

COLONIZAÇÃO E DISPERSÃO INTRA-PLANTA DO BICUDO-DO-ALGODOEIRO EM
LAVOURAS DE ALGODÃO

por

LUCAS SOUZA ARRUDA

(Sob Orientação do Professor Jorge Braz Torres - UFRPE)

RESUMO

As fases de ovo, larva e pupa do bicudo-do-algodoeiro desenvolvem no interior das estruturas reprodutivas do algodoeiro, reduzindo a ação de fatores de mortalidade. Desta maneira, a fase adulta torna-se o principal alvo de controle. Assim, conhecimentos da dispersão dos adultos na planta e na lavoura, tempo-letal (TL) e residual de exposição a inseticidas de diferentes classes pode auxiliar no controle do bicudo. Também, a colonização do bicudo em oito lavouras comerciais de algodão foi estudada em função da vegetação de bordadura, empregando armadilhas de feromônio. As armadilhas foram instaladas nas quatro direções cardeais a partir da borda 0m, 60, 120 e >200m e realizadas 23 avaliações a partir dos 10 dias após a emergência (DAE) até a desfolha. O bicudo-do-algodoeiro acessa a planta de algodão predominantemente pela haste principal, e permanece maior parte do tempo parado sobre as maçãs, seguida de botões florais na parte inferior da planta. A dispersão na planta ocorre principalmente caminhando sobre ramos frutíferos e suas folhas. Entre os inseticidas estudados, o menor TL foi obtido com o tiametoxam e o maior período residual de controle foi obtido com o fipronil. Em lavouras comerciais, a presença de adultos do bicudo já foi detectada na primeira avaliação aos 10 DAE, e ocorreu independente da vegetação de bordadura e da distância da bordadura, em todas as

lavouras monitoradas. Além disso, observou-se baixa captura de adultos até a fase de maturação, quando a captura por armadilha aumentou significativamente. Conclui-se que o comportamento de colonização da planta de algodão pelo bicudo recém-emergido reduz a sua exposição às pulverizações, enquanto que a maioria dos inseticidas testados ofereceu controle eficaz do bicudo-do-algodoeiro. Ainda, que a colonização precoce das lavouras de algodão pelo bicudo-do-algodoeiro e não, apenas, na faixa de bordadura das lavouras parece estar associado às mudanças com diferentes cultivos adjacentes e sucessivos na paisagem agrícola.

PALAVRAS-CHAVE: *Anthonomus grandis grandis*, comportamento, Cerrado, glandlure, vegetação de bordadura.

COLONIZATION AND DISPERSAL OF BOLL WEEVIL WITHIN-PLANT AND THROUGH
COTTON FIELDS

por

LUCAS SOUZA ARRUDA

(Under the Direction of Professor Jorge Braz Torres - UFRPE)

ABSTRACT

Egg, larva and pupal stages of boll weevil develop inside cotton fruiting structures gaining protection against mortality factors. Therefore, the adult stage becomes the major target for control practices. The dispersal of boll weevil adults on the plant and throughout the cotton fields plus the knowledge about the lethal-time (LT) and residual control of recommended insecticides from different classes against adults of boll weevil were investigated aiming control decisions. Additionally, boll weevil colonization of cotton fields as function of border vegetation was determined using traps lured with boll weevil sex and aggregation pheromone glandlure[®]. The traps were set up at field border (0m), 60, 120 and >200m inside the field and run 23 evaluations from 10 days after crop emergence (DAE) until crop defoliation. Newly-emerged weevils reach the cotton plant through the mainstream and exhibit their activities predominately on the bottom part of the plants, where spent most of the time on bolls, followed by flower buds. The dispersal within-plant occurs mainly walking through the fruiting branches and their leaves. Among the tested insecticides, the lowest LT was yielded with thiamethoxam, while the longest control residual was achieved with fipronil. The monitoring of commercial cotton fields showed that adult weevils were caught on pheromone traps during the first evaluation, 10 DAE, irrespective of

bordering vegetation and distance from the border for all surveyed fields. Relatively low capture of weevils and similar irrespective of field borders were observed on pheromone traps across all fields until boll maturation, when a significant increase in collections was noted and maintained until the end of monitoring. Based on the findings, we can infer that boll weevil behaviors colonizing the cotton plant minimizes its contact with treated surface despite the recommended insecticides were efficacious against the adults. Furthermore, the field colonization occurred as early as 10 DAE and do not occur only across the cotton field border and suggest that the precocious colonization is associated to the changes in the agricultural landscape such as adjacent crops and successive cotton cultivation.

KEY WORDS: *Anthonomus grandis grandis*, behavior, Cerrado, glandlure, border vegetation.

COLONIZAÇÃO E DISPERSÃO INTRA-PLANTA DO BICUDO-DO-ALGODOEIRO EM
LAVOURAS DE ALGODÃO

por

LUCAS SOUZA ARRUDA

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia Agrícola, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Doutor em Entomologia Agrícola.

RECIFE - PE

Fevereiro – 2019

COLONIZAÇÃO E DISPERSÃO INTRA-PLANTA DO BICUDO-DO-ALGODOEIRO EM
LAVOURAS DE ALGODÃO

por

LUCAS SOUZA ARRUDA

Comitê de Orientação:

Jorge Braz Torres – UFRPE

Cristian Schetino Bastos – UNB

Christian Sherley Araújo da Silva Torres - UFRPE

COLONIZAÇÃO E DISPERSÃO INTRA-PLANTA DO BICUDO-DO-ALGODOEIRO EM
LAVOURAS DE ALGODÃO

por

LUCAS SOUZA ARRUDA

Orientador: _____
Jorge Braz Torres – UFRPE

Examinadores: _____
Miguel Michereff Filho – CNPH

José Ednilson Miranda – CNPA

Marcos Gino Fernandes – UFGD

Herbert Álvaro Abreu de Siqueira – UFRPE

SUMÁRIO

	Página
CAPÍTULOS	
1 INTRODUÇÃO	1
Importância do algodão	1
Algodão como planta hospedeira de pragas	3
Biologia do bicudo-do-algodoeiro	4
Dinâmica populacional do bicudo-do-algodoeiro	6
Monitoramento do bicudo-do algodoeiro com armadilha.....	9
LITERATURA CITADA.....	12
2 DISPERSÃO DE <i>Anthonomus grandis grandis</i> BOH. (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) NA PLANTA DE ALGODÃO E SUA RELAÇÃO COM O TEMPO LETAL DE INSETICIDAS	18
RESUMO	19
ABSTRACT	20
INTRODUÇÃO	21
MATERIAL E MÉTODOS	23
RESULTADOS	29
DISCUSSÃO.....	32
LITERATURA CITADA.....	36

3	COLONIZAÇÃO DE LAVOURAS COMERCIAIS DE ALGODÃO PELO BIDUDO-DO-ALGODOEIRO.....	45
	RESUMO	46
	ABSTRACT	47
	INTRODUÇÃO	48
	MATERIAL E MÉTODOS	50
	RESULTADOS.....	55
	DISCUSSÃO.....	58
	LITERATURA CITADA.....	64
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	79

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Importância do algodão

O local de origem do gênero *Gossypium* não é totalmente conhecido. Contudo, centros primários de diversidade do gênero são: oeste e centro do México (18 espécies), nordeste da África e Arábia (14 espécies), e Austrália (17 espécies) (Wendel & Albert 1992, Seelanan *et al.* 1997). A espécie *Gossypium hirsutum* L. [Malvaceae] foi domesticada para alta produtividade de fibra e caroço e está, atualmente, amplamente difundida, sendo cultivada em 77 países de todos os continentes (<http://www.indexmundi.com/agriculture/>), com cerca de 90% da produção mundial oriunda do cultivo da espécie *G. hirsutum* (Jenkins 2003).

Entre os maiores produtores mundiais de algodão, o Brasil encontra-se em quinto lugar durante a última década, após o Paquistão, Estados Unidos, Índia e China, respectivamente (ICAC 2018). Apesar da produção nacional não atender a demanda da indústria têxtil local, a produção brasileira possui grande contribuição mundial na exportação desta fibra (Kiawau *et al.* 2011).

No Brasil, a estimativa de área plantada aumentou 21,9% em relação à safra 2016/2017, que corresponde a 1.174,7 mil hectares na safra 2017/2018. Deste total, a região Centro-Oeste representa 70,7%, com o estado do Mato Grosso cultivando 65,2% de todo o algodão nacional (CONAB 2018). Para a safra 2017/2018, calcula-se a produção de algodão em caroço e em pluma ser de 4,6 e 1,8 milhões de toneladas, respectivamente (CONAB 2018).

A fibra é o principal produto do algodoeiro, considerada a principal fibra natural usada como matéria prima para a indústria têxtil no mundo (Fortucci 2002). Além da fibra, o algodoeiro é uma cultura de alto aproveitamento, e gera outros produtos, tais como o línter, o óleo bruto

presente nas sementes e a torta, bem como o caroço para alimentação animal (Beltrão 2004). O algodão gerou, na safra 2016/17, um PIB de US\$ 74,11 bilhões, considerando as vendas de produtos de confecção (vestuário, meias e acessórios, linha lar e outros produtos de confecção). A cadeia produtiva do algodão é uma grande geradora de empregos, nas atividades antes das fazendas, nas fazendas e, principalmente, depois que o algodão é colhido. Foram estimados 1.218.852 postos de trabalho, que geraram um montante salarial de US\$ 11,81 bilhões, em 2016 (ABRAPA 2017). Isto caracteriza a cultura como sendo de grande importância socioeconômica (Beltrão & Souza 2001).

Atualmente, o algodoeiro apresenta opções de materiais genéticos para o cultivo no Brasil, com variedades com diferentes características, desde a predominância por aquelas de fibra branca, mas também variedades com fibras coloridas. Estas últimas de grande apelo ecológico devido ao processo químico necessário para o tingimento das fibras para a obtenção de tecidos. Variedades comerciais podem produzir fibras do marrom claro ao escuro (BRS Topazio, BRS Safira e BRS Rubi), fibra verde (BRS Verde) (Carvalho *et al.* 2011). A grande disponibilidade de variedades com diferentes características fitotécnicas atende as diferentes condições edafoclimáticas, permitindo o seu cultivo desde as regiões Semiáridas a subtropicais.

O cultivo predominante do algodoeiro é o convencional com grandes áreas nas regiões de Cerrado (Belot *et al.* 2016), mas também tem sido cultivado de forma agroecológica por pequenos produtores do Semiárido, em especial, com materiais de valor agregado como aquelas variedades de fibra colorida (Queiroga *et al.* 2008). E, por fim, as recentes variedades transgênicas com genes para tolerância aos herbicidas glifosato e glufosinato de amônio (algodão RR – Gly Tol, Liberty Link, e Roundup Ready) e resistência a insetos (Algodão Bt I e II) ou, a mistura dessas características na mesma variedade, resultou na redução de aplicação direcionada para lagartas. No mercado brasileiro são disponibilizados 15 eventos transgênicos (CTNBio 2018). Estas

tecnologias têm permitido à obtenção de altas produtividades, embora com altos custos de condução, especialmente devido ao grande investimento no controle de pragas envolvendo o monitoramento, uso de inseticidas e tecnologias transgênicas. O valor para o cultivo do algodoeiro é estimado em R\$7.406,21 por hectare, 39% gastos com defensivos agrícolas, 22% sendo para inseticidas no controle de pragas (ABRAPA 2017, CONAB 2018).

Algodão como planta hospedeira de pragas

O algodoeiro é hospedeiro de muitos herbívoros, especialmente no Brasil, pelas condições abióticas favoráveis, o que resulta em grande número de espécies que podem se tornar pragas, independente da região e do sistema de cultivo. Os herbívoros que ocorrem no algodoeiro podem ser monófagos, oligófagos ou polífagos e com diferentes níveis de especialização no uso do algodoeiro como hospedeiro. Desta maneira, podem ocasionar perdas das diferentes estruturas vegetativas e reprodutivas da planta. Por exemplo, o algodoeiro pode ter pragas de raízes e hastes, desfolhadores, sugadores, e principalmente as pragas que atacam estruturas reprodutivas como botões florais, maçãs e sementes.

Apesar da grande diversidade de espécies, cerca de 30 espécies usualmente atingem níveis populacionais de praga requerendo ações de controle (Degrande 1998, Sujii *et al.* 2006). Dentre essas espécies, no entanto, algumas se destacam e devido a comum ocorrência e perdas ocasionadas são denominadas de pragas-chave do algodoeiro, independente do sistema de cultivo. Dentre elas, existem aquelas associadas a folhas e estruturas reprodutivas [*Anthonomus grandis grandis* Boh. (Coleoptera: Curculionidae), *Alabama argillacea* (Hübner), *Chloridea virescens* Fab., *Helicoverpa armigera* (Hüb.), *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) e *Pectinophora gossypiella* (Saund.) (Lepidoptera: Gelechiidae)] e os sugadores [*Aphis gossypii*

Glover e *Bemisia tabacci* (Genn.)], e, em crescente importância, os percevejos pentatomídeos [*Euschistus heros* (Fab.) e *Piezodorus guildinii* (West.)].

Em estudo recente feito no México, foi observada a presença de 59 espécies de insetos associado ao cultivo do algodão geneticamente modificado, com a ordem Coleoptera apresentando a maior diversidade (Santana-Espinoza *et al.* 2015), sendo que o coleóptero que tem maior expressão no cultivo do algodão é o bicudo-do-algodoeiro, *A. grandis grandis*, considerado como praga-chave da cultura nas Américas (Sobrinho & Lukefahr 1983, Degrande 1998, Miranda 2010). Assim, um dos maiores desafios é minimizar os danos causados por este inseto na cultura do algodoeiro. No caso do bicudo-do-algodoeiro, este pode chegar a causar até 80% de perdas de produção, caso não haja controle adequado (Cia *et al.* 1999). As perdas são decorrentes das injúrias diretas devido a alimentação nas estruturas reprodutivas da planta (botões florais e maçãs), bem como ovipositar e desenvolver no seu interior, as quais se tornam improdutivas não formando o produto comercial – fibra e caroço.

Estudos indicam que o local geográfico de origem do bicudo-do-algodoeiro é na América Central, na região central do México. Sua descrição foi realizada, em 1843 a partir de espécime coletado e denominado de *Anthonomus grandis grandis* (Kuester *et al.* 2012).

Biologia do bicudo-do-algodoeiro

O bicudo-do-algodoeiro possui metamorfose completa passando pelos estágios de ovo, larva, pupa e adulto (Cross 1973). O adulto do bicudo-do-algodoeiro apresenta coloração marrom-avermelhada a cinza escuro, variando sua coloração de acordo com a idade/dias após a emergência. Os adultos medem em torno de 3,8 a 8,0 mm de comprimento (Greenberg *et al.* 2007), com cabeça característica de Curculionidae, prolongando-se em um rostro, com aproximadamente metade do comprimento do corpo facilitando a alimentação no interior das

estruturas reprodutivas. As antenas são genículo-clavadas e estão inseridas na parte mediana da cabeça, enquanto que as peças bucais se encontram na extremidade anterior. Para a identificação da espécie, a característica marcante levada em consideração é a presença de dois espinhos, um maior e outro menor, em cada fêmur do primeiro par de pernas dos adultos (Gallo *et al.* 2002, Bastos *et al.* 2005, Torres *et al.* 2009).

Vários estudos têm demonstrado que após a formação dos botões florais, adultos do bicudo-do-algodoeiro são atraídos pelos voláteis da planta hospedeira (Cross & Hardee 1968, White & Rummel 1978, Magalhães *et al.* 2012, Silva *et al.* 2015). As fêmeas desta espécie preferem ovipositar nos botões florais com cerca de 6 mm de diâmetro (Cross 1973, Showler & Cantú 2005, Stadler & Buteler 2007), mas também podem ovipositar em maçãs macias, ainda, no início da formação (Busoli *et al.* 1994) e maçãs já desenvolvidas durante a fase final de frutificação (Neves *et al.* 2013), havendo escassez de botões florais de tamanho apropriado. O ataque aos botões florais e maçãs recém-formadas resulta em abscisão, que está intimamente ligada com o desequilíbrio de reguladores de crescimento e metabólitos de degradação resultante da ação da enzima endo-polimetilgalacturonase (King 1973). A planta do algodoeiro aborta os botões florais atacados após cinco a sete dias da oviposição, e as larvas e pupas completam o desenvolvimento dentro da estrutura reprodutiva atacada e caídas ao solo (Coakley *et al.* 1969, Showler & Cantú 2005, Showler 2008). Contudo, no caso de alimentação ou oviposição em maçãs macias e já desenvolvidas, não ocorre abscisão, e o desenvolvimento se completa com a estrutura aderida a planta, com isso é formado a maçã-carimã (mau aberta, deformada e não comercial) (Praça 2007, Torres *et al.* 2009).

