

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL, PLANO DE AMOSTRAGEM
SEQUENCIAL E DINÂMICA POPULACIONAL DE
Anthonomus grandis BOHEMAN (COLEOPTERA:
CURCULIONIDAE) EM ALGODOEIRO**

José Fernando Jurca Grigolli

Engenheiro Agrônomo

2015

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL, PLANO DE AMOSTRAGEM
SEQUENCIAL E DINÂMICA POPULACIONAL DE
Anthonomus grandis BOHEMAN (COLEOPTERA:
CURCULIONIDAE) EM ALGODOEIRO**

José Fernando Jurca Grigolli

Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos Busoli

Coorientador: Prof. Dr. Marcos Gino Fernandes

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Entomologia Agrícola).

2015

G857d Grigolli, José Fernando Jurca
Distribuição espacial, plano de amostragem sequencial e
dinâmica populacional de *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera:
Curculionidae) em algodoeiro / José Fernando Jurca Grigolli. –
Jaboticabal, 2015
iv, 80 f. : il. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias, 2015
Orientador: Antonio Carlos Busoli
Co-Orientador: Marcos Gino Fernandes
Banca examinadora: Raphael de Campos Castilho, José Carlos
Barbosa, Marcos Doniseti Michelotto, Crébio José Ávila
Bibliografia

1. Bicudo-do-algodoeiro. 2. Dispersão. 3. Distribuição Binomial
Negativa . 4. Distribuição Horizontal. 5. Distribuição de Poisson I.
Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 595.76:633.51

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.
E-mail: jose_fernando_jg@yahoo.com.br

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: “DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL, PLANO DE AMOSTRAGEM SEQUENCIAL E DINÂMICA POPULACIONAL DE *Anthonomus grandis* BOHEMAN (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EM ALGODOEIRO”

AUTOR: JOSÉ FERNANDO JURCA GRIGOLLI

ORIENTADOR: Prof. Dr. ANTONIO CARLOS BUSOLI

CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. MARCOS GINO FERNANDES

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM AGRONOMIA (ENTOMOLOGIA AGRÍCOLA), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. ANTONIO CARLOS BUSOLI

Departamento de Fitossanidade / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Prof. Dr. JOSE CARLOS BARBOSA

Departamento de Ciências Exatas / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Raphael C. Castilho

Prof. Dr. RAPHAEL DE CAMPOS CASTILHO

Departamento de Fitossanidade / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Prof. Dr. MARCOS DONISETI MICHELOTTO

Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios / Pindorama/SP

Prof. Dr. CREBIO JOSE AVILA

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária / Dourados/MS

Data da realização: 01 de outubro de 2015.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

JOSÉ FERNANDO JURCA GRIGOLLI – Nascido em 17 de abril de 1986 na cidade de São Paulo, Estado de São Paulo, filho de José Grigolli Filho e Maria Lúcia Jurca. Iniciou os estudos na cidade de Ribeirão Preto, Estado de São Paulo, cursando o nível fundamental e médio no Colégio Oswaldo Cruz, concluído em 2003. No ano seguinte, ingressou no curso de Agronomia na Universidade Federal de Viçosa, na cidade de Viçosa, Estado de Minas Gerais. Participou de Projetos de Pesquisa e Extensão, incluindo Iniciação Científica e estágios na região e nos Estados Unidos da América, obtendo o título de Engenheiro Agrônomo em janeiro de 2010. Em março de 2010 iniciou o Mestrado em Agronomia pelo Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal) na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Foi bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e desenvolveu o Projeto da Dissertação na linha de pesquisa em Manejo Integrado de Pragas, sob orientação do Professor Dr. Antonio Carlos Busoli, projeto este concluído em fevereiro de 2012. Em março de 2012, iniciou o Doutorado em Agronomia pelo Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Entomologia Agrícola) na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Durante o ano de 2012 foi bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Em outubro de 2012, ingressou na Fundação MS para Pesquisa e Difusão das Tecnologias Agropecuárias, em Maracaju, MS, onde atua como Pesquisador de Fitossanidade, com foco principal no sistema de cultivo sucessivo de soja com milho safrinha. Desenvolveu o projeto da Tese na linha de pesquisa em Manejo Integrado de Pragas do Algodoeiro, cujos resultados estão descritos nesta Tese.

E-mail: jose_fernando_jg@yahoo.com.br

"O amor, e unicamente ele, é capaz de dar-te uma vida mais feliz."

Ludwig van Beethoven

DEDIÇÃO

Aos meus pais, **José Grigolli Filho** (*in memorian*) e **Maria Lúcia Jurca**, e à minha irmã **Paola Jurca Grigolli**, pelo apoio aos meus estudos, aos ensinamentos e pelo exemplo de vida, de carinho, de trabalho, de honestidade e de simplicidade.

OFERECIMENTO

À minha esposa **Mirian Maristela Kubota Grigolli**, pelo apoio incondicional, pela paciência e pelos momentos de ternura. Amo você!

AGRADECIMENTOS

À **Deus**, por me permitir vencer mais uma batalha, por me dar a vida, saúde, disposição, paciência, e por me guiar e abençoar todos os dias da minha vida;

À minha **mãe**, Maria Lúcia Jurca, por estar presente nas páginas de minha história, pelo amor, companheirismo, dedicação, compreensão e confiança em todas as etapas da minha vida. A você mãe, o reconhecimento de minha eterna dívida, de minha eterna gratidão e carinho;

À minha **irmã**, Paola Jurca Grigolli, pelo carinho e ternura durante toda a vida e pela paciência em todos os momentos;

À minha **esposa**, Mirian Maristela Kubota Grigolli, pela ajuda, amizade, companhia, carinho, paciência, incentivo e encorajamento durante todo este período. Eu TE AMO!!!;

À **Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias**, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, pela oportunidade de realização desse trabalho e a obtenção do título de Doutor;

Ao **Departamento de Fitossanidade da FCAV/UNESP** e aos professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Entomologia Agrícola), por toda a infraestrutura fornecida;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (**CAPES**) pela concessão da Bolsa de Doutorado e ao Conselho do Programa de Pós-Graduação em **Entomologia Agrícola**, pela oportunidade e apoio;

Ao **Prof. Dr. Antonio Carlos Busoli** (FCAV/UNESP), meu Orientador e Amigo, profissional de grandiosa experiência e dedicado à Ciência, a minha gratidão pelo suporte intelectual, disponibilidade, prudência e confiança em mim depositada;

Ao coorientador **Prof. Dr. Marcos Gino Fernandes** do Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), pela amizade, apoio, paciência e ensinamentos nas análises e interpretações dos dados obtidos;

Ao **Prof. Dr. José Carlos Barbosa** do Departamento de Ciências Exatas (FCAV/UNESP), pela atenção e ajuda na interpretação das análises estatísticas, sugerindo modificações essenciais à realização deste trabalho;

A todos os **Professores** do Programa de Pós-Graduação em **Agronomia (Entomologia Agrícola)** pelos conhecimentos transmitidos;

À todos os funcionários do Departamento de Fitossanidade, em especial à **Lígia Dias Tostes Fiorezzi** e ao **Alex Antonio Ribeiro** pela disposição em ajudar a qualquer momento;

Aos amigos e companheiros do laboratório e da vida **Jacob Crosariol Netto, Daniela de Lima Viana, Letícia Serpa dos Santos, Leandro Aparecido de Souza, Diego Felisbino Fraga, Marina Funichello, Juliana Nais e Oniel Jeremías Aguirre Gil** pela ótima convivência e também pelos bons momentos de descontração;

À toda equipe da **Fundação MS para Pesquisa e Difusão das Tecnologias Agropecuárias**, em especial à equipe de Fitossanidade **Aldo Araújo da Silva** e **Laércio Barbosa Trindade**, pelo esforço nas coletas dos dados desta Tese e pela amizade e incansável parceria na condução dos inúmeros trabalhos desenvolvidos por este setor;

A todos, e foram muitos, que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	iii
SUMMARY	iv
CAPÍTULO 1. CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
1. Introdução	1
2. Revisão de Literatura	3
2.1. Cultura do algodoeiro: aspectos gerais	3
2.2. Bicudo-do-algodoeiro, <i>Anthonomus grandis</i> Boheman, 1843 (Coleoptera: Curculionidae)	4
2.3. Distribuição espacial de pragas	7
2.4. Modelos probabilísticos para o estudo da distribuição espacial dos insetos	10
2.5. Amostragem Sequencial	11
3. Referências	12
CAPÍTULO 2 – DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE ADULTOS DE <i>Anthonomus grandis</i> BOHEMAN (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) E DE BOTÕES FLORAIS COM DANOS DE ALIMENTAÇÃO E DE OVIPOSIÇÃO EM PLANTAS DE ALGODOEIRO.....	19
Resumo	19
Abstract	20
1. Introdução	21
2. Material e Métodos	22
3. Resultados e Discussão	25
3.1 Botões florais com orifícios de alimentação	25
3.2. Botões florais com orifícios de oviposição	30
3.3. Adultos	31
3.4. Botões florais com orifícios de alimentação e de oviposição	33
3.5. Testes de ajuste à distribuição de frequência	34
4. Conclusões	38
5. Referências	38

CAPÍTULO 3 – PLANO DE AMOSTRAGEM SEQUENCIAL DE <i>Anthonomus grandis</i> BOHEMAN (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EM ALGODOEIRO	41
Resumo	41
Abstract	42
1. Introdução	43
2. Material e Métodos	44
3. Resultados e Discussão	46
4. Conclusões	55
5. Referências	55
CAPÍTULO 4 – DINÂMICA POPULACIONAL E DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DE ADULTOS E DE BOTÕES FLORAIS COM ORIFÍCIOS DE ALIMENTAÇÃO E DE OVIPOSIÇÃO DE <i>Anthonomus grandis</i> BOHEMAN (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EM PLANTAS DE ALGODOEIRO	58
Resumo	58
Abstract	59
1. Introdução	60
2. Material e Métodos	61
3. Resultados e Discussão	62
3.1. Dinâmica populacional de adultos e infestação de botões florais .	62
3.2. Distribuição vertical de adultos e de botões florais utilizados para alimentação e oviposição de <i>A. grandis</i>	66
4. Conclusões	74
5. Referências	75
CAPÍTULO 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	79

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL, PLANO DE AMOSTRAGEM SEQUENCIAL E
DINÂMICA POPULACIONAL DE *Anthonomus grandis* BOHEMAN
(COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EM ALGODOEIRO**

RESUMO – O bicudo-do-algodoeiro, *Anthonomus grandis*, é a principal praga da cotonicultura mundial e o conhecimento de sua bioecologia e distribuição na cultura é indispensável para realizar amostragens e determinar o momento adequado de seu controle. O objetivo deste trabalho foi estudar a dinâmica populacional, a distribuição vertical e espacial de *A. grandis*, bem como elaborar um plano de amostragem sequencial para essa praga. Os experimentos foram conduzidos nos anos agrícolas 2012/13 e 2013/14, na Estação Experimental da Fundação MS, em Maracaju, MS, em um campo de 10.000 m², subdividido em 100 parcelas de 10 x 10 m. A cultivar utilizada foi FM 993, semeada com 80 cm de espaçamento entrelinha. Para a condução da cultura foram utilizados fungicidas, herbicidas e o regulador de crescimento, exceto inseticidas. Semanalmente foram avaliadas cinco plantas por parcela e registrou-se o número de botões florais com orifícios de alimentação, oviposição e de adultos de *A. grandis* em cada estrato das plantas (terço superior, médio e inferior). Para o estudo da dispersão da praga na área, foram utilizados os índices: razão variância/média, índice de Morisita, Coeficiente de Green e expoente k da distribuição Binomial Negativa. Para estudo dos modelos probabilísticos que descrevem a distribuição espacial dos insetos, foram testados os ajustes às distribuições de Poisson e Binomial Negativa. O plano de amostragem sequencial foi elaborado com base no Teste Sequencial da Razão da Máxima Verossimilhança, e foi utilizado o nível de controle de 10% dos botões florais atacados (alimentação + oviposição) e o nível de segurança de 5% de botões florais atacados (alimentação + oviposição). O valor do erro tipo I e do erro tipo II utilizado foi 0,05, o mais indicado para estudos com insetos. A distribuição espacial dos botões florais utilizados para alimentação e para oviposição foi de forma agregada até os 85 DAE, com melhor ajuste à distribuição Binomial Negativa, e a partir desta data foi aleatória, com melhor ajuste à distribuição de Poisson. Os adultos se distribuem de forma aleatória na área de cultivo, com melhor ajuste à distribuição de Poisson durante todo o ciclo da cultura. O plano de amostragem sequencial foi elaborado em duas fases, a Fase I até 85 DAE, e a Fase II, a partir dos 85 DAE. As equações que definem a tomada de decisão na Fase I são $S_0 = -5,1743 + 0,5730N$ e $S_1 = 5,1743 + 0,5730N$ e na Fase II são $S_0 = -4,2479 + 0,5771N$ e $S_1 = 4,2479 + 0,5771N$. O tamanho máximo esperado de amostras na Fase I é aproximadamente 39 amostras e na Fase II é aproximadamente 31 amostras. Além disso, verificou-se que sua preferência alimentar é por botões florais localizados no terço médio das plantas, enquanto que a sua oviposição ocorre preferencialmente nos botões florais localizados no terço superior de plantas de algodoeiro. Os adultos de *A. grandis* se localizam preferencialmente no terço superior das plantas.

Palavras-Chave: Bicudo-do-algodoeiro, dispersão, distribuição Binomial Negativa, distribuição horizontal, distribuição de Poisson

SPATIAL DISTRIBUTION, SEQUENTIAL SAMPLING PLAN AND POPULATION DYNAMICS OF *Anthonomus grandis* BOHEMAN (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) ON COTTON CROP

SUMMARY – The cotton boll weevil *Anthonomus grandis* is the main pest of cotton crop worldwide, and the knowledge of its bioecology and distribution is essential to carry out sampling and determine the right time of your control. The main purpose of this study was to evaluate the population dynamics, vertical and spatial distribution of *A. grandis* and prepare a sequential sampling plan for this pest. The experiments were conducted in two seasons, 2012/13 and 2013/14, at the Experimental Station of the Foundation MS, in Maracaju, MS, in a field of 10,000 m², divided into 100 plots of 10 x 10 m. The cultivar used was FM 993, seeded 80 cm rows apart. For the crop development were used fungicides, herbicides and growth regulators, except insecticides. Five plants per plot were weekly evaluated and recorded the number of flower buds with feeding and oviposition punctures, and adults of *A. grandis* in each part of five plants (upper, middle and lower). To dispersion study of *A. grandis* in the area, the following indexes were used: variance/mean ration, Morisita index, Green coefficient and k exponent of negative binomial distribution. To study the probabilistic models that describes the spatial distribution of insects, adjustments to Poisson and Negative Binomial distributions were tested. The sequential sampling plan was based on Maximum Likelihood Reason Sequential Test, and used the threshold level of 10% of attacked flower buds (feeding + oviposition) and the security level of 5% of attacked flower buds (feeding + oviposition). The values of type I and type II errors used was 0.05, the most suitable for insect studies. The spatial distribution of flower buds with feeding and oviposition was aggregate up to 85 DAE, with best fit to the Negative Binomial distribution, and as of this date was random, with best fit to the Poisson distribution. Adults of *A. grandis* are randomly distributed in the area, with best fit to Poisson distribution throughout the crop cycle. The sequential sampling plan was developed in two phases, Phase I up to 85 DAE, and Phase II from 85 DAE. The equations that define the decision-making in Phase I are $S_0 = -5,1743 + 0,5730N$ and $S_1 = 5,1743 + 0,5730N$, and in the Phase II are $S_0 = -4,2479 + 0,5771N$ e $S_1 = 4,2479 + 0,5771N$. The maximum expected sample size in the Phase I is approximately 39, and in the Phase II approximately 31 samples. Furthermore, it was observed that the feeding preference of *A. grandis* is for flower buds of the middle part of plants, while oviposition preference is for flower buds of the upper part of plants. Adults of *A. grandis* are located preferably in the upper part of plants.

Keywords: boll weevil, dispersion, Negative Binomial distribution, horizontal distribution, Poisson distribution

CAPÍTULO 1 - Considerações gerais

1. Introdução

O bicudo-do-algodoeiro, *Anthonomus grandis* Boheman, 1843 (Coleoptera: Curculionidae), é uma praga de grande importância para a cotonicultura, e encontra-se disseminada em todo continente americano. Os danos causados por este inseto nos campos de produção podem ser severos, e quando as práticas culturais preconizadas para seu manejo integrado, como a utilização de inseticidas no momento adequado, época de plantio e destruição de restos culturais não são adotadas corretamente, os prejuízos podem ser ainda maiores (BUSOLI, 1991). Esta praga foi detectada no Brasil em 1983, no Estado de São Paulo e, até o presente momento, é considerada uma das pragas mais importantes em todas as áreas produtoras do Brasil.

Os danos causados por *A. grandis* no algodoeiro são diretos, e decorrem da utilização das estruturas florais e frutíferas do algodoeiro para a oviposição dos adultos e alimentação tanto das larvas como dos adultos. O ataque desta praga ocorre preferencialmente nos botões florais em detrimento das maçãs, mas quando estes não estão mais presentes no período de frutificação das plantas e há uma alta densidade populacional de adultos, até 50% das maçãs podem ser atacadas. Neste caso, *A. grandis* prefere maçãs de dois a oito dias de idade em detrimento de maçãs mais velhas (BUSOLI et al., 2004).

Os adultos podem se dispersar por longas distâncias, mas a frequência e os padrões geográficos dessa movimentação distante ainda são pouco conhecidos (KIM; SAPPINGTON, 2004). Para o controle adequado de *A. grandis*, há necessidade de implementação de um programa de Manejo Integrado de Pragas (MIP), que consiste na integração de métodos apropriados de controle de pragas, de um modo compatível, que possibilita a manutenção das populações dos insetos-praga abaixo do nível de dano econômico. Inclui a combinação de várias estratégias e táticas de controle, como práticas culturais, resistência varietal, controle biológico e manejo de inseticidas (SANTOS, 2001).

No MIP, a amostragem e o conhecimento de 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; BARBOSA; BUSOLI, 2001). No processo de amostragem existem basicamente duas modalidades: a amostragem convencional e a amostragem sequencial.

A amostragem convencional apresenta um número fixo de observações, definidas previamente antes da amostragem, e a decisão sobre a necessidade de controle é tomada apenas no final dessa amostragem. A amostragem sequencial 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).

Além disso, na amostragem convencional os parâmetros populacionais são estimados, para posteriormente testar uma hipótese acerca deste parâmetro. Na amostragem sequencial, a hipótese é testada sem a preocupação de estimá-los (ESTEFANEL, 1977). A grande vantagem da amostragem sequencial consiste na economia de tempo, que em certos casos, 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 Dispersão não descrevem matematicamente a distribuição espacial da população estudada (ELLIOTT; KIECKHEFER; WALGENBACH, 1990), mas fornecem uma idéia 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 denominadas Binomial Positiva, Poisson e Binomial Negativa, respectivamente (PERECIN; BARBOSA, 1992). Após o conhecimento da distribuição espacial da praga estudada é possível elaborar o plano de amostragem sequencial.

Os objetivos do presente trabalho foram determinar a distribuição vertical e espacial de adultos, botões florais, e maçãs utilizadas para alimentação e oviposição dos adultos de *A. grandis*, elaborar um plano de amostragem sequencial e determinar a dinâmica populacional dessa praga na cultura do algodoeiro.

2. Revisão de literatura

2.1. Cultura do algodoeiro: Aspectos gerais

O algodoeiro pertence à família Malvaceae e apresenta seu centro de dispersão as regiões tropicais. Apesar de mais de 1.500 espécies pertencentes a esta família (JOLY, 1983), sua importância econômica está nas plantas produtoras de fibra, nas quais o algodoeiro insere-se como a mais importante do mundo (HAYWARD, 1938; BERRIE, 1977).

O algodoeiro cultivado atualmente pertence ao gênero *Gossypium* e possui 52 espécies de ampla distribuição geográfica. Entretanto, apenas quatro espécies do gênero são cultivadas e exploradas economicamente. A espécie *Gossypium hirsutum* L. é cultivada desde 4.000 a.C. na Índia. É uma planta originária desta região, e expandiu-se para o Paquistão, Tailândia, China, Irã, Síria, Turquia e Grécia. Nos séculos IX e X, os conquistadores árabes disseminaram o algodoeiro pelas regiões mediterrâneas. Nas Américas, presume-se que o algodoeiro seja originário da América Central, possivelmente nas regiões que abrangem o México e a Guatemala, sendo posteriormente propagado para a Nicarágua, Colômbia, Brasil e Argentina (CARVALHO, 1996).

O algodoeiro herbáceo amplamente cultivado no Brasil, pertence à espécie *Gossypium hirsutum latifolium* Hutch e, é responsável por mais de 95% da produção mundial de algodão (BELTRÃO; CARVALHO, 2004). Comercialmente, a cultura do algodoeiro é explorada em países subtropicais, acima da latitude de 30° N, onde se localizam os dois maiores produtores, Índia e China (BELTRÃO; FIDELES FILHO; VALE, 2007).

Nas décadas de 1960-1980, a cotonicultura brasileira concentrava-se nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste. Neste período, a região Nordeste produzia uma parte significativa do algodão plantado no Brasil. Todavia, este quadro mudou com a introdução do bicudo-do-algodoeiro *A. grandis* na região, que resultou em grandes perdas na produção (FONTES et al., 2006), tornando a cotonicultura de pequeno porte insustentável economicamente (BUSOLI, 1991).

Na última década, a cultura do algodoeiro apresentou significativas alterações nas práticas culturais como a colheita mecanizada, que proporcionou o cultivo em grandes áreas, e o melhoramento genético originando novos materiais com maiores índices de produtividade, migrando de áreas tradicionalmente produtoras para o cerrado brasileiro, basicamente a região Centro-Oeste (CONAB, 2011). Este agroecossistema apresenta condições de clima favorável, com estação seca e chuvosa bem definida e luminosidade uniforme, tornando o algodoeiro uma oportunidade relevante de negócios, além de uma alternativa para rotação desta cultura com outras culturas economicamente importantes, como a soja e o milho (FONTES et al., 2006).

Atualmente, o Brasil possui uma área plantada de aproximadamente 995 mil hectares com o algodoeiro, e uma produção estimada em aproximadamente 2.376 mil toneladas de algodão em caroço (CONAB, 2015).

2.2. Bicudo-do-algodoeiro, *Anthonomus grandis* Boheman, 1843 (Coleoptera: Curculionidae)

O bicudo-do-algodoeiro é a praga de maior incidência na cultura do algodoeiro e com maior potencial de dano (HEILMAN et al., 1979; RAMALHO; GONZAGA, 1992; RAMALHO; SILVA, 1993; HUNTER; HINDS, 1995). Esse

destaque se dá em função de sua alta capacidade reprodutiva, de sobrevivência às condições adversas e do elevado poder destrutivo, da dificuldade de controle e também pelos danos causados ao produto final destinado à comercialização (DEGRANDE, 1998).

Este inseto foi registrado pela primeira vez no século XIX e foi descrito a partir de espécimes coletados em Vera Cruz, México. Informações anteriores indicam que este inseto foi citado por L. A. A. Chevrolat em sua obra *Coleopteres du Mexique*, publicada em 1834, mas sem estabelecer com precisão onde o inseto foi coletado (BRAGA SOBRINHO; LUKEFAHR, 1983). Estudos sobre o inseto e seus hospedeiros sugerem que o gênero *Hampea* (Malvales: Malvaceae) seja o hospedeiro original da espécie *A. grandis* (JONES, 2001).

Seus danos em lavouras de algodoeiro iniciaram quando *A. grandis* invadiu o Texas, EUA, em 1892. Em 1949 foi encontrado na Venezuela e em 1950, na Colômbia (SILVA et al., 1995). No Brasil, foi registrado pela primeira vez em fevereiro de 1983, nas regiões produtoras de algodoeiro em Sorocaba e Campinas, Estado de São Paulo (BARBOSA et al., 1983). Em julho do mesmo ano, já atingia a região Nordeste, mais precisamente no município de Ingá, no Estado da Paraíba (BUSOLI; SOARES; LARA, 1994).

Na região Centro-Oeste do Brasil, o bicudo-do-algodoeiro foi encontrado pela primeira vez em Mato Grosso em junho de 1993 nos municípios de Mirassol D'Oeste e Cáceres e, em Goiás, a praga foi detectada em maio de 1996 nos municípios de Itumbiara, Inaciolândia e Panamá (BASTOS et al., 2005). Após seu estabelecimento no Brasil, *A. grandis* se disseminou por todas as regiões produtoras do país, acarretando em aumento drástico no custo de produção do algodoeiro (RAMALHO; MEDEIROS; LEMOS, 2001).

A biologia deste inseto caracteriza-se por apresentar metamorfose completa, passando pelas fases de ovo, larva, pupa e adulto. Sua reprodução se inicia quando os botões florais atingem cerca de 6 mm de diâmetro. O adulto mede aproximadamente 7 mm de comprimento e a variação do seu tamanho é influenciada pela quantidade de alimento ingerido durante o período larval (DEGRANDE, 1998). As fêmeas ovipositam um ovo por orifício feito pelo rostro do

seu aparelho bucal nos botões florais e nas maçãs do algodoeiro, selando-os com uma substância gelatinosa (SANTOS, 1999; GALLO et al., 2002).

O período de incubação dos ovos é de três a quatro dias, dos quais eclodem as larvas brancas, ápodas, com 5 mm de comprimento e passam à fase de pupa após 7 a 12 dias, em câmaras construídas nas próprias estruturas atacadas. As pupas são do tipo livre ou exarada, brancas e, após três a cinco dias, transformam-se em adultos. Estes apresentam longevidade de 20 a 40 dias, cujas fêmeas colocam, em média, de 100 a 300 ovos.

Terminado o ciclo da cultura, e se boas práticas de destruição dos restos culturais forem realizadas, a população de adultos migra para áreas de refúgios naturais e parte dos adultos sobrevivem até a safra seguinte. Em regiões tropicais e subtropicais, o bicudo-do-algodoeiro não entra em diapausa, e a dieta alimentar de *A. grandis* não interfere neste fenômeno fisiológico (SHOWLER, 2009). Na safra e em condições de campo, podem ocorrer de cinco (LLOYD, 1986) até sete gerações (ZUCCHI; SILVEIRA NETO; NAKANO, 1993) durante o ciclo da cultura.

Os danos ou injúrias causadas por *A. grandis* decorrem da utilização de maçãs e botões florais para alimentação e oviposição, provocando a queda destas estruturas depois de alguns dias. Os danos de oviposição não afetam imediatamente o botão floral, que continua se desenvolvendo normalmente até o início do segundo ínstar larval (GABRIEL, 1995) e, posteriormente, o botão floral cai da planta. Os botões com danos de alimentação são reconhecidos pela presença de orifícios de aproximadamente 1 mm de diâmetro, geralmente contendo a sua volta um anel amarelado formado por grãos de pólen. Os botões com danos de oviposição caracterizam-se pela presença de uma substância gelatinosa que seca na forma de cera na entrada do orifício feito pela fêmea por ocasião da postura (RAMIRO et al., 1992) (Figura 1).

Na ausência de botões florais, flores e maçãs novas, os adultos podem se alimentar de folhas jovens, do pecíolo e da parte terminal do caule (DEGRANDE, 1998). O período crítico de ataque do bicudo, representado por botões florais atacados, ocorre geralmente entre 50 a 90 dias após a emergência das plantas de algodoeiro (GONDIM et al., 2001).

O controle do bicudo-do-algodoeiro tem sido realizado por meio de métodos químicos aliados ao controle cultural, como destruição de restos culturais, catação e eliminação de botões florais caídos ao solo e uso de cultivares precoces (CARVALHO et al., 2000). Todavia, o crescimento populacional do bicudo é favorecido por uma série de fatores presentes principalmente na época de cultivo do algodoeiro, agravado pelo fato de todas as suas formas imaturas se desenvolverem no interior das estruturas de frutificação, pois, desta forma, o inseto fica protegido de inimigos naturais, das condições adversas do meio ambiente e da ação direta dos inseticidas utilizados para o seu controle (BUSOLI; SOARES; LARA, 1994).

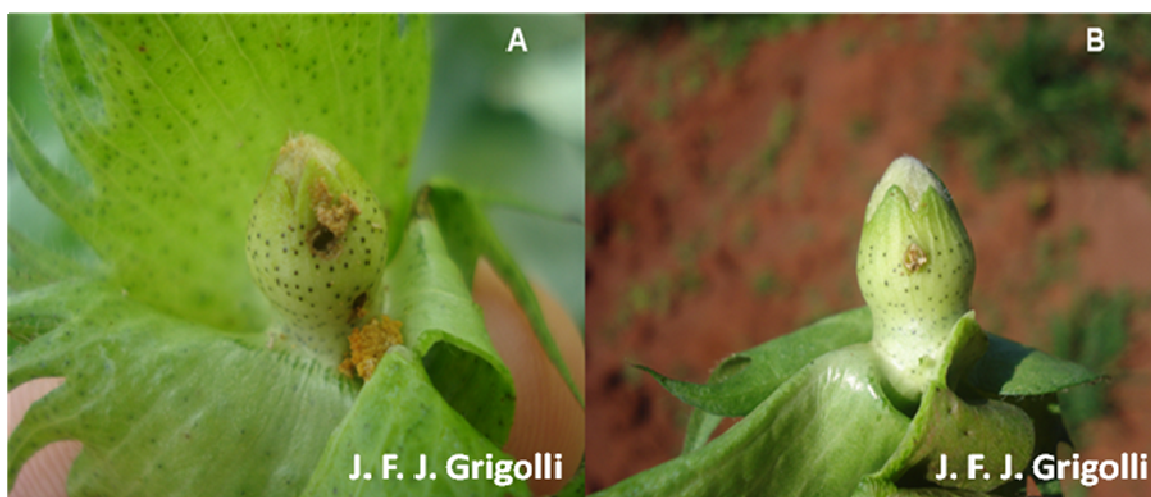


Figura 1. Orifício de alimentação (A) e de oviposição (B) causado por *Anthonomus grandis* em botões florais de algodoeiro.

Desta forma, o manejo desta praga só será satisfatório se for considerado o agroecossistema como um todo, o ano inteiro, isto é, manejo da praga e da planta na safra e nos períodos de pós-safra, como o manejo da população migrante, a destruição dos restos culturais e o manejo inicial dos adultos sobreviventes que voltam às plantas no ano posterior (BUSOLI; SOARES; LARA, 1994).

2.3. Distribuição espacial de pragas

Dentro de um programa de Manejo Integrado de Pragas (MIP), a amostragem é indispensável para definir o momento da realização dos métodos de controle (GUEDES et al., 2006). O processo de amostragem deve ser preciso para fornecer

informações adequadas sobre a necessidade ou não da implementação dos métodos de controle.

A amostragem deve ser baseada nas características de distribuição espacial do inseto, no seu ciclo de vida e no seu comportamento reprodutivo e alimentar. Em função desta necessidade, não há um método de amostragem universal para a avaliação dos insetos (SILVEIRA NETO et al., 1976).

Um plano de amostragem racional visa reduzir o custo de produção em função de aplicações de inseticidas desnecessárias. A praticidade de um programa de amostragem está baseada no equilíbrio entre a confiança estatística, nos níveis de precisão e nas restrições práticas de sua aplicação, principalmente relacionado ao tempo e a viabilidade econômica (RÉGNIERE; BOULET; TURGEON, 1988). Neste cenário, é fundamental o conhecimento da distribuição espacial da praga para a definição de um plano de amostragem adequado (BARBOSA; PERECIN, 1982).

Existem três formas básicas da distribuição espacial dos insetos em uma área. Ao acaso ou aleatória, onde 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. Regular ou uniforme, onde a ocorrência de um indivíduo limita a ocorrência de indivíduos na mesma unidade. Contagiosa ou agregada, 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 distribuição espacial é uma característica ecológica da espécie, explicada pela dinâmica populacional como um produto de crescimento dos indivíduos, como nascimento, morte e migração (TAYLOR, 1984). Para estes estudos, é necessário conhecer as distribuições de frequência da densidade numérica de indivíduos de cada espécie-praga, adotando-se critérios de amostragem para estimar estes parâmetros ou densidades populacionais por folha, fruto ou planta (BARBOSA, 1992). Além disso, são utilizados modelos matemáticos para descrever a dispersão espacial das pragas, estimar os erros das variáveis populacionais, verificar os efeitos de fatores ambientais sobre os parâmetros populacionais e as mudanças das populações no tempo e no espaço (BROWN; CAMERON, 1982).

Para estudar a distribuição espacial dos insetos, são utilizados vários índices de dispersão ou agregação, índices estes utilizados para medir o grau de aleatoriedade dos arranjos espaciais e sua aplicação é imprescindível em estudos ecológicos ou métodos de amostragem (GREEN, 1966). Um índice ideal deve possuir algumas características essenciais, como resultar em valores reais e contínuos para todo grau de agregação; ser pouco influenciado pelo número de unidades amostrais, pelo tamanho da unidade ou pelo número total de indivíduos; ser fácil de calcular; e, ter uma interpretação biológica (GREEN, 1966; TAYLOR, 1984).

Segundo Rabinovich (1980), não há um índice que satisfaça todas as condições citadas acima. Assim, são analisados vários índices para o estudo da distribuição espacial dos insetos, tais como Razão Variância/Média, Índice de Morisita, Coeficiente de Green, Expoente k da Distribuição Binomial Negativa e Expoente k Comum.

A razão variância/média é o índice mais comumente utilizado, e é a relação entre a variância e a média, onde o afastamento da aleatoriedade pode ser testado pelo teste qui-quadrado com N-1 graus de liberdade, $X^2 = (N-1) s^2/m$ (ELLIOTT, 1979). Valores iguais a um indicam distribuição espacial aleatória, valores menores que um, distribuição uniforme e, valores maiores que um, distribuição agregada (RABINOVICH, 1980). As limitações deste índice decorrem da influência do tamanho da unidade de amostragem e na quantidade de indivíduos observados, o que o torna muito afetado em condições de alta contagiosidade (SOUTHWOOD, 1978).

O Índice de Morisita foi desenvolvido por Morisita (1962) e é dependente do tipo de distribuição e do número de unidades amostrais (SILVEIRA NETO et al., 1976). O índice de Morisita é igual a 1 para a distribuição aleatória, maior que 1 para distribuições contagiosas e menor que 1, para distribuições regulares ou uniformes.

O coeficiente de Green é baseado na razão variância/média, de modo que valores positivos indicam padrão de distribuição agregada, enquanto valores negativos indicam padrão de distribuição uniforme (GREEN, 1966). Segundo o mesmo autor, é muito utilizado para testar distribuições contagiosas e é indicado para comparar amostragens dentro de uma mesma área amostral.

O expoente k da distribuição binomial negativa é um indicador de agregação de artópodes, e isto ocorre quando os dados se ajustam à distribuição Binomial Negativa (SOUTHWOOD, 1978; ELLIOTT, 1979). Para o seu cálculo, existem dois métodos mais utilizados, o método dos momentos (ANSCOMBE, 1949) e o método da máxima verossimilhança (BLISS; FISCHER, 1953). Valores de k negativos indicam distribuição uniforme, valores entre zero e 2 indicam distribuição altamente agregada, valores entre 2 e 8 indicam agregação moderada, e valores superiores a 8 indicam distribuição ao acaso (SOUTHWOOD, 1978).

2.4. Modelos probabilísticos para o estudo da distribuição espacial dos insetos

O conhecimento das distribuições de probabilidade que descrevem as distribuições espaciais dos insetos pragas é fundamental para o estabelecimento de técnicas adequadas de análise estatística dos dados, critérios de amostragem e decisão sobre o controle das pragas (BARBOSA; PERECIN, 1982). O termo distribuição refere-se à maneira de expressar a forma como os possíveis valores de uma variável se distribuem com diferentes frequências, em certo número de classes possíveis (PIELOU, 1969).

Existem modelos matemáticos que possibilitam a interpretação da distribuição espacial de um determinado organismo, e explicam o relacionamento entre a variância e a média de uma população. Dentre estes modelos, encontram-se a distribuição de Poisson, a distribuição Binomial Negativa e a distribuição Binomial Positiva (ELLIOT, 1979; TAYLOR, 1984).

A distribuição de Poisson é o melhor modelo matemático que descreve a distribuição ao acaso ou aleatória do inseto (ELLIOTT, 1979; RABINOVICH, 1980). Este modelo caracteriza-se por ter a variância igual à média ($\sigma^2 = m$) e admite a hipótese que todos os indivíduos possuem a mesma probabilidade de ocupar um lugar no espaço e a presença de um indivíduo não afeta a presença de outro (SOUTHWOOD, 1978; ELLIOT, 1979; TAYLOR, 1984).

A distribuição Binomial Positiva é um modelo que leva em consideração o valor da variância menor que o valor da média ($\sigma^2 < \mu$) como característica principal. 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).

A distribuição Binomial Negativa é um modelo para populações onde o resultado da variância se apresenta maior que o valor da média ($\sigma^2 > \mu$), o que indica agregação dos indivíduos (GREENWOOD; YULE, 1920). Esta distribuição ocorre quando a presença de um indivíduo aumenta a chance de encontrar outro na mesma unidade amostral (ELLIOTT, 1979). Os parâmetros desta distribuição são a média aritmética (μ) e o expoente k , que é considerado como uma medida do grau de agregação da população. Se o valor de k é muito alto, a distribuição Binomial Negativa se aproxima da série de Poisson; quando o valor de k tende a zero, a distribuição Binomial Negativa tende para a série logarítmica (SOUTHWOOD, 1978).

Além dos modelos matemáticos citados acima, existem outros, como a distribuição de Neyman tipo A e logarítmica, modelos estes para situações quando a variância é significativamente maior do que a média (BIANCO, 1982).

2.5. Amostragem sequencial

O desenvolvimento da amostragem sequencial ocorreu em 1943 durante a Segunda Guerra Mundial por Wald, para indústria bélica, visando o controle de qualidade das armas produzidas. A partir da década de 50, passou a ser utilizado na Entomologia. Esta técnica foi utilizada pela primeira vez para a broca-do-broto-do-pinheiro, *Evagoria starki* (STARK, 1952 apud ESTEFANEL, 1977).

A amostragem sequencial baseia-se no teste sequencial da razão da máxima verossimilhança e possui a vantagem da redução do número de amostragens e, conseqüentemente do tempo de amostragem total. Em alguns casos, esta técnica requer em média amostras com um terço do tamanho que seria utilizado com a amostragem de tamanho fixo (WALD, 1945; WALD, 1947).

Para o desenvolvimento de um plano de amostragem sequencial para insetos, Ruesnik e Kogan (1975) indicaram três requisitos básicos. O primeiro requisito é a obtenção de uma função de densidade de probabilidade que descreve a distribuição

das contagens dos indivíduos de uma população. O segundo requisito é 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 se a população ficar abaixo do limite inferior estabelecido. O terceiro requisito refere-se ao estabelecimento de uma seleção de níveis máximos de probabilidade de cometer erros na decisão sobre densidades populacionais, ou seja, a probabilidade α de estimar uma densidade populacional não prejudicial como sendo prejudicial (erro tipo I) e a probabilidade β de estimar uma densidade populacional prejudicial como não sendo (erro tipo II).

O primeiro requisito é atendido com a determinação da distribuição espacial do inseto. O nível de dano econômico na forma de duas densidades críticas é um dos pontos mais complexos para o estabelecimento do plano, pois são necessários estudos com observação do ciclo da cultura, fisiologia da planta, ciclo e prejuízos da praga e custo de produção, sendo muitas vezes baseados em resultados experimentais de outros países ou no conhecimento de nível prático dos agricultores. Com relação às probabilidades de erros, os índices utilizados são baseados em estudos realizados em outros países (FERNANDES; BARBOSA; BUSOLI, 2002).

3. Referências

ANSCOMBE, F. J. The statistical analysis of insect counts based on the negative binomial distributions. **Biometrics**, Alexandria, v. 5, n. 2, p. 165-173, 1949.

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

BARBOSA, J. C.; PERECIN, D. Modelos probabilísticos para distribuições de lagartas de *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1797), na cultura do milho. **Científica**, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 181-191, 1982.

BARBOSA, S.; BRAGA SOBRINHO, R.; LUKEFAHR, M. J.; BEINGOLEA, G. O. **Relatório sobre a ocorrência do bicudo do algodoeiro *Anthonomus grandis* Boheman, “Boll weevil”, no Brasil e recomendações sobre sua erradicação**. Campina Grande: Embrapa, 1983. 12 p.

BASTOS, C. S.; MONICA, J. B. P.; EVALDO, K. T.; GUILHERME, O.; VALMIR, R. A. **Bicudo do algodoeiro**: Identificação, biologia, amostragem e táticas de controle. Campina Grande: Embrapa, 2005. 17 p.

BELTRÃO, N. E. M.; CARVALHO, L. P. **Algodão colorido no Brasil e, em particular, no Nordeste e no Estado da Paraíba**. Campina Grande: Embrapa, 2004. 17 p.

BELTRÃO, N. E. M.; FIDELES FILHO, J.; VALE, L. S. Zoneamento agroclimático do algodoeiro no cerrado brasileiro. In: FREIRE, E. C. **Algodão no cerrado brasileiro**. Brasília: Embrapa, 2007. p. 175-191.

BERRIE, M. M. A. **An introduction to the botany of the major crop plants**. London: Heyden, 1977. 220 p.

BIANCO, R. **Disposicion espacial de *Aeneolamia* spp. (Homoptera: Cercopidae) en praderas de gramineas tropicales**. 1982. 123 f. Tese (Maestria de Ciencias) – Colegio de Post Graduados, Institucion de Ensinanza e Investigation em Ciencias Agrícolas, Chapingo, 1982.

BLISS, C. I.; FISHER, R. A. Fitting the negative binomial to biological data and a note on the efficient fitting of the negative binomial. **Biometrics**, Alexandria, v. 9, n. 1, p. 176-200, 1953.

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. 2015.

BRAGA SOBRINHO, R.; LUKEFAHR, M. J. **Bicudo (*Anthonomus grandis* Boheman)**: nova ameaça a cotonicultura brasileira, biologia e controle. Campina Grande: Embrapa, 1983. p. 32.

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.

BUSOLI, A. C. Práticas culturais, reguladores de crescimento, controle químico e feromônios no manejo integrado de pragas do algodoeiro. In: DEGRANDE, P. E. **Bicudo do algodoeiro**: Manejo Integrado. Dourados: UFSM / Embrapa, 1991. p. 29-52.

BUSOLI, A. C.; PEREIRA, F. F.; LOPEZ, V. A. G.; SOARES, J. J.; MELO, R. S.; ALMEIDA, C. A. Preferência alimentar do bicudo-do-algodoeiro por frutos de diferentes cultivares e idades. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 2, p. 101-104, 2004.

BUSOLI, A. C.; SOARES, J. J.; LARA, F. M. **O bicudo do algodoeiro e seu manejo**. Jaboticabal: Funep, 1994. 32 p.

CARVALHO, L. P.; COSTA, J. N.; FREIRE, E. C.; FARIAS, F. J. C. Adaptabilidade e estabilidade de linhagens de algodoeiro originárias de materiais silvestres. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 47, n. 271, p. 303-310, 2000.

CARVALHO, P. P. **Manual do algodoeiro**. Lisboa: Instituto de Investigações Científica Tropical, 1996. 282 p.

CONAB 2015: Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira 2014/15: grãos, quarto levantamento, janeiro 2015. Brasília: Conab, 2015. 95 p.

CONAB 2011: Companhia Nacional de Abastecimento. Avaliação da safra agrícola 2010/2011: grãos, décimo segundo levantamento, setembro 2011. Brasília: Conab, 2011. 41 p.

DEGRANDE, P. E. **Guia prático de controle de pragas do algodoeiro**. Dourados: UFMS, 1998. 60 p.

ELLIOTT, J. M. **Some methods for the statistical analysis of sample benthic invertebrates**. 2. ed. Ambleside: Freshwater Biological Association, 1979. 157 p.

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**. 1977. 130 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 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**, Pelotas, v. 8, p. 203- 211, 2002.

FONTES, E. M. G.; SILVA, F. R.; UNDERWOOD, E.; BARROSO, P. A. V.; SIMON, M. F.; SUJII, E. R.; PIRES, C. S. S.; BELTRÃO, N.; LUCENA, W. A.; FREIRE, E. C. The cotton agricultural context in Brazil. In: HILBECK, A.; ANDOW, D. A.; FONTES, E. M. G. **Environmental risk assessment of genetically modified organisms: methodologies for assessing Bt cotton in Brazil**. Wallingford: CABI Publishing, 2006. p. 21-66.

GABRIEL, D. Relação entre temperatura da superfície do solo e emergência do bicudo do algodoeiro *Anthonomus grandis* Boh. (Coleoptera: Curculionidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 24, p. 543-550, 1995.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BAPTISTA, G. C.; FILHO, E. B.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: Fealq, 2002. 920 p.

GILES, K. L.; ROYER, T. A.; ELLIOTT, N. C.; KINDLER, S. D. 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, n. 5, p. 1522-1530, 2000.

GONDIM, D. M. C.; BELOT, J. L.; SILVIE, P.; PETIT, N. **Manual de identificação das pragas, doenças, deficiências minerais e injúrias do algodoeiro no Brasil**. Cascavel: Coodetec, 2001. 120 p.

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

GREENWOOD, M.; YULE, G. U. An Inquiry into the nature of frequency distributions of multiple happenings, with particular reference to the occurrence of multiple attacks of disease or repeated accidents. **Journal of the Royal Statistical Society A**, London, v. 83, p. 255-279, 1920.

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

GUEDES, J. V. C.; FARIAS, J. R.; GUARESCHI, A.; ROGGIA, S.; LORENTZ, L. A. Capacidade de coleta de dois métodos de amostragem de insetos-praga da soja em diferentes espaçamentos entre linhas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 4, p. 1299- 1302, 2006.

HAYWARD, H. E. **Malvaceae (*Gossypium* spp.)**: In The structure of economic plants. New York: The Macmillan Co, 1938. p. 411-450.

HEILMAN, M. D.; NAMKEN, L. N.; NORMAN, J. W.; LUKEFHAR, M. J. Evaluation of an integrated short-season management production system for cotton. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 72, p. 896-900, 1979.

HUNTER, W. D.; HINDS, W. E. **The Mexican cotton boll weevil**. Washington: United States Department of Agriculture, 1995. 181 p.

JOLY, A. B. **Botânica**: Introdução à taxonomia vegetal. São Paulo: Nacional, 1983. 777 p.

JONES, R. W. Evolution of the host plant associations of the *Anthonomus grandis* species group (Coleoptera: Curculionidae): Phylogenetic tests of various hypothesis. **Annals of the Entomological Society of America**, Lanham, v. 94, p. 51-58, 2001.

KIM, K. S.; SAPPINGTON, T. W. Boll weevil (*Anthonomus grandis* Boheman) (Coleoptera: Curculionidae) dispersal in the Southern United States: evidence from mitochondrial DNA variation. **Environmental Entomology**, Lanham, v. 33, n. 2, p. 457-470, 2004.

LLOYD, E. P. Ecologia do bicudo-do-algodoeiro. In: BARBOSA, S.; LUKEFAHR, M. J.; SOBRINHO, R. B. **O bicudo-do-algodoeiro**. Brasília: Embrapa, 1986. p. 135-144.

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

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.

PIELOU, E. C. **An introduction to mathematical ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1969. 286 p.

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

RAMALHO, F. S.; GONZAGA, J. V. Methodology of the application of pyreroids against cotton boll weevil and pink bollworm. **Tropical Pest Management**, London, v. 37, p. 324-328, 1992.

RAMALHO, F. S.; MEDEIROS, R. S.; LEMOS, W. P. Bicudo-do-algodoeiro, *Anthonomus grandis* (Coleoptera: Curculionidae). In: VILELA, E. F.; ZUCCHI, R. A.; CANTOR, F. **Histórico e impacto das pragas introduzidas no Brasil**. Ribeirão Preto: Holos, 2001. p. 113-119.

RAMALHO, F. S.; SILVA, J. R. B. Período de emergência e mortalidade natural do bicudo-do-algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, p. 1221-1231, 1993.

RAMIRO, Z. A.; NETTO, N. D.; NOVO, J. P. S.; PURGATO, G. L. S.; CORREIA, M. F. M.; SANTOS, R. C. Avaliação da eficiência de inseticidas em função dos tipos de danos ocasionados pelo bicudo do algodoeiro, *Anthonomus grandis* Bohemam, 1843 (Coleoptera: Curculionidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 21, p. 401-411, 1992.

RÉGNIÈRE, J.; BOULET, B.; TURGEON, J. J. Sequential sampling plan with two critical levels for spruce bud moth (Lepidoptera; Tortricidae). **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 81, n. 1, p. 220-224, 1988.

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, 1975. p. 309-51.

SANTOS, W. J. **Identificação, biologia, amostragem e controle das pragas do algodoeiro. Algodão: tecnologia de produção**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2001. 181 p.

SANTOS, W. J. Monitoramento e controle das pragas do algodoeiro. In: CIA, E.; FREIRE, E. C.; SANTOS, W. J. **Cultura do algodoeiro**. Piracicaba: Potafos, 1999. p. 133-179.

SHOWLER, A. T. Three boll weevil myths in perspective. **American Entomologist**, Lanham, v. 55, n. 1, 2009.

SILVA, N. M.; CARVALHO, L. H.; CIA, E.; FUZATTO, M. G.; CHIAVEGATO, E. J.; ALLEONI, L. R. F. **Seja o doutor do seu algodoeiro**. Piracicaba: Potafos, 1995. 26 p.

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**. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1978. 525 p.

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

WALD, A. **Sequential analysis**. New York: John Wiley & Sons, 1947. 211p.

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

ZUCCHI, R. A.; SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O. **Guia de identificação de pragas agrícolas**. Piracicaba: Fealq, 1993. 139p.

CAPÍTULO 2 - Distribuição espacial de adultos de *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) e de botões florais com danos de alimentação e de oviposição em plantas de algodoeiro

RESUMO – O bicudo-do-algodoeiro *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) é a principal praga da cotonicultura mundial, causando danos diretos na produção de algodoeiro. O conhecimento da distribuição espacial da população dessa praga e de seus danos na cultura ao longo das fases de desenvolvimento das plantas de algodoeiro é fundamental para estabelecer um plano de amostragem sequencial. Nesse sentido, este trabalho objetivou estudar a distribuição espacial de adultos na área de cultivo, assim como seu comportamento de oviposição e de alimentação ao longo do desenvolvimento das plantas de algodoeiro. O experimento foi realizado em Maracaju, MS, nos anos agrícolas 2012/13 e 2013/14, em uma área de 10.000 m², semeada com a cultivar de algodoeiro FM 993. A área experimental foi dividida em 100 parcelas de 100 m² (10 x 10 m) cada, sendo amostradas semanalmente cinco plantas por parcela durante todo o ciclo da cultura. Foram registrados o número de botões florais com orifícios de alimentação e de oviposição, bem como de adultos de *A. grandis* durante todo o ciclo da cultura em cinco plantas por parcela. Após a determinação dos índices de agregação (razão variância/média, índice de Morisita, expoente k da distribuição binomial negativa e coeficiente de Green), e o ajuste das frequências observadas em campo às distribuições de frequência (Poisson, binomial negativa e binomial positiva) através do teste qui-quadrado, observou-se que botões florais com orifícios de alimentação, de oviposição e de alimentação + oviposição apresentaram distribuição agregada até os 85 DAE, e a partir desta fase apresentaram distribuição aleatória na área cultivada. Os adultos de *A. grandis* apresentaram distribuição aleatória na área de cultivo.

Palavras-chave: bicudo-do-algodoeiro, dispersão horizontal, Poisson, Binomial Negativa.

Spatial distribution of adults of *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) and flower buds with feeding and oviposition damages in cotton plants.

Abstract – The cotton boll weevil *Anthonomus grandis* (Coleoptera: Curculionidae) is the main pest of cotton crop worldwide, causing direct damage to the production of cotton. Knowledge of the spatial distribution of the population of this pest and its damage to the crop through the stages of development of the cotton plants is critical to establish a sequential sampling plan. Therefore, this study aimed to investigate the spatial distribution of adults of *A. grandis*, as well as its oviposition and feeding behavior throughout the development of the cotton plants. The experiment was conducted in Maracaju, MS, in two seasons, 2012/13 and 2013/14, in an area of 10,000 m², planted with cotton cultivar FM 993. The experimental area was divided into 100 plots of 100 m² (10 x 10 m) each plot, and five plants per plot were weekly sampled throughout the crop cycle. The numbers of flower buds with feeding and oviposition punctures as well as adults of *A. grandis* were recorded throughout the crop cycle in five plants. After determination of the aggregation indexes (variance/mean ratio, Morisita index, Green coefficient, and *k* exponent of negative binomial distribution), and adjust the field observed frequency in the frequency distributions (Poisson, Positive and Negative Binomial) using the chi-square test, it was observed that flower buds with feeding, oviposition and feeding + oviposition showed aggregated distribution until 85 DAE, and from this stage presented random distribution in the area. Adults of *A. grandis* presented random distribution in the area.

Keywords: Boll weevil, horizontal dispersion, Poisson, Negative Binomial

1. Introdução

O bicudo-do-algodoeiro, *Anthonomus grandis* Boheman, 1843 (Coleoptera: Curculionidae) é considerado uma das principais pragas do algodoeiro nas Américas, por ser específico da cultura e sobreviver em climas temperados e tropicais (KIM et al., 2009). Essa praga apresenta alta taxa reprodutiva e alta capacidade de dano nos campos de produção (CHOI et al., 2011; FONSECA et al., 2011). Os adultos utilizam seu aparelho bucal para perfurar os botões florais do algodoeiro, realizando puncturas de alimentação e de oviposição (BUSOLI et al., 2004; SILVA; BEZERRA; SILVA, 2008).

Os danos causados por esta praga decorrem da utilização das estruturas florais e frutíferas do algodoeiro para a oviposição dos adultos e alimentação, tanto das larvas como dos adultos. Estes preferem se alimentar e ovipositar em botões florais desenvolvidos (SHOWLER, 2005), mas a preferência alimentar varia em função da cultivar utilizada e da idade dos botões florais (GRIGOLLI et al., 2012). A utilização de maçãs do algodoeiro na alimentação de *A. grandis* também é observada, sendo que há preferência por maçãs com menor diâmetro com até dois dias de idade em detrimento das com maior diâmetro (BUSOLI et al., 2004).

O manejo do bicudo-do-algodoeiro é realizado por meio de métodos químicos aliados ao controle cultural, como destruição de restos culturais, catação e eliminação de botões florais caídos ao solo e uso de cultivares precoces (CARVALHO et al., 2000). Além disso, as larvas do bicudo-do-algodoeiro alimentam-se no interior dos botões florais e/ou de maçãs, o que desta forma dificulta muito o controle químico, resultando na queda desses botões ao solo e provocando perdas consideráveis (HAYNES; SMITH, 1992). Procedimentos adequados de amostragem são essenciais para determinar o momento adequado para realizar o controle químico e com isso aumentar a eficiência deste método durante a safra (FERNANDES; BUSOLI; BARBOSA, 2002).

Para desenvolver um plano de amostragem sequencial, é necessário conhecer a distribuição espacial da espécie-praga (GILES et al., 2000), e para determinar o tipo de distribuição da praga e/ou de seus danos, é necessário determinar os índices de agregação e as distribuições de frequência. Os índices de

agregação e de dispersão não descrevem matematicamente a distribuição espacial de uma população (ELLIOTT; KIECKHEFER; WALGENBACH, 1990), mas fornecem informações aproximadas dessa distribuição quando diferentes índices fornecem resultados similares (MYERS, 1978). Assim, estudos sobre a distribuição espacial dos insetos em uma determinada área são baseados em modelos probabilísticos que descrevem a distribuição de frequência do número de indivíduos da espécie de inseto em cada cultura (BARBOSA, 1992).

A distribuição espacial dos insetos pode ser de três tipos: agregada, uniforme ou aleatória. Esses tipos de distribuição ou disposição da praga na cultura são denominados binomial negativa, binomial positiva e Poisson respectivamente (BARBOSA; PERECIN, 1982). Essa classificação pode ser determinada em base na relação entre a média e a variância dos dados (ELLIOTT, 1979).

O conhecimento das distribuições de probabilidade que descrevem as disposições espaciais de insetos-pragas, que são obtidas a partir dos dados de amostragens, é importante para o estabelecimento de critérios adequados de amostragem, análises estatísticas e decisão sobre o controle de pragas agrícolas (RUESINK, 1980; TAYLOR, 1984).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a distribuição espacial da população de adultos de *A. grandis*, assim como a distribuição espacial de botões florais de algodoeiro utilizados para alimentação e para oviposição durante todo o ciclo da cultura.

2. Material e Métodos

Os experimentos foram conduzidos na área da Estação Experimental da Fundação MS, em Maracaju, MS, Brasil (21°36'52"S, 55°10'06"W, 384 m de altitude), em dois anos agrícolas, safra 2012/13 e safra 2013/14. Para isso, foi selecionada uma área de 10.000 m², a qual foi subdividida em 100 parcelas com dimensões de 10 x 10 m (100 m²). Cada parcela foi considerada uma unidade amostral e identificadas com número de 1 a 100, onde foram inspecionadas cinco plantas por parcela em cada avaliação.

A cultivar utilizada foi FM 993, semeada na primeira safra em 11 de novembro de 2012 e na segunda safra em 22 de novembro de 2013. Esta cultivar foi utilizada em função de sua ampla área cultivada nas regiões produtoras de algodoeiro no Brasil. A semeadura foi realizada mecanicamente, de forma a se obter uma densidade entre 12 e 13 sementes por metro de linha no primeiro ano e entre 12 e 13 sementes por metro de linha no segundo ano, com espaçamento de 0,80 m entre linhas. A semeadura foi realizada no sistema de plantio direto na palha, sendo a correção do solo realizada anteriormente de acordo com a análise de solo e as recomendações de Sousa e Lobato (2004).

As sementes utilizadas foram tratadas com o fungicida Frowncide[®] (fluazinam) na dosagem de 300 mL/100 kg semente. O controle de plantas daninhas foi realizado com os herbicidas Staple[®] (pirithiobaque-sodium) na dosagem de 240 mL ha⁻¹, Envoke[®] (trifloxissulfuron-sodium) na dosagem de 10 g ha⁻¹ e Fusilade[®] (Fluazifop-p-butyl) na dosagem de 750 mL ha⁻¹, aplicados entre 10 e 40 dias após a emergência das plantas (DAE). Não foi realizada aplicação de inseticidas durante a condução dos ensaios. Para evitar perda de plantas pela ocorrência de doenças na fase inicial de crescimento das plantas e durante o período de florescimento e frutificação, foi realizada a aplicação do fungicida Opera[®] (piraclostrobina + epoxiconazol) na dosagem de 500 mL ha⁻¹ aos 60, 75 e 90 DAE. O regulador de crescimento cloreto de mepiquate (Pix[®]) foi aplicado em três momentos, aos 35 DAE (200 mL ha⁻¹), 55 DAE (150 mL ha⁻¹) e 70 DAE (150 mL ha⁻¹), para manejar as plantas com altura entre 1,2 e 1,3 m, conforme a recomendação para a colheita mecanizada (BUSOLI; SOARES; LARA, 1994).

As amostragens foram realizadas semanalmente desde a emergência das plantas até a abertura dos primeiros capulhos. Em cada avaliação, foram analisadas cinco plantas de algodoeiro por parcela, as quais foram arrancadas e inspecionadas visualmente, registrando o número de botões florais com puncturas de alimentação, com puncturas de oviposição e o número de adultos nas cinco plantas avaliadas. Também avaliou-se o número de botões florais atacados pelo bicudo-do-algodoeiro, ou seja, a somatória dos botões florais utilizados para a alimentação e para a oviposição.

Os botões florais com danos de alimentação são reconhecidos pela presença de orifícios de aproximadamente 1 mm de diâmetro, geralmente contendo a sua volta um anel amarelado formado por grãos de pólen. Os botões com danos de oviposição caracterizam-se pela presença de uma substância gelatinosa que seca na forma de cera na entrada do orifício feito pela fêmea por ocasião da postura, lacrando-o (RAMIRO et al., 1992).

Para a obtenção dos índices de agregação/dispersão e análises correlatas, foram calculadas as médias dos dados do número de adultos e de botões florais utilizados para alimentação, oviposição e alimentação + oviposição para cada unidade amostral (total de cinco plantas). Também foi calculada a variância dos dados descritos acima para cada data de avaliação e utilizou-se a relação entre os valores observados como indicativo da distribuição espacial (ELLIOTT, 1979). Os seguintes índices de dispersão para a determinação do grau de agregação de *A. grandis* foram calculados:

Razão variância/média (I). A razão variância/média, também conhecida como índice de dispersão ($I = s^2/m$), é comumente utilizada para medir o desvio de um arranjo das condições de aleatoriedade, de modo que se $I=1$ indica um arranjo espacial ao acaso, se $I < 1$ indica disposição regular ou uniforme, e se $I > 1$ indica um arranjo agregado (RABINOVICH, 1980). A distância da aleatoriedade pode ser testada utilizando-se o teste de qui-quadrado com $n-1$ graus de liberdade, $\chi^2 = (n-1) s^2/m$ (ELLIOTT, 1979).

Índice de Morisita (Id). Este índice é independente do tamanho da média amostral e do número total de indivíduos (MORISITA, 1962). Segundo o mesmo autor, valores próximos à unidade (um) indicam um arranjo ao acaso, valores superiores à unidade indicam disposição agregada, e valores inferiores à unidade indicam um arranjo regular ou uniforme.

Coeficiente de Green (Cx). É geralmente utilizado para descrever diferentes tipos de padrões de distribuição de insetos. Valores negativos indicam padrão de distribuição uniforme, enquanto valores positivos indicam padrão de distribuição agregada (GREEN, 1966).

Expoente k da distribuição binomial negativa (k). Esse índice é um indicador de agregação de artrópodes e deve ser utilizado apenas quando há ajuste na

distribuição binomial negativa (ELLIOTT, 1979). Valores negativos indicam distribuição uniforme, valores baixos e positivos ($0 < k < 2$) indicam distribuição altamente agregada, valores entre 2 e 8 indicam agregação moderada, e valores superiores à 8 indicam distribuição aleatória (COSTA et al., 2010).

Também foram determinados os Modelos probabilísticos no estudo de distribuição populacional de pragas. Em cada amostragem realizada, foi testado o ajuste das frequências observadas em campo à Distribuição de Poisson, Binomial Positiva e Binomial Negativa. O modelo apresenta bom ajuste aos dados originais quando as frequências observadas e esperadas são próximas.

Distribuição de Poisson. Também conhecida como distribuição aleatória, caracteriza-se por apresentar variância igual à média ($\sigma^2 = \mu$) (SOUTHWOOD, 1978).

Distribuição Binomial Positiva. Descreve a distribuição uniforme e caracteriza-se por apresentar variância menor que a média ($\sigma^2 < \mu$).

Distribuição Binomial Negativa. Caracteriza-se por apresentar variância maior que a média ($\sigma^2 > \mu$), indicando assim, distribuição agregada (TAYLOR, 1984).

O teste de ajuste dos dados observados às distribuições teóricas de frequência foi verificado através do teste qui-quadrado de aderência (X^2), e consistiu em comparar as frequências observadas na área amostral com as frequências esperadas que são definidas pelo produto das probabilidades de cada classe pelo número total de unidades amostrais utilizadas (YOUNG; YOUNG, 1998).

Para a realização deste teste, fixou-se uma frequência esperada mínima igual à unidade. O número de graus de liberdade associado à estatística X^2 foi determinado por $GL = N_c - N_p - 1$, onde GL são os graus de liberdade, N_c é o número de classes das distribuições de frequência, e N_p é o número de parâmetros estimados na amostra.

3. Resultados e Discussão

3.1. Botões florais com orifícios de alimentação

Os resultados obtidos indicaram a presença de botões florais com orifícios de alimentação a partir dos 64 dias após a emergência das plantas (DAE) no primeiro

ano agrícola e a partir dos 54 DAE no segundo ano de estudo. Os valores de I (razão variância/média) foram iguais a um no primeiro ano em oito avaliações (64, 99, 106, 113, 120, 127, 134 e 141 DAE), enquanto que em quatro avaliações (71, 78, 85 e 92 DAE) os valores deste índice foram superiores a um (Tabela 1). Já no segundo ano, os valores de I foram iguais a um em nove avaliações (54, 72, 87, 93, 101, 108, 113, 121 e 127 DAE) e superiores a um em três avaliações (59, 66 e 78 DAE) (Tabela 2). De acordo com os resultados obtidos deste índice verificou-se que no início da infestação (até 85 DAE) os botões florais utilizados para alimentação de *A. grandis* apresentam distribuição agregada e a partir dos 85 DAE apresentam distribuição aleatória.

O Índice de Morisita (I_d), no primeiro ano agrícola, foi superior a um em quatro avaliações (71, 78, 85 e 92 DAE), enquanto em nove avaliações (64, 99, 106, 113, 120, 127, 134 e 141 DAE) os valores de I_d foram iguais a um (Tabela 1). No segundo ano agrícola, observaram-se resultados semelhantes, quando em três avaliações (59, 66 e 78 DAE) os valores de I_d foram superiores a um, e em nove avaliações (54, 72, 87, 93, 101, 108, 113, 121 e 127 DAE) os valores de I_d foram iguais à unidade (Tabela 2). Com base nos resultados obtidos do Índice de Morisita, verificou-se que as observações em que I_d foi superior à unidade concentraram-se no início da infestação (até 85 DAE), e a partir desta avaliação, os valores observados foram iguais a um, corroborando a Razão Variância/Média.

Tabela 1. Médias, variâncias e índices de dispersão para o número de botões florais com orifícios de alimentação e de oviposição separados e em conjunto, e para adultos de *Anthonomus grandis* em cinco plantas de algodoeiro, no primeiro ano agrícola. Maracaju, MS, 2012/13.

Fator	Índices	Idade das Plantas (DAE)											
		64	71	78	85	92	99	106	113	120	127	134	141
Alimentação	m	2,7900	1,1000	2,5300	6,5400	11,6200	17,2000	20,6900	25,8400	18,3900	7,2200	3,1600	2,7900
	s ²	2,8544	1,4444	6,5344	29,5438	23,8541	17,7576	21,1454	28,3176	21,1696	7,6279	3,2873	2,8544
	l = s ² /m	1,0231 ^{ns}	1,3131*	2,5828**	4,5174**	2,0529**	1,0324 ^{ns}	1,0220 ^{ns}	1,0959 ^{ns}	1,1511 ^{ns}	1,0565 ^{ns}	1,0403 ^{ns}	1,0231 ^{ns}
	ld	1,0082	1,2844	1,6218	1,5333	1,1898	1,0019	1,0011	1,0037	1,0081	1,0078	1,0127	1,0082
	X ² ld	101,2867 ^{ns}	130,0000*	255,6957**	447,2232**	203,2324*	102,2093 ^{ns}	101,1788 ^{ns}	108,4923 ^{ns}	113,9636 ^{ns}	104,5928 ^{ns}	102,9873 ^{ns}	101,2867 ^{ns}
	Cx	0,0001 ^{ns}	0,0029*	0,0063**	0,0054*	0,0092**	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,0001 ^{ns}
	k _{mom}	120,7878	3,5129	1,5984	1,8593	7,0367	530,5826	940,0961	269,4996	121,6695	127,8037	78,4583	120,7878
	k _{máx.ver}	120,7878	2,7611	1,0961	1,2806	7,8002	530,5826	940,0961	269,4996	121,6695	127,8037	78,4583	120,7878
Oviposição	m	0,0000	0,2400	0,3800	1,9200	4,8400	8,8800	14,6200	20,8900	10,0700	3,7500	0,6900	0,7600
	s ²	0,0000	0,2651	0,6824	6,0945	9,2671	9,1572	14,6420	21,0484	10,3284	3,8662	0,7615	0,7701
	l = s ² /m	-	1,1044 ^{ns}	1,7959**	3,1742**	1,9147**	1,0312 ^{ns}	1,0015 ^{ns}	1,0076 ^{ns}	1,0257 ^{ns}	1,0310 ^{ns}	1,1036 ^{ns}	1,0133 ^{ns}
	ld	-	1,4493	3,1294	2,1270	1,1875	1,0035	1,0001	1,0004	1,0025	1,0082	1,1509	1,0175
	X ² ld	-	109,3333 ^{ns}	177,7895**	314,2500**	189,5537**	102,0901 ^{ns}	99,1491 ^{ns}	99,7506 ^{ns}	101,5402 ^{ns}	102,0667 ^{ns}	109,2609 ^{ns}	100,3158 ^{ns}
	Cx	-	0,0045 ^{ns}	0,0215**	0,0114**	0,0109**	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,0015 ^{ns}	0,0002 ^{ns}
	k _{mom}	-	2,2994	0,4775	0,8831	5,2914	284,4966	9706,7411	2755,2818	392,4584	121,0598	6,6573	57,1824
	k _{máx.ver}	-	2,0010	0,4431	0,8407	6,4507	284,4966	9706,7411	2755,2818	392,4584	121,0503	6,0030	57,1824
Adulto	m	0,0000	0,0000	0,0000	0,6400	2,0400	4,7900	3,0000	2,9600	1,6300	0,7100	0,1600	0,2800
	s ²	0,0000	0,0000	0,0000	0,6570	2,0994	4,7938	3,3333	3,2307	1,8516	0,9353	0,1762	0,3046
	l = s ² /m	-	-	-	1,0265 ^{ns}	1,0291 ^{ns}	1,0008 ^{ns}	1,1111 ^{ns}	1,0915 ^{ns}	1,1360 ^{ns}	1,3173*	1,1010 ^{ns}	1,0880 ^{ns}
	ld	-	-	-	1,0417	1,0142	1,0002	1,0368	1,0307	1,0831	1,4487	1,6667	1,3228
	X ² ld	-	-	-	101,6250 ^{ns}	101,8824 ^{ns}	99,0793 ^{ns}	110,0000 ^{ns}	108,0541 ^{ns}	112,4601 ^{ns}	130,4085*	109,0000 ^{ns}	107,7143 ^{ns}
	Cx	-	-	-	0,0004 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0004 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	0,0008 ^{ns}	0,0145*	0,0067 ^{ns}	0,0033 ^{ns}
	k _{mom}	-	-	-	24,1371	70,0678	5977,5418	27,0000	32,3656	11,9887	2,2379	11,5840	9,1810
	k _{máx.ver}	-	-	-	24,1371	71,9500	5977,5418	27,3100	32,3656	15,9500	3,4990	10,5000	9,6500
Alimentação e Oviposição	m	2,7900	1,3400	2,9100	8,4600	16,4600	26,0800	35,3100	46,7300	28,4600	10,9700	3,8500	3,5500
	s ²	2,8544	2,4085	10,0221	57,2812	55,5842	27,5592	39,7312	39,3304	28,6549	13,6456	4,0985	3,5833
	l = s ² /m	1,0231 ^{ns}	1,7974**	3,4440**	6,7708**	3,3769**	1,0567 ^{ns}	1,1252 ^{ns}	0,8417 ^{ns}	1,0068 ^{ns}	1,2439 ^{ns}	1,0645 ^{ns}	1,0094 ^{ns}
	ld	1,0082	1,5935	1,8343	1,6761	1,1430	1,0024	1,0035	0,9966	1,0013	1,0220	1,0083	1,0026
	X ² ld	101,2867 ^{ns}	177,9403**	340,9588**	670,3121**	334,3159**	101,5552 ^{ns}	111,3959 ^{ns}	83,3236 ^{ns}	104,4638 ^{ns}	123,1459 ^{ns}	106,1039 ^{ns}	99,9296 ^{ns}
	Cx	0,0001 ^{ns}	0,0060**	0,0084**	0,0068**	0,0014**	0,0001 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,0000 ^{ns}
	k _{mom}	120,7878	1,6805	1,1907	1,4660	9,9249	41,2743	282,0032	295,1097	79,4483	44,9779	68,7124	378,0750
	k _{máx.ver}	120,7878	1,3342	0,8734	1,0712	13,7500	46,9900	282,0032	295,1097	79,4483	44,9779	79,8200	378,0750

m média amostral; s² variância amostral; I razão variância/média; Id Índice de Morisita; X² Id teste da distância da aleatoriedade de Id; Cx Coeficiente de Green; k_{mom} k pelo método dos momentos; k_{máx.ver} k pelo método da máxima verossimilhança; - sem incidência da praga; * significativo a 5% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade; ^{ns} não significativo.

Tabela 2. Médias, variâncias e índices de dispersão para o número de botões florais com orifícios de alimentação e de oviposição separados e em conjunto, e para adultos de *Anthonomus grandis* em cinco plantas de algodoeiro, no segundo ano agrícola. Maracaju, MS, 2013/14.

Fator	Índices	Idade das Plantas (DAE)											
		54	59	66	72	78	87	93	101	108	113	121	127
Alimentação	m	0,5600	0,8900	0,9100	1,7000	5,2800	9,0400	11,0300	18,9500	10,8200	6,1500	2,0100	1,2400
	s ²	0,6529	1,1494	1,1332	2,0303	7,4562	9,1903	11,5445	19,1793	10,9370	6,2298	2,0706	1,3358
	I = s ² /m	1,1659 ^{ns}	1,2915*	1,2453*	1,1943 ^{ns}	1,4122**	1,0166 ^{ns}	1,0466 ^{ns}	1,0121 ^{ns}	1,0108 ^{ns}	1,0130 ^{ns}	1,0302 ^{ns}	1,0772 ^{ns}
	Id	1,2987	1,3279	1,2698	1,1138	1,0774	1,0018	1,0042	1,0006	1,0010	1,0021	1,0149	1,0622
	X ² Id	115,4286 ^{ns}	127,8539*	123,2857*	118,2353 ^{ns}	139,8030**	100,6460 ^{ns}	103,6183 ^{ns}	100,1979 ^{ns}	100,0702 ^{ns}	100,2846 ^{ns}	101,9851 ^{ns}	106,6452 ^{ns}
	Cx	0,0030 ^{ns}	0,0033*	0,0037*	0,0011 ^{ns}	0,0080**	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	0,0006 ^{ns}
	k _{mom}	8,3746	3,0537	3,7096	8,7495	12,8108	543,7123	236,4434	1566,1298	1000,8780	473,9782	66,6616	16,0572
	k _{máx.ver}	8,2500	2,8500	3,3000	8,8000	13,6000	543,7123	236,4434	1566,1298	1000,8780	473,9782	66,6616	16,0700
Oviposição	m	0,0000	0,0000	0,3000	0,6900	2,4200	4,7300	8,0300	12,4600	5,4900	3,3800	0,8000	0,3800
	s ²	0,0000	0,0000	0,4141	0,9837	2,9127	5,6940	8,2112	12,9984	5,8080	3,5107	0,8081	0,4198
	I = s ² /m	-	-	1,3805**	1,4257**	1,2036 ^{ns}	1,2038 ^{ns}	1,0226 ^{ns}	1,0432 ^{ns}	1,0579 ^{ns}	1,0387 ^{ns}	1,0101 ^{ns}	1,1047 ^{ns}
	Id	-	-	2,2989	1,6198	1,0836	1,0427	1,0028	1,0034	1,0105	1,0114	1,0127	1,2802
	X ² Id	-	-	136,6667**	141,1449**	119,1570 ^{ns}	119,1776 ^{ns}	101,2341 ^{ns}	103,2777 ^{ns}	104,7341 ^{ns}	102,8284 ^{ns}	100,0000 ^{ns}	109,3684 ^{ns}
	Cx	-	-	0,0131**	0,0063**	0,0008 ^{ns}	0,0004 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,0028 ^{ns}
	k _{mom}	-	-	0,7885	1,6208	11,8857	23,2074	355,8311	288,3660	94,7862	87,4046	79,2000	3,6283
	k _{máx.ver}	-	-	0,7080	1,3700	11,9500	23,2074	355,8311	288,3660	94,7862	87,4046	79,2000	5,2000
Adulto	m	0,0000	0,0000	0,1300	0,7500	1,4400	2,8000	4,6900	3,8400	2,8200	1,3100	0,9300	0,4200
	s ²	0,0000	0,0000	0,1546	0,7551	1,5216	3,2727	5,2060	4,0347	3,0178	1,4080	0,9951	0,4481
	I = s ² /m	-	-	1,1896 ^{ns}	1,0067 ^{ns}	1,0567 ^{ns}	1,1688 ^{ns}	1,1100 ^{ns}	1,0507 ^{ns}	1,0701 ^{ns}	1,0748 ^{ns}	1,0699 ^{ns}	1,0669 ^{ns}
	Id	-	-	2,5641	1,0090	1,0392	1,0599	1,0233	1,0131	1,0247	1,0570	1,0753	1,1614
	X ² Id	-	-	117,7692 ^{ns}	99,6667 ^{ns}	104,6111 ^{ns}	115,7143 ^{ns}	109,8913 ^{ns}	104,0208 ^{ns}	105,9433 ^{ns}	106,4046 ^{ns}	105,9247 ^{ns}	105,6190 ^{ns}
	Cx	-	-	0,0158 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,0004 ^{ns}	0,0006 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	0,0006 ^{ns}	0,0008 ^{ns}	0,0016 ^{ns}
	k _{mom}	-	-	0,6857	111,3750	25,4067	16,5846	42,6314	75,7165	40,2088	17,5148	13,2958	9,2819
	k _{máx.ver}	-	-	0,5810	111,3750	25,4067	16,5000	42,6314	75,7165	40,2088	17,5148	13,2000	12,0000
Alimentação e Oviposição	m	0,5600	0,8900	1,2100	2,3900	7,7000	13,7700	19,0600	31,4100	16,3100	9,5300	2,8100	1,6200
	s ²	0,6529	1,1494	2,1676	2,9878	9,7273	16,7445	22,1984	33,0726	16,4787	9,5400	2,9433	1,8339
	I = s ² /m	1,1659 ^{ns}	1,2915*	1,7914**	1,2501*	1,2633*	1,2160 ^{ns}	1,1647 ^{ns}	1,0529 ^{ns}	1,0103 ^{ns}	1,0010 ^{ns}	1,0474 ^{ns}	1,1321 ^{ns}
	Id	1,2987	1,3279	1,6529	1,1040	1,0339	1,0155	1,0086	1,0017	1,0006	0,9993	1,0168	1,0812
	X ² Id	115,4286 ^{ns}	127,8539*	177,3471**	123,7615*	125,0649*	120,3856 ^{ns}	115,3012 ^{ns}	104,2404 ^{ns}	100,0239 ^{ns}	98,3116 ^{ns}	103,6975 ^{ns}	112,0741 ^{ns}
	Cx	0,0030 ^{ns}	0,0033*	0,0066**	0,0041*	0,0045*	0,0002 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	0,0008 ^{ns}
	k _{mom}	3,3746	3,0537	1,5290	7,5556	7,2462	63,7452	115,7550	593,3914	1576,9817	9082,0900	59,2208	12,2670
	k _{máx.ver}	3,2500	2,8500	1,3560	6,2070	7,2462	63,7452	115,7550	593,3914	1576,9817	9082,0900	59,2208	12,2700

m média amostral; s² variância amostral; I razão variância/média; Id Índice de Morisita; X² Id teste da distância da aleatoriedade de Id; Cx Coeficiente de Green; k_{mom} k pelo método dos momentos; k_{máx.ver} k pelo método da máxima verossimilhança; - sem incidência da praga; * significativo a 5% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade; ^{ns} não significativo.

O Coeficiente de Green (Cx) apresentou, no primeiro ano agrícola para o parâmetro botões florais com orifícios de alimentação de *A. grandis*, valores positivos em quatro avaliações (71, 78, 85 e 92 DAE), enquanto que em oito avaliações (64, 99, 106, 113, 120, 127, 134 e 141 DAE) os valores foram iguais à zero (Tabela 1). No segundo ano de estudos, os valores foram positivos em três avaliações (59, 66 e 78 DAE), enquanto que nas outras nove avaliações (54, 72, 87, 93, 101, 108, 113, 121 e 127 DAE) os valores foram iguais à zero (Tabela 2). De acordo com Green (1966), este índice varia de zero (distribuições ao acaso) a um (máximo contágio), e valores negativos indicam distribuição uniforme. Assim, os resultados obtidos deste índice indicam distribuição agregada dos botões florais com orifícios de alimentação no início da infestação (até 85 DAE) e aleatório a partir desta idade das plantas.

Os valores do expoente k da distribuição binomial negativa dos botões florais com orifício de alimentação no primeiro ano agrícola indicaram distribuição ao acaso ($k > 8$) em oito avaliações (64, 99, 106, 113, 120, 127, 134, 141 DAE), enquanto que em quatro avaliações (71, 78, 85 e 92 DAE) os valores observados indicaram distribuição agregada (Tabela 1). No segundo ano agrícola, os valores de k observados indicaram aleatoriedade em 10 avaliações (54, 72, 78, 87, 93, 101, 108, 113, 121 e 127 DAE), e em duas avaliações (59 e 66 DAE) os valores de k indicaram agregação (Tabela 2).

De acordo com os dados obtidos nos dois anos de estudos e com os resultados dos índices de dispersão obtidos, verifica-se que a distribuição espacial dos botões florais com orifícios de alimentação variou entre agregação e aleatoriedade, de forma que observou-se distribuição agregada nas primeiras avaliações (até 85 DAE), comportamento normal do inseto que ao migrarem e se multiplicarem na cultura se estabelecem mais intensamente nas bordas, e posteriormente se distribuem ao acaso para as partes centrais da área (BUSOLI; SOARES; LARA, 1994).

3.2. Botões florais com orifícios de oviposição

Foi observada a presença de botões florais com orifícios de oviposição no primeiro ano de estudos a partir dos 71 DAE (11 avaliações), e no segundo ano a partir dos 66 DAE (10 avaliações). Os resultados obtidos no primeiro ano de estudo indicaram que os valores de I foram superiores a um em três avaliações (78, 85 e 92 DAE), enquanto que nas outras oito avaliações (71, 99, 106, 113, 120, 127, 134 e 141 DAE) os valores observados foram iguais à unidade (Tabela 1). No segundo ano agrícola de estudos, observaram-se em duas avaliações valores superiores à unidade (66 e 72 DAE), enquanto as avaliações posteriores resultaram em valores iguais à unidade (Tabela 2). Com base nestes valores de I , observa-se que no início da infestação os botões florais com orifícios de oviposição se distribuem de forma agregada, e à medida que as plantas se desenvolvem, a distribuição espacial de botões florais ovipositados se torna aleatória, ou seja, ao acaso no interior da área.

Com relação ao Id , observou-se nos dois anos de estudos a predominância de valores próximos à unidade, de modo que, no primeiro ano agrícola, três avaliações apresentaram valores superiores à unidade (78, 85 e 92 DAE) e oito avaliações apresentaram valores iguais à unidade (Tabela 1), enquanto no segundo ano, duas avaliações apresentaram valores superiores à unidade (66 e 72 DAE) e oito avaliações apresentaram valores iguais à unidade (Tabela 2). Esses resultados deste índice indicam predominância de amostragens com distribuição ao acaso para o parâmetro botões florais com orifícios de oviposição.

Os valores de Cx observados no primeiro ano de estudos indicaram valores superiores à zero em três avaliações (78, 85 e 92 DAE), e nas demais avaliações os valores observados foram iguais à zero (Tabela 1). No segundo ano de estudos, os valores de Cx foram superiores à zero em duas avaliações (66 e 72 DAE) e em oito avaliações posteriores, os valores obtidos foram iguais à zero (Tabela 2). Estes resultados indicam também que no início da infestação os botões florais com orifícios de oviposição se distribuem de forma agregada, e à medida que as plantas produzem mais botões, o padrão de distribuição se torna aleatório.

O expoente k da distribuição Binomial Negativa dos botões florais com orifícios de oviposição de *A. grandis* variou durante as avaliações nos dois anos de

estudos, mas predominantemente com valores superiores a oito (aleatoriedade). Das 11 avaliações realizadas no primeiro ano com a presença de botões florais com orifícios de oviposição, duas avaliações (78 e 85 DAE) os valores observados foram maiores que zero e inferiores a dois, em três avaliações (71, 92 e 134 DAE) os valores observados foram maiores que dois e menores que oito, e em seis avaliações (99, 106, 113, 120, 127 e 141 DAE) os valores observados foram superiores a oito (Tabela 1). No segundo ano, das 10 avaliações com botões florais utilizados para oviposição de *A. grandis*, em duas os valores observados foram superiores a zero e inferiores a dois (66 e 72 DAE), em uma avaliação o valor observado foi superior a dois e inferior a oito (127 DAE) e em sete avaliações (78, 87, 93, 101, 108, 113 e 121 DAE) os valores observados foram superiores a oito (Tabela 2). Com base nos dois anos de estudos e no expoente k da distribuição Binomial Negativa dos botões florais com orifícios de oviposição de *A. grandis*, verificou-se predominância da distribuição aleatória.

De acordo com os dados obtidos nos dois anos agrícolas e com os valores dos índices de dispersão obtidos, verificou-se que a distribuição espacial dos botões florais com orifícios de oviposição de *A. grandis* é agregada no início da infestação e, com o desenvolvimento das plantas e da infestação a distribuição se torna predominantemente aleatória.

3.3. Adultos

Com relação à presença de adultos de *A. grandis* nas plantas da área experimental no primeiro ano agrícola, sua presença nas amostragens somente foi observada a partir dos 85 DAE (1ª geração originária na cultura), de modo que em oito avaliações (85, 92, 99, 106, 113, 120, 134 e 141 DAE) os valores de I foram iguais a um e em uma avaliação (127 DAE) o valor de I foi superior a um (Tabela 1). No segundo ano agrícola, sua presença nas amostragens foi observada a partir dos 66 DAE, com valores de I iguais à unidade (Tabela 2). Com base nestes resultados deste índice e nos dois anos de estudos, nota-se que predomina a distribuição aleatória para adultos de *A. grandis* na cultivar FM 993.

Os valores de I_d observados no primeiro ano agrícola indicam que em apenas uma avaliação (127 DAE) o valor foi superior à unidade, e em oito avaliações (85, 92, 99, 106, 113, 120, 134 e 141 DAE) os valores foram iguais a um (Tabela 1). No segundo ano agrícola observou-se que as 10 avaliações realizadas (66, 72, 78, 87, 93, 101, 108, 113, 121 e 127 DAE), foi detectada a presença do adulto nas plantas com valores de I_d observados foram à unidade (Tabela 2). Assim, pelos resultados do índice de Morisita, também indica distribuição ao acaso dos adultos na área experimental, a partir dos 70 DAE.

O coeficiente de Green indicou, no primeiro ano de estudos, oito avaliações (85, 92, 99, 106, 113, 120, 134 e 141 DAE) apresentaram valores iguais a zero, e uma avaliação (127 DAE) com valor superior à zero (Tabela 1), à semelhança do observado para a mesma época com o índice de Morisita. No segundo ano agrícola, todas as avaliações com a presença de adultos apresentaram valores de C_x iguais a zero (Tabela 2). De acordo com os resultados deste índice, a distribuição espacial dos adultos de *A. grandis* nas áreas estudadas é predominantemente aleatória.

Os valores do expoente k da distribuição Binomial Negativa para adultos de *A. grandis* indicam a predominância de valores superiores a oito (aleatoriedade) nos dois anos de estudos. No primeiro ano agrícola, esse parâmetro indicou valores entre zero e dois aos 127 DAE, enquanto que aos 85, 92, 99, 106, 113, 120, 134 e 141 DAE os valores observados foram superiores a oito (Tabela 1). No segundo ano agrícola, apenas aos 66 DAE o valor do expoente k da distribuição binomial negativa foi superior a zero e inferior a dois, e nas outras nove avaliações (72, 78, 87, 93, 101, 108, 113, 121 e 127 DAE) os valores observados foram superiores a oito (aleatoriedade) (Tabela 2). Esses resultados também indicam aleatoriedade na distribuição espacial dos adultos de *A. grandis* em plantas da cultivar FM 993.

Com base nos índices avaliados e nos dois anos agrícolas, verificou-se uma predominância da distribuição espacial dos adultos de *A. grandis* como sendo aleatória no algodoeiro.

3.4. Botões florais com orifícios de alimentação e de oviposição

Os valores de I e I_d observados no primeiro ano agrícola indicam que em quatro avaliações (71, 78, 85 e 92 DAE) os valores observados foram superiores à unidade, e em oito avaliações (64, 99, 106, 113, 120, 127, 134 e 141 DAE) os valores observados foram iguais à unidade (Tabela 1). No segundo ano agrícola, os valores de I e I_d foram superiores a um em quatro avaliações (59, 66, 72 e 78 DAE), enquanto que nas outras oito avaliações (54, 87, 93, 101, 108, 113, 121 e 127 DAE), os valores observados foram iguais à unidade (Tabela 2). De acordo com estes índices, verificou-se que no início da infestação os botões florais atacados pelo bicudo-do-algodoeiro se distribuem de forma agregada até os 85 DAE, e posteriormente, de forma aleatória a partir dos 85 DAE.

Os valores do coeficiente de Green apresentou o mesmo panorama indicado pela razão variância/média e índice de Morisita nos dois anos de estudos. No primeiro ano, em quatro avaliações (71, 78, 85 e 92 DAE) os valores observados foram superiores à zero (agregado), e nas demais avaliações (64, 99, 106, 113, 120, 127, 134 e 141 DAE) os valores foram iguais a zero (aleatoriedade) (Tabela 1). No segundo ano de estudo, em quatro avaliações verificou-se valores superiores a zero (59, 66, 72 e 78 DAE) e em oito avaliações (54, 87, 93, 101, 108, 113, 121 e 127 DAE) valores iguais a zero (Tabela 2). De acordo com Green (1966), os botões florais utilizados para alimentação e oviposição do bicudo-do-algodoeiro indicaram distribuição agregada até 85 DAE e aleatória a partir desta avaliação.

Com relação ao expoente k da distribuição binomial negativa dos botões florais com orifícios de alimentação + oviposição, no primeiro ano de estudo verificou-se em três avaliações (71, 78 e 85 DAE) valores entre zero e dois, e nove avaliações (64, 92, 99, 106, 113, 120, 127, 134 e 141 DAE) com valores superiores a oito (Tabela 1). No segundo ano, verificou-se valor entre zero e dois em uma avaliação (66 DAE), valores entre dois e oito em quatro avaliações (54, 59, 72 e 78 DAE) e valores superiores a oito em sete avaliações (87, 93, 101, 108, 113, 121 e 127 DAE) (Tabela 2). De acordo com este índice, verificou-se que no início da infestação os botões atacados pelo bicudo-do-algodoeiro se distribuem de forma agregada, e posteriormente, de forma aleatória na maioria das avaliações.

3.5. Testes de ajuste à distribuição de frequência

Quando se realiza análises de populações através da estatística ecológica, o melhor ajuste à distribuição de frequência se dá através do menor valor de qui-quadrado calculado (X^2) (MELO et al., 2006).

No primeiro ano de estudos, observou-se que os botões florais com orifícios de alimentação do bicudo-do-algodoeiro apresentaram melhor ajuste à distribuição de Poisson em oito avaliações (64, 99, 106, 113, 120, 127, 134 e 141 DAE), enquanto que nas outras quatro avaliações (71, 78, 85 e 92 DAE) houve melhor ajuste à distribuição Binomial Negativa (Tabela 3). No segundo ano agrícola, verificou-se melhor ajuste à distribuição de Poisson em oito avaliações (72, 87, 93, 101, 108, 113, 121 e 127 DAE) e em quatro avaliações (54, 59, 66 e 78 DAE) à Binomial Negativa (Tabela 4). Estes resultados indicam predominância da distribuição agregada (Binomial Negativa) no início da infestação e aleatória (Poisson) de acordo com o desenvolvimento da infestação de *A. grandis* na área de cultivo com algodoeiro.

Os dados obtidos quanto à distribuição espacial dos botões florais com orifícios de alimentação de *A. grandis* corroboram os dados obtidos por Fonseca et al. (2013), que verificaram que os botões florais com orifícios de alimentação de *A. grandis* apresentaram distribuição aleatória.

Com relação aos botões florais com orifícios de oviposição do bicudo-do-algodoeiro no primeiro ano agrícola, verificou-se ajuste à distribuição de Poisson em oito avaliações (71, 99, 106, 113, 120, 127, 134 e 141 DAE), enquanto em três avaliações (78, 85 e 92 DAE) o melhor ajuste se deu para a distribuição Binomial Negativa (Tabela 3). No segundo ano de estudos, houve melhor ajuste à distribuição de Poisson em oito avaliações (78, 87, 93, 101, 108, 113, 121 e 127 DAE), e em duas avaliações (66 e 72 DAE) o melhor ajuste foi observado na distribuição de Binomial Negativa (Tabela 4).

Com relação ao padrão de distribuição espacial de adultos, verificou-se no primeiro e no segundo ano de estudos, que o melhor ajuste se deu à distribuição de Poisson em todas as avaliações realizadas, indicando distribuição aleatória na área (Tabela 3 e 4).

Tabela 3. Resultados do teste qui-quadrado de aderência (χ^2) para ajuste das distribuições de frequência de Poisson e Binomial Negativa para botões florais de algodoeiro com orifícios de alimentação, oviposição e para adultos de *Anthonomus grandis* em plantas de algodoeiro FM 993 no primeiro ano agrícola. Maracaju, MS, 2012/13.

Fator	Idade das Plantas (DAE)	Poisson		Binomial Negativa	
		χ^2	g.l.	χ^2	g.l.
Alimentação	64	16,6432*	6	16,6763**	5
	71	11,7185**	3	11,0387*	4
	78	131,0967**	6	13,3497 ^{ns}	8
	85	345,2675**	10	37,6904**	16
	92	62,5128**	14	10,4584 ^{ns}	17
	99	12,3086 ^{ns}	17	13,5477 ^{ns}	17
	106	21,8284 ^{ns}	19	27,6604 ^{ns}	19
	113	63,6208**	21	65,7266**	20
	120	51,0943**	18	83,2643**	18
	127	30,5150**	11	41,6421**	10
	134	12,8651 ^{ns}	7	15,3586*	6
	141	16,6432**	6	16,6763**	5
Oviposição	64	-	-	-	-
	71	1,4289 ^{ns}	1	IC	IC
	78	5,6862*	1	0,4442 ^{ns}	1
	85	100,3415**	5	2,0549 ^{ns}	7
	92	52,4951**	9	21,9668*	10
	99	9,4473 ^{ns}	12	11,7273 ^{ns}	12
	106	35,4505**	16	45,5325**	15
	113	20,3576 ^{ns}	19	27,4141 ^{ns}	18
	120	8,4039 ^{ns}	13	8,4221 ^{ns}	13
	127	26,6373**	8	27,8891**	7
	134	0,9693 ^{ns}	2	4,3266*	1
	141	0,2910 ^{ns}	2	1,8239 ^{ns}	1
Adulto	64	-	-	-	-
	71	-	-	-	-
	78	-	-	-	-
	85	0,2438 ^{ns}	2	0,2971 ^{ns}	1
	92	6,0228 ^{ns}	5	10,5315*	4
	99	9,8403 ^{ns}	10	11,0574 ^{ns}	9
	106	15,5614*	7	21,2054**	6
	113	17,1193*	7	26,2263**	6
	120	13,5327**	4	23,8455**	3
	127	12,8263**	2	14,1949**	1
	134	0,8287 ^{ns}	1	IC	IC
	141	0,0243 ^{ns}	1	IC	IC
Alimentação e Oviposição	64	16,6432*	6	16,6763**	5
	71	29,1627**	4	7,1568 ^{ns}	3
	78	218,2992**	7	5,6323 ^{ns}	6
	85	615,4312**	12	7,9853 ^{ns}	11
	92	156,6610**	17	25,6505 ^{ns}	16
	99	19,1538 ^{ns}	21	28,0171 ^{ns}	20
	106	28,0614 ^{ns}	24	36,3047*	23
	113	16,1023 ^{ns}	26	20,2413 ^{ns}	25
	120	18,6227 ^{ns}	22	43,1768**	21
	127	14,9140 ^{ns}	14	46,8744**	13
	134	12,6107 ^{ns}	8	15,1065*	7
	141	4,1592 ^{ns}	8	6,1196 ^{ns}	7

*significativo a 5% de probabilidade; **significativo a 1% de probabilidade; ^{ns} não significativo; g.l. graus de liberdade; DAE dias após a emergência; IC insuficiência de classe.

Tabela 4. Resultados do teste qui-quadrado de aderência (X^2) para ajuste das distribuições de frequência de Poisson e Binomial Negativa para botões florais de algodoeiro com orifícios de alimentação, oviposição e para adultos de *Anthonomus grandis* em plantas de algodoeiro FM 993 no segundo ano agrícola. Maracaju, MS, 2013/14.

Fator	Idade das Plantas (DAE)	Poisson		Binomial Negativa	
		X^2	g.l.	X^2	g.l.
Alimentação	54	2,9487 ^{ns}	2	0,4711 ^{ns}	1
	59	3,8762 ^{ns}	3	1,5580 ^{ns}	4
	66	4,4565 ^{ns}	3	0,4290 ^{ns}	2
	72	5,7182 ^{ns}	4	9,7352*	3
	78	15,9829 ^{ns}	9	9,7880 ^{ns}	9
	87	5,2016 ^{ns}	13	6,8808 ^{ns}	12
	93	6,6257 ^{ns}	14	9,2530 ^{ns}	4
	101	8,9450 ^{ns}	18	12,6409 ^{ns}	17
	108	10,2111 ^{ns}	14	13,4860 ^{ns}	13
	113	11,1673 ^{ns}	11	14,9983 ^{ns}	11
	121	2,1541 ^{ns}	5	4,3319 ^{ns}	4
	127	1,8121 ^{ns}	3	4,2385 ^{ns}	2
Oviposição	54	-	-	-	-
	59	-	-	-	-
	66	3,3907 ^{ns}	1	1,1380 ^{ns}	2
	72	8,7230*	2	1,5560 ^{ns}	4
	78	7,5213 ^{ns}	6	8,3059 ^{ns}	5
	87	9,6524 ^{ns}	9	20,9168**	8
	93	8,0635 ^{ns}	12	8,2048 ^{ns}	13
	101	16,8030 ^{ns}	15	33,5972**	14
	108	17,5752 ^{ns}	10	29,3581**	10
	113	2,3920 ^{ns}	7	3,4873 ^{ns}	6
	121	5,1590 ^{ns}	2	6,8974 ^{ns}	4
	127	0,6286 ^{ns}	1	IC	IC
Adultos	54	-	-	-	-
	59	-	-	-	-
	66	IC	IC	IC	IC
	72	1,7955 ^{ns}	2	1,8487 ^{ns}	1
	78	3,4389 ^{ns}	4	5,8084 ^{ns}	3
	87	3,0935 ^{ns}	6	4,4596 ^{ns}	5
	93	4,8404 ^{ns}	9	7,5688 ^{ns}	8
	101	5,2633 ^{ns}	8	5,6821 ^{ns}	7
	108	11,9103 ^{ns}	6	14,3971*	5
	113	0,7444 ^{ns}	4	4,1191 ^{ns}	3
	121	4,3586 ^{ns}	3	6,2612*	2
	127	4,2382*	1	IC	IC
Alimentação e Oviposição	54	2,9487 ^{ns}	2	0,4711 ^{ns}	1
	59	3,8762 ^{ns}	3	1,5580 ^{ns}	4
	66	20,2851**	3	0,2547 ^{ns}	2
	72	16,2404*	6	11,6468*	5
	78	22,8715*	12	17,9477 ^{ns}	12
	87	15,6461 ^{ns}	16	15,7402 ^{ns}	15
	93	8,4265 ^{ns}	18	10,1239 ^{ns}	17
	101	20,9630 ^{ns}	22	27,1150 ^{ns}	21
	108	17,7405 ^{ns}	17	24,3437 ^{ns}	16
	113	4,4696 ^{ns}	13	8,6025 ^{ns}	12
	121	4,5658 ^{ns}	6	6,5776 ^{ns}	5
	127	0,6021 ^{ns}	4	2,8942 ^{ns}	3

*significativo a 5% de probabilidade; **significativo a 1% de probabilidade; ^{ns}não significativo; g.l. graus de liberdade; DAE dias após a emergência; IC insuficiência de classe.

Quanto à distribuição espacial dos botões florais com orifícios de alimentação e de oviposição nas plantas, verificou-se no primeiro ano de estudos o melhor ajuste à distribuição de Poisson em oito avaliações (64, 99, 106, 113, 120, 127, 134 e 141 DAE), enquanto que em quatro avaliações (71, 78, 85 e 92 DAE), o melhor ajuste se deu à distribuição Binomial Negativa (Tabela 3). No segundo ano de estudos, verificou-se melhor ajuste à Poisson em sete avaliações (87, 93, 101, 108, 113, 121 e 127 DAE), e em cinco avaliações à distribuição Binomial Negativa (54, 59, 66, 72 e 78 DAE) (Tabela 4).

Os índices de dispersão não descrevem matematicamente a distribuição da população na área (ELLIOTT; KIECKHEFER; WALGENBACH, 1990), porém, fornecem uma idéia bastante aproximada dessa realidade quando diferentes índices apresentam resultados similares (MYERS, 1978). Todavia, a confirmação do tipo predominante de distribuição espacial de uma população de insetos ocorre apenas com o conhecimento das distribuições de frequência dos números de indivíduos da praga estudada em cada cultura (BARBOSA, 1992).

De acordo com os resultados obtidos, ficou evidente que os botões florais atacados por *A. grandis* independente se para alimentação ou oviposição se distribuem de forma agregada (distribuição Binomial Negativa) até as plantas apresentarem 85 DAE, e a partir desta idade das plantas, se distribuem de forma aleatória (distribuição de Poisson). Estes resultados corroboram dados de Fonseca et al. (2013) e dados empíricos obtidos em campos de validação do manejo desta praga desde a sua introdução no Brasil a partir dos anos 1980 por Busoli, Soares e Lara (1994), Degrande (1998) e Santos (1999), em que adultos do inseto migram para as bordas da cultura no início do desenvolvimento das plantas, e quando a oferta de botões florais é máxima na cultura, a praga já se estabeleceu de forma generalizada no interior da área cultivada, principalmente devido a competição intra-específica dos adultos da primeira e da segunda geração do inseto.

4. Conclusões

Botões florais utilizados para alimentação e para oviposição de *A. grandis* se distribuem de forma agregada (Binomial Negativa) até os 85 DAE, e de forma aleatória (Poisson) a partir desta idade das plantas.

A distribuição espacial de adultos de *A. grandis* é aleatória na área, com melhor ajuste ao modelo de distribuição de Poisson;

5. Referências

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

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. 181-191, 1982.

BUSOLI, A. C.; PEREIRA, F. F.; LÓPEZ, V. A. G.; SOARES, J. J.; MELO, R. S.; ALMEIDA, C. A. Preferência alimentar do bicudo-do-algodoeiro por frutos de diferentes cultivares e idades. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 2, p. 101-104, 2004.

BUSOLI, A. C.; SOARES, J. J.; LARA, F. M. **O bicudo do algodoeiro e seu manejo**. Jaboticabal: Funep, 1994. 32 p.

CARVALHO, L. P.; COSTA, J. N.; FREIRE, E. C.; FARIAS, F. J. C. Adaptabilidade e estabilidade de linhagens de algodoeiro originárias de materiais silvestres. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 47, n. 271, p. 303-310, 2000.

CHOI, S. K.; KIM, K. S.; LEE, H.; ADAMCZYK, J. J.; GREENBERG, S. M.; WESTBROOK, J. K.; SAPPINGTON, T. W. Temporal changes in genetic variation of boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) populations, and implications for population assignment in eradication zones. **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v. 104, n. 4, p. 816-825, 2011.

COSTA, M. G.; BARBOSA, J. C.; YAMAMOTO, P. T.; LEAL, R. M. Spatial distribution of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) in citrus orchards. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 67, p. 546-554, 2010.

DEGRANDE, P. E. **Manejo integrado de pragas do algodoeiro**. Dourados: EMBRAPA. CPAO / Campina Grande: EMBRAPA – CNPA, 1998. p. 154-191 (EMBRAPA - CPAO. Circular Técnica, 7).

ELLIOTT, J. M. **Some methods for the statistical analysis of sample of benthic invertebrates**. 2. ed. Westmorland: Freshwater Biological Association, Scientific Publication, 1979. 160 p.

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.

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**, Pelotas, v. 8, p. 203-2011, 2002.

FONSECA, P. R. B.; FERNANDES, M. G.; DEGRANDE, P. E.; MOTA, T. A.; KASSAB, S. O. Spatial distribution of adult *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) and buds with feeding punctures on conventional and Bt cotton. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 3, p.1129-1138, 2013.

FONSECA, P. R. B.; LIMA JUNIOR, I. S.; SORIA, M. F.; KODAMA, C.; DEGRANDE, P. E. Inseticidas neonicotinoides no controle do bicudo-do-algodoeiro *Anthonomus grandis* (Boheman, 1843) (Coleoptera: Curculionidae) e a falha de controle do endossulfan. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 78, n. 4, p. 545-551, 2011.

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

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

GRIGOLLI, J. F. J.; SOUZA, L. A.; FRAGA, D. F.; BUSOLI, A. C. Boll weevil feeding preference on squares at different ages and square shedding time of cotton cultivars. **African Journal of Agricultural Research**, Lagos, v. 7, n. 30, p. 4317-4323, 2012.

HAYNES, J. W.; SMITH, J. W. Longevity of laboratory-reared boll-weevils (Coleoptera, Curculionidae) offered honey bee-collected pollen and plants unrelated to cotton. **Journal of Entomological Science**, Tifton, v. 27, p. 366-374, 1992.

KIM, K. S.; SZENDREI, Z.; RODRIGUEZ-SAONA, C.; MULDER JR, P. G.; SAPPINGTON, T. W. Molecular diagnostic for boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) based on amplification of three species-specific microsatellites. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 102, n. 2, p. 759-766, 2009.

MELO, E. P.; FERNANDES, M. G.; DEGRANDE, P. E.; CESSA, R. M. A.; SALOMÃO, J. L.; NOGUEIRA, R. F. Distribuição espacial de plantas infestadas por *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) na cultura do milho. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 35, n. 5, p. 689-697, 2006.

MORISITA, M. Is index, a measure of dispersion of individuals. **Researches on Population Ecology**, Tokyo, v. 4, n. 1, p. 107, 1962.

MYERS, J. H. Selecting a measure of dispersion. **Environmental Entomology**, Lanham, v. 7, p. 619-621, 1978.

RABINOVICH, J. E. **Introducción a la ecología de poblaciones animales**. Mexico: Continental, 1980. 313 p.

RAMIRO, Z. A.; NETTO, N. D.; NOVO, J. P. S.; PURGATO, G. L. S.; CORREIA, M. F. M.; SANTOS, R. C. Avaliação da eficiência de inseticidas em função dos tipos de danos ocasionados pelo bicudo do algodoeiro, *Anthonomus grandis* Bohemam, 1843 (Coleoptera: Curculionidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 21, p. 401-411, 1992.

RUESINK, W. G. Introduction to sampling theory. In: KOGAN, M.; HERZOG, D.C. **Sampling methods in soybean entomology**. New York: Springer-Verlag, 1980. p. 60-78.

SANTOS, W. J. Monitoramento e controle das pragas do algodoeiro. In: CIA, E.; FREIRE, E. C.; SANTOS, J. W. **Cultura do algodoeiro**. Piracicaba: Potafos, 1999. p. 134-179.

SHOWLER, A. T. Relationships of different cotton square sizes to boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) feeding and oviposition in field conditions. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 98, n. 5, p. 1572-1579, 2005.

SILVA, F. P.; BEZERRA, A. P. L.; SILVA, A. F. Oviposição e alimentação do bicudo, *Anthonomus grandis* Boheman, em linhagens mutantes de algodoeiro herbáceo de cultura de soca. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 39, n. 1, p.85-89, 2008.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Calagem e adubação para culturas anuais e semiperenes. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2004. p. 283-315.

SOUTHWOOD, T. E. R. **Ecological methods**. New York: Wiley, 1978. 525 p.

TAYLOR, L. R. Assessing and interpreting the spatial distribution of insects populations. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 29, p. 231-257, 1984.

YOUNG, L. J.; YOUNG, J. H. **Statistical ecology: a population perspective**. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1998. 565 p.

CAPÍTULO 3 – Plano de amostragem sequencial de *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) em algodoeiro

RESUMO – O bicudo-do-algodoeiro *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) é uma das pragas mais severas da cotonicultura mundial. Para o seu manejo adequado, é essencial estabelecer um sistema de amostragem ágil e confiável, para definir o momento correto de seu controle. O objetivo deste trabalho foi elaborar um plano de amostragem sequencial para o bicudo-do-algodoeiro. Os estudos foram conduzidos em Maracaju, MS, nas safras 2012/13 e 2013/14 com a cultivar de algodoeiro FM 993. Uma área de 10.000 m² foi sub-dividida em 100 parcelas de 10 x 10 m, e cinco plantas por parcela foram inspecionadas semanalmente, registrando o número de botões florais com sintomas de alimentação + oviposição pela praga em cada planta. Posteriormente, foi desenvolvido um plano de amostragem sequencial pelo Teste da Razão da Máxima Verossimilhança. Adotou-se o nível de controle de 10% de botões atacados e o nível de segurança de 5% para a construção do plano de amostragem sequencial. O erro tipo I e tipo II utilizado foi de 0,05, recomendado para estudos com insetos. O ajuste das distribuições de frequência utilizados foram divididos em duas fases, de forma que o modelo que melhor se ajustou aos dados foi a distribuição Binomial Negativa até 85 DAE (Fase I), e a partir daí o melhor ajuste se deu à distribuição de Poisson (Fase II). As equações que definem a tomada de decisão para a Fase I são $S_0 = -5,1743 + 0,5730N$ e $S_1 = 5,1743 + 0,5730N$, e para a Fase II são $S_0 = -4,2479 + 0,5771N$ e $S_1 = 4,2479 + 0,5771N$. O plano de amostragem sequencial elaborado indicou que o número máximo de unidades amostrais esperado para a tomada de decisão é de aproximadamente 39 amostras para a Fase I e de aproximadamente 31 amostras para a Fase II.

Palavras-chave: bicudo-do-algodoeiro, distribuição Binomial Negativa, distribuição de Poisson, distribuição espacial, *Gossypium hirsutum*, tomada de decisão,

Sequential sampling plano of *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) on cotton crop

Abstract – The cotton boll weevil *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) is one of the most important pest of cotton crop worldwide. For its proper management, it is essential to establish an agile and reliable sampling system, to set the correct time for its control. The objective of this study was to develop a sequential sampling plan for the cotton boll weevil. The studies were conducted in Maracaju, MS, in two seasons, 2012/13 and 2013/14 with cotton cultivar FM 993. An area of 10,000 m² was divided into 100 plots of 10 x 10 m, and five plants per plot were inspected weekly, and the number of flower buds with feeding + oviposition punctures of *A. grandis* in each plant was recorded. Later, it was developed a sequential sampling plan according to Maximum Likelihood Ratio Test. The threshold level used was 10% of flower buds with symptoms of *A. grandis* (feeding + oviposition), and the security level used was 5% of damaged flower buds. The type I and type II errors was 0.05, recommended for insects studies. The adjustment of the frequency distributions used were divided in two phases, so that the model that best fit the data was negative binomial distribution up to 85 DAE (Phase I), and from there the best adjustment was to Poisson distribution (Phase II). The equations that define the decision-making for Phase I are $S_0 = -5,1743 + 0,5730N$ and $S_1 = 5,1743 + 0,5730N$, and for Phase II are $S_0 = -4,2479 + 0,5771N$ e $S_1 = 4,2479 + 0,5771N$. The sequential sampling plan indicated that the maximum number of sample units expected to decision-making is approximately 39 samples for Phase I and approximately 31 samples for Phase II.

Keywords: Cotton boll weevil, Negative Binomial distribution, Poisson distribution, spatial distribution, *Gossypium hirsutum*, decision-making

1. Introdução

O bicudo-do-algodoeiro, *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) é uma das pragas mais destrutivas do algodão cultivado *Gossypium hirsutum* L. nas Américas (KIM et al., 2009). Na cultura do algodoeiro, os botões florais mais desenvolvidos são os mais utilizados para oviposição de *A. grandis* em detrimento dos botões florais médios e pequenos (SHOWLER, 2005). Já para a alimentação do bicudo-do-algodoeiro, há uma dependência da idade do botão floral e da cultivar de algodoeiro cultivado na área (GRIGOLLI et al., 2012).

O manejo do bicudo-do-algodoeiro é complexo e requer a utilização de diversas táticas de controle associadas. O método químico aliado ao controle cultural, como a destruição de restos culturais, catação e eliminação de botões florais caídos ao solo e uso de cultivares precoces são comumente utilizados para reduzir os danos causados por *A. grandis* (CARVALHO et al., 2000). Além disso, é necessário que as amostragens sejam realizadas com frequência e com agilidade, para possibilitar a tomada de decisão da forma mais ágil e precisa possível.

Em programas de amostragem, a precisão e o custo são os dois fatores mais importantes que devem ser considerados (PEDIGO, 1994). Comparando-se a amostragem convencional que tem estabelecido um número total fixo de amostras, a amostragem sequencial pode resultar na redução de 35 a 50% do esforço (BINNS, 1994).

A distribuição espacial de um inseto é uma resposta comportamental de seus indivíduos de uma espécie ao seu habitat (SOUTHWOOD, 1995; YOUNG; YOUNG, 1998). A informação da distribuição espacial de uma praga (uniforme, aleatória ou agregada) pode determinar a quantidade de amostras a ser avaliadas, principalmente na amostragem sequencial (ELLIOT; KIECKHEFER, 1986; FENG et al., 1993).

O plano de amostragem sequencial é uma ferramenta valiosa no manejo integrado de pragas quando há informações do comportamento da população do inseto disponível (FERNANDES; BUSOLI; BARBOSA, 2003). Este modelo é caracterizado por utilizar amostras de tamanho variável para cada dia de amostragem em uma determinada área. Desta forma, a amostragem sequencial

possui a vantagem de reduzir o número total de unidades amostrais por área, e consequentemente o tempo e o custo da amostragem (WALD, 1945; WALD, 1947).

Para desenvolver um plano de amostragem sequencial, seguindo o método da razão da máxima verossimilhança (WALD, 1945) são necessários três requisitos: 1) distribuição espacial da espécie-praga (GILES et al., 2000) e/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) o erro tipo I (α) e o erro tipo II (β), valores esses previamente estabelecidos (YOUNG; YOUNG, 1998).

No Brasil, para a cultura do algodoeiro estão disponíveis planos de amostragem sequencial para algumas pragas, como o curuquerê-do-algodoeiro, *Alabama argillacea* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) (FERNANDES; BUSOLI; BARBOSA, 2003) e *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) (FERNANDES; BUSOLI; BARBOSA, 2002). Desta forma, o objetivo deste trabalho foi elaborar um plano de amostragem sequencial de botões florais atacados pelo bicudo-do-algodoeiro, a partir do conhecimento da sua distribuição espacial em uma área de algodoeiro.

2. Material e Métodos

Os experimentos foram conduzidos na área da Estação Experimental da Fundação MS, em Maracaju, MS, Brasil (21°36'52"S, 55°10'06"W, 384 m de altitude), em dois anos agrícolas, safra 2012/13 e safra 2013/14. Para isso, foi selecionada uma área de 10.000 m², a qual foi subdividida em 100 parcelas com dimensões de 10 x 10 m (100 m²). Cada parcela foi considerada uma unidade amostral e foram identificadas com número de 1 a 100. Em cada unidade amostral avaliou-se cinco plantas.

A cultivar utilizada foi FM 993, semeada na primeira safra em 11 de novembro de 2012 e, na segunda safra, em 22 de novembro de 2013. A semeadura foi realizada mecanicamente de modo a se obter 12,4 sementes por metro de linha no primeiro ano e 12,2 sementes por metro de linha no segundo ano, com espaçamento de 0,80 m entre linhas. A semeadura foi realizada no sistema de plantio direto na

palha e a correção do solo realizada anteriormente de acordo com a análise de solo e as recomendações de Sousa e Lobato (2004).

As sementes utilizadas foram tratadas com o fungicida Frowncide® (fluazinam) na dosagem de 300 mL/100 kg semente. O controle de plantas daninhas foi realizado com os herbicidas Staple® (pirithiobaque-sodium) na dosagem de 240 mL ha⁻¹, Envoke® (trifloxissulfuron-sodium) na dosagem de 10 g ha⁻¹ e Fusilade® (fluazifop-p-butyl) na dosagem de 750 mL ha⁻¹, aplicados entre 10 e 40 dias após a emergência das plantas (DAE). Não foi realizada aplicação de inseticidas durante a condução dos ensaios. Para evitar perda de plantas pela ocorrência de doenças na fase inicial de crescimento das plantas, e durante o período de florescimento e frutificação, foi realizada a aplicação do fungicida Opera® (piraclostrobina + epoxiconazol) na dosagem de 500 mL ha⁻¹ aos 60, 75 e 90 DAE. O regulador de crescimento cloreto de mepiquat (Pix®) foi aplicado em três momentos, aos 35 DAE (200 mL ha⁻¹), 55 DAE (150 mL ha⁻¹) e 70 DAE (150 mL ha⁻¹), para manejar a altura das plantas entre 1,2 e 1,3 m, conforme a recomendação para a colheita mecanizada (BUSOLI; SOARES; LARA, 1994).

As amostragens foram realizadas semanalmente desde a emergência das plantas, até a abertura dos primeiros capulhos. Em cada avaliação, foram analisadas cinco plantas de algodoeiro por parcela, as quais foram inspecionadas visualmente e registrados o número de botões florais com puncturas de alimentação e de oviposição em cada planta.

Foram elaborados dois planos de amostragens sequenciais, um para plantas com até 85 DAE (Fase I), e outro para plantas após os 85 DAE até o final do ciclo da cultura (Fase II). Na Fase I, até os 85 DAE, a distribuição espacial foi predominantemente agregada, com melhor ajuste à distribuição Binomial Negativa, e na Fase II, a partir dos 85 DAE, a distribuição espacial foi predominantemente aleatória, com melhor ajuste à distribuição de Poisson, conforme observado no capítulo anterior.

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 botões atacados pela

praga, e $m_1 > m_0$. A rejeição de H_0 , ou seja, a aceitação de H_1 , indica a necessidade de aplicação de métodos eficientes de controle do inseto; ao contrário, a aceitação de H_0 indica a não necessidade de controle da praga naquela amostragem (BARBOSA, 1992).

Na construção do plano de amostragem sequencial foi adotado o nível de controle igual a 10% de botões atacados por *A. grandis*, seja para alimentação ou para oviposição (BUSOLI, 1991). Em função da alta capacidade de dano da praga, o nível de segurança adotado foi de 5% de botões florais atacados. Para fixar os valores de m_0 e m_1 foi calculada a média do número de botões florais por planta nos dois anos de estudos, obtendo-se o valor de oito botões florais por planta por semana em média. Assim, fixou-se m_0 e m_1 com base no valor obtido do número médio de botões florais emitidos por semana por planta e nos índices acima mencionados, estabelecendo as seguintes hipóteses: H_0 : $m_0 = 0,40$ (5% dos botões florais emitidos por semana atacados pela praga para alimentação + oviposição) versus H_1 : $m_1 = 0,80$ (10% dos botões florais emitidos por semana atacados pela praga para alimentação + oviposição).

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; GONZALEZ; GOKHALE, 1972; SOUTHWOOD, 1978).

Os valores de h_0 , h_1 e α , bem como a curva característica da operação $[CO(m)]$, e a curva do tamanho esperado de amostras $[E(N)]$ foram calculados de acordo com Stefanel e Barbin (1979) e Young e Young (1998).

3. Resultados e Discussão

Como o teste de aderência das frequências observadas para o número de botões florais com orifícios de alimentação + oviposição de *A. grandis* apresentou ajuste à distribuição Binomial Negativa na Fase I (até 85 DAE), optou-se por ajustar

este modelo de distribuição com um k comum (k_c) que representasse a maioria das amostragens, e esse valor foi 2,6273.

Pode-se observar que o valor do qui-quadrado foi significativo, e na análise de variância, o teste F para inclinação ($1/k$) foi significativo para botões florais com orifícios de alimentação + oviposição de *A. grandis* e não significativo para a interseção, sendo atendidas as condições necessárias para a obtenção de um k comum (BLISS; OWEN, 1958) (Tabela 1).

Tabela 1. Índices de k comum (k_c) para botões florais com orifícios de alimentação + oviposição de *A. grandis* em plantas de algodoeiro. Maracaju, MS, 2015.

Parâmetro	k_{comum}	Teste para homogeneidade de k_{comum}		
		X^2	Teste F ($1/k$)	Teste F de interseção
Botões florais com alimentação + oviposição	2,6273	61,8172	7,6995*	0,0089 ^{ns}

X^2 estatística do teste qui-quadrado; * significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo a 5% de probabilidade.

O plano de amostragem sequencial para o número de botões com orifícios de alimentação + oviposição foi desenvolvido para a Fase I e para a Fase II. Quando o número de botões florais com orifícios de alimentação + oviposição é superior à reta transversal superior, rejeita-se a hipótese H_0 , ou seja, controla-se imediatamente a praga, e ao contrário, abaixo da reta transversal inferior, aceita-se H_0 , ou seja, não controla-se a praga naquele dia de avaliação. As equações que definem a tomada de decisão de controle para a Fase I são $S_0 = -5,1743 + 0,5730N$ e $S_1 = 5,1743 + 0,5730N$ (Figura 1A), enquanto que para a Fase II, são $S_0 = -4,2479 + 0,5771N$ e $S_1 = 4,2479 + 0,5771N$ (Figura 1B). Essas equações foram definidas através do método proposto por Wald (1945).

O procedimento é o mesmo que para a amostragem convencional, que consiste na amostragem de plantas de algodoeiro ao acaso no talhão, contando-se o número de botões florais atacados por *A. grandis*, independente se para alimentação ou oviposição. No caso da amostragem sequencial, os valores são somados a cada planta amostrada, e os valores acumulados, são comparados com os valores do

nível de controle apontados nas linhas superior e inferior dos gráficos, conforme a fase fenológica do algodoeiro. Se o valor acumulado de dados for inferior ao limite inferior, a amostragem deve parar e H_0 é aceito, decidindo não controlar a praga. Se o valor acumulado das amostragens for superior ao limite superior, a próxima amostragem deve ser interrompida, H_0 é rejeitado e H_1 aceito, decidindo por controlar a praga. Se os valores acumulados das amostragens ficarem entre as duas linhas (superior e inferior) de tomada de decisão, a amostragem deve continuar até atingir uma das linhas de decisão. Se o valor acumulado permanecer entre as duas linhas, deve-se continuar amostrando até atingir o número máximo de unidades amostrais para tomada de decisão.

As Curvas Características da Operação CO(m) (Figura 2) indicam a probabilidade de tomar uma decisão correta para um determinado nível de infestação. Para as duas fases do plano desenvolvido, verificou-se que, quando o número de botões florais atacados for de 5% (nível de segurança), o teste possui 95% de probabilidade de aceitar H_0 , não recomendando o controle, e ao contrário, quando houver 10% de botões atacados (nível de ação), a probabilidade de aceitar H_0 é de 95%, isto é, a probabilidade de se recomendar o controle é de 95%. Esse parâmetro foi observado tanto para a Fase I (Figura 2A) quanto para a Fase II (Figura 2B).

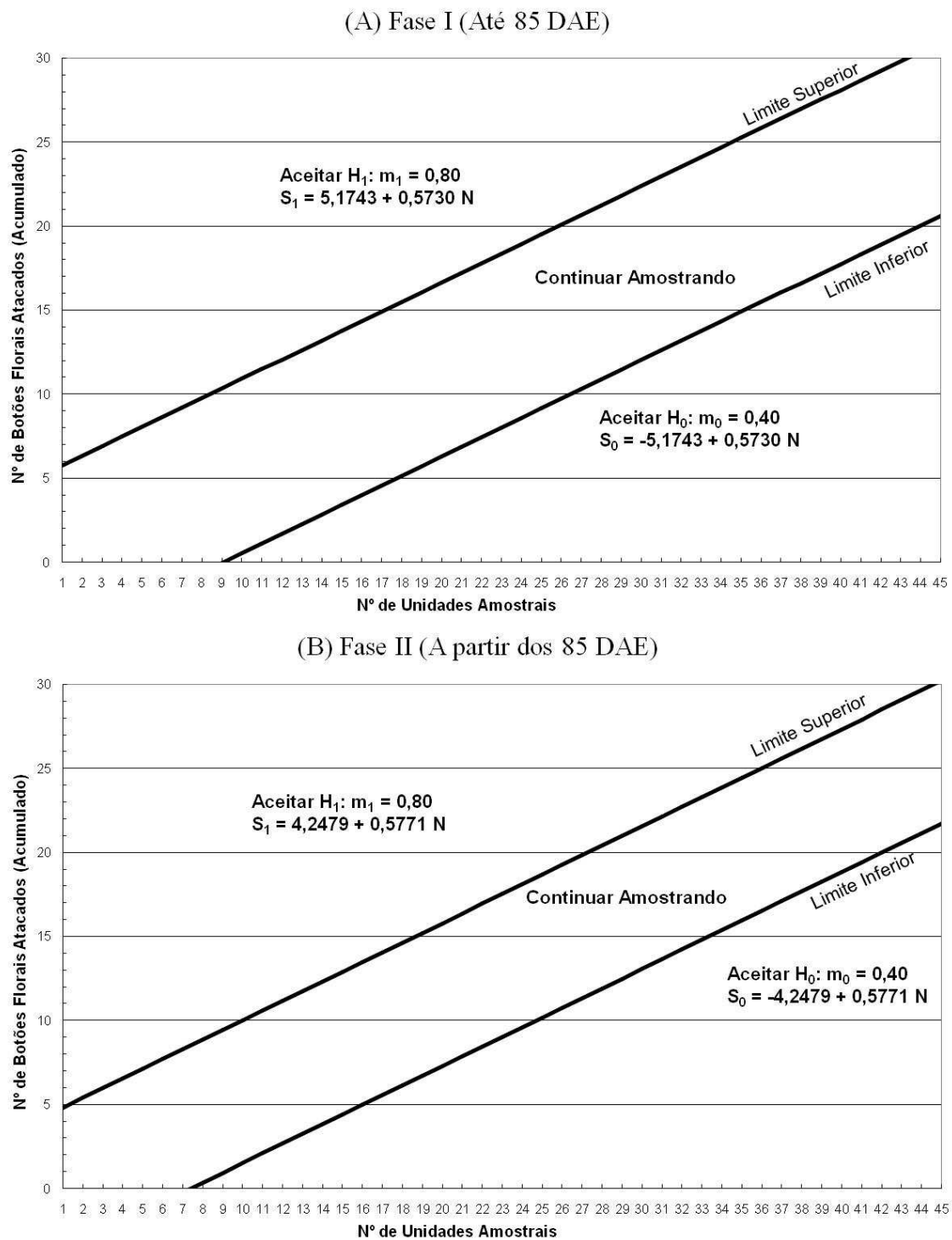


Figura 1. Linhas de decisão do plano de amostragem sequencial para o número de botões florais com orifícios de alimentação + oviposição de *Anthonomus grandis* em plantas de algodoeiro. (A) Plano para a Fase I com plantas com até 85 DAE; (B) Plano para a Fase II com plantas com mais de 85 DAE.

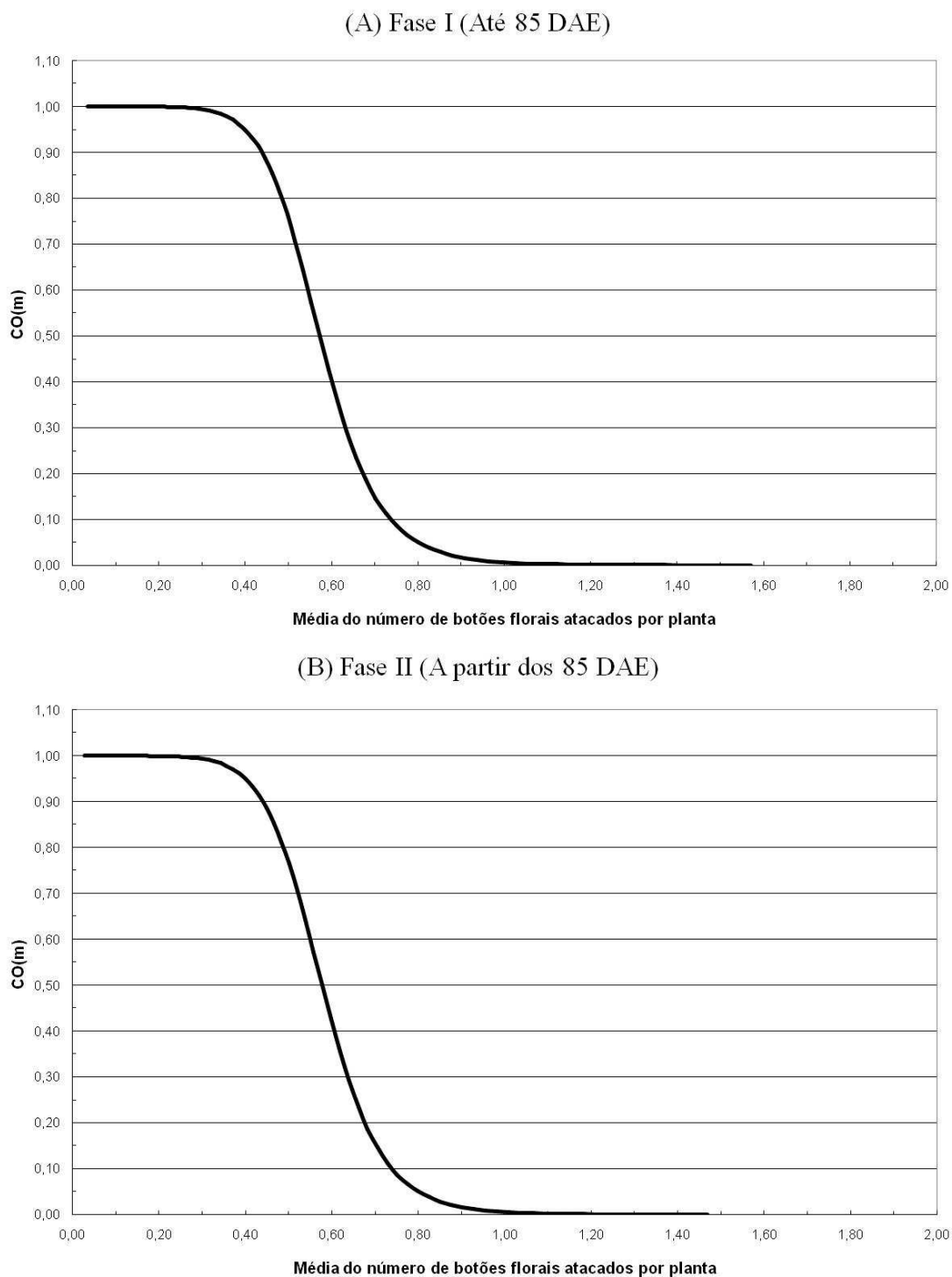


Figura 2. Curvas Características de Operação CO(m) dos planos de amostragem sequencial para o número de botões florais com orifícios de alimentação + oviposição de *Anthonomus grandis* em plantas de algodoeiro. (A) Plano para a Fase I com plantas de até 85 DAE; (B) Plano para a Fase II com mais de 85 DAE.

Em seguida, obteve-se o número esperado de amostras $E(N)$ para o número de botões florais atacados por *A. grandis* (Figura 3). Pode-se observar que o tamanho máximo esperado de amostras na Fase I é com até 39 plantas avaliadas (Figuras 3A), enquanto que para a Fase II o tamanho de amostras máximo esperado é de até 31 plantas (Figura 3B).

Na amostragem convencional do algodoeiro, recomenda-se a amostragem de 100 plantas em um talhão de até 100 ha (ALMEIDA; DOMINGUES; RAMALHO, 2013). Com o uso da amostragem sequencial, pode-se reduzir o esforço amostral em até 61% na Fase I do presente plano elaborado e em até 69% na Fase II com base no plano elaborado, reduzindo significativamente o tempo e os custos com a amostragem do bicudo-do-algodoeiro, além de possibilitar a tomada de decisão mais rápida.

Ressalta-se que o nível de controle utilizado para a elaboração deste plano foi de 10% de botões atacados para o controle de *A. grandis*. Assim, os resultados obtidos no presente trabalho devem respeitar esta condição. Para a amostragem sequencial de bicudo-do-algodoeiro em regiões que utilizam outros níveis de controle da praga, é necessário elaborar novos planos de amostragem sequencial.

Para tornar as informações acima mais práticas foram elaboradas fichas de campo para a Fase I (Tabela 2) e para a Fase II (Tabela 3).

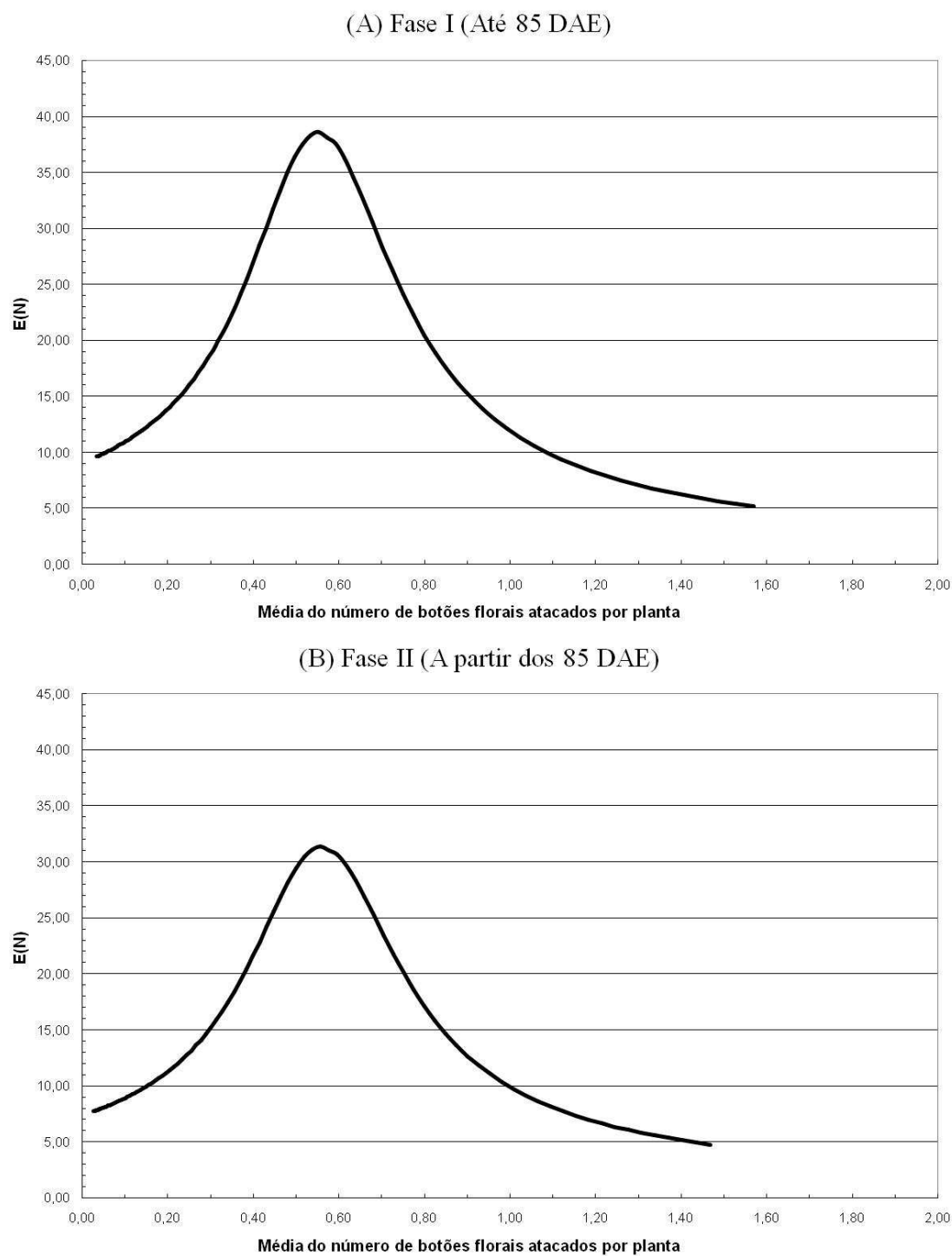


Figura 3. Curvas do Tamanho Esperado de Unidades Amostras $E(n)$ dos planos de amostragem sequencial para o número de botões florais com orifícios de alimentação + oviposição de *Anthonomus grandis* em plantas de algodoeiro. (A) Plano para a Fase I com plantas com até 85 DAE; (B) Plano para a Fase II com plantas com mais de 85 DAE.

Tabela 2. Ficha de campo para amostragem sequencial de botões florais com orifícios de alimentação + oviposição de *Anthonomus grandis* em plantas de algodoeiro na Fase I (até 85 DAE).

Nº de Unidades Amostrais	Limite Inferior (Não Controla)	Número de Botões Florais com Orifícios de Alimentação + Oviposição (Acumulado)	Limite Superior (Controla)
1	-		6
2	-		6
3	-		7
4	-		7
5	-		8
6	-		9
7	-		9
8	-		10
9	-		10
10	1		11
11	1		11
12	2		12
13	2		13
14	3		13
15	3		14
16	4		14
17	5		15
18	5		15
19	6		16
20	6		17
21	7		17
22	7		18
23	8		18
24	9		19
25	9		19
26	10		20
27	10		21
28	11		21
29	11		22
30	12		22

Tabela 3. Ficha de campo para amostragem sequencial de botões florais com orifícios de alimentação + oviposição de *Anthonomus grandis* em plantas de algodoeiro na Fase II (a partir dos 85 DAE).

Nº de Unidades Amostrais	Limite Inferior (Não Controla)	Número de Botões Florais com Orifícios de Alimentação + Oviposição (Acumulado)	Limite Superior (Controla)
1	-		5
2	-		5
3	-		6
4	-		7
5	-		7
6	-		8
7	-		8
8	-		9
9	1		9
10	2		10
11	2		11
12	3		11
13	3		12
14	4		12
15	4		13
16	5		13
17	6		14
18	6		15
19	7		15
20	7		16
21	8		16
22	8		17
23	9		18
24	10		18
25	10		19
26	11		19
27	11		20
28	12		20
29	12		22
30	13		22

4. Conclusões

Foi construído um Plano de Amostragem Sequencial para botões florais com orifícios de alimentação + oviposição de *Anthonomus grandis* em duas fases, com até 85 DAE (Fase I) com base na distribuição Binomial Negativa e a partir dos 85 DAE com base na distribuição de Poisson.

O número máximo de unidades amostrais esperado para se tomar a decisão na Fase I encontra-se em 39 e na Fase II em 31.

5. 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.
- ALMEIDA, R. P.; DOMINGUES, C. A.; RAMALHO, F. S. **Manejo integrado de pragas do algodoeiro no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2013. 59 p.
- BARBOSA, J. C. A amostragem sequencial. In: FERNANDES, O. A.; CORREIA, A. C. B.; DE BORTOLI, S. A. **Manejo integrado de pragas e nematóides**. Jaboticabal: Funep, 1992. p. 205-211.
- BINNS, M. R. Sequential sampling for classifying pest status. In: PEDIGO, L. P.; BUNTIN, G. D. **Handbook of sampling methods for arthropods in agriculture**. Boca Raton: CRC, 1994. p. 137-174.
- BLISS, C. I.; OWEN, A. R. G. Negative binomial distributions with a common k . **Biometrika**, London, v. 45, n. 1, p. 37-58, 1958.
- BUSOLI, A. C. Práticas culturais, reguladores de crescimento, controle químico e feromônios no manejo integrado de pragas do algodão. In: DEGRANDE, P.E. **Bicudo do algodoeiro: manejo integrado**. Campo Grande: UFMS, 1991. 141 p.
- BUSOLI, A. C.; SOARES, J. J.; LARA, F. M. **O bicudo do algodoeiro e seu manejo**. Jaboticabal: Funep, 1994. 32 p.
- CARVALHO, L. P.; COSTA, J. N.; FREIRE, E. C.; FARIAS, F. J. C. Adaptabilidade e estabilidade de linhagens de algodoeiro originárias de materiais silvestres. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 47, n. 271, p. 303-310, 2000.

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

ESTEFANEL, V.; BARBIN, D. Amostragem seqüencial baseada no teste seqüencial da razão de probabilidades e seu uso na determinação da época de controle das lagartas da soja no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista do Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v. 9, n. 1, p. 29-48, 1979.

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**, Lanham, v. 86, p. 427-435, 1993.

FERNANDES, M. G.; BUSOLI, A. C.; BARBOSA, J. C. Amostragem seqüencial de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em algodoeiro. **Revista Brasileira de Agrobiologia**, Pelotas, v. 8, n. 3, p. 213-218, 2002.

FERNANDES, M. G.; BUSOLI, A. C.; BARBOSA, J. C. Sequential sampling plan of *Alabama argillacea* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) on cotton crop. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 32, p. 117-122, 2003.

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

GRIGOLLI, J. F. J.; SOUZA, L. A.; FRAGA, D. F.; BUSOLI, A. C. Boll weevil feeding preference on squares at different ages and square shedding time of cotton cultivars. **African Journal of Agricultural Research**, Lagos, v. 7, n. 30, p. 4317-4323, 2012.

KIM, K. S.; SZENDREI, Z.; RODRIGUEZ-SAONA, C.; MULDER JR, P. G.; SAPPINGTON, T. W. Molecular diagnostic for boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) based on amplification of three species-specific microsatellites. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 102, n. 2, p. 759-766, 2009.

PEDIGO, L. P. Introduction to sampling arthropod populations. In: PEDIGO, L. P.; BUNTIN, G. D. **Handbook of sampling methods for arthropods in agriculture**. Boca Raton: CRC, 1994. p. 1-11.

SHOWLER, A. T. Relationships of different cotton square sizes to boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) feeding and oviposition in field conditions. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 98, n. 5, p. 1572-1579, 2005.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Calagem e adubação para culturas anuais e semiperenes. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado**: correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2004. p. 283-315.

SOUTHWOOD, T. R. E. **Ecological methods with particular reference to the study of insect population**. London: Chapman and Hall, 1995. 548 p.

SOUTHWOOD, T. R. E. **Ecological methods**. 2. ed. NewYork: John Wiley & Sons, 1978. 525 p.

WALD, A. **Sequential analysis**. New York: John Wiley & Sons, 1947. 211 p.

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

YOUNG, L. J.; YOUNG, J. H. **Statistical ecology**: a population perspective. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1998. 565 p.

CAPÍTULO 4 – Dinâmica populacional e distribuição vertical de adultos e de botões florais com orifícios de alimentação e de oviposição de *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) em plantas de algodoeiro

RESUMO – O bicudo-do-algodoeiro é uma das principais pragas da cotonicultura no mundo. O conhecimento da sua dinâmica populacional e distribuição vertical nas plantas é fundamental para o estabelecimento de estratégias para o seu manejo. O objetivo deste trabalho foi avaliar a dinâmica populacional e a distribuição vertical dos adultos de *A. grandis* e de botões florais utilizados para alimentação e oviposição em plantas de algodoeiro. O experimento foi conduzido na Estação Experimental da Fundação MS, em dois anos agrícolas (2012/13 e 2013/14), utilizando-se o delineamento de blocos casualizados com três tratamentos (terço inferior, médio e superior) e 100 parcelas (repetições). As avaliações foram realizadas semanalmente, e basearam-se na avaliação de cinco plantas de algodoeiro por parcela. Em cada avaliação foi observado o número de botões florais com orifícios de alimentação e de oviposição causados por *A. grandis* em cada região do dossel das plantas, bem como a presença de adultos. Foi observado que a infestação de botões florais utilizados para alimentação e para oviposição, além do número de adultos por planta, aumentam conjuntamente, atingindo um ponto máximo aos 101 DAE e declinam progressivamente até a fase de colheita. Adultos de *A. grandis* se localiza no terço superior das plantas, alimentam-se preferencialmente de botões florais localizados no terço médio destas e ovipositam preferencialmente em botões florais do terço superior das plantas.

Palavras-chave: *Anthonomus grandis*, distribuição intra-planta, *Gossypium hirsutum*, planta hospedeira

Population dynamics and vertical distribution of adults and flower buds with feeding and oviposition punctures of *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) in cotton plants

Abstract – The cotton boll weevil is one of the major pest of the cotton crop worldwide. The knowledge of their population dynamics and vertical distribution in cotton plants is important to establish strategies for their management. The objective of this study was to evaluate the population dynamics and vertical distribution of *A. grandis* adults and the flower buds with feeding and oviposition punctures in cotton plants. The experiment was conducted at the Experimental Station of the Foundation MS, in Maracaju, MS, in two seasons, 2012/13 and 2013/14, using a randomized block design with three treatments (lower, medium and upper part of plants) and 100 repetitions. Evaluations were performed weekly, and were based on five plants per plot. Each evaluation was observed the number of flower buds with feeding and oviposition punctures caused by *A. grandis* in each part of the plant canopy, as well as the presence of adults. It was observed that the infestation of flower buds used for feeding and oviposition, and the number of adults per plant increases together, reaching a peak at 101 DAE and steadily declines until the harvest stage. Adults of *A. grandis* are located in the upper part of plants canopy, flower buds with feeding punctures are preferably located in the middle part of plants canopy, and *A. grandis* lay eggs on flower buds preferably in the upper part of plants canopy.

Keywords: *Anthonomus grandis*, intra-plant distribution, *Gossypium hirsutum*, host plant

1. Introdução

O bicudo-do-algodoeiro, *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae), é uma das pragas mais importantes do algodoeiro nas Américas (KIM et al., 2009). No Brasil, sua importância econômica se deu a partir de 1983/84, e as medidas de contenção e erradicação desta praga adotadas na época não foram eficientes, o que proporcionou sua migração e recolonização para novos campos de produção do país, elevando sua população e ampliando sua distribuição geográfica (PAULA et al., 2013).

A introdução do bicudo-do-algodoeiro no Brasil causou perdas diretas e indiretas que se estenderam através de toda a estrutura social, financeira e econômica, principalmente da região setentrional, refletindo em desvalorização das propriedades, fechamentos de usinas de beneficiamento de semente e de óleo comestível, desemprego e emigração de trabalhadores para as grandes cidades das regiões Nordeste e Sudeste (RAMALHO et al., 2000).

Adultos de *A. grandis* preferem se alimentar e ovipositar de botões florais em relação às outras estruturas da planta (HUNTER, 1912; HUNTER; PIERCE, 1912; HOWARD, 1921; EVERETT; RAY, 1962; EVERETT; EARLE, 1964). Além disso, botões florais mais desenvolvidos (5,5-8,0 mm de diâmetro) são mais preferidos para oviposição de *A. grandis* (SHOWLER, 2005). Em estudos recentes em condições tropicais, Grigolli et al. (2012) observaram que a preferência para alimentação de *A. grandis* depende da cultivar utilizada, de modo que nas cultivares NuOPAL e FMX-910 a preferência para alimentação foi por botões florais menos desenvolvidos, enquanto que nas cultivares DeltaOPAL, FMT-701 e FMX-993 a preferência alimentar foi por botões florais mais desenvolvidos.

O conhecimento da distribuição vertical de uma praga em uma cultura pode auxiliar no processo de amostragem, tornando-o mais ágil e confiável. Tais informações são fundamentais no desenvolvimento de estratégias de amostragem (TRICHILO; WILSON; MACK, 1993), e podem reduzir o tempo e o custo do processo de monitoramento, sem reduzir a confiabilidade dos resultados (WILSON; GUTIERREZ; HOGG, 1982). Além disso, métodos precisos de amostragem são essenciais para o entendimento da dinâmica populacional do inseto-praga e,

consequentemente, da implantação das estratégias de controle (NARANJO; FLINT, 1995; ELLSWORTH; MARTÍNEZ-CARRILLO, 2001).

Estudos realizados por Kuehl e Fye (1972), Rodrigues, Fernandes e Santos (2010), Fernandes et al. (2012) e Grigolli et al. (2013) mostram a importância da dinâmica populacional e da distribuição vertical de artrópodes em áreas cultivadas com algodoeiro. Entretanto, ainda não há informações acerca da distribuição vertical de *A. grandis* ao longo das fases fenológicas do algodoeiro no centro-oeste do Brasil, principal região produtora de algodão do país.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a dinâmica populacional e a distribuição vertical de adultos de *A. grandis*, bem como de botões florais atacados pelo bicudo-do-algodoeiro para a sua alimentação e para a oviposição em plantas de algodoeiro.

2. Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Estação Experimental da Fundação MS, em Maracaju, MS, Brasil (21°36'52"S, 55°10'06"W, 384 m de altitude), em dois anos agrícolas, safras 2012/13 e 2013/14. O experimento foi conduzido em blocos casualizados com três tratamentos (terço superior, médio e inferior) e 100 repetições (parcelas).

Foi selecionada uma área de 10.000 m², a qual foi subdividida em 100 parcelas com dimensões de 10 x 10 m (100 m²). A cultivar utilizada foi FM 993, semeada na primeira safra em 11 de novembro de 2012 e na segunda safra em 22 de novembro de 2013. A semeadura foi realizada mecanicamente, de modo a obter uma densidade de plantio de 12,4 sementes por metro de linha no primeiro ano e 12,2 sementes por metro de linha no segundo ano, com espaçamento de 0,80 m entre linhas. A semeadura foi realizada no sistema plantio direto na palha e a correção do solo foi realizada de acordo com Sousa e Lobato (2004).

As sementes utilizadas foram tratadas com o fungicida Frownicide[®] (fluazinam) na dosagem de 300 mL/100 kg semente. O controle de plantas daninhas foi realizado com os herbicidas Staple[®] (pirithiobaque-sodium) na dosagem de 240 mL ha⁻¹, Envoke[®] (trifloxissulfuron-sodium) na dosagem de 10 g ha⁻¹ e Fusilade[®] (Fluazifop-p-butyl) na dosagem de 750 mL ha⁻¹, aplicados entre 10 e 40 dias após a

emergência das plantas (DAE). Não foi realizada aplicação de inseticidas durante o período de realização do ensaio. Para evitar perda de folhas pela ocorrência de doenças na área experimental, foram realizadas aplicações do fungicida Opera[®] (piraclostrobina + epoxiconazol) na dosagem de 500 mL ha⁻¹, aos 60, 75 e 90 DAE. O regulador de crescimento cloreto de mepiquate (Pix[®]) foi aplicado em três momentos, aos 35 (200 mL ha⁻¹), 55 (150 mL ha⁻¹) e 70 (150 mL ha⁻¹) DAE, para manter as plantas com altura entre 1,2 e 1,3 m, conforme a recomendação para a colheita mecanizada (BUSOLI; SOARES; LARA, 1994).

As avaliações foram realizadas semanalmente nos dois anos de estudos durante as fases de desenvolvimento e frutificação da cultura. Em cada avaliação, cinco plantas por parcela foram arrancadas e inspecionadas visualmente, baseando-se na observação do número de botões florais com orifícios de alimentação e de oviposição causados por *A. grandis* na região inferior, média e superior do dossel das plantas, bem como o número de indivíduos adultos presentes nestes estratos das plantas.

Foram considerados botões florais utilizados na alimentação da praga àqueles que apresentaram orifícios de aproximadamente 1 mm de diâmetro e com um pequeno anel amarelo ao redor do orifício formado por grãos de pólen. Para a oviposição, os botões florais atacados foram caracterizados por apresentarem uma cera selando o orifício causado pela fêmea (RAMIRO et al., 1992).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (SAS, 2000).

3. Resultados e Discussão

3.1. Dinâmica populacional de adultos e infestação de botões florais

Na primeira safra (2012/13), os sintomas de ataque da praga foram observados dos 64 aos 141 DAE, totalizando 12 avaliações com a presença de ataque da praga. Na segunda safra (2013/14), os sintomas de ataque foram observados dos 54 aos 127 DAE, totalizando 12 avaliações com a praga ou sintomas de ataque da mesma.

O total de botões florais atacados para alimentação e oviposição e os adultos da praga aumentaram gradativamente até atingirem o ponto máximo, quando, à partir daí, ocorreu decréscimo desses valores de forma gradativa nos dois anos de avaliação (Figura 1).

Os primeiros sintomas de botões florais atacados por *A. grandis* na área experimental foram observados com botões florais utilizados para alimentação nos dois anos agrícolas avaliados. No primeiro ano de estudo, observou-se a presença desses botões florais atacados dos 64 aos 141 dias após a emergência das plantas com pico de alimentação aos 113 DAE. O número de botões florais com orifícios de oviposição apresentou a mesma tendência, crescente até os 113 DAE, quando foi também atingido o pico de oviposição da praga. A partir dessa avaliação, o número de botões florais com orifícios de alimentação e de oviposição de *A. grandis* reduziu gradativamente até a última avaliação (141 DAE) (Figura 1A).

Ainda no primeiro ano de estudos, os adultos de *A. grandis* foram observados dos 85 aos 141 DAE nas plantas avaliadas. Verificou-se que a ocorrência de adultos apresentou máximo número de indivíduos aos 99 DAE (Figura 1A).

No segundo ano de estudos, o padrão dos resultados obtidos dos parâmetros avaliados foi semelhante ao primeiro ano, com diferenças nos picos de infestação de *A. grandis*. Botões florais com orifícios de alimentação ocorreram na área experimental entre 54 e 127 DAE, com o maior número de botões florais com orifícios de alimentação aos 101 DAE (Figura 1B). Botões florais com orifícios de oviposição foram observados no segundo ano no período entre 66 a 127 DAE, com pico também aos 101 DAE (Figura 1B).

Ainda no segundo ano, os adultos foram observados nas plantas a partir dos 66 DAE e persistiram até os 127 DAE, com pico populacional aos 93 DAE (Figura 1B). Todavia, provavelmente a população de adultos migrantes deve ter colonizado a área já há 30 dias antes, em baixas densidades populacionais, embora não tivesse sido encontrado nas amostragens realizadas.

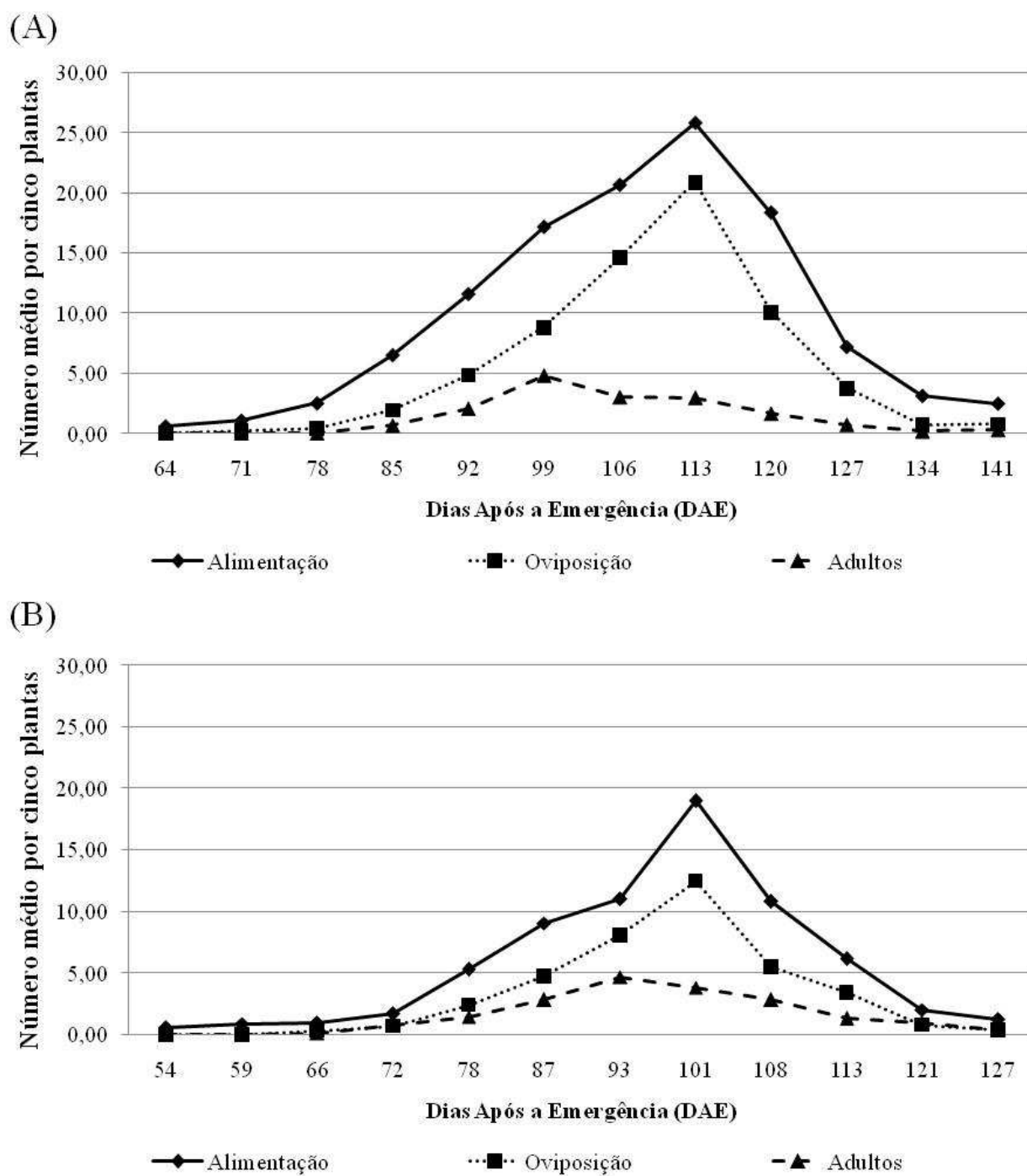


Figura 1. Número médio de adultos e de botões florais com orifícios de alimentação e de oviposição de *Anthonomus grandis* em cinco plantas de algodoeiro na safra 2012/13 (A) e na safra 2013/14 (B). Maracaju, MS, 2015.

Os resultados obtidos da dinâmica populacional da praga em dois anos de estudos corroboram os resultados observados por Grigolli et al. (2013), em que os autores verificaram o mesmo comportamento para os botões florais com orifícios de alimentação e de oviposição em cinco cultivares de algodoeiro, incluindo na cultivar utilizada no presente trabalho.

No início da infestação nos dois anos de estudos, verificou-se uma rápida evolução da população de adultos da praga e consequente aumento de botões florais utilizados para alimentação e oviposição, indicando que os níveis de infestação crescem rapidamente no campo, uma vez que os adultos da praga possuem alta longevidade e há sobreposição de gerações.

Segundo Santos (1999), o período compreendido entre 40 e 90 dias do plantio constitui a fase mais crítica de ataque do bicudo no algodoeiro. Essa constatação foi confirmada no presente trabalho, uma vez que os danos causados pela praga e os adultos do bicudo-do-algodoeiro apresentaram maior aumento populacional neste período. A presença do bicudo-do-algodoeiro depois de 90 DAE se justifica, pois após a formação dos botões florais, esses insetos são atraídos por substâncias voláteis emitidas pelas plantas (NEFF; VANDERZANT, 1963; SMITH; CLEVELAND; CLARK, 1965; WHITE; RUMMEL, 1978).

A dinâmica sazonal do bicudo-do-algodoeiro se inicia naturalmente com a emergência do adulto dos locais de diapausa ou quiescência (abrigos naturais) e subsequente movimentação para as áreas de plantio com algodoeiro (RUMMEL; CURRY, 1986).

Os resultados de infestação natural de adultos observados no presente trabalho indicaram aumento gradativo da população na área experimental provavelmente com a chegada de novos indivíduos de outras áreas e daqueles emergidos dos botões florais da área cultivada. Segundo Showler (2009), em regiões tropicais e subtropicais o bicudo-do-algodoeiro não apresenta diapausa, o que pode tornar o efeito das gerações F1 e F2 ainda mais severo nos campos de produção dessas regiões, o que pode ser relacionado aos picos observados nos dois anos de estudos.

Bastos et al. (2005) verificaram que fêmeas de primeira geração na cultura apresentam maior fecundidade (número de ovos por fêmea) do que fêmeas de

gerações posteriores, principalmente devido a maturidade da planta e da redução de botões disponíveis às fêmeas acasaladas no final do ciclo da cultura.

No presente trabalho, verificou-se nos dois anos de estudos que o primeiro pico observado é o de adultos de *A. grandis*, e após este pico observou-se os picos simultâneos de alimentação e oviposição. Este resultado indica que a população de adultos migrantes evolui rapidamente na área de cultivo e, juntamente com esta evolução, os danos causados por eles aumentam rapidamente.

Além disso, a taxa de abscisão de botões florais em plantas de algodoeiro infestadas pela praga é maior quando o inseto se estabelece no início do período de desenvolvimento destas estruturas (VIEIRA; LIMA, 1999). Diante disso e da ocorrência progressiva da praga no campo, é essencial adotar estratégias de controle baseadas na amostragem não apenas do adulto do bicudo-do-algodoeiro, mas quando seus danos nas plantas forem observados, visando reduzir o seu desenvolvimento e, conseqüentemente, os danos causados pela praga.

3.2. Distribuição vertical de adultos e de botões florais utilizados para alimentação e oviposição de *A. grandis*

No estudo da distribuição vertical dos botões florais com orifícios de alimentação no primeiro ano de estudo, observou-se diferença significativa da ocorrência de botões florais atacados nos três estratos das plantas nas 10 últimas avaliações (dos 78 aos 141 DAE), enquanto que nas duas primeiras avaliações (64 e 71 DAE), não foram observadas estas diferenças. Em todas as avaliações realizadas a partir de 78 DAE verificou-se o maior número de botões florais com sintomas de alimentação de *A. grandis* no terço médio das plantas, o qual foi significativamente maior ao encontrado no terço superior, e no terço inferior, com os valores menores observados (Tabela 1).

Tabela 1. Distribuição de botões florais com orifícios de alimentação de *Anthonomus grandis* nos estratos superior, médio e inferior de cinco plantas de algodoeiro nos dois anos agrícolas. Maracaju, MS, 2015.

	Dias Após a Emergência	Região da Planta				Teste F	CV (%)
		Superior	Médio	Inferior	Total		
Safr 2012/13 (Ano 1)	64	0,21 a	0,28 a	0,14 a	0,63	1,0912 ^{ns}	30,28
	71	0,31 a	0,58 a	0,21 a	1,10	1,2104 ^{ns}	27,83
	78	0,80 ab	1,28 a	0,45 b	2,53	4,9561**	28,91
	85	1,80 b	3,93 a	0,81 c	6,54	5,0446**	26,54
	92	3,31 b	7,18 a	1,13 c	11,62	7,8941**	27,16
	99	5,51 b	9,84 a	1,85 c	17,20	8,6593**	22,71
	106	7,90 b	11,05 a	1,74 c	20,69	8,4108**	17,87
	113	8,67 b	14,67 a	2,50 c	25,84	9,4128**	15,68
	120	4,36 b	12,28 a	1,75 c	18,39	6,3710**	21,73
	127	2,07 b	4,20 a	0,95 c	7,22	5,9001**	25,64
	134	1,12 b	1,62 a	0,42 c	3,16	4,8795**	27,23
141	0,9 b	1,42 a	0,18 c	2,51	4,0973**	26,58	
Safr 2013/14 (Ano 2)	54	0,20 a	0,20 a	0,16 a	0,56	1,0312 ^{ns}	36,84
	59	0,26 a	0,42 a	0,21 a	0,89	1,4193 ^{ns}	26,07
	66	0,28 a	0,45 a	0,18 a	0,91	1,5701 ^{ns}	27,91
	72	0,65 b	0,91 a	0,14 c	1,70	4,7412**	21,74
	78	1,10 b	3,62 a	0,56 c	5,28	5,9065**	20,86
	87	2,54 b	5,63 a	0,87 c	9,04	7,0184**	17,89
	93	3,19 b	6,65 a	1,19 c	11,03	9,7549**	15,94
	101	5,18 b	11,6 a	2,17 c	18,95	9,9190**	13,07
	108	3,40 b	5,67 a	1,75 c	10,82	7,6280**	16,55
	113	1,89 b	3,50 a	0,76 c	6,15	5,0917**	19,03
	121	0,68 b	1,23 a	0,10 c	2,01	3,0719*	21,75
	127	0,35 b	0,76 a	0,13 c	1,24	3,0011*	23,48

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na linha não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ^{ns}Não significativo; * e ** Significativo a 5% e 1% de probabilidade respectivamente.

No segundo ano de estudos, verificou-se o mesmo padrão de distribuição vertical de botões florais utilizados para a alimentação dos adultos do bicudo, sendo este fato verificado a partir dos 72 até os 127 DAE, quando os botões florais do terço médio foram significativamente mais atacados para alimentação de *A. grandis*,

enquanto os botões do terço superior apresentaram valores intermediários e os botões florais do terço inferior apresentaram os menores valores (Tabela 1).

Se for considerada a soma dos botões florais com danos de alimentação, nos dois anos de estudos verifica-se que os adultos preferem se alimentar de botões florais localizados no terço médio das plantas, seguido pelo terço superior e a menor preferência alimentar para o terço inferior (Figura 2).

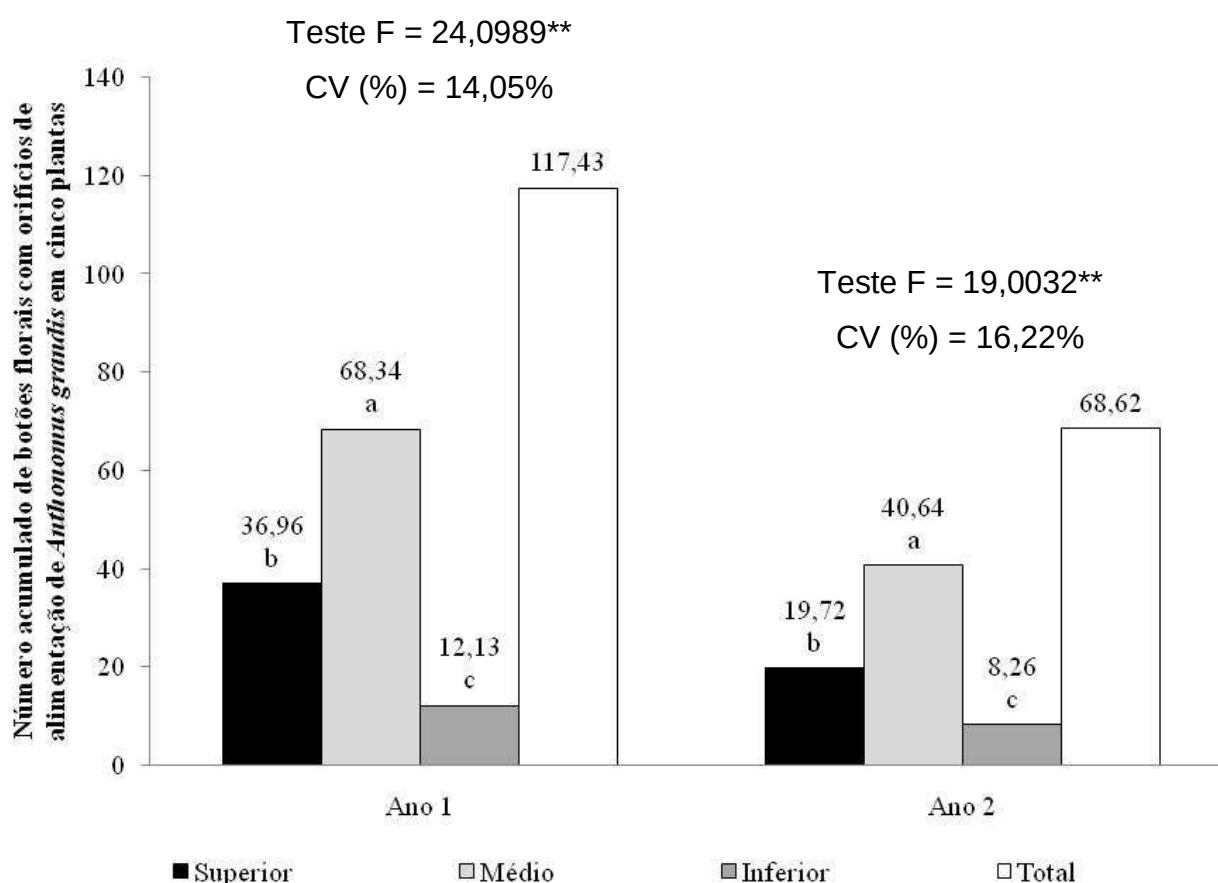


Figura 2. Número acumulado total de botões florais nos diferentes estratos das plantas com orifícios de alimentação de *Anthonomus grandis* obtidos durante todo o ciclo da cultura em dois anos de estudos e em cinco plantas de algodoeiro. Maracaju, MS, 2015. Colunas seguidas pela mesma letra minúscula, os valores não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ^{ns}Não significativo; * e ** Significativo a 5% e 1% respectivamente.

A distribuição vertical de botões florais com orifícios de oviposição também apresentou diferenças significativas entre as partes das plantas nos dois anos agrícolas (Tabela 2). No primeiro ano agrícola, as avaliações de 92, 99, 106, 113, 120 e 127 DAE apresentaram diferenças significativas para este parâmetro entre os três estratos das plantas. Botões florais do terço superior das plantas apresentaram-se significativamente mais atacados, enquanto os botões florais do terço médio apresentaram valores intermediários e o terço inferior com menor número de botões atacados para oviposição do bicudo-do-algodoeiro. Em cinco avaliações (71, 78, 85, 134 e 141 DAE) não foram observadas diferenças significativas entre as regiões das plantas, e em uma avaliação (64 DAE) não foram observados botões florais com sintomas de oviposição de *A. grandis* (Tabela 2).

No segundo ano agrícola, em seis avaliações (78, 87, 93, 101, 108 e 113 DAE) foram observadas diferenças significativas entre os botões florais atacados nas partes das plantas, com o mesmo padrão observado no primeiro ano, ou seja, com o terço superior apresentando maior número de botões com orifícios de oviposição da praga, enquanto o terço médio apresentou valores intermediários e o terço inferior com a menor ocorrência de botões florais com orifícios de oviposição de *A. grandis*. Em quatro avaliações (66, 72, 121 e 127 DAE) não foram observadas diferenças significativas entre as partes das plantas, e em duas avaliações (54 e 59 DAE) não foram observados botões florais com sintomas de oviposição do bicudo-do-algodoeiro (Tabela 2).

Ao considerar a análise acumulada dos danos de oviposição causados por *A. grandis* nos dois anos agrícolas, verificou-se que a praga prefere ovipositar em botões florais localizados no terço superior das plantas, seguido pelo terço médio, e com menor preferência para oviposição nos botões florais localizados no terço inferior (Figura 3).

Tabela 2. Distribuição de botões florais com orifícios de oviposição de *Anthonomus grandis* nos estratos superior, médio e inferior de cinco plantas de algodoeiro nos dois anos agrícolas. Maracaju, MS, 2015.

Dias Após a Emergência	Região da Planta				Teste F	CV (%)	
	Superior	Médio	Inferior	Total			
Safr 2012/13 (Ano 1)	64	-	-	-	0,00	-	-
	71	0,10 a	0,14 a	0,00 a	0,24	1,0215 ^{ns}	36,09
	78	0,14 a	0,14 a	0,10 a	0,38	1,1649 ^{ns}	33,16
	85	1,00 a	0,62 a	0,30 a	1,92	2,0546 ^{ns}	29,71
	92	2,30 a	1,72 b	0,82 c	4,84	3,8562**	21,08
	99	4,70 a	2,60 b	1,50 c	8,80	4,3771**	17,47
	106	6,88 a	4,93 b	2,81 c	14,62	6,9386**	14,13
	113	9,74 a	6,90 b	4,25 c	20,89	8,9904**	13,99
	120	5,05 a	3,25 b	1,77 c	10,07	7,0946**	14,41
	127	2,41 a	1,12 b	0,22 c	3,75	3,7859**	17,28
	134	0,25 a	0,28 a	0,16 a	0,69	1,5739 ^{ns}	31,05
	141	0,26 a	0,29 a	0,21 a	0,76	1,9451 ^{ns}	31,94
Safr 2013/14 (Ano 2)	54	-	-	-	0,00	-	-
	59	-	-	-	0,00	-	-
	66	0,15 a	0,10 a	0,00 a	0,30	1,0031 ^{ns}	28,84
	72	0,28 a	0,26 a	0,15 a	0,69	1,3194 ^{ns}	31,02
	78	1,42 a	0,80 b	0,20 c	2,42	3,2778**	27,17
	87	2,35 a	1,45 b	0,93 c	4,73	3,9873**	23,84
	93	4,27 a	2,25 b	1,51 c	8,03	5,0153**	16,09
	101	6,84 a	4,05 b	1,57 c	12,46	8,8401**	14,55
	108	3,23 a	1,48 b	0,78 c	5,49	7,0473**	15,18
	113	1,75 a	1,03 b	0,60 c	3,38	3,1895*	16,94
	121	0,33 a	0,25 a	0,22 a	0,80	2,0857 ^{ns}	19,07
	127	0,15 a	0,10 a	0,13 a	0,38	1,6583 ^{ns}	21,33

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na linha não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ^{ns}Não significativo; * e ** Significativo a 5% e 1% de probabilidade respectivamente.

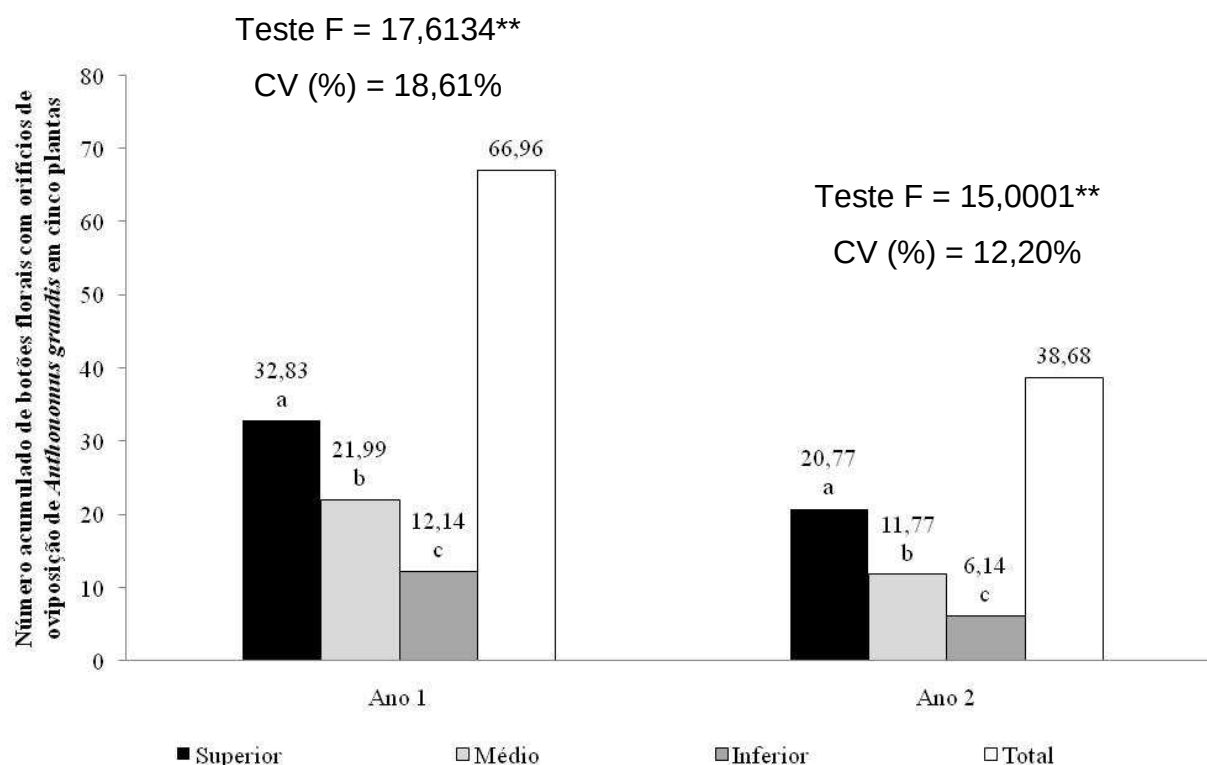


Figura 3. Número acumulado total de botões florais nos diferentes estratos das plantas com orifícios de oviposição de *Anthonomus grandis* obtidos durante todo o ciclo da cultura em dois anos de estudos e em cinco plantas de algodoeiro. Maracaju, MS, 2015. Colunas seguidas pela mesma letra minúscula, os valores não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ^{ns}Não significativo; * e ** Significativo a 5% e 1% respectivamente.

A ocorrência de adultos de *A. grandis* avaliados nos diferentes estratos das plantas, também apresentaram diferenças significativas. No primeiro ano agrícola, observou-se diferença significativa em cinco avaliações (92, 99, 106, 113, 120 DAE), de modo que os adultos foram observados com maior frequência no terço superior das plantas em comparação aos terços médio e inferior. Em quatro avaliações (85, 127, 134 e 141 DAE) não foram observadas diferenças significativas entre as três regiões das plantas, e em três avaliações (64, 71 e 78 DAE) não foram observados adultos na área experimental (Tabela 3).

Tabela 3. Distribuição de adultos de *Anthonomus grandis* nos estratos superior, médio e inferior de cinco plantas de algodoeiro nos dois anos agrícolas. Maracaju, MS, 2015.

Dias Após a Emergência	Região da Planta				Teste F	CV (%)
	Superior	Médio	Inferior	Total		
Safr 2012/13 (Ano 1)	64	-	-	-	0,00	-
	71	-	-	-	0,00	-
	78	-	-	-	0,00	-
	85	0,22 a	0,18 a	0,24 a	0,64	1,2312 ^{ns}
	92	1,40 a	0,33 b	0,31 b	2,04	3,4712**
	99	2,70 a	0,90 b	1,19 b	4,79	3,8449**
	106	1,75 a	0,65 b	0,60 b	3,00	3,0946**
	113	1,43 a	0,83 b	0,70 b	2,96	2,7849*
	120	1,12 a	0,25 b	0,26 b	1,63	2,5701*
	127	0,35 a	0,21 a	0,15 a	0,71	1,0463 ^{ns}
	134	0,16 a	0,00 a	0,00 a	0,16	1,1809 ^{ns}
	141	0,14 a	0,10 a	0,04 a	0,28	1,0891 ^{ns}
Safr 2013/14 (Ano 2)	54	-	-	-	0,00	-
	59	-	-	-	0,00	-
	66	0,13 a	0,00 a	0,00 a	0,13	1,0031 ^{ns}
	72	0,40 a	0,20 a	0,15 a	0,75	1,3120 ^{ns}
	78	1,03 a	0,18 b	0,23 b	1,44	2,3708*
	87	1,80 a	0,40 b	0,60 b	2,80	3,2111**
	93	3,22 a	0,84 b	0,63 b	4,69	3,9057**
	101	2,13 a	0,91 b	0,80 b	3,84	3,7550**
	108	1,75 a	0,50 b	0,57 b	2,82	2,9058*
	113	1,00 a	0,15 b	0,16 b	1,31	2,5933*
	121	0,47 a	0,28 a	0,18 a	0,93	1,7361 ^{ns}
	127	0,12 a	0,20 a	0,10 a	0,42	1,3331 ^{ns}

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na linha não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ^{ns}Não significativo; * e ** Significativo a 5% e 1% de probabilidade respectivamente.

No segundo ano de estudos, verificou-se um padrão semelhante quanto à distribuição intra-planta dos adultos de *A. grandis*. Em seis avaliações (78, 87, 93, 101, 108 e 113 DAE), os adultos do bicudo-do-algodoeiro foram observados com maior frequência no terço superior das plantas, enquanto o terço médio e inferior apresentaram menores valores sem diferenças entre eles. Em quatro avaliações (66,

72, 121 e 127 DAE) não foram observadas diferenças significativas de ocorrência de adultos de *A. grandis* entre as partes das plantas, e em duas avaliações (54 e 59 DAE) não foram constatados adultos do bicudo na área experimental (Tabela 3).

A soma dos dados de ocorrência dos adultos de *A. grandis* observados nas plantas nos dois anos de estudo indicou a preferência por botões florais localizados no terço superior das plantas, enquanto os terços médio e inferior foram os menos preferidos pelos adultos (Figura 4).

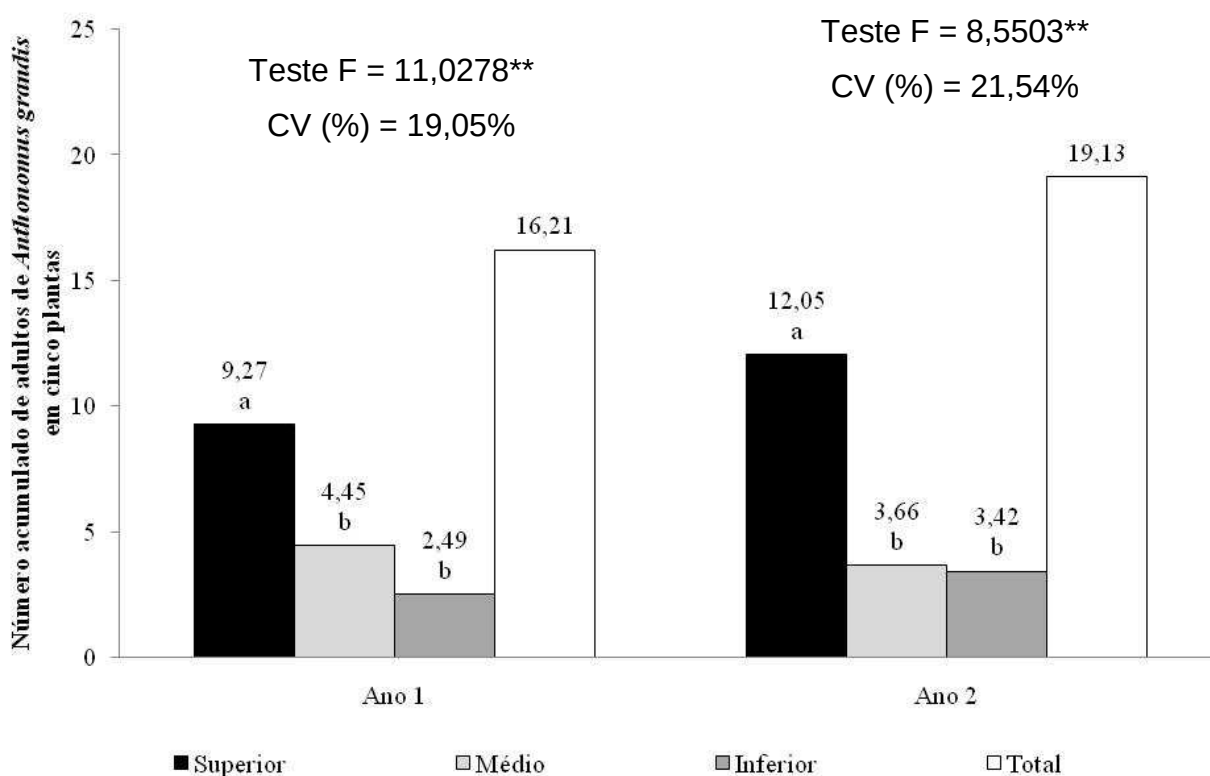


Figura 4. Número acumulado total de adultos de *Anthonomus grandis* nos diferentes estratos das plantas obtidos durante todo o ciclo da cultura em dois anos de estudos e em cinco plantas de algodoeiro. Maracaju, MS, 2015. Colunas seguidas pela mesma letra minúscula, os valores não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

^{ns}Não significativo; * e ** Significativo a 5% e 1% respectivamente.

Os resultados de distribuição vertical de adultos de *A. grandis* nas plantas obtidos no presente trabalho corroboram os resultados obtidos por Grigolli et al. (2013), quando os autores verificaram a preferência para alimentação dos adultos

em botões florais localizados nos terços superior e médio do algodoeiro, e preferiram ovipositar nos botões do terço superior das plantas.

Em estudos realizados por Sterling e Adkinns (1971), Ramalho e Jesus (1988) e Soares et al. (1999) sem o uso de reguladores de crescimento, os autores verificaram que *A. grandis* preferiu se alimentar de botões florais localizados no terço superior das plantas. O uso dos reguladores de crescimento e maturadores de maçãs podem auxiliar no controle de *A. grandis*, através da uniformização do período de produção de botões florais e maçãs, e removendo folhas e botões florais novos do terço superior das plantas, eliminando assim as fontes de alimentação e de oviposição da praga (SOARES; BUSOLI, 1996).

No presente trabalho, as variações observadas entre os resultados de Ramalho e Jesus (1988) podem ter ocorrido em função do uso de reguladores de crescimento, técnica não utilizada por Ramalho e Jesus (1988) e utilizada no presente trabalho, promovendo alterações morfológicas e fisiológicas nas plantas de algodoeiro, o que afeta o comportamento de *A. grandis* (GRIGOLLI et al., 2013). Tais alterações morfológicas e fisiológicas resultam em plantas mais compactas com até 1,2 m de altura, enquanto que plantas sem a aplicação de fitorreguladores, podem chegar a 2,0 m de altura.

4. Conclusões

Anthonomus grandis se alimenta preferencialmente de botões florais localizados no terço médio das plantas e oviposita preferencialmente em botões florais do terço superior de plantas de algodoeiro;

Os adultos de *Anthonomus grandis* se localizam preferencialmente no terço superior das plantas; e

À medida que aumenta a população de adultos, aumenta significativamente o número de botões florais atacados para alimentação e oviposição, com o primeiro pico observado de adultos de *A. grandis*, e os picos de botões florais com orifícios de alimentação e de oviposição ocorrem posteriormente, ambos na mesma data de avaliação.

5. Referências

- BASTOS, C. S.; PEREIRA, M. J. B.; TAKIZAWA, E. K.; AQUINO, V. R. **Bicudo do algodoeiro**: Identificação, biologia, amostragem e táticas de controle. Campina Grande: Embrapa, 2005. 31 p.
- BUSOLI, A. C.; SOARES, J. J.; LARA, F. M. **O bicudo do algodoeiro e seu manejo**. Jaboticabal: Funep, 1994. 32 p.
- ELLSWORTH, P. C.; MARTÍNEZ-CARRILLO, J. L. IPM for *Bemisia tabaci*: a case study from North America. **Crop Protection**, Guildford, v. 20, p. 853-869, 2001.
- EVERETT, T. R.; EARLE, N. W. Boll weevil oviposition responses in cotton squares and various other substrates. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 57, p. 651-656, 1964.
- EVERETT, T. R.; RAY, J. O. The utility of sealed punctures for studying fecundity and egg laying by the boll weevil. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 55, p. 634-637, 1962.
- FERNANDES, F. S.; RAMALHO, F. S.; NASCIMENTO JÚNIOR, J. L.; MALAQUIAS, J. B.; NASCIMENTO, A. R. B.; SILVA, C. A. D.; ZANUNCIO, J. C. Within-plant distribution of cotton aphids, *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae), in Bt and non-Bt cotton fields. **Bulletin of Entomological Research**, Farnham Royal, v. 102, p. 79-87, 2012.
- GRIGOLLI, J. F. J.; SOUZA, L. A.; FRAGA, D. F.; BUSOLI, A. C. Boll weevil feeding preference on squares at different ages and square shedding time of cotton cultivars. **African Journal of Agricultural Research**, Lagos, v. 7, n. 30, p. 4317-4323, 2012.
- GRIGOLLI, J. F. J.; SOUZA, L. A.; FRAGA, D. F.; FUNICHELLO, M.; BUSOLI, A. C. Within plant distribution of *Anthonomus grandis* (Coleoptera: Curculionidae) feeding and oviposition damages in cotton cultivars. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 36, p. 78-84, 2013.
- HOWARD, L. O. Studies in the biology of the Mexican cotton boll weevil on short-staple Upland, and Sea-Island cottons. **U.S. Department of Agriculture Bulletin**, Washington, v. 926, p. 1-44, 1921.
- HUNTER, W. D. The boll weevil problem with special reference to means of reducing damage. **USDA Farmer's Bulletin**, Washington, v. 512, p. 1-46, 1912.
- HUNTER, W. D.; PIERCE, W. D. The Mexican boll weevil: a summary of the investigations of this insect up to December 31, 1911. **U.S. Senate Document**, Washington, n. 305, 1912.

KIM, K. S.; SZENDREI, Z.; RODRIGUEZ-SAONA, C.; MULDER JR, P. G. M.; SAPPINGTON, T. W. Molecular diagnostic for boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) based on amplification of three species-specific microsatellites. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 102, n. 2, p. 759-766, 2009.

KUEHL, R. O.; FYE, R. E. Analysis of sampling of distributions of cotton insects in Arizona. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 65, p. 855-860, 1972.

NARANJO, S. E.; FLINT, H. M. Spatial distribution of adult *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in cotton and development and validation of fixed precision sampling plants for estimating population density. **Environmental Entomology**, Lanham, v. 24, p. 261-270, 1995.

NEFF, D. L.; VANDERZANT, E. S. Methods of evaluate the chemotrope response of boll weevils to extracts of the cotton plant and various other substances. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 56, p. 761-766, 1963.

PAULA, D. P.; CLAUDINO, D.; TIMBÓ, R. V.; MIRANDA, J. E.; BEMQUERER, M. P.; RIBEIRO, A. C. J.; SUJII, E. R.; FONTES, E. M. G.; PIRES, C. S. S. Reproductive dormancy in boll-weevil from populations of the midwest of Brazil. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 106, n. 1, p. 86-96, 2013.

RAMALHO, F. S.; JESUS, F. M. M. Distribution of boll weevil (*Anthonomus grandis* Boheman) eggs within cotton plants. **Tropical Agriculture**, Trinidad, v. 65, n. 3, p. 245-248, 1988.

RAMALHO, F. S.; MEDEIROS, R. S.; LEMOS, W. P.; WADERLEY, P. A.; DIAS, J. M.; ZANUNCIO, J. C. Evaluation of *Catolaccus grandis* (Burks) (Hym., Pteromalidae) as a biological control agent against cotton boll weevil. **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v.129, p.359-364, 2000.

RAMIRO, Z. A.; NETTO, N. D.; NOVO, J. P. S.; PURGATO, G. L. S.; CORREIA, M. F. M.; SANTOS, R. C. Avaliação da eficiência de inseticidas em função dos tipos de danos ocasionados pelo bicudo-do-algodoeiro, *Anthonomus grandis* Boheman, 1843 (Coleoptera: Curculionidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 21, n. 3, p. 401-411, 1992.

RODRIGUES, T. R.; FERNANDES, M. G.; SANTOS, H. R. Distribuição espacial de *Aphis gossypii* (Glover) (Hemiptera, Aphididae) e *Bemisia tabaci* (Gennadius) biótipo B (Hemiptera, Aleyrodidae) em algodoeiro Bt e não-Bt. **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v. 54, p. 136-143, 2010.

RUMMEL, D. R.; CURRY, G. L. Dinâmica populacional e níveis de danos econômicos. In: BARBOSA, S.; LUKEFAHR, M. J.; BRAGA SOBRINHO, R. **O bicudo do algodoeiro**. Brasília: Embrapa, 1986. p. 201-220.

SANTOS, W. J. Monitoramento e controle das pragas do algodoeiro. In: CIA, E.; FREIRE, E. C.; SANTOS, W. J. **Cultura do algodoeiro**. Piracicaba: Potafos, 1999. p.134-179.

SAS Institute Inc. **SAS/C OnlineDocTM**, Ver.8. SAS Institute, Inc., Cary, NC, 2000.

SHOWLER, A. T. Relationships of different cotton square sizes to boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) feeding and oviposition in field conditions. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 98, n. 5, p. 1572-1579, 2005.

SHOWLER, A. T. Three boll weevil myths in perspective. **American Entomologist**, Lanham, v. 55, n. 1, 2009.

SMITH, G. L., CLEVELAND, T. C.; CLARK, J. C. Boll weevil movement hibernation sites to fruiting cotton. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 58, p. 357-358, 1965.

SOARES, J. J.; BUSOLI, A. C. Efeito dos reguladores de crescimento vegetal nas características agrônômicas do algodoeiro e no controle de insetos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 1, p. 37-41, 1996.

SOARES, J. J.; LARA, F. M.; SILVA, C. A. D.; ALMEIDA, R. P.; WANDERLEY, D. S. Influência da posição do fruto na planta sobre a produção do algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 5, p. 755-759, 1999.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Calagem e adubação para culturas anuais e semiperenes. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2004. p. 283-315.

STERLING, W. L.; ADKINSON, P. L. **Seasonal biology of the boll weevil in the High Plain and Rolling Plains of Texas as compared with previous biological studies of this insect**. Texas: Texas A&M University, Texas Agricultural Experiment Station, 1971.12 p.

TRICHILO, P. J.; WILSON, L. T.; MACK, T. P. Spatial and temporal dynamics of the threecornered alfalfa hopper (Homoptera: Membracidae) on soybeans. **Environmental Entomology**, Lanham, v. 22, p. 802-809, 1993.

VIEIRA, R. M.; LIMA, E. F. Resistência às pragas do algodoeiro. In: BELTRÃO, N. E. M. (Ed.). **O agronegócio do algodão no Brasil**. Brasília: Embrapa, 1999. p. 317-360.

WHITE, J. R.; RUMMEL, D. R. Emergence prople of overwintered boll weevils and entry into cotton. **Environmental Entomology**, Lanham, v. 7, p. 7-14, 1978.

WILSON, L. T.; GUTIERREZ, A. P.; HOGG, D. B. Within-plant distribution of cabbage looper, *Trichoplusia ni* (Hübner) on cotton: development of a sampling plan for eggs. **Environmental Entomology**, Lanham, v. 11, p. 251-254, 1982.

CAPÍTULO 5 – Considerações finais

O cenário agrícola mundial se encontra cada vez mais complexo. Novos sistemas de cultivo vêm sendo adotados, como o cultivo sucessivo e a integração lavoura-pecuária, e novas pragas se tornam chave a cada ano. Pragas quarentenárias ausentes se tornam pragas presentes na realidade dos produtores. Com isso, a pressão pelo uso de inseticida se torna frequente no Brasil e no mundo, acarretando em problemas, relatados através de diversos trabalhos científicos.

Um dos grandes problemas observados no mundo é a seleção de populações de pragas resistentes aos modos de ação dos inseticidas existentes no mercado. O custo para o desenvolvimento de novas moléculas e de novos modos de ação é crescente, o que impacta diretamente nos custos de produção e na viabilidade do sistema de cultivo adotado em cada região.

O uso racional dos inseticidas se torna chave para reduzir a probabilidade de seleção de populações de pragas resistentes. Para isso, a amostragem periódica da população de pragas se torna essencial para embasar as decisões de manejo a serem tomadas. O estudo da distribuição vertical, temporal e espacial de pragas em agroecossistemas é fundamental no sentido de agilizar e aumentar a confiabilidade do processo de amostragem de insetos, possibilitando o melhor entendimento de práticas usuais de campo, como o local de melhor deposição de inseticidas, assim como a atuação dos inimigos naturais com vistas a maximizar o controle biológico de pragas. Métodos de amostragem precisos são importantes para a tomada de decisão visando a utilização de táticas eficazes de controle.

O presente trabalho elaborou um plano de amostragem sequencial para o bicudo-do-algodoeiro *Anthonomus grandis*, para os cotonicultores brasileiros. 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 do método de controle adotado pelos produtores.

Outro aspecto definido neste trabalho foi a distribuição vertical de *A. grandis*. Os resultados obtidos indicaram uma preferência alimentar do bicudo-do-algodoeiro por botões florais localizados nos terços médio e superior, e uma preferência por

ovipositar nos botões florais do terço superior das plantas de algodoeiro, o que pode facilitar o direcionamento das amostragens.