
13	-		-
14	1		20
15	1		21
16	2		22
17	3		23
18	4		23
19	4		24
20	5		25
21	6		26
22	7		26
23	7		27
24	8		28
25	9		29
26	10		29
27	10		30
28	11		31
29	12		32
30	13		32

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de inseticidas com o intuito de minimizar os danos causados por insetos-praga tem selecionado populações resistentes aos inseticidas existentes no mercado. Dessa maneira, a racionalização do uso dos inseticidas é de suma importância na redução do surgimento de populações de pragas resistentes. Desse modo, a amostragem periódica da população de pragas serve como base nas tomadas de decisões de manejo.

É importante ressaltar que tratamentos culturais como ensacamento, catação dos frutos com pontos de oviposição, assim como os caídos no solo, são as melhores formas de controlar a população de *C. psidii*. Porém em grandes áreas de cultivo e em algumas regiões onde o custo da mão de obra é alto o suficiente para tornar esses tratamentos culturais inviáveis.

O estudo do padrão de distribuição espacial e o plano de amostragem sequencial são essenciais para uma produção agrícola consciente, além de serem fundamentais para aumentar a confiabilidade do processo de amostragem e monitoramento de insetos, e dessa maneira, permite o desenvolvimento de métodos de monitoramento de pragas, servindo de base para aplicação do MIP.

O monitoramento dos pontos de alimentação e de indivíduos adultos, permite a detecção de *C. psidii* na parte aérea da planta, antes que as fêmeas iniciem as oviposições, dificultando o controle.

A elaboração do plano de amostragem sequencial para o gorgulho da goiabeira, *Conothrachelus psidii*. Este plano pode resultar na redução do tempo e dos custos com a amostragem desta praga. Além disso, determinou-se os picos de ocorrência desta praga, período em que a amostragem deve ser intensificada, visando encontrar o momento ideal de aplicação da tática de controle adotado pelo produtor.