Com o aumento da disponibilidade de botões florais pelas plantas há também o aumento do potencial biótico do inseto (fecundidade e sobrevivência) (Greenberg *et al.* 2003). Este resultado fornece a informação de que a mudança na população está relacionada com a fenologia da planta.

Cada fêmea do bicudo-do-algodoeiro pode ovipositar cerca de 200 ovos durante um período de 10 a 12 dias (Stadler & Buteler 2007). Em geral, as fêmeas depositam um ovo por botão, entretanto, em infestações elevadas, mais de um ovo por botão floral podem ser encontrados. Soares & Yamamoto (2003) encontraram até cinco orifícios de oviposição em um único botão floral e emergência de mais de um adulto por botão floral em campos com infestação acima de 50% de botões atacados.

O bicudo-do-algodoeiro completa as fases de ovo, larva e pupa em aproximadamente 20 dias em condições de laboratório à temperatura de 27 °C (Greenberg *et al.* 2003). Os ovos são depositados no interior das estruturas reprodutivas (Showler 2004). Logo após a deposição do ovo, o orifício é coberto com uma substância gelatinosa translúcida, a qual tem função protetora. Os ovos com a superfície lisa e cor que varia do hialino ao brilhante medem aproximadamente 0,8 mm de comprimento e 0,5 mm de largura (Degrande 1991a). O período de incubação dos ovos é de três a quatro dias. Após esse período, ocorre a eclosão de larvas ápodas, com coloração branco-leitosa e a cabeça marrom clara (Degrande 1991a, Degrande 1998), que dependendo da temperatura seu desenvolvimento pode variar de 7 a 12 dias (Sobrinho & Lukefahr 1983). Já a pupa é de coloração branca, possui forma exarada, característica de curculionídeos, de onde emerge o adulto após quatro a seis dias (Lloyd 1986).

Dinâmica populacional do bicudo-do-algodoeiro

Vários fatores abióticos e bióticos estão envolvidos na dinâmica populacional do bicudo-do-algodoeiro, mas um dos principais fatores envolvidos é a disponibilidade da planta hospedeira, pois no Brasil é conhecido que *A. grandis grandis* somente desenvolve na planta de algodão. Embora, existam outras espécies de plantas com potencial hospedeira desta praga no Brasil (Ribeiro *et al.* 2010), não existem dados de biologia do bicudo usando as estruturas reprodutivas

dessas espécies de plantas hospedeiras. Por outro lado, na América Central e do Norte há registro de outras espécies de plantas dos gêneros *Gossypium*, *Cienfuegosia*, *Thespesia* e *Hampea* como potenciais hospedeiros do bicudo-do-algodoeiro para reprodução (Cross *et al.* 1975). Assim, a época de cultivo e, subsequentemente, a fenologia da planta (produção de botões – estruturas preferidas para alimentação e reprodução) é determinante na ocorrência desta praga.

No final da safra, período em que coincide com o término do período vegetativo do algodoeiro, o bicudo-do-algodoeiro abandona os talhões de cultivo, dispersando para as áreas de refúgio (matas, beira de açudes, rios, etc.), para outras lavouras de algodão adjacentes com diferente fenologia, ou para áreas onde podem obter alimento e abrigo no período de entressafra (Degrande 1991b, Showler 2010), ou mesmo permanecendo nas áreas na entressafra (Neves *et al.* 2018), em restos culturais e brotações não destruídos. No entanto, a dinâmica normal do bicudo-do-algodoeiro se dá com a colonização das lavouras de algodão subsequentes, assim que a cultura emite os primeiros botões florais, estruturas preferidas para alimentação e oviposição. Vale ressaltar que esta atração é intensificada pelo feromônio sexual e de agregação produzido pelos machos, logo após se alimentarem das primeiras estruturas florais (Leggett 1986, White & Rummel 1978) e pelos voláteis liberados pelas plantas (White & Rummel 1978, Magalhães *et al.* 2012). Contudo, devido à dinâmica dos agroecossistemas no Brasil, envolvendo o algodoeiro e as recentes mudanças na adoção de variedades Bt e RR e épocas tardias de plantio após culturas de primeira safra, em especial, nas áreas de Cerrado, adultos do bicudo tem colonizado as lavouras precocemente.

O bicudo-do-algodoeiro tem conseguido manter-se nas áreas durante a entressafra na rebrota de plantas e, também, em plantas tigueras de algodão nas culturas subsequentes (Barros & Crosariol Netto 2015). Isto porque plantas transgênicas resistentes a herbicidas glifosato e glufosinato de amônio (CTNBio 2015), têm dificultado a destruição dos restos culturais do

algodoeiro no fim de safra e, também, no manejo de plantas tigueras – algodão em desenvolvimento entre outras culturas como milho e soja, ou adjacentes as rodovias de sementes caídas durante o transporte.

Não havendo disponibilidade de alimento, o bicudo-do-algodoeiro também pode dispersar entre lavouras a procura de alimento ou área natural para passar a entressafra. Johnson *et al.* (1975) recapturaram adultos do bicudo-do-algodoeiro a uma distância de 2 a 66 km do ponto de liberação. Também, Guerra (1986) relatou que vários bicudos marcados foram recapturados a distância de até 272km. Outros autores citam que lavouras podem ser colonizadas a distância de 80 km ano⁻¹ (Hunter & Coad 1923). Em um modelo de dispersão estocástica desenvolvido por McKibben *et al.* (1991), foi estimado que a distância de dispersão do bicudo-do-algodoeiro pode ser maior do que 100 km para alguns indivíduos da população.

Nesse contexto de dispersão, estudos sobre o movimento dos adultos são necessários, no início de safra e entressafra do cultivo de algodão, pois tem importância para melhor compreensão do comportamento nesta fase de colonização e dimensionamento de medidas de controle (Neves *et al.* 2018). Atualmente, estudos de dispersão e movimento de insetos recebem pouca atenção, mas essas informações no sentido ecológico são essenciais para a elaboração e implementação de programas de manejo de insetos-praga (Fernandes & Vilarinho 2008).

Logo, o entendimento da dinâmica populacional do bicudo-do-algodoeiro é de suma importância para compreender como o inseto se movimenta dentro e entre áreas de cultivos, bem como quais são os agentes bióticos e abióticos responsáveis pela manutenção da densidade populacional desta praga. Geralmente, as causas de mortalidade natural do bicudo-do-algodoeiro dentro dos botões florais são identificadas como: dessecação (alta temperatura e baixa umidade do solo), parasitismo, predação, doença e inviabilidade de ovos (Sturm & Sterling 1990, Ramalho *et al.* 1993). Esses fatores de mortalidade natural são relatados por Ramalho & Silva (1993) em

estudo na região de Ingá, Paraíba, onde constataram que o fator chave de mortalidade em lavouras da cultivar CNPA precoce I, com espaçamento entre fileiras de 0,80 x 0,20m, foi a dessecação dos botões florais caídos ao solo e expostos aos fatores do ambiente, resultando em 31,7 e 38,4% de mortalidade das fases imaturas nos anos de 1989 e 1990, respectivamente. Também, no sudoeste da Bahia, Cardoso (2007) observou a ocorrência de maior mortalidade natural, em cultivar BRS Aroeira, devido ao parasitismo de larvas causado por *Catolaccus grandis* Burks (Hymenoptera: Pteromalidae) e *Bracon* sp. (Hymenoptera: Braconidae), predominando a primeira espécie.

Caso esses agentes bióticos e abióticos não tivessem ação de controle populacional, o crescimento exponencial da população poderia ser calculado em proporções gigantescas, em que apenas um casal no início do ciclo pode dar origem a 12 milhões de descendentes no final da safra (Gravena 2001), pois o bicudo-do-algodoeiro completa até sete gerações/safra (Bianchini 2004). Mas a intervenção química é que faz o maior efeito de controle populacional nas áreas de produção comercial de algodão.

Monitoramento do bicudo-do algodoeiro com armadilha

Para que uma praga-chave, da magnitude do bicudo-do-algodoeiro, seja controlada de forma eficiente e economicamente viável, é necessário o monitoramento rigoroso do inseto em campo, por meio de supervisão de plantas, e quando disponível no mercado, por armadilhas contendo atrativo (alimentar, fonte luminosa, agregação, sexual) (Nakano 2010).

As armadilhas iscadas com “grandlure” permitem o monitoramento em grandes áreas, identificando os locais onde a população de fim de safra do bicudo-do-algodoeiro dispersa da lavoura para passarem o período de entressafra e, também, a presença da praga por ocasião de seu retorno na safra subsequente, auxiliando o produtor na adoção de medidas de controle curativas (Miranda 2010).

Na década de 60, foi isolado, identificado e sintetizado o feromônio de agregação/sexual para o bicudo-do-algodoeiro, conhecido como grandlure, utilizado com o objetivo de atração de *A. grandis grandis* (Cross & Hardee *et al.* 1968, Tumilson *et al.* 1968, Keller *et al.* 1964). Para a liberação desse feromônio sintético de forma lenta e duradoura em campo, estudos foram realizados com objetivo de selecionar o material que fosse compatível nessa função, resultando com o uso do polímero polietileno glicol (PEG) (McKibben *et al.* 1971, Hardee *et al.* 1974, McKibben *et al.* 1974). Em adição, foram desenvolvidos vários tipos de armadilhas para captura do bicudo-do-algodoeiro (Cross *et al.* 1969, Leggett 1971, Leggett 1975), até o modelo ideal que tivesse melhor desempenho na captura dos insetos, e que hoje está disponível comercialmente, composta de recipiente coletor que encaixa no topo de um funil invertido, que por sua vez encaixa na base de cor verde limão, denominada de armadilha “Accountrap” (Plato *et al.* 2000).

As armadilhas Accountrap têm se mostrada eficiente na captura de adultos do bicudo-do-algodoeiro para o monitoramento de entressafra, proporcionando uma relação com a flutuação populacional do inseto nos períodos antecedendo a safra, auxiliando assim na determinação de controle com base no número de insetos adultos coletados (Soria *et al.* 2013). Contudo, possui baixa eficácia na detecção de baixas infestações em comparação a outros tipos de armadilhas (Neves *et al.* 2018). Além disso, tanto a Accountrap como os demais tipos de armadilhas não têm demonstrado eficácia de coleta durante a fenologia reprodutiva do algodoeiro (Cross *et al.* 1969, Neves *et al.* 2018).

Entretanto, resultados mostram que a armadilha Leggett com iscas eram oito vezes mais eficazes que a inspeção visual de plantas na detecção de densidades muito baixas de infestação por bicudo-do-algodoeiro (Rummel *et al.* 1980, TBWEF 2018).

Por meio do armadilhamento é possível detectar que os sistemas agrícolas são intrinsecamente heterogêneos. Assim como, os sistemas contêm disposições variáveis nos habitats

devido ao solo, características microclimáticas, comunidades de plantas e, conseqüentemente, produtividade das culturas (van Helden 2010). Os mesmos princípios de variabilidade se aplicam às populações de insetos. Neste caso, a variação espacial é causada pela interação entre a dinâmica populacional, por um lado, e os fatores bióticos ou abióticos, por outro. Os processos que influenciam a heterogeneidade espacial incluem o crescimento populacional (reprodução, mortalidade) e dispersão (imigração, colonização, emigração) (Fleischer *et al.* 1997).

O conhecimento do comportamento da praga e de sua dinâmica populacional permite melhorar a adoção das medidas de controle. A baixa eficácia de controle do bicudo com inseticidas pode estar relacionada a falta de entendimento sobre o comportamento do adulto do bicudo na planta e entre as plantas. O bicudo-do-algodoeiro é observado usualmente alojado entre as brácteas e as estruturas reprodutivas; e dessa forma ganhando certa proteção à exposição aos inseticidas. Também, apresenta baixa atividade de caminhamento sobre a planta, sendo predominante nos horários mais quentes do dia, fato que a detecção da praga ser predominantemente feita através de sinais da infestação (estruturas com orifícios de alimentação e oviposição) e não dos insetos adultos. Além disso, os adultos ao serem perturbados normalmente caem ao solo (comportamento de tanatose) escapando da detecção e, possivelmente, minimizando o contato direto com os inseticidas aplicados no dossel da planta, em especial para inseticidas que apresentam curto residual de toxicidade em campo. Assim, estes comportamentos podem estar associados com os insucessos da adoção de medidas de controle.

Portanto, o objetivo deste trabalho de tese foi avaliar o comportamento do bicudo-do-algodoeiro recém-emergidos e o tempo de exposição letal para inseticidas e controle residual, bem como estudar a distribuição espacial do bicudo-do-algodoeiro em cultivos comerciais.

Literatura Citada

- Associação Brasileira dos Produtores de Algodão (ABRAPA). 2017.** A cadeia do algodão brasileiro: safra 2016/2017: desafios e estratégias. Brasília: ABRAPA, 248p.
- Barros, E.M. & J. Crosariol Netto. 2015.** Oculto e abundante. Rev. Cultivar 191: 10-12.
- Bastos, C.S., M.J.B Pereira, E.K. Takizawa, G. Ohl & V.R. Aquino. 2005.** Bicudo do algodoeiro: identificação, biologia, amostragem e táticas de controle. Campina Grande: Embrapa Algodão, 31p. (Circular Técnica 79).
- Beltrão, N.E.M. & J.G. Souza. 2001.** Fisiologia e ecofisiologia do algodoeiro, p. 54-75. In Algodão: tecnologia de produção. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 200p.
- Beltrão, N.E.M. 2004.** Pragas do algodoeiro, p. 123-134. In N.E.M. Beltrão & A.E. Araújo (eds.), Algodão: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 265p.
- Belot, J.L., E.M. Barros & J.E. Miranda. 2016.** Riscos e oportunidades: O bicudo-doalgodoeiro, p. 77-118. In AMPA (eds.), Desafios do cerrado. Cuiabá, Associação Matogrossense dos Produtores de Algodão, 283p.
- Bianchini, A. 2004.** Limpeza total. Rev. Cultivar Grand. Culturas 65: 6-8.
- Busoli, A.C., J.J Soares & F.M. Lara. 1994.** O bicudo do algodoeiro e seu manejo. Jaboticabal: FUNEP, 32p.
- Cardoso, U.P. 2007.** Flutuação populacional e fatores de mortalidade natural do bicudo-doalgodoeiro (*Antonomus grandis* Boheman, 1843) (Coleoptera: Curculionidae) no Semi-Árido do Sudoeste da Bahia. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 92p.
- Carvalho, L.P., F.P. Andrade & J.L. Silva-Filho. 2011.** Cultivares de algodão colorido no Brasil. Rev. Bras. Ol. Fibr. 15: 37-44.
- Cia, E., E.C. Freire & W.J. Santos. 1999.** Cultura do algodoeiro. Piracicaba: Potafós, 164p.
- Coakley, J.M., F.G. Maxwell & J.N. Jenkins. 1969.** Influence of feeding, oviposition and egg and larval development of the boll weevil on abscission of cotton squares. J. Econ. Entomol. 62: 244-248.
- Collinge, S.K. & R.T.T. Forman. 1998.** A conceptual model of land conversion processes: Predictions and evidence from a microlandscape experiment with grassland insects. Oikos 82: 66-84.
- CONAB (Companhia Nacional do Abastecimento). 2018.** Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos – Monitoramento Agrícola 2017/2018 – Sétimo Levantamento – Abril/2018. Brasília: Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, 144p.

- Cross, W.H., D. D. Hardee, F. Nichols, H. C. Mitchell, E. B. Mitchell, P. M. Huddleston, & J. H. Tumlinson. 1969.** Attraction of female boll weevils to traps baited with males or extracts of males. *J. Econ. Entomol.* 62: 154-161.
- Cross, W.H. & D.D. Hardee. 1968.** Traps for survey of overwintered boll weevil populations. *Coop. Econ. Ins. Rpt.* 18: 430.
- Cross, W.H. 1973.** Biology, control and eradication of the boll weevil. *Annu. Rev. Entomol.* 13: 17-46.
- Cross, W.H., M.J. Lukefahr, P.A. Fryxell & H.R. Burke. 1975.** Host plants of the boll weevil. *Environ. Entomol.* 4: 19-26.
- CTNBio (Comissão Técnica Nacional de Biossegurança). 2015.** Resumo Geral de Plantas Geneticamente modificadas aprovadas para Comercialização. Disponível em: <http://www.ctnbio.gov.br/upd_blob/0002/2086.pdf>. Acesso em 05/07/2015.
- CTNBio (Comissão Técnica Nacional de Biossegurança). 2018.** Resumo Geral de Plantas Geneticamente modificadas aprovadas para Comercialização. Disponível em: <http://www.ctnbio.gov.br/upd_blob/0002/2086.pdf>. Acesso em 05/07/2018.
- Degrande, P.E. 1991a.** Aspectos biológicos do bicudo, p. 11-27. In P.E. Degrande (ed.), *Bicudo do algodão: manejo integrado*. Dourados: UFMS/EMBRAPA – UEPAE, 141p.
- Degrande, P.E. 1991b.** *Bicudo do algodoeiro: táticas de controle para o Mato Grosso do Sul*. Dourados: UFMS/NCA, 16p.
- Degrande, P.E. 1998.** *Guia prático de controle das pragas do algodoeiro*. Dourados: UFMS, 60p.
- Fernandes, O.A.; E.C. Vilarinho. 2008.** Dispersão de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em campos de milho. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Relatório. Disponível em: <www.irac-br.org.br/Arquivos/Relatório.dispersão.Spodoptera.milho.pdf>. Acesso em: 10/07/2018.
- Forman, R.T.T. & M. Godron. 1981.** Patches and structural components for a landscape ecology. *BioScience* 31: 733-740.
- Fortucci, P. 2002.** The contributions of cotton to economy and food security in developing countries, FAO. In: <https://www.icac.org/meetings/cgtn_conf/documents/11_fortucci.pdf> Acessado em 10/07/2018
- Gallo, D., O. Nakano, S.S. Neto, R.P.L. Carvalho, G.C. Batista, E.B. Filho, J.R.P. Parra, R.A. Zucchi, S.B. Alves, J.D. Vendramim, L.C. Marchini, J.R.S. Lopes & C. Omoto. 2002.** *Entomologia agrícola*. Piracicaba: FEALQ, 920p.
- Gravena, S. 2001.** Quem é esse tal de bicudo. *Rev. Cultivar Grand. Culturas* 25: 42-44.

- Greenberg, S.M., T.W. Sappington, M. Setamou & R.J. Coleman. 2003.** Influence of different cotton fruit sizes on boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) oviposition and survival to adulthood. *Environ. Entomol.* 33: 443-449.
- Greenberg, S.M., T.W. Sappington, M. Sétamou, J.S. Armstrong, R.J. Coleman & T.X. Liu. 2007.** Reproductive potential of overwintering, F1, and F2 female boll weevils (Coleoptera: Curculionidae) in the Lower Rio Grande Valley of Texas. *Environ. Entomol.* 36: 256-262.
- Guerra, A.A. 1986.** Boll weevil movement: dispersal during and alter the cotton season in the Lower Rio Grande Valley of Texas. *Southwest. Entomol.* 11: 10-16.
- Hardee, D. D., T. M. Graves, G. H. McKibben, W. L. Johnson, R. C. Gueldner, & C. M. Olsen. 1974.** A slow release formulation of grandlure, the pheromone of the boll weevil. *IBID* 67: 44-46.
- Hunter, W.D. & B.R. Coad. 1923.** The boll weevil problem. *USDA Farmers Bull.* 1329: 2-3.
- ICAC. 2018.** Source of cotton statistic. Disponível em: < <https://www.icac.org/>>. Acesso em 06/05/2018.
- Jenkins, J. N. 2003.** Cotton. In: *Traditional crop breeding practices: a historical review to serve as a baseline for assessing the role of modern biotechnology.* OECD, pp 61-70.
- Johnson, W.L., W.H. Cross, J.E. Legget, W.L. Mcgovern, H.C. Mitchell & E.B. Mitchell. 1975.** Dispersal of marked boll weevil: 1970-1973 studies. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 68: 1018-1022.
- Keller, J.C., E.B. Mitchell, G. Mckibben & T.B. Davich. 1964.** Sex attractant for female boll weevils from males. *J. Econ. Entomol.* 57: 609-610.
- Kiawu, J., C. Valdes & S. MacDonald. 2011.** Brazil's Cotton Industry: Economic Reform and Development. Disponível em: <http://www.ers.usda.gov/media/111523/cws11d01_1_.pdf>. Acesso em 06/05/2015.
- King, E.E. 1973.** Endo-polymethylgalacturonase of boll weevil larvae, *Anthonomus grandis*: an inhibitor of cotton flower bud abscission. *J. Insect Physiol.* 19: 2233-2437.
- Kuester, A.P., R.W. Jones, T.W. Sappington, K.S. Kim, N.B. Barr, R.L. Roehrdanz & J.D. Nason. 2012.** Population Structure and Genetic Diversity of the Boll Weevil (Coleoptera: Curculionidae) on *Gossypium* in North America. *Ann Entomol Soc Am.*, 105:902-916
- Leggett, J.E. & W.H. Cross. 1971.** A new trap for capturing boll weevils. *USDA Coop. Beon. Insect Rep.* 21: 773-774.
- Leggett, J.E. 1986.** Uso de armadilhas de feromônio para levantamento e detecção e controle do bicudo, p. 145-158. In S. Barbosa, M.J. Lukefahr & R. Braga Sobrinho (eds.), *O bicudo do algodoeiro.* Brasília: EMBRAPA-DDT, 314p.

- Leggett, J.E., W.H. Cross, H.C. Mitchell, W.L. John. Son, & W. L. McGovern. 1975.** Improved traps for capturing boll weevils. *J. Ga. Entomol. Soc.* 10: 52-61.
- Lloyd, E.P. 1986.** Ecologia do bicudo do algodoeiro, p. 134-144. In S. Barbosa, M.J. Lukefahr & R. Braga Sobrinho (eds.), *O bicudo do algodoeiro*. Brasília: EMBRAPA-DDT, 314p.
- Magalhães, D.M., M. Borges, R.A. Laumann, E.R. Sujii, P. Mayon, J.C. Caulfield, C.A. O.Midega, Z.R. Khan, J.A. Pickett, M.A. Birkett & M.C. Blassioli-Moraes. 2012.** Semiochemicals from herbivory induced cotton plants enhance the foraging behavior of the cotton boll weevil, *Anthonomus grandis*. *J. Chem. Ecol.* 38: 1528-1538.
- Mckibben, G. H., T.B. Davich, R.C. Gueldner, D.D. Hardee, & P.A. Hedin. 1974.** Polymeric compositions for attracting cotton boll weevils. U.S. Patent No. 3.803.303.
- McKibben, G.H., D.D. Hardee, T.B. Davich, R.C. Gueldner, & P.A. Hedin. 1971.** Slow-release formulations of grandlure, the synthetic pheromone of the boll weevil. *IBID* 64: 317-319.
- McKibben, G.H., J.L. Willers, J.W. Smith & T.L. Wagner. 1991.** Stochastic model for studying boll weevil dispersal. *Environ. Entomol.* 20: 1327-1332.
- Miranda, J.E. 2010.** Manejo integrado de pragas do algodoeiro no cerrado brasileiro. 2. ed. Campina Grande: Embrapa Algodão, 36 p. (Embrapa Algodão. Circular Técnica, 131).
- Nakano, O. 2010.** Armadilhas para insetos. 2a. ed., Piracicaba: FEALQ, 80p.
- Neves, R.C.S., A.T. Showler, E.S. Pinto, C.S. Bastos & J.B. Torres. 2013.** Reducing boll weevil populations by clipping terminal buds and removing abscised fruiting bodies. *Entomol. Exp. Appl.* 146: 276-285.
- Neves, R.C.S., J.B.Torres, E.M. Barros, L.M. Vivian. 2018.** Boll weevil within season and off-season activity monitored using a pheromone-and-glue reusable tube trap. *Sci. Agric.* 75: 313-320.
- Pickett, S.T.A. & M. L. Cadenasso. 1995.** Landscape ecology: Spatial heterogeneity in ecological systems. *Science* 269: 331-334.
- Plato, J.C.; J.S. Plato; S.E. Plato & T.A. Plato. 2000.** Patent Number: 6,112,454. 1-16p.
- Praça, L.B. 2007.** *Anthonomus grandis* Boheman, 1843 (Coleoptera: Curculionidae). Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 23p. (Documento no. 216).
- Queiroga, V.P., L.P. Carvalho & G.D. Cardoso. 2008.** Cultivo do algodão colorido orgânico na região semiárida do Nordeste brasileiro. Campina Grande: Embrapa Algodão, 50p. (Embrapa Algodão. Documentos, 204).
- Ramalho, F.S. & J.R.B. Silva. 1993.** Período de emergência e mortalidade natural do bicudo do algodão. *Pesqu. Agropec. Bras.* 28: 1221-1231.

- Ramalho, F.S., J.V. Gonzaga & J.R.B. Silva. 1993.** Métodos para determinação das causas de mortalidade natural do bicudo do algodoeiro. *Pesqu. Agropec. Bras.* 28: 877-887.
- Ribeiro, P.A , E.R. Sujii, I.R. Diniz, M.A. Medeiros, M.L. Salgado-Labouriau, M.C. Branco, C.S. S. Pires & E.M.G. Fontes. 2010.** Alternative food sources and overwintering feeding behavior of the boll weevil, *Anthonomus grandis* bohemian (coleoptera: curculionidae) under the tropical conditions of central Brazil. *Neotrop. Entomol.* 39: 28-34.
- Santana-Espinoza, V., G. Ávila-Rodríguez, E. Castañeda- Gaytan, C. De La Cruz-Lázaro, U. García-De La Peña, Romero-Méndez & C. Márquez-Hernández. 2015.** Entomofauna presente en algodónero (*Gossypium hirsutum* L.) genéticamente modificado en zonas productoras de México. *Southwest. Entomol.* 40: 151-160.
- Sciarretta, A. & P. Trematerra. 2014.** Geostatistical tools for the study of insect spatial distribution: practical implications in the integrated management of orchard and vineyard pests. *Pl. Prot. Sci.* 50: 97-110.
- Seelanan, T., A. Schnabel & J.F. Wendel. 1997.** Congruence and consensus in the cotton tribe (Malvaceae). *Syst. Bot.* 22: 259-290.
- Showler, A.T. & R.V. Cantú. 2005.** Intervals between boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) oviposition and square abscission, and development to adulthood in Lower Rio Grande Valley, Texas, field conditions. *Southwest. Entomol.* 30: 161-164.
- Showler, A.T. 2004.** Influence of adult boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) food resources on fecundity and oviposition. *J. Econ. Entomol.* 97: 1330-1334.
- Showler, A.T. 2008.** Longevity and egg development of adult female boll weevils fed exclusively on different parts and stages of cotton fruiting bodies. *Entomol. Exp. Appl.* 127: 125-132.
- Showler, A.T. 2010.** Do boll weevils really diapause? *Am. Entomol.* 56: 100-105.
- Silva, J.B., C.S.A. Silva-Torres, M.C.B. Moraes, J.B. Torres, R.A. Laumann & M.Borges. 2015.** Interaction of *Anthonomus grandis* and cotton genotypes: biological and behavioral responses. *Entomol. Exp. Appl.* 156: 238-253.
- Soares, J.J. & P.T. Yamamoto. 1993.** Comportamento de oviposição de *Anthonomus grandis* Boh. (Coleoptera: Curculionidae) em diferentes níveis de infestação natural. *An. Soc. Entomol. Brasil* 22: 333-339.
- Sobrinho, R.B. & M.J. Lukefahr. 1983.** Bicudo (*Anthonomus grandis* Boheman): Nova ameaça a cotonicultura brasileira - biologia e controle. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 32p. (EMBRAPA.CNPA. Documentos, 22).
- Soria, M.F., D. Thomazoni, B.B. Batista, P.E. Degrande. 2013.** Controle químico do bicudo-do-algodoeiro-do-algodoeiro (*Anthonomus grandis*) com inseticidas alternativos ao endossulfan, organofosforados e piretroides SC. In IX Congresso Brasileiro de Algodão, Brasília, DF.

- Soria, M.F., D. Thomazoni, R. Tachinardi & P.E. Degrande. 2013.** Alerta para o bicudo-do-algodoeiro: breve panorama pré-safra 2012/13 e ações para o combate da praga. Cuiabá: Instituto Mato-grossense do Algodão – IMAmt, 4p. (Circular Técnica IMAmt no. 003).
- Rummel, D.R., J.R. White, S.C. Carroll & G.R. Pruiit. 1980.** Pheromone trap index system for predicting need for overwintered boll weevil control. *J. Econ. Entomol.* 73: 806-810.
- Stadler, T. & M. Buteler. 2007.** Migration and dispersal of *Anthonomus grandis* (Coleoptera: Curculionidae) in South America. *Rev. Soc. Entomol. Argentina* 66: 205-217.
- Sturm, M. M. & W. L. Sterling. 1990.** Geographical patterns of boll weevil mortality observations and hypothesis. *Environ. Entomol.* 19: 59 - 65.
- Sujii, E.R., G.L. Lövei, M. Sétamou, P. Silvie, M.G. Fernandes, G.S.J. Dubois & R.P. Almeida. 2006.** Non-target and biodiversity impacts on non-target herbivorous pests, p. 133-154. In A. Hilbeck, D.A. Andow & E.M.G. Fontes, (eds.), *Environmental risk assessment of genetically modified organisms volume 2: methodologies for assessing Bt cotton in Brazil*. Wallingford: CABI Publishing, 400p.
- TBWEF (Texas Boll Weevil Eradication Foundation). 2018.** History of the boll Weevil. Disponível em: <<https://www.txbollweevil.org/aboutus.html>>. Acesso em 27/05/2018.
- Torres, J.B., I.A.V.F. Pontes, R.L. Santos & R.C.S. Neves. 2009.** Principais pragas do algodoeiro em Pernambuco. Informativo REDALGO: Pragas do Algodoeiro. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 6p.
- Tumlinson, J.H., D. D. Hardee, J.P. Minyard, A.C.Thompson, R.T. Gast & P.A. Hedin. 1968.** Boll Weevill Sex Attractant: Isolation Studies. *J. Econ. Entomol.* 61:470-474.
- Turner, M.G. 1989.** Landscape ecology: The effect of pattern on process. *Annu. Rev. Ecol. Systems* 20: 171-197.
- van Helden M. 2010.** Spatial and temporal dynamics of arthropods in arable fields, p.51-64. In E.C. Oerke, R. Gerhards, G. Menz & R.A. Sikora (eds.), *Precision crop protection – the challenge and use of heterogeneity*. New York: Springer, 441p.
- Wendel, J.F., V.A. Albert. 1992.** Phylogenetics of the cotton genus (*Gossypium*): Character-state weighted parsimony analysis of chloroplast DNA restriction site data and its systematic and biogeographic implications. *Syst. Bot.* 17: 115- 143
- White, J.R & D.R. Rummel. 1978.** Emergence profile of overwintered boll weevils and entry into cotton. *Envirom. Entomol.* 7: 7-14.

CAPÍTULO 2

DISPERSÃO DE *Anthonomus grandis grandis* BOH. (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) NA
PLANTA DE ALGODÃO E SUA RELAÇÃO COM O TEMPO LETAL E RESIDUAL
DE INSETICIDAS¹

LUCAS S. ARRUDA²

²Departamento de Agronomia-Entomologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua D.

Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, 52171-900, Recife, PE, Brasil

¹Arruda, L.S. Dispersão de *Anthonomus grandis grandis* Boh. (Coleoptera: Curculionidae) na planta de algodão e sua relação com o tempo letal de inseticidas. A ser submetido.

RESUMO - A dispersão do inseto na planta hospedeira, sua exposição e a toxicidade residual dos inseticidas exercem significativos efeitos na eficácia de controle. Assim, o comportamento do bicudo-do-algodoeiro na planta de algodão, tempo letal (TL) e residual de controle quando exposto ao resíduo seco de alguns inseticidas recomendados para o controle do bicudo foram estudados. As observações foram feitas registrando-se as primeiras atividades do bicudo-do-algodoeiro ao acessar a planta de algodão após a emergência tentando simular quando emergem das estruturas caídas ao solo. O ensaio de TL usou dosagens recomendadas dos inseticidas malationa, carbosufano, tiametoxam, fipronil, beta-ciflutirna e lambda-cialotrina e tiametoxam+lambda-cialotrina, enquanto que o bioensaio de resíduo de controle foi conduzido com malationa, carbosufano, tiametoxam, fipronil. Os resultados mostram que o bicudo-do-algodoeiro permanece maior parte do tempo parado sobre as maçãs, seguida de botões florais na parte inferior da planta. Quando ele se movimenta, a maior frequência ocorre sobre folha do ramo frutífero e suas folhas. O menor TL foi encontrado com exposição ao tiametoxam. O fipronil e a malationa apresentaram o maior e o menor residual de controle, independente da posição da folha no dossel da planta. Apenas o fipronil proporcionou mortalidade >80% após seis dias da pulverização. Os resultados sugerem que o bicudo-do-algodoeiro exibe comportamentos que minimizam o seu contato com inseticidas. O padrão de dispersão intraplanta, a baixa suscetibilidade a inseticidas piretroides e o baixo período residual de organofosforados, como a malationa, são fatores que comprometem o controle populacional do bicudo-do-algodoeiro.

PALAVRAS-CHAVE: Bicudo-do-algodoeiro, comportamento, colonização, suscetibilidade

WITHIN-PLANT DISPERSAL OF *Anthonomus grandis grandis* BOH. (COLEOPTERA:
CURCULIONIDAE) AND ITS ASSOCIATION WITH LETHAL AND RESIDUAL TIME OF
INSECTICIDES

ABSTRACT – The behavior of boll weevil on the cotton plant during its colonization may subsidize the understanding of its interaction with the cotton plant and may help control decisions. Thus, we determined the boll weevil behavior focused on dispersal time within-cotton plants, lethal time (LT) and residual control for recommended insecticides through dried-residue exposure of recommended field rates. The observations consisted of recording the initial activities of adults when accessing the cotton plant after emerging. Weevils were allowed to disperse from the base of the monopodial stem simulating the emergence from fallen attacked flower buds. The LTs were determined for malathion, carbosufan, thiamethoxam, fipronil, beta-cyfluthrin, lambda-cyhalothrin, and thiamethoxam+lambda-cyhalothrin; while, the residual control tested malathion, carbosufan, thiamethoxam, and fipronil. Boll weevil when accessing the plant from the ground stayed on cotton bolls most of the time, followed by flower buds on the lower third of the cotton plant. Further, adult disperse through the plant preferentially through the fruiting branches and their leaves. The lowest LT was found with exposure to thiamethoxam; while, fipronil and malathion promoted the highest and lowest residual control time irrespective of the leaf position within-plant canopy. Furthermore, only fipronil sustained mortality >80% after six days from application. These findings suggest that boll weevil exhibits within-plant distribution that minimizes its contact with insecticide residue on cotton leaves. Furthermore, short residual period

of malathion, the most used insecticide against boll weevil, and the low susceptibility exhibited by the tested population to pyrethroids highlight the difficulties faced with boll weevil control.

KEY WORDS: Boll weevil, behavior, colonization, susceptibility

Introdução

O movimento e a localização do inseto na planta hospedeira torna-se componente importante para o sucesso da espécie, mas também, para as medidas de controle, no caso dos insetos praga. Em especial, aquelas altamente relacionadas às suas plantas hospedeiras como o bicudo-do-algodoeiro, *Anthonomus grandis grandis* Boh. (Coleoptera: Curculionidae). Os comportamentos podem ser influenciados por fatores intrínsecos dos indivíduos como idade, status reprodutivo e saciação, entre outros, que resulta em direto impacto sobre a sobrevivência e reprodução; e de fatores abióticos como temperatura, fotoperíodo e disponibilidade de alimentos (Caswell 1983, Ishihara 1999, West-Eberhard 2005).

As fêmeas do bicudo-do-algodoeiro realizam a oviposição de forma endofítica preferencialmente em botões florais, mas também em maçãs (Mitchell & Mistic 1965, Showler & Cantú 2005, Neves *et al.* 2013). Todas as fases imaturas da praga se completam no interior dessas estruturas, após a sua abscisão ou, ainda, na planta no caso de maçãs (Dias *et al.* 2004, Showler & Cantú 2005, Neves *et al.* 2013). Após a emergência, os adultos retornam a planta para alimentação e iniciar um novo ciclo reprodutivo. Desta maneira, a fase adulta é a mais exposta aos métodos curativos de controle, bem como estão intimamente associados às estruturas reprodutivas das plantas. Além disso, este comportamento dos adultos em permanecer entre as brácteas e as estruturas reprodutivas é considerado como fator importante para a sua sobrevivência, uma vez que ficam menos expostos a fatores bióticos e abióticos de mortalidade, como as pulverizações com inseticidas.

Com base no desenvolvimento endofítico do bicudo-do-algodoeiro, o controle químico dos adultos tem sido o método mais comumente utilizado (Showler 2012). Ainda, para garantir a exposição de maior proporção da população de adultos, em virtude da emergência em sequência, as aplicações inseticidas teriam que ser realizadas em intervalos de 4 a 5 dias. As pulverizações na cultura são programadas em função do estágio fenológico favorável ao ataque desta praga (Leonard *et al.* 1999, Gravena & Benvenga 2003, Showler 2006). Desta maneira, em lavouras do Cerrado tem sido contabilizado de 15 a 25 pulverizações por safra para o bicudo-do-algodoeiro (Miranda & Rodrigues 2015), que comprova o fato de que o bicudo-do-algodoeiro, é a praga mais importante desta cultura. Este utiliza das estruturas reprodutivas do algodoeiro, *Gossypium hirsutum* L., para alimentar e reproduzir-se. Este comportamento resulta em elevadas perdas na produção gerando prejuízos de até US\$ 360/ha*ano (Belot *et al.* 2016). Assim, considerando as perdas e os custos de controle, a incidência do bicudo-do-algodoeiro compromete significativamente a cadeia produtiva do algodoeiro.

No Brasil, são registrados mais de 100 inseticidas comerciais formulados com 22 ingredientes ativos para o controle do bicudo-do-algodoeiro (AGROFIT 2018). A maioria das aplicações, contudo, é realizada com organofosforados, devido a alta eficiência e baixo custo, também, decorrente da falha de controle e diminuição da eficiência dos piretroides ao longo dos últimos anos (Kanga *et al.* 1995, Soria *et al.* 2013, Barros *et al.* 2015, Crosariol Netto *et al.* 2017, Rolim *et al.* 2018, Rolim 2018). Entre eles, a malationa é o ingrediente ativo mais utilizado atualmente. No entanto, a malationa apresenta reduzido efeito residual, tendo sido observada significativa redução de controle a partir de 72h após aplicação (Alves & Oliveira 2003, Rolim 2018).

A maioria dos inseticidas entram no organismo alvo por meio do contato corporal com a superfície tratada, embora outras rotas ocorrem como a ingestão e a respiração (Yu 2008).

Parâmetros como dose-letal (DL), concentração-letal (CL) e tempo letal (TL) são usados para caracterizar a toxicidade dos inseticidas a partir de medidas em tempo padrão definido após a exposição. O tempo necessário para a obtenção da mortalidade pode ser útil em situações onde o tempo pós-exposição é de interesse primário (Dell *et al.* 1983). Desta forma, o conhecimento sobre o comportamento de insetos alvo, em especial, a dispersão é essencial para auxiliar a tecnologia de aplicação em programas de controle da praga com uso de inseticidas. A capacidade de movimentação está em função da distribuição de recursos e estímulos internos e externos dos insetos (Bell 1990, 1991).

Diante do exposto, neste trabalho foi avaliado a dispersão intra-planta de *A. grandis grandis* no algodoeiro, o tempo de caminhamento e o tempo letal de exposição a diferentes grupos químicos de inseticida, bem como o período residual de controle do bicudo-do-algodoeiro com alguns inseticidas recomendados.

Material & Métodos

Os experimentos foram conduzidos na Área Experimental da Fitossanidade no Departamento de Agronomia da Universidade Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, PE, e no Instituto Matogrossense do Algodão (IMAmt), Campo Verde, MT.

Obtenção de *Anthonomus grandis grandis*. Adultos do bicudo-do-algodoeiro foram obtidos a partir de coletas periódicas de estruturas reprodutivas contendo larvas e pupas em lavoura cultivada que apresentavam infestação. O material coletado foi acondicionado em bandejas plásticas, as quais foram mantidas no interior de gaiolas de acrílico transparente (30 cm largura x 45 cm altura x 50 cm comprimento) até a emergência.

Comportamento de Colonização da Planta de Algodão pelo *Anthonomus grandis grandis*. A atividade de dispersão do bicudo-do-algodoeiro, na planta de algodão, foi monitorada após a

liberação na base da planta simulando a colonização da planta a partir da emergência de botão floral atacado e caído ao solo. As observações foram realizadas com adultos do bicudo recém-emergidos (sem contato com estrutura reprodutiva do algodoeiro) em laboratório (< 24h), os quais foram acondicionados em microtubos de 1,5 mL e dispostos verticalmente no solo apoiado na base da planta de algodão. As observações foram realizadas entre 8h e 15h do dia, que compreende o período de maior atividade do bicudo sobre a planta. Foram empregadas plantas em campo experimental do Instituto Mato-grossense do Algodão (IMAmt), Campo Verde, MT. As plantas estavam com 100 dias após a emergência, conseqüentemente possuindo todas as estruturas reprodutivas como botões florais, flores e maçãs macias e ~15 entrenós, em média. Durante as observações foram registrados os comportamentos realizados pelo bicudo-do-algodoeiro, como: parado (P), caminhando (C). Quando registrado vôo a partir do microtubo, este era capturado e finalizado o tempo de observação para este indivíduo. Foram, também, registrados em qual estrutura do algodoeiro ocorreu o comportamento, como: botão floral (BF), bráctea (BR), folha do ramo frutífero (FRF) haste principal (H), maçãs (M) e ramo frutífero (RF). A planta de algodão foi estratificada em três partes para registro dos eventos: terço inferior (TI), terço médio (TM) e terço superior (TS). As observações foram realizadas com adultos de ambos os sexos de idade similar (20 fêmeas e 20 machos). Cada indivíduo foi monitorado 20 minutos, salvo quando realizava vôo. O cronômetro foi ativado somente quando o bicudo-do-algodoeiro teve acesso a haste principal. Os dados foram submetidos à análise de frequência relativo aos comportamentos, observados empregando o teste de qui-quadrado (SAS Institute 2001) para testar a hipótese de igualdade entre machos e fêmeas com relação aos comportamentos, estruturas e posições.

Influência do Sexo, Status de Cópula, Posição na Planta e Movimentação. Similar ao bioensaio anterior, neste estudo foram empregadas plantas de algodão com idade de 100 dias após emergência (DAE) e apresentando todas as estruturas reprodutivas e 15 entrenós, em média. Um

total de 60 machos e as 60 fêmeas foram mantidos separados por cinco a seis dias para a maturação sexual (Sappingtons & Purgeon 2000). Neste período os adultos foram alimentados com botões florais e dieta complementar a base de mel e levedura-de-cerveja (1:1).

Parte dos adultos machos e fêmeas foram pareados durante 24 horas na proporção de 1♀:1♂. Os indivíduos remanescentes foram mantidos sem pareamento para o tratamento com adultos virgens. A verificação da cópula foi obtida com prévia marcação no élitro dos adultos com cola colorida Acrilex™ não tóxica. Assim, pode-se constatar a cópula e, posteriormente, individualizá-los de acordo com sexo após o fim da cópula.

O deslocamento dos adultos foi obtido com os insetos sendo liberados em locais identificados na planta de algodão. Para tanto, 60 plantas foram identificadas em campo empregando fitilhos de cor azul ou laranja, identificado com pincel marcador permanente à condição (tratamento) referente ao indivíduo a ser liberado no local na planta considerando: situação de cópula (bicudos virgens ou acasalados), posicionamento na planta (terço superior ou terço inferior), e o sexo (macho ou fêmea).

Os insetos liberados foram marcados com um pequeno ponto no élitro empregando cola colorida atóxica Acrilex™ (Mercur S.A., Maringá, PR) no dia anterior. No dia da liberação foi observado a permanência da marcação. Foram marcados quatro grupos de bicudos determinados por diferentes cores (branco, vermelho, roxo e verde). Adultos marcados e apresentando caminhar normal foram liberados cuidadosamente no interior da bráctea de um botão floral localizado no terço superior da planta, enquanto que outro indivíduo foi liberado no interior da bráctea de maçã macia no terço inferior da mesma planta. Assim, quatro grupos de bicudos (tratamentos) foram liberados, cuidadosamente em cada local marcado anteriormente, da seguinte forma: Fêmea virgem (♀V) liberada no terço superior (S) da planta ou no terço inferior (I) da planta (♀V-S * ♀V-I); macho virgem (♂V) liberado no terço superior da planta ou macho virgem

liberado no terço inferior da planta ($\sigma^{\text{V-S}} * \sigma^{\text{V-I}}$); fêmea acasalada (♀A) liberada no terço superior (S) da planta ou no terço inferior (I) da planta ($\text{♀A-S} * \text{♀A-I}$) e macho acasalado (σ^{A}) liberado no terço superior (S) da planta ou no terço inferior (I) ($\sigma^{\text{A-S}} * \sigma^{\text{A-I}}$).

Os insetos foram liberados entre 7:00 e 8:00h da manhã e foram monitorados em intervalos de duas horas avaliando a presença (1) ou ausência (0) do inseto no mesmo local/estrutura onde foi liberado até a saída do último indivíduo. As avaliações foram realizadas apenas no período diurno, devido ao hábito do inseto, porém mantido nos dias subsequentes até o último inseto abandonar o local de liberação. Os dados obtidos foram analisados empregando o procedimento de sensoriamento presença e ausência, os quais foram utilizados para confecção de curvas de eventos observados pelo método Kaplan-Meier, as quais foram comparadas pelo teste Log-Rank utilizando o Proc LIFETEST do SAS (SAS Institute 2001). E, testado a hipótese de igualdade entre posição dos indivíduos nas plantas e status de cópula (virgens ou acasalados).

Tempo Letal de Diferentes Inseticidas para *Anthonomus grandis grandis*. O tempo letal de exposição a inseticidas representando diferentes classes, entre aquelas recomendadas para o controle do bicudo-do-algodoeiro, foi realizado em delineamento inteiramente casualizado com 10 insetos cada repetição e repetidos no mínimo duas vezes por tempo. Para cada população, foram realizados testes preliminares para determinar resposta "tudo ou nada" em tempo (minutos), a fim de estabelecer o intervalo de tempo para obter curvas de tempo-mortalidade.

Após determinar o intervalo, foram preparadas as concentrações dos inseticidas empregando a maior dosagem de bula: malationa (Malathion[®] EC 1000g i.a./L, Cheminova Brasil Ltda, São Paulo, SP, Brasil), carbosufano (Marshal Star[®] EC 700g i.a./L, FMC Química do Brasil Ltda, Campinas, SP, Brasil), tiametoxam (Actara[®] WG 250g i.a./Kg, Syngenta Proteção de Cultivos Ltda, São Paulo, SP, Brasil), fipronil (Fipronil Nortox WG 800g i.a./Kg, Nortox S/A, Arapongas,

PR, Brasil), Tiametoxam + Lambda-cialotrina a 35,25g/ha + 26,5g/ha (Engeo Pleno™ S SC 141g + 106g i.a./L, Syngenta Proteção de Cultivos Ltda, São Paulo, SP, Brasil), beta-ciflutrina (Bulldock® SC 125g i.a./L, Bayer CropScience Brasil Ltda, São Paulo, SP, Brasil), e Lambda-cialotrina 25g i.a./ha (Kaiso® CS 250g i.a./L, Nufarm Indústria Química e Farmaceutica S/A, Maracanaú, CE, Brasil).

O método de contaminação foi o resíduo seco sobre superfície vegetal. Para tanto, discos de folhas de algodão com ~8 cm de diâmetro foram imersos por 10 segundos nas caldas inseticidas preparadas conforme descrito anteriormente, e deixados em temperatura ambiente para evaporar o excesso de calda. Em seguida, as folhas, foram colocadas em placas de Petri de vidro de 9 cm de diâmetro. A mortalidade dos insetos confinados sobre os discos de folha tratados com inseticida ou não (testemunha), foi avaliada logo após o tempo de exposição determinado. Após retirar o material vegetal remanescente e o papel de filtro, a placa de Petri contendo apenas os insetos foi colocada sobre uma chapa aquecedora (Fisatom mod.752A, Rio de Janeiro, RJ, Brasil) a temperatura de aproximadamente 35 °C para estimular a movimentação dos insetos, devido ao comportamento de tanatose apresentado pelos adultos quando manipulados. Os insetos foram considerados mortos quando não conseguiam mover ou não tinham coordenação motora para caminhar e subir até a borda da placa. Os dados de mortalidade foram obtidos e, corrigidos quando necessário, pela mortalidade no tratamento testemunha (Abbott 1925). Em seguida, os resultados foram submetidos à análise de Probit (Finney 1971), utilizando o Proc Probit do SAS (SAS institute 2001) e calculados os tempos de exposições letais (TL) 50 e 90 e seus limites de confiança a 95% de probabilidade.

Mortalidade Residual em Função da Posição da Folha na Planta. A mortalidade do bicudo-do-algodoeiro foi determinada com a sua exposição a quatro inseticidas amplamente recomendados visando testar diferentes intervalos após a pulverização e posição de contato na

planta. Assim, o estudo foi conduzido em delineamento fatorial 5x2x5 considerando cinco tratamentos (quatro inseticidas e testemunha), duas posições de folhas nas plantas (folhas expandidas do terço superior e folhas do terço inferior da planta) e cinco intervalos residual após a pulverização. Cada tratamento foi composto de cinco repetições representado por uma placa de Petri, contendo folhas colhidas das respectivas posições das plantas e nos intervalos de 2, 24, 48, 96 e 144h após a pulverização (i.e., 0 a 6 dias após a pulverização). Cada placa confinou cinco adultos do bicudo-do-algodoeiro com 4 a 6 dias de idade, emergidos em laboratório de botões florais atacados e coletados em campo. Os adultos foram oriundos de campo experimental mantido na Área de Fitossanidade, do Departamento de Agronomia da UFRPE, os quais são caracterizados como suscetíveis aos inseticidas estudados. A manutenção dos botões para a emergência de adultos e a criação dos adultos até o uso foi feita em laboratório a $25 \pm 1,2$ °C, fotofase 12h e UR de ~60%, condições essas mantidas durante o experimento. A criação dos adultos até a utilização nos experimentos foi feita mantendo-os em potes plásticos de 1L com tampa possuindo abertura fechada com tecido *voil* e oferecidos botões florais e ponteiros de plantas como alimento, que foram substituídos a cada dois dias. Os tratamentos corresponderam aos inseticidas malationa 1000CE (1000 g. i.a./ha), carbosulfan 700CE (700 g i.a./ha), tiametoxam 250WG (50 g i.a./ha), fipronil 800WG (320 g i.a./ha), e uma testemunha sem pulverização.

A mortalidade foi anotada 48h após o confinamento dos adultos sobre as folhas. A confirmação da mortalidade foi realizada retirando a folha da placa de Petri e aquecendo a placa em chapa aquecedora (Fisatom mod.752A, Rio de Janeiro, RJ, Brasil) a temperatura de ~35°C, devido ao comportamento de tanatose apresentado pelos adultos quando manipulados. Assim, os insetos que não retornaram a posição normal e caminharam foram considerados como insetos mortos. Os valores foram transformados em porcentagem de mortalidade, e a mortalidade natural observada na testemunha foi empregada para corrigir a mortalidade nos tratamentos com

inseticidas mediante a fórmula de Abbott (1925). Em seguida, os resultados foram submetidos aos testes de normalidade e homogeneidade de variância, sendo os dados transformados em arcoseno da raiz ($x/100$), apenas, para as análises, sendo as médias verdadeiras apresentadas nos resultados. Quando significativos, as médias de tratamentos foram separadas pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).

Resultados

Comportamento de Colonização da Planta de Algodão pelo *Anthonomus grandis grandis*. Os resultados da análise de frequência de cada comportamento, estrutura e posição das estruturas na planta de algodoeiro demonstra diferença significativa entre os comportamentos de caminhar ($\chi^2 = 7,67$, $P = 0,005$) e ficar parado ($\chi^2 = 4,129$, $P = 0,042$) (Tabela 1). Foi observado que as fêmeas apresentaram maior frequência de ambos os comportamentos. Da mesma maneira, foi observado no fator estrutura em que a folha do ramo frutífero (FRF; $\chi^2 = 5,20$, $P = 0,022$) e ramo frutífero (RF; $\chi^2 = 7,45$; $P = 0,006$) foram mais visitadas pelas fêmeas do que por machos. As demais estruturas não tiveram diferença ($P > 0,05$) relativa aos comportamentos avaliados. Com relação a posição na planta, não houve nenhum registro de bicudo-do-algodoeiro no terço superior da planta de algodão. Por outro lado, a maioria dos registros ocorreu no terço inferior da planta principalmente para as fêmeas ($\chi^2 = 16,47$; $P < 0,0001$). No terço médio da planta foram registrados alguns eventos, porém sem diferença significativa ($\chi^2 = 3,34$; $P = 0,0673$).

Em 20 minutos de observação, 42,5% dos indivíduos observados conseguiram encontrar e entrar em contato com a estrutura reprodutiva do algodoeiro. No qual, 47% foram machos e 53% foram fêmeas. O tempo médio necessário para encontrar e entrar na estrutura foi de 7 minutos e 30 segundos.

Influência do Sexo, Status de Cópula, Posição na Planta e Movimentação. Os resultados mostram que não houve diferença significativa para o efeito de sexo e status de cópula (Tabela 2). Por outro lado, houve variação significativa para a posição de liberação na planta (terço superior e inferior) para insetos liberados ainda virgem (Tabela 2). Apesar das interações do status de cópula não terem sido significativas, adultos virgem e liberados no terço inferior dispersaram-se mais rápido do que aqueles liberados no terço superior tanto para fêmeas ($\chi^2=12,92$; $P=0,0003$), quanto para machos ($\chi^2=17,30$; $P<0,0001$) (Fig. 1).

Tempo Letal de Diferentes Inseticidas para *Anthonomus grandis grandis*. O tempo de exposição para obter mortalidade do bicudo-do-algodoeiro aos inseticidas estudados assumiram o modelo de Probit ($P>0,05$), permitindo estimar os tempos letais (TL_{50} e TL_{90}), e seus respectivos limites de confiança a 95% de probabilidade. Contudo, os piretroides beta-ciflutrina e a lambda-cialotrina não ocasionaram mortalidades suficiente durante o período de observação, que permitissem calcular o limite de confiança (Tabela 3).

Entre os inseticidas, a mistura tiametoxam+lambda-cialotrina e, apenas, tiametoxam, foram os que ocasionaram mortalidade resultando no menor TL, com 54 minutos para ambos os inseticidas. Cabosufano e malationa não diferiram estatisticamente (107,8 e 121,2 minutos) sobrepondo seus limites de confiança a 95% de probabilidade. Da mesma forma, o TL_{50} para a malationa (121 minutos) e o fipronil (162 minutos) foram similares.

Os TL_{90} variaram de 136 a 263,8 minutos. O tiametoxam e tiametoxam+lambda-cialotrina, novamente, não diferiram estatisticamente, enquanto que carbofentotrina, fipronil e malationa foram similares quanto ao TL_{90} (Tabela 3).

O carbofentotrina apresentou a maior inclinação seguida por fipronil (6,42). Por outro lado, a menor inclinação foi observada para lambda-cialotrina (0,61), seguida de beta-ciflutrina (0,92) demonstrando que a população testada foi bastante heterogênea para esses dois piretroides.

Interessantemente, a inclinação de tiametoxam (4,46) foi maior do que a inclinação da mistura tiametoxam+lambdacialotrina (3,20) caracterizando que a população encontra-se mais homogêneas para o neonicotinoide isoladamente. Por fim, a inclinação do principal inseticida recomendado no controle do bicudo, malationa, foi de 3,09, demonstrando que há certa homogeneidade da população testada (Tabela 3).

Mortalidade Residual em Função da Posição na Planta. A análise de variância considerando os três fatores estudados inseticidas, posição da folha na planta e tempo após a pulverização demonstrou que a mortalidade foi diferente entre todos os inseticidas ($F_{3, 160} = 82,62$; $P < 0,0001$), independentemente da posição da folha na planta e do tempo após a pulverização. O fipronil proporcionou maior mortalidade de adultos do bicudo-do-algodoeiro (99,6%), seguido pelo carbosulfano (80%), tiametoxam (67,7%) e malationa (46,4%), respectivamente. Também, houve diferença entre a posição da folha na planta ($F_{1, 160} = 5,71$; $P = 0,0181$), com maior mortalidade independente do inseticida e do tempo após a pulverização sobre folhas coletadas da parte inferior das plantas (média \pm EP; $76,7 \pm 3,3\%$) relativo a folhas da parte superior das plantas ($70,6 \pm 3,4\%$). Contudo, não houve interação da posição das folhas e inseticidas ($F_{3, 160} = 0,93$; $P = 0,4278$), bem como da posição da folha na planta e o tempo após a pulverização ($F_{4, 160} = 1,13$; $P = 0,3443$). Por outro lado, o tempo após a pulverização influenciou significativamente a mortalidade do bicudo-do-algodoeiro ($F_{4, 160} = 40,48$; $P < 0,0001$), com todos os inseticidas ocasionando mortalidade acima de 80% no dia da pulverização e 24h após a pulverização, com exceção da malationa em folhas da parte superior da planta (Fig. 2). Após, 48h da pulverização houve significativa variação na mortalidade, em cada intervalo residual e entre os inseticidas, com apenas o fipronil mantendo mortalidade acima de 80% até 144h, e o tiametoxam até 96h em folhas da parte inferior das plantas. A variação na mortalidade ao longo do tempo e em função do inseticida resultou em interação significativa do inseticida usado e tempo após a aplicação ($F_{12, 160}$

= 7,04; $P < 0,0001$). A interação de inseticidas, posição das folhas na planta entre parte superior e inferior e tempo após a pulverização, também foi significativa ($F_{12, 160} = 1,99$; $P = 0,0286$), caracterizada pela maior mortalidade com os inseticidas carbosulfano e tiametoxam em folhas da posição inferior da planta e para a malationa, em folhas da parte superior da planta, enquanto que o fipronil proporcionou 100% de mortalidade independente da posição da folha na planta (Fig. 2).

Discussão

O bicudo-do-algodoeiro tem sido considerado uma praga de difícil controle após o seu estabelecimento na lavoura de algodão, pois mesmo adotando medidas curativas como as inúmeras pulverizações (Miranda & Rodrigues 2015, Belot *et al.* 2016), ainda, ocorre redução de produtividade de pluma estimada na ordem 5,45@/ha (Belot *et al.* 2016). Fato que o manejo do bicudo-do-algodoeiro envolve decisões realizadas antes, durante e após a safra, que podem compreender atenção voltada ao seu manejo o ano todo. Esta amplitude de tempo abrange as medidas preventivas de controle antes do plantio, durante a safra e após a safra (destruição de restos da cultura). Contudo, o período mais crítico é durante a safra, em especial, a partir da emissão dos botões florais, que são estruturas preferidas pelo bicudo-do-algodoeiro para alimentação e reprodução (Tomquelski & Martins 2008). Desta forma, os resultados encontrados relativos aos comportamentos realizados pelo bicudo-do-algodoeiro, ao acessar uma planta de algodão após a sua emergência, reforçam a co-evolução com a planta, apresentando basicamente caminhamento sobre a mesma, e permanecendo longos períodos de tempo após o acesso a uma estrutura reprodutiva. Este fato sugere que medidas de controle devem ser direcionadas a restringir o acesso dos adultos as estruturas ou atingí-los nessas estruturas. Contudo, esse comportamento dificulta a exposição dos adultos ao inseticida pulverizado, seja pelo contato tópico durante a pulverização, ou ao resíduo do inseticida depositado sobre as folhas do

algodoeiro, devido à preferência pelas estruturas reprodutivas e baixa dispersão sobre a planta. Adicionalmente, considerando o tempo residual que o inseticida fica ativo sobre as plantas, pode explicar a baixa eficiência das pulverizações a campo contra o bicudo-do-algodoeiro, mesmo empregando inseticidas de reconhecida toxicidade para os adultos, como é o caso da malationa, a qual oferece alta toxicidade, mas um baixo residual de controle.

O comportamento de voar quase não foi observado. Esse comportamento deve ser utilizado pelo inseto especialmente quando não há indisponibilidade de estruturas reprodutivas preferidas na planta. Isto pode ser notado para o bicudo-do-algodoeiro na procura por novas áreas de algodão, que pode dispersar até 48 Km por dia (Guerra 1988). Contudo, havendo disponibilidade de recursos, executar vôo a maiores distâncias resultaria em investimento energético desnecessário (Arrese & Soulages 2010).

Os dados de posição do ramo em que ocorreram os comportamentos apontam preferência de adultos recém-emergidos pelo terço inferior da planta de algodão, ou seja, nos cinco primeiros ramos acima do solo. Esse comportamento inicial pode proporcionar insucesso de algumas intervenções como o controle químico, visto que a deposição proporcionada por diferentes pontas de pulverização, na cultura de algodão, apresenta uma deposição decrescente sendo na região apical (45%), mediana (18%), e basal (7%) (Scramin *et al.* 2002). Sendo assim, o adulto como alvo da pulverização tem grande probabilidade de escapar do controle após a emergência durante o período de acesso a planta visto que a maioria emerge de botões caídos ao solo. No entanto, vale ressaltar que os ramos do terço inferior não são perpendiculares ao solo, desta forma atingem o terço médio por conta da sua curvatura em busca de luz.

Após encontrar a estrutura reprodutiva localizada no terço inferior de acordo com as nossas observações, o adulto do bicudo pode permanecer até 16 horas sobre a mesma estrutura. Após esse período, pode se deslocar para outras estruturas reprodutivas localizadas nas partes

intermediária e superior das plantas, onde podem permanecer por até duas vezes mais tempo sem se deslocar. Essa locomoção entre as estruturas é realizada principalmente nos ramos frutíferos e suas folhas. Essa informação é de grande importância, pois revela a forma como os indivíduos podem escapar da ação direta dos inseticidas devido à frequência de dispersão pela superfície foliar (local de maior deposição da calda), e permanecerem protegidos nas estruturas reprodutivas. Ainda, esta baixa taxa de dispersão reduz o contato com as maiores concentrações dos resíduos de inseticidas depositados sobre as folhas, visto que o confinamento sobre folhas tanto da parte superior como inferior das plantas resultaram em altas taxas de mortalidade do bicudo nos períodos iniciais após a pulverização. Contudo, inseticidas fosforados, como a malationa, principal ingrediente ativo usado no Brasil contra o bicudo, apresentam significativa redução de controle em poucos dias após aplicação (Rolim *et al.* 2018). Isto corrobora com Chaim (2009), que destaca o comportamento da praga e o movimento da praga como fatores que influenciam a eficiência das aplicações inseticidas. Além disso, os resultados com a malationa mostram que há acentuada redução da mortalidade do bicudo-do-algodoeiro em folhas tanto no terço superior quanto no terço inferior da planta de algodão. Por outro lado, o inseticida fipronil se mostrou alta persistência sobre as folhas ao longo do tempo, mesmo com uma quantidade pluviométrica no período de, aproximadamente, 7mm. Vale salientar que a precipitação foi um fator não controlado no estudo, e isto pode ter interferido no resultado. Nas primeiras 48h após a pulverização houve um acúmulo de 4mm de chuvas (1+3mm), o que não é suficiente para lavar completamente o resíduo dos inseticidas da planta, mas que pode transportá-lo das folhas superiores para as partes inferiores das plantas, o que pode justificar a alta mortalidade observada para bicudos em folhas da parte inferior das plantas.

O tempo residual do inseticida e o tempo de movimentação do bicudo-do-algodoeiro envolvido na procura de parceiro sexual, ou mesmo, de nova estrutura na planta para alimentar ou

ovipositar tornam-se importante, pois, é possível melhor a eficiência desejada do produto aplicado. Assim, aqueles produtos que oferecem maior residual de controle terão maiores chances de contaminar os adultos do bicudo. Rolim *et al.* (2018), encontraram, por exemplo, que espinosinas apresentaram maior residual de controle em comparação a malationa, inseticida de amplo espectro e amplamente utilizado no controle do bicudo-do-algodoeiro.

Com relação ao tempo de exposição letal, quando testado a lambda-cialotrina, a TL_{50} estimada apresentou baixa inclinação, estimando tempo muito elevado, chegando a quase nove dias para matar apenas 50% da população testada. A inclinação está diretamente relacionada com o limite de confiança. Desta maneira, não foi estimado o $TL_{90\%}$. O resultado de lambda-cialotrina, confirma que o ingrediente ativo tiametoxam apresenta a melhor e a mais rápida resposta com relação à mistura contra o bicudo-do-algodoeiro. A inclinação da curva para o tiametoxam usado isoladamente foi maior do que a inclinação da mistura entre tiametoxam+lambda-cialotrina, encurtando o limite de confiança do tempo de ação do tiametoxam.

A exposição aos piretroides manteve indivíduos vivos e caminhando até 48h após confinamento sobre o resíduo dos produtos. Crosariol *et al.* (2017) em estudo de resíduo de inseticida, constatou que há redução na eficiência de piretroides contra o bicudo-do-algodoeiro, resultado semelhante ao de Rolim *et al.* (2018). Rolim (2018) caracteriza a suspeita de resistência a beta-ciflutrina, corroborado pelo presente trabalho que, também, não obteve mortalidade suficiente para o cálculo de TL.

O tempo de exposição letal estimado para causar mortalidade em 50% da população testada do ingrediente ativo fipronil foi três vezes superior em relação ao tiametoxam e à mistura de tiametoxam+lambda-cialotrina. Os demais inseticidas como malationa e carbosufono apresentaram tempos letais de 2,2 e 2 vezes menores comparado com tiametoxam e a mistura. Apesar desta variação, os inseticidas foram tóxicos para o bicudo-do-algodoeiro, ocasionando rápida

mortalidade. Assim, esses resultados sugerem que casos de insucesso de pulverizações com essas inseticidas podem estar associados à baixa eficácia em atingir o alvo, visto que, com exceção dos piretroides, todos os inseticidas testados apresentaram alta toxicidade aguda para o bicudo-do-algodoeiro com TLs reduzido e controle residual eficiente, embora variando entre os inseticidas.

Em resumo, os resultados corroboram a hipótese de que o bicudo-do-algodoeiro apresenta baixa dispersão e permanece grande parte do tempo nas estruturas reprodutivas do algodoeiro, o que reduz a probabilidade de contato com o resíduo de inseticidas nas folhas. Mesmo que o resíduo dos inseticidas depositados sobre as folhas sejam eficazes. Além disso, observa-se predominância de acesso a planta de algodão pelo caminhar e pela base da haste da planta e permanece grande parte do tempo no terço inferior da planta, sugerindo menor exposição por menor deposição de calda nesta parte da planta. Estes comportamentos somados ao baixo período residual de organofosforados, principal grupo de inseticida recomendado para o controle do bicudo-do-algodoeiro, bem como a baixa suscetibilidade apresentada pela população testada a piretroides (Rolim 2018), caracterizam as dificuldades de controle desta praga. Esses conhecimentos podem auxiliar na decisão de pulverização quanto à seleção do inseticida a ser aplicado, bem como no direcionamento da calda para atingir o alvo.

Literatura Citada

Abbott, W.S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. J. Econ. Entomol. 18: 265-267

AGROFIT (Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários) 2018. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acessado em: 10/01/2018.

Alves, S.R. & J.J. Oliveira-Silva. 2003. Avaliação de ambientes contaminados por agrotóxicos, p. 137-56. In F. Peres & J.C. Moreira (eds). É veneno ou é remédio? Agrotóxicos, saúde e ambiente. Rio de Janeiro, Editora Fiocruz, 372p.

- Arrese, E.L. & J.L. Soulages. 2010.** Insect body: energy, metabolism and regulation. *Annu. Rev. Entomol.* 55: 207-225.
- Barros, E.M., J.N. Crosariol, E.A. Souza & O. Martins. 2015.** Eficiência de diferentes inseticidas no controle do bicudo-do-algodoeiro-do-algodoeiro no estado do Mato Grosso. In X Congresso Brasileiro do Algodão. Foz do Iguaçu, RS. CD-Room.
- Bell, W.J. 1990.** Searching behavior patterns in insects. *Annu. Rev. Entomol.* 35: 447-467.
- Bell, W.J. 1991.** Searching behavior, the behavioral ecology of finding resources. London, Chapman & Hall, 358p.
- Belot, J.L., E.M. Barros & J.E. Miranda. 2016.** Riscos e oportunidades: O bicudo-do-algodoeiro, p. 77-118. In AMPA (eds.), Desafios do cerrado. Cuiabá, Associação Mato-grossense dos Produtores de Algodão, 283p.
- Caswell, H. 1983.** Phenotypic plasticity in lifehistory traits: Demographic effects and evolutionary consequences. *Am. Zool.* 23: 35-46.
- Chaim, A. 2009.** Manual de tecnologia de aplicação de agrotóxicos. Brasília: EMBRAPA, 74p.
- Crosariol, J., Rolim, G. G.; & L.S. Arruda. 2017.** Mortalidade do bicudo-do-algodoeiro após contato em resíduo seco de diferentes moléculas inseticidas utilizados na cultura do algodoeiro – Safra 2016/2017. Circular Técnica nº 31. Disponível em: <http://imamt.com.br/home/outraspublicacoes/>. Acessado em : 10/10//2018.
- Dell, T.R., J.L. Robertson & M.I. Haverty. 1983.** Estimation of cumulative change of state with the Weibull function. *Bull. Entomol. Soc. Am.* 29: 38-40.
- Dias, S.C., M.C.M. Silva, O.B. Oliveira Neto , C.P. Magalhães, F.R. Teixeira, O.L. Franco, E.L.Z. Filgueira, R.A. Laumann, F. Mello & M.F.G. Sá. 2004.** Functional expression of A a-amylase/trypsin inhibitor domain from rye and its potential use in the control of cotton boll weevil (*Anthonomus grandis*). In: Congresso Brasileiro de Entomologia, 20, 2004, Gramado, RS. Resumos. Gramado, SEB. p.261.
- Finney, D.J. 1971.** Probit Analysis. 3a. ed., London: Cambridge University Press, 333p.
- Gravena, S. & S.R. Benvenga. 2003.** Manual prático para manejo de pragas do tomate. Jaboticabal: Gravena, 143p.
- Guerra, A.A. 1988.** Seasonal boll weevil movement between northeastern Mexico and the Rio Grande Valley of Texas, USA. *Southwest. Entomol.* 13: 261-271.
- Ishihara, M. 1999.** Adaptive phenotypic plasticity and its difference between univoltine and multivoltine populations in a bruchid beetle, *Kytorhinus sharpianus*. *Evolution* 53: 1979-1986.
- Kanga, L.H.B, F.W. Plapp, Jr., M.L. Wall, M.A. Karner, R.L. Huffman, T.W. Fuchs, G.W. Elzen & J.L. Martinez-Carrillo. 1995.** Monitoring tolerance to insecticides in boll weevil

populations (Coleoptera: Curculionidae) from Texas, Arkansas, Oklahoma, Mississippi, and Mexico. *J. Econ. Entomol.* 88:198-204.

Leonard, B.R., J.B. Graves & P.C. Ellsworth. 1999. Insects and mite pest of cotton, p. 489–552. In C. W. Smith & J.T. Cothren (eds.), *Cotton: origin, history, technology, and production*. New York, J. Wiley and Sons, 850p.

Miranda, J.E. & S.M.M. Rodrigues. 2015. História do bicudo no Brasil, p. 11-45. In J.L. Belot (ed.), *O bicudo-do-algodoeiro (*Anthonomus grandis* Boh., 1843) nos cerrados brasileiros: Biologia e medidas de controle*. Cuiabá, Instituto Mato-grossense do Algodão, 250p.

Mitchell, E.R. & W. J. Mistic, Jr. 1965. Concepts of Population Dynamics and Estimation of Boll Weevil Populations. *J. Econ. Entomol.* 58: 757-763.

Neves, R.C.S., A.T. Showler, E.S. Pinto; C.S. Bastos, J.B. Torres. 2013. Reducing boll weevil populations by clipping terminal buds and removing abscised fruiting bodies. *Entomol Exp Appl.* 146: 276-285.

Robertson, J.L. & H.K. Preisler. 1992. *Pesticide Bioassays with Arthropods*. 1 st ed. Boca Raton, CRC, Press, 127p.

Rolim, G. G.; J.C. Netto & L.S. Arruda. 2018. Mortalidade do bicudo-do-algodoeiro após contato em resíduo seco de inseticidas utilizados na cotonicultura – Safra 2017/2018. Circular Técnica nº 39. Disponível em: <http://imamt.com.br/home/outraspublicacoes/>. Acessado em : 10/10/2018.

Rolim, G.G. 2018. Suscetibilidade e resistência do bicudo-do-algodoeiro a inseticidas. Tese de Doutorado, UFRPE, Recife, 105p.

Sappington, T.W. & D.W. Spurgeon. 2000. Preferred technique for adult sex determination of the boll weevil (Coleoptera: Curculionidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 93: 610-615

SAS Institute. 2001. *SAS/STAT User's Guide*, version 8.02, TS level 2MO. SAS Institute, Cary, NC, USA

Scramin, S., A. Chaim, M.C.P.Y. Pessoa, V.L.Ferracini, P.L. Antônio & N. Alvarenga. 2002. Avaliação de bicos de pulverização de agrotóxicos na cultura do algodão. *Pestic.: Rev. ecotoxic. e meio amb.* 12: 43-50.

Showler, A.T. & R.V. Cantú. 2005. Intervals between boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) oviposition and square abscission, and development to adulthood in Lower Rio Grande Valley, Texas, field conditions. *Southwest. Entomol.* 30: 161- 164.

Showler, A.T. 2006. Boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) damage to cotton bolls under standard and proactive spraying. *J. Econ. Entomol.* 99: 1251-1257.

Showler, A.T. 2012. The conundrum of chemical boll weevil control in subtropical regions, p. 437-448 In F. Perveen (ed.), *Insecticides: pest engineering*. Croatia: InTech, 538p.

- Soria, M.F., D. Thomazoni, B.B. Batista & P.E. Degrande. 2013.** Controle químico do bicudo-do-algodoeiro-do-algodoeiro (*Anthonomus grandis*) com inseticidas alternativos ao endossulfan, organofosforados e piretroides SC. In IX Congresso Brasileiro de Algodão, Brasília, DF. CD-Room.
- Tomquelski, G.V. & G.M. Martins. 2008.** Bicudo em algodão. Rev. Cultivar Grandes Culturas 111: 42-45.
- West-Eberhard, M.J. 2005.** Developmental plasticity and the origin of species differences, Proc. Natl. Acad. Sci. 102: 6543- 6549.
- Yu, S.J. 2008.** The toxicology and biochemistry of insecticides. Boca Raton, CRC Press, 276p.

Tabela 1. Frequência de comportamentos, estrutura e posição realizados por *Anthonomus grandis grandis* recém emergidos sobre plantas de algodão.

Fator	Variável	Interação	Fêmeas	Machos	GL	χ^2	P
Comportamento	C	♀ x ♂	172	107	1	7,6758	0,0056*
	P	♀ x ♂	88	54	1	4,1296	0,0421*
Estruturas	BF	♀ x ♂	11	6	1	0,7515	0,3860
	BR	♀ x ♂	6	8	1	0,1436	0,7047
	FRF	♀ x ♂	126	80	1	5,200	0,0226*
	H	♀ x ♂	37	23	1	1,6559	0,1982
	M	♀ x ♂	10	13	1	0,19654	0,6576
	RF	♀ x ♂	82	40	1	7,4503	0,0063*
Posição	TS	♀ x ♂	-	-	-	-	-
	TM	♀ x ♂	16	34	1	3,3485	0,0673
	TI	♀ x ♂	235	127	1	16,4771	<0,0001*

C – Caminhar, P – Parar, BF – Botão floral, BR – Bráctea, FRF – Folha do ramo frutífero, H – Haste, M – Maçã, RF – Ramo frutífero; TS – Terço superior, TM – Terço médio e TI – Terço inferior; * - $\chi^2 \leq 0,05$ – diferença estatística significativa.

Tabela 2. Influência da posição, status de cópula e sexo na movimentação de *Anthonomus grandis grandis* em plantas de algodão.

Fator	Interações (I × II)	Fatores da interação		GL ²	χ^2	P ³
		I (média±EP) ¹	II (média±EP) ¹			
Sexo	♀A-I × ♂A-I	16,1 ± 4,33	14,4 ± 3,06	1	0,1459	0,7025
	♀V-I × ♂V-I	10,1 ± 2,52	10,0 ± 2,91	1	0,0011	0,9730
	♀A-S × ♂A-S	28,2 ± 2,88	25,7 ± 4,49	1	0,0049	0,9441
	♀V-S × ♂V-S	29,8 ± 4,28	32,6 ± 2,71	1	0,2832	0,5946
Status de copula	♀A-I × ♀V-I	16,1 ± 4,33	10,1 ± 2,52	1	2,4684	0,1162
	♀A-S × ♀V-S	28,2 ± 2,88	29,8 ± 4,28	1	0,5085	0,4758
	♂A-I × ♂V-I	14,4 ± 3,06	10,0 ± 2,91	1	2,5758	0,1085
	♂A-S × ♂V-S	25,7 ± 4,49	32,6 ± 2,71	1	0,0253	0,8735
Posição na planta	♀A-I × ♀A-S	16,1 ± 4,33	28,2 ± 2,88	1	2,2740	0,1316
	♀V-I × ♀V-S	10,1 ± 2,53	29,8 ± 4,28	1	12,9286	0,0003
	♂A-I × ♂A-S	14,4 ± 3,06	25,7 ± 4,49	1	2,6458	0,1038
	♂V-I × ♂V-S	10,0 ± 2,91	32,6 ± 2,71	1	17,3003	<0,0001

¹Tempo médio ± EP, em horas; ² GL, grau de liberdade; χ^2 , teste de qui-quadrado; ³Valor de P em negrito indica significância a 5% de probabilidade; ♂A -I, macho acasalado no terço inferior da planta; ♂A-S, macho acasalado no terço superior da planta; ♂V-I, macho virgem no terço inferior da planta; ♂V-S, macho virgem no terço superior da planta; ♀V-I, fêmea virgem no terço inferior da planta; ♀V-S, fêmea virgem no terço superior da planta; ♀A-I, fêmea acasalado no terço inferior da planta; ♀A-S, fêmea acasalado no terço superior da planta.

Tabela 3. Tempo de exposição letal (em minutos) de diferentes ingredientes ativos utilizados na cultura do algodão para o controle de *Anthonomus grandis grandis*. Temp.: 25 ± 1 °C; U,R,: 65 ± 5% e fotofase de 12h.

Inseticidas	n (GL) ¹	Inclinação ±EP ²	TL ₅₀ (LC _{95%}) ³	TL ₉₀ (LC _{95%}) ³	χ ² -(Valor de P)
Tiametoxam+ Lamba-cialotrina	140 (4)	3,20 ± 0,43	54,0 (44,3 - 65,7)	136,0 (105,3 - 201,3)	2,51 ^{0,6344}
Tiametoxam	181 (9)	4,46 ± 0,64	54,8 (46,7 - 63,0)	106,0 (88,9 - 139,5)	6,26 ^{0,7132}
Carbosulfano	111 (6)	6,42 ± 1,35	107,8 (93,2 - 127,5)	170,7 (140,7 - 256,0)	6,17 ^{0,4034}
Malationa	170 (9)	3,09 ± 0,39	121,2 (101,4 - 146,0)	315,1 (243,3 - 468,0)	10,43 ^{0,2358}
Fipronil	140 (5)	6,05 ± 1,07	162,0 (143,6 - 187,6)	263,8 (219,4 - 372,2)	4,12 ^{0,5312}
Beta-ciflutrina	100 (3)	0,92 ± 0,53	>200	>400	3,26 ^{0,3526}
Lambda-cialotrina	141 (5)	0,61 ± 0,44	>200	>400	7,54 ^{0,1829}

¹Número de adultos utilizados nos bioensaios (Graus de Liberdade); ²Erro padrão; ³ TL – Tempo de exposição letal (min) que produz mortalidade e limites de confiança a 95% das estimativas da TL₅₀ e TL₉₀; χ², teste de qui-quadrado.

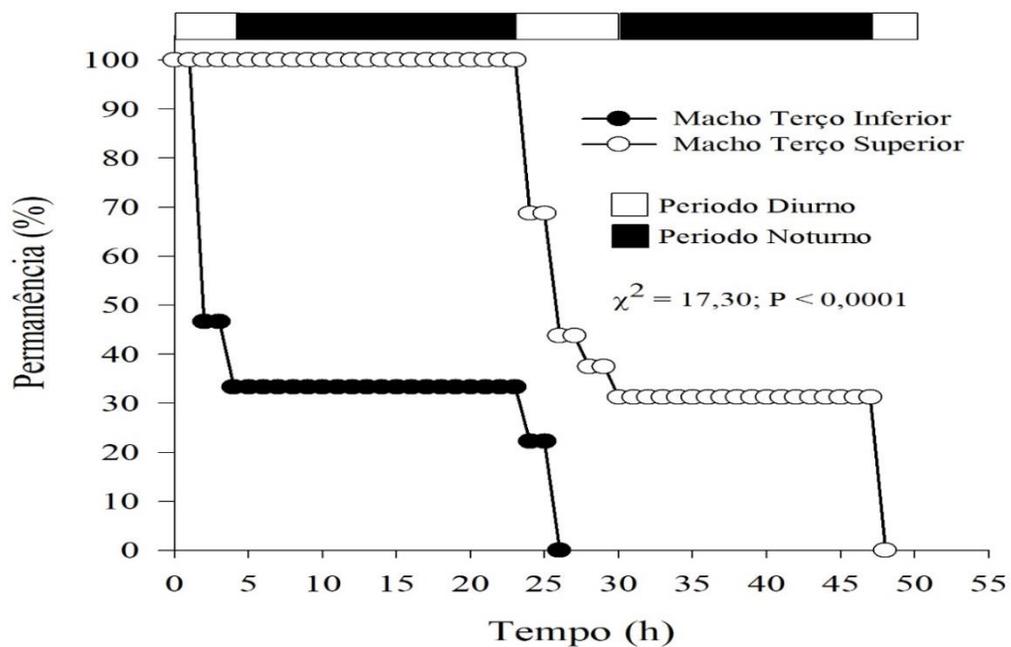
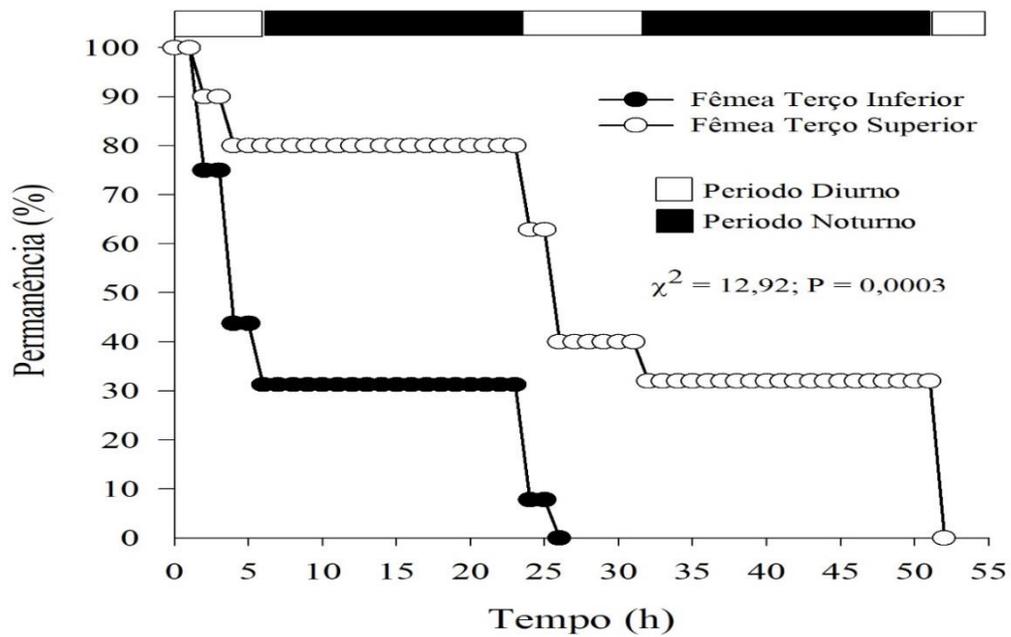


Figura 1. Porcentagem de permanência de *Anthonomus grandis grandis* no terço superior e inferior da planta de algodão. As porcentagens ao longo do tempo de observação foram estimadas pelo método Kaplan-Meier e comparadas pelo teste de Log-Rank a 5% de probabilidade.

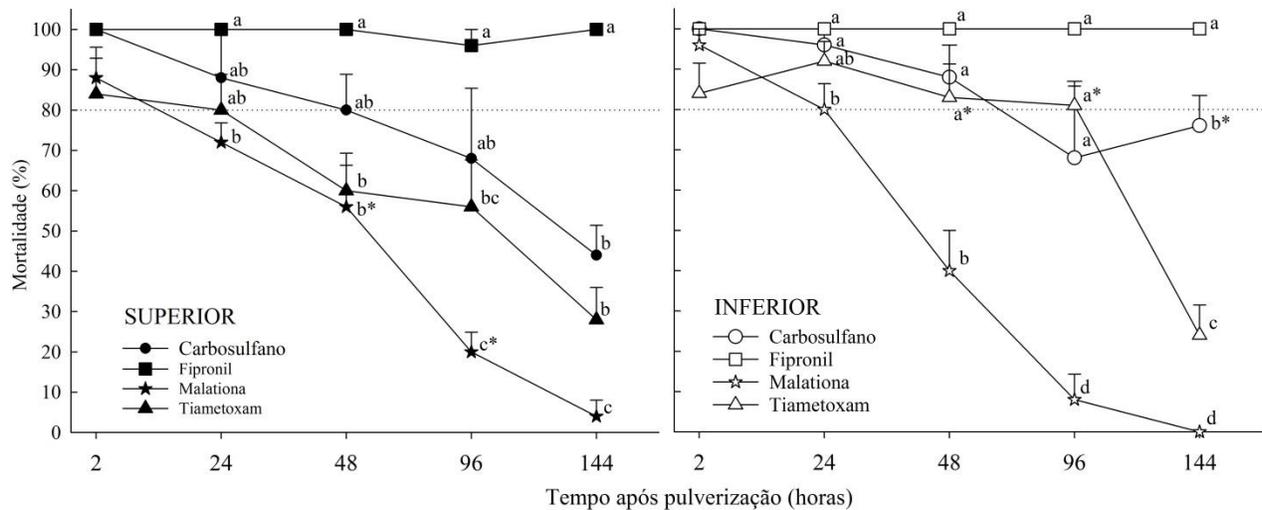


Figura 2. Mortalidade corrigida (%) para adultos do bicudo-do-algodoeiro confinado por 48h em folhas de algodão, coletadas da parte superior e inferior das plantas pulverizadas com diferentes inseticidas em diferentes intervalos após pulverização. Símbolos fechados e abertos representam mortalidade na parte superior e inferior, respectivamente. Símbolos seguidos de mesma letra não diferem entre tratamentos, para o mesmo intervalo de tempo (Tukey HSD) e, asterisco caracteriza diferença (Teste Fisher) entre parte superior e inferior ($\alpha = 0,05$). Temp.: $28,3 \pm 0,30^{\circ}\text{C}$; 7mm de precipitação distribuídos em 2-24h (1mm), 24-48h (3mm) e 72-96h (3mm).

CAPÍTULO 3

COLONIZAÇÃO DE LAVOURAS COMERCIAIS DE ALGODÃO PELO BIDUDO-DO- ALGODOEIRO ¹

LUCAS S. ARRUDA²

²Departamento de Agronomia-Entomologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua
D. Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, 52171-900, Recife, PE, Brasil

¹Arruda, L.S. Colonização de lavouras comerciais de algodão pelo bicudo-do-algodoeiro. A ser submetido.

RESUMO - O conhecimento do movimento de colonização e dispersão nas lavouras de algodão pelo bicudo-do-algodoeiro tem fomentado as principais decisões de manejo integrado desta praga. Assim, neste trabalho foi avaliado a colonização e distribuição do bicudo, em lavouras de algodão localizadas no Cerrado (Serra da Petrovina e Campo Verde, MT), em função da vegetação adjacente e fenologia da lavoura. O monitoramento do adulto foi realizado com armadilhas contendo feromônio de agregação e sexual, instaladas nos quatros pontos cardeais considerando a vegetação adjacente e distâncias da bordadura. Em cada direção, seis armadilhas foram instaladas sendo três na faixa de bordadura (0m, 60m e 120 m a partir da bordadura), e as outras três distribuídas de forma equidistantes em relação ao centro do talhão (i.e., >200m). As avaliações foram realizadas semanalmente a partir do 10^o dia após a emergência (DAE) com 22 a 23 avaliações até a desfolha. Em função da fenologia da lavoura, a presença de bicudo já foi detectada na primeira avaliação aos 10 DAE, e ocorreu independente da vegetação adjacente e da distância da bordadura, em todas as lavouras monitoradas. A captura de adultos foi relativamente baixa até a fase de maturação das maçãs, quando aumentou significativamente. Além disso, a colonização não foi influenciada pela vegetação adjacente, sem diferença entre elas, distância da bordadura e interação dessas. Assim, conclui-se que a colonização das lavouras tem iniciado precocemente e não ocorrem inicialmente, apenas, nas bordaduras das lavouras. Ainda, que não somente a vegetação de bordadura é determinante para a colonização e distribuição do bicudo na lavoura de algodão.

PALAVRAS-CHAVE: *Anthonomus grandis grandis*, monitoramento, sistemas de cultivo, dispersão

BOLL WEEVIL COLONIZATION OF COMMERCIAL COTTON FIELDS

ABSTRACT – The departure and arrival of boll weevil in cotton fields have fostered major control decisions against this pest. Field colonization and distribution of boll weevil were evaluated using cotton fields from 93.7 to 154 ha in the localities of Serra da Petrovina and Campo Verde, both in Cerrado of Mato Grosso State, as a function of border vegetation and crop phenology. The monitoring of adult weevils was carried out using traps lured with sex and aggregation pheromone. The traps were set up considering the four coordinates of the field, bordering vegetation and distances from the field border. Six traps were set up on each coordination direction with three representing the field border (0m, 60m, and 120m from the border) and the other three set up equidistantly toward to the center of the field (>200m). Traps evaluations were run weekly from 10 days after plant emergence (DAE) resulting into 22 and 23 evaluations throughout the cotton phenology until harvesting. Regarding crop phenology, boll weevils were caught in the first evaluation 10 DAE, irrespective of adjacent vegetation and trap distances from borders across all monitored fields. The average of weevils per trap was relatively low throughout the crop development, but with significant increase of weevil caught per trap at maturation stage and remained high until crop harvesting. Further, the bordering vegetation of cotton fields was not the only determinant factor for boll weevil colonization of cotton fields and distribution throughout of the field. Based on these data, boll weevil showed colonization of cotton fields early and already occurred beyond the border of the field.

KEY WORDS: *Anthonomus grandis grandis*, monitoring, crop systems, dispersal

Introdução

O deslocamento de uma espécie define diversas características da sua história de vida, como a seleção do local de oviposição, alimentação, desenvolvimento e migração. A localização de novos habitats para alimentação e reprodução, bem como o escape de fatores bióticos e abióticos adversos, que podem resultar em maior ou menor mortalidade da população depende da capacidade de dispersão e, conseqüentemente, manutenção do desempenho da espécie (Bennetes *et al.* 2001). Para espécies com restrição hospedeira e que dependem de um estágio fenológico específico da planta para a reprodução, como o bicudo-do-algodoeiro, que no Brasil se desenvolve com sucesso apenas nas estruturas reprodutivas do algodoeiro e, preferencialmente, em botão floral, a colonização desta planta exerce papel fundamental no seu sucesso como praga.

O bicudo-do-algodoeiro pode deslocar a procura de alimento ou habitats para passar a entressafra. Johnson *et al.* (1975) recapturaram bicudos a uma distância variando de 2 a 66 km do ponto de liberação e, posteriormente, Guerra (1988) relatou que vários bicudos marcados foram recapturados a uma distância de até 272 km. De acordo com Hunter & Coad (1923), a dispersão do bicudo-do-algodoeiro ocorre a uma taxa de 80 km/ano. Através de modelo de dispersão estocástica é estimado uma distância máxima de 100 km para alguns indivíduos migrantes da população (McKibben *et al.* 1991). Isto demonstra que a dispersão pode ser influenciada por inúmeras variáveis do ambiente e idade fisiológica do indivíduo.

O conhecimento do movimento de colonização e saída das lavouras de algodão pelo bicudo-do-algodoeiro tem fomentado as principais decisões de manejo integrado desta praga, que envolvem comportamento (disposição de armadilhas e tubos-mata-bicudo), químico (utilização de pulverizações de bordadura), e legislativo (vazio sanitário) (Belot *et al.* 2016). Teoricamente, a maior movimentação do bicudo-do-algodoeiro ocorre na época que as plantas iniciam a emissão dos primeiros botões florais (colonização) e no momento da colheita (saída) (Braga Sobrinho &

Lukefahr 1983, Leggett 1986, Degrande 1991, Busoli *et al.* 1994, Neves *et al.* 2018). Assim, o real problema passa a ocorrer quando a planta de algodão entra na fase reprodutiva, tornando-se suscetível não apenas a alimentação da praga, mas sendo utilizada para o desenvolvimento do inseto no interior das estruturas reprodutivas, que resulta em perda direta de produção. Nota-se que, havendo disponibilidade abundante de botões florais e maçãs, os insetos se alojam entre as brácteas tornando-se parcialmente protegidos e apresentando baixa atividade sobre o dossel das plantas (Cap. 2). Apesar de alguns estudos buscarem a entender a colonização (Showler 2006, Spurgeon 2016) e manutenção na lavoura (Fernandes *et al.* 2001, Neves *et al.* 2018, Grigolli *et al.* 2015) pelo bicudo-do-algodoeiro, não se tem claramente como este comportamento ocorre de forma espacial nas lavouras em função da fenologia da planta e a composição da vegetação circundando as lavouras comerciais de algodão. O conhecimento da distribuição espacial da praga pode contribuir para a decisão de pulverização em áreas restritas como bordaduras ou em área total, em especial, durante a fase de colonização da lavoura pela praga. Isto porque o controle químico com inseticidas sintéticos é a principal ferramenta para o controle desta praga tendo os adultos do bicudo como alvo.

A falta do entendimento de como esse comportamento de movimentação na lavoura (sobre a planta e entre plantas), e como a praga se dispersa podem estar relacionados aos insucessos de controle e captura em armadilhas. Com base no exposto, as hipóteses deste trabalho foram: i) a colonização ocorre pelas bordaduras da lavoura; ii) a colonização está associada com a vegetação adjacente as lavouras (cultivadas ou nativa). Assim, esse trabalho avaliou a flutuação de adultos do bicudo-do-algodoeiro em lavoura comercial de algodão em função da vegetação de bordadura e da fenologia da lavoura.

Material e Métodos

Localização do Estudo. O estudo foi realizado em lavouras comerciais de algodão localizadas nos municípios de Pedra Preta (16°48'15.7"S - 54°05'41.0"O) e Campo Verde (15°33'03.0"S - 55°10'03.8"O), Mato Grosso (Fig. 1) durante a safra 16/17 e 17/18, respectivamente. Conforme a classificação climática de Köppen-Geiger o clima predominante nas regiões é classificado por Aw e as precipitações totais anuais variam de aproximadamente 1200 a 2000 mm (Souza *et al.* 2013). Para a realização do estudo foram selecionados três áreas para cada localidade, com semelhanças nas características fito-fisionômicas.

Descrição das Áreas. As características mais detalhadas da área de estudo estão descritas na Tabela 1. As três áreas estudadas na safra 2016/2017 foram localizadas na Serra da Petrovina (SP), município de Pedra Preta, enquanto que as três áreas da safra 2017/2018 foram localizadas no município de Campo Verde (CV), devido a logística para o monitoramento. As áreas localizadas na Serra da Petrovina são denominadas de SP1, SP2 e SP3, que correspondem a lavouras comerciais de 154, 113 e 107ha, respectivamente, com distâncias nos sentidos Norte-Sul e Leste-Oeste de 1211 e 1327m; 1192 e 1500m e; 1396 e 940m. As áreas localizadas em Campo Verde são denominadas de CV1, CV2 e CV3 e estudadas na safra 17/18. As áreas CV1, CV2 e CV3 correspondiam a 123, 146 e 93,7ha, respectivamente. Todas as lavouras empregaram o espaçamento padrão de 0,9 m entre linhas e 10 plantas por metro linear.

A área SP1 era delimitada nas bordaduras Norte (N), Sul (S), Leste (L) e Oeste (O) por transecto com extensão de 654, 557, 671 e 656m, respectivamente. Na instalação da lavoura, as bordaduras S e L eram compostas de soja no final de ciclo, sendo que ao sul permaneceu em pousio e ao leste foi cultivado com milho safrinha durante a safra de algodão. A bordadura O foi adjacente a outro talhão de algodão, enquanto que a bordadura N era delimitada por uma vereda composta de vegetação característica do cerrado e com buritizal.

Os transecto da área SP2 tinha extensão de 720, 557, 676 e 824 m ao N, S, L e O, sendo que ao O-N limitava-se com uma acentuada depressão de vegetação nativa, L-S com vereda nativa, L com soja ao final de ciclo e ao S com algodão. Já a área SP3 tinha extensão de bordas de 668, 728, 508 e 432 m ao N, S, L e O, sendo adjacente com lavoura de algodão ao S e L, enquanto que ao N faz divisa com a BR 364 e ao L com vereda nativa. Desta maneira todas as áreas possuíam adjacências com cultivo de outras lavouras, área nativa e área com algodão.

As áreas de Campo Verde, CV1, CV2 e CV3 tinham extensão N-S e L-O de 1080 e 1228m, 1120 e 1784m, e 1756 e 940m, respectivamente. As distâncias de cada transecto em CV1 ao N, S, L e O correspondiam a 572, 508, 668 e 560m, respectivamente. Na instalação da lavoura essas bordaduras eram compostas mata nativa e vereda ao N e O, milho/soja ao L e lavoura de algodão adjacente ao S. A área CV2, os transectos N, S, L e O foram de 556, 564, 864 e 920m, respectivamente. As bordaduras da área CV2 fizeram adjacência com soja/milho ao N e L, vereda a O, e algodão ao S. Já a área CV3 os transectos N, S, L e O foram de 836, 920, 432 e 508m, respectivamente. As bordaduras da área N e L foram adjacentes a outras lavouras de algodão, enquanto ao S e O representou acentuada depressão com área nativa de cerrado. Novamente, todas as áreas possuíam adjacências cultivadas com outras lavouras, área nativas e área com algodão.

A vegetação das áreas denominadas de veredas fazendo bordadura as áreas de estudo são representadas por áreas úmidas, nascentes e riachos com a flora composta por Poaceae (Gramineae), destacando-se os gêneros *Andropogon* spp., *Axonopus* spp., *Aristida* spp., *Panicum* spp., *Paspalum* spp., *Schizachyrium* spp. e *Trachypogon* spp.; Asteraceae (*Baccharis* spp., *Eupatorium* spp. e *Vernonia* spp. – *sensu lato*); Cyperaceae (*Bulbostylis* spp., *Cyperus* spp. e *Rhynchospora* spp.); Melastomataceae (*Miconia* spp., *Microlicia* spp. e *Tibouchina* spp.); Fabaceae (*Desmodium* spp. e *Stylosanthes* spp.); e Eriocaulaceae (*Eriocaulon* spp., *Paepalanthus* spp. e *Syngonanthus* spp.). Além desses táxons também são ricos os gêneros *Chamaecrista* spp.,

Echinodorus spp., *Habenaria* spp., *Hyptis* spp., *Ludwigia* spp., *Lycopodiella* spp., *Mimosa* spp., *Polygala* spp., *Utricularia* spp. e *Xyris* spp. (Ribeiro & Walter 2017).

Monitoramento do Bicudo-do-algodoeiro com Armadilhas de Feromônio. As armadilhas empregadas foram do modelo USDA (Plato[®], Rio de Janeiro, RJ) fixadas a 1,2m acima do nível do solo empregando como suporte vergalhão de 1,5m de comprimento e 6,3mm de diâmetro. A localização das armadilhas se deu na linha de plantas evitando as rotas de maquinário agrícola. A armadilha foi fixada no topo do suporte e presa com abraçadeira de nylon 200 x 3,6 mm. Cada armadilha foi iscada com o feromônio Glandlure[®] 0,83% m/m (Plato Industries Ltd., Rio de Janeiro, RJ). As armadilhas foram instaladas aproximadamente 10 dias após a emergência (DAE). As avaliações foram iniciadas uma semana após a instalação das armadilhas e encerradas com a dessecação para a colheita (~150 DAE), totalizando em média 23 avaliações.

No interior das armadilhas, além do feromônio, foi adicionado 2cm de coleira anti-ectoparasiticida Leevre[®] (Ourofino Saúde Animal Ltda, Cravinhos, SP) que contém deltametrina (4%) e propoxur (12%) como ingredientes ativos, para evitar que os insetos escapassem das armadilhas (Aquino *et al.* 1986, Campanhola & Martin 1988).

As armadilhas foram dispostas conforme os pontos cardiais (N, S, L e O). O ponto geográfico de cada armadilha foi previamente determinado com o auxílio de Software de georreferenciamento ArcGis 10.5 para as respectivas áreas e exportado para o GPS Garmim eTrex 10. Em cada, área foi estabelecido dois transecto contendo total de 25 armadilhas, em que seis armadilhas foram distribuídas em cada ponto cardinal e uma armadilha instalada no ponto central da área. As armadilhas foram instaladas de maneira que três armadilhas localizavam na região de bordadura e espaçadas 60 metros entre si (0m, 60m e 120m), enquanto as outras três foram espaçadas equidistantes em relação ao ponto central determinado pelo software ArcGis 10.5 (Fig. 1).

As avaliações das armadilhas foram realizadas em intervalos de 7 a 8 dias, a partir da instalação com substituição do feromônio a cada 15 dias até o final da safra local. Para fins de análise e apresentação de dados, a fenologia da planta foi considerada em cinco estágios da seguinte forma: vegetativo [fase inicial da cultura que vai desde a emergência até o surgimento do primeiro botão floral 10-38 dias após emergência (DAE)], reprodutivo 1 (surgimento dos botões florais e abertura de flores 39-73 DAE), reprodutivo 2 (flores até formação das primeiras maçãs 74-108 DAE), reprodutivo 3 (enchimento e maturação das maçãs 109-143 DAE) e capulho (abertura das capsulas com pluma e caroço 144-180 DAE).

Os adultos do bicudo-do-algodoeiro capturados nas armadilhas foram acondicionados em recipientes de 80mL, previamente identificados por área, transecto e armadilha e levados para o laboratório, para contagem. Em seguida, separados por sexo conforme descrito em Sappington & Spurgeon (2000), com auxílio de estereoscópio modelo Zeiss Stemi 305 (Carl Zeiss Microscopy, Jena, Germany).

Para avaliar a influência da vegetação de bordadura e o seu papel na colonização da lavoura, o número de insetos capturados em cada um dos quatro transectos (representando a vegetação adjacente da lavoura) nas armadilhas posicionadas em quatro distâncias (0, 60, 120, >200m) medidas a partir da bordadura. Os resultados foram analisados em esquema fatorial considerando a vegetação de bordadura da lavoura como fatores principais, e as distâncias (0m, 60m e 120m e >200m) como fatores secundários. Os dados de captura de ambas as regiões foram transformados em raiz ($x+1$) para atender os princípios de normalidade e homogeneidade de variância e, em seguida, submetidos à análise de variância (ANOVA) em esquema fatorial, sendo as avaliações no tempo consideradas como medidas repetidas. Os resultados, quando significativos pela ANOVA, foram comparados pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade empregando o Proc GLM do SAS (SAS Institute 2001).

Para testar a hipótese da captura de bicudos na fase de colonização (i.e., 10 a 38 DAE), em função do tipo de bordadura e distância da bordadura, a captura nas armadilhas em ambas às localidades foi analisada separadamente, pois um dos principais interesses estava sobre o efeito do tipo de vegetação de bordadura, o qual varia de localidade para localidade (Serra da Petrovina e Campo Verde). A influência do tipo de vegetação de bordadura na colonização da lavoura e da captura de adultos em função da distância da bordadura foi apenas considerada as cinco primeiras avaliações de 10 a 38 DAE em cada localidade, desconsiderando possíveis capturas de adultos oriundos de primeira geração realizada dentro na lavoura. Devido a muitos valores zeros (ausência de bicudos nas armadilhas), os resultados exibiram grande variabilidade, não ajustando a distribuição de Poisson para dados de contagem para a análise de variância (Stroup 2013). Portanto, os resultados foram submetidos a análise de variância adotando a distribuição binomial negativa com função de ligação logit através do Proc GENMOD do SAS (SAS Institute 2002). Os tipos de vegetação de cada localidade (4 na Serra da Petrovina e 3 em Campo Verde) e distância da bordadura (0, 60, 120 e >200m) foram considerados como fatores principais e fixos, enquanto as datas de avaliações foram fatores ao acaso e consideradas como medidas repetidas. Em seguida os efeitos principais quando significativos foram submetidos ao teste de Tukey HSD para comparação das médias ao nível de 5% de probabilidade.

A captura em armadilhas georreferenciada em função da distância da bordura foi utilizada também para estimar a incidência do bicudo-do-algodoeiro empregando o método de interpolação pelo inverso das distâncias (Inverse Distance Weighted - IDW). Para tanto, foi considerada a faixa de 200m de influência de captura pela armadilha, ao longo do transecto a partir da bordadura, sendo então 100m para cada lado da armadilha (pontos). Também, foi pré-determinado cinco classes das médias estimada de indivíduos capturados pelo software ArcGis 10.5. Essas classes são representadas por cores (Figs. 1 e 2). Esse interpolador utiliza o modelo estatístico

denominado “Inverso das Distâncias”. O modelo baseia-se na dependência espacial, isto é, supõe que quanto mais próximo estiver um ponto do outro, maior deverá ser a correlação entre seus valores. Dessa forma atribui maior peso para as amostras mais próximas do que para as amostras mais distantes do ponto à ser interpolado. O modelo consiste em se multiplicar os valores das amostras pelo inverso das suas respectivas distâncias ao ponto de referência para a interpolação dos valores (Varella 2013). O método IDW estima um valor para um local não amostrado como uma média dos valores dos dados dentro de uma vizinhança (Miranda 2005). É um método de interpolação determinística, o qual se baseia em uma combinação linear ponderada de um conjunto dos pontos de amostragem. A média é ponderada entre o ponto escolhido para interpolação e o seu vizinho, tendo em vista que a influência causada pelos vizinhos diminui de acordo com a distância e seus valores teóricos nunca extrapolam os valores obtidos.

$$z = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i} z_i}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i}}$$

em que: z = valores estimados; n = número de amostras; z_i = valores conhecidos; e d_i = distâncias entre os valores conhecidos e estimados (z_i e z).

Resultados

Monitoramento do Bicudo-do-algodoeiro com Armadilhas de Feromônio. O monitoramento do bicudo-do-algodoeiro empregando armadilhas, iscadas com feromônio realizado nas safras 16/17 e 17/18, resultou na coleta de 28.891 adultos, sendo 6.167 e 22.724 desses indivíduos capturados na Serra da Petrovina e Campo Verde, respectivamente. Os adultos capturados nas armadilhas representaram fêmeas e machos, na proporção de 63% e 51,4% de fêmeas nas populações da Serra da Petrovina e Campo Verde, respectivamente.

Em relação à fenologia do algodoeiro e a vegetação adjacente (i.e. compondo predominantemente a bordadura das lavouras) foi observado que o número médio de insetos capturados não foi influenciado pelo tipo de vegetação em ambas as localidades, Serra da Petrovina ($F_{3,7} = 0,24$; $P = 0,7798$) e Campo Verde ($F_{2,6} = 0,41$; $P = 0,6796$). Por outro lado, o número médio de insetos capturados variou significativamente em função da fenologia do algodoeiro, em ambas as áreas, na safra 16/17 (Serra da Petrovina: $F_{21,147} = 11,33$; $P < 0,0001$) e na safra 17/18 (Campo Verde: $F_{23,138} = 9,47$; $P < 0,0001$) (Fig. 3). A presença do bicudo nas áreas já foi constatada na primeira amostragem realizada aos 10 DAE, sendo numericamente superior na bordadura algodão-algodão nas áreas localizadas na Serra da Petrovina e, soja-milho em Campo Verde (Fig. 4). Nota-se uma tendência de menor coleta de adultos nas fases consideradas de emissão de botão floral, florescimento e início da formação de maçãs, mas que aumentou significativamente a partir da finalização da fase de maçã até a desfolha, independente da vegetação de bordadura e localidade das lavouras.

Os efeitos dos tipos de vegetação compondo as bordaduras das áreas e a distância das armadilhas (0m, 60m e 120m e >200m), como fatores principais de variação, mostra similaridade estatística em relação ao tipo de bordadura das lavouras, em ambas as localidades (Serra da Petrovina: $F_{3,32} = 0,42$; $P = 0,7404$; e Campo Verde: $F_{2,24} = 2,15$; $P = 0,1202$), bem como das distâncias da bordadura para ambas as localidades (Serra da Petrovina: $F_{3,140} = 0,88$; $P = 0,4526$; e Campo Verde: $F_{3,120} = 2,09$; $P = 0,1054$) (Tabela 2). Também, as interações dos fatores tipo de vegetação de bordadura e distância das armadilhas, a partir da bordadura não foram significativas para Serra da Petrovina ($F_{15,32} = 0,71$; $P = 0,7580$) e Campo Verde ($F_{11,24} = 0,86$; $P = 0,5905$). Contudo, nota-se uma tendência numérica de maior coleta de bicudos nas armadilhas de bordadura (distância 0) para a bordadura composta de algodão-algodão, e um declínio geral

independente do tipo de vegetação para o interior das lavouras (Fig. 4), em especial na região de Campo Verde, onde ocorreu maior intensidade de infestação.

A captura do bicudo-do-algodoeiro durante a fase de colonização (10 a 38 DAE) na localidade da Serra da Petrovina não promoveu efeitos significativos em função do tipo de vegetação ($F_{3, 204} = 1,37$; $P = 0,2544$) e distâncias ($F_{3, 204} = 0,92$; $P = 0,4333$) da bordadura, bem como da interação desses fatores ($F_{9, 204} = 0,77$; $P = 0,6433$). A captura foi relativamente baixa por armadilha, porém a presença do bicudo foi detectada associada a todos os tipos de vegetação e diferentes distâncias da bordadura (Tabela 2). A média por armadilha variou de 0,25 a 0,57 e 0,22 a 0,51 bicudos em função do tipo de vegetação de bordadura e distância da bordadura, respectivamente.

A colonização do bicudo nas lavouras estudadas na localidade de Campo Verde, também, não mostrou efeito entre os três tipos de vegetação de bordadura ($F_{2, 168} = 2,66$; $P = 0,0730$), variando de 0,49 a 1,12 bicudos por armadilha (Tabela 2). Por outro lado, a captura foi variável significativamente em função da distância da bordadura ($F_{3, 168} = 3,44$; $P = 0,0183$), caracterizando maior coleta na borda da lavoura e menores capturas em direção a área central da lavoura. Contudo, não houve interação entre os fatores tipo de vegetação e distâncias da bordadura ($F_{6, 168} = 0,94$; $P = 0,4678$). Novamente, o bicudo foi capturado nas armadilhas tanto na bordadura como na parte central da lavoura (>200m) durante esta fase (10 a 38 DAE) considerada neste estudo, como fase de colonização da lavoura, independente do tipo de vegetação e distâncias da bordadura.

A análise de interpolação permite a confecção de mapas de intensidade de infestação para cada lavoura e em função da sua fenologia e demonstra as variações da intensidade de colonização das diferentes lavouras (Figs. 1 e 2). Os mapas corroboram os resultados da diferença significativa em função da fenologia para as seis lavouras monitoradas demonstrando aumento

populacional em ambas as localidades de acordo com as classes de médias de bicudos por armadilhas previamente definidas. Também, demonstram que a intensidade de infestação aumenta, mas sem um padrão de colonização definido em função do tipo de vegetação de bordadura. Contudo, nota-se que nas lavouras monitoradas na Serra da Petrovina, a colonização inicial (10-38 DAE) foi mais intensa nas três lavouras (SP1, SP2 e SP3) associadas às bordaduras algodão-algodão, o que predominou até o final do monitoramento (144-180 DAE). Por outro lado, a intensidade de infestação observadas nas lavouras monitoradas em Campo Verde, foi superior e que a colonização inicial foi predominantemente feita pela borda algodão-algodão e soja/milho na área CV1, em ambas as bordas compostas por soja/milho em CV2, e pela borda composta pela mata nativa em CV3. Ainda, nessa area CV3, a dinâmica da distribuição foi bastante variável em função da bordadura ao longo da fenologia desta lavoura.

Discussão

As hipóteses propostas neste estudo de que a colonização das lavouras pelo bicudo-do-algodoeiro ocorre na faixa de bordadura e se dá em função da vegetação adjacente a lavoura, que influenciam a intensidade de infestação inicial da lavoura, são parcialmente refutadas. Era esperada grande influência da mata nativa compondo a vegetação adjacente à lavoura influenciando a colonização do bicudo-do-algodoeiro, como anteriormente preconizado em outros estudos para a região temperada e subtropical. O bicudo abandona a lavoura na entressafra (Azambuja & Degrande 2014), e assim produzindo maior intensidade de infestação na faixa de bordadura na fase inicial da safra subsequente (Braga Sobrinho & Lukefahr 1983, Leggett 1986, Degrande 1991, Busoli *et al.* 1994, Santos 2015.), do tipo menor que 200m de distância. Contudo, os resultados para as seis lavouras monitoradas em duas localidades, mostraram que não houve um padrão de colonização em função da vegetação adjacente a lavoura, especialmente, em relação

a mata nativa e sim, para áreas cultivadas algodão-algodão e soja/milho-algodão. Também, independente da vegetação adjacente, a infestação do bicudo-do-algodoeiro já estava presente em toda a lavoura durante a fase fenológica considerada de colonização (10-38 DAE), mesmo sendo em menor intensidade no seu interior. Nesta fase inicial, como a planta ainda não oferece botões florais apropriados para a oviposição, é provável que os adultos exibem maior dispersão para o interior da lavoura, bem como possam já estar presente na lavoura, não realizando dispersão da área adjacente para o centro da lavoura. Desta maneira, demonstrando que a intensidade de infestação nesta fase fenológica inicial da lavoura não está restrita a faixa de bordadura da lavoura.

Os resultados demonstram uma grande infestação da lavoura na sua fase final, mesmo empregando lavouras comerciais, onde adota manejo de pragas, como as pulverizações iniciais de bordadura e, posteriormente, em área total. Isto sugere que aquelas infestações iniciais na parte central da lavoura reduzem a eficácia das práticas recomendadas para o controle do bicudo nos moldes atuais de cultivo no Cerrado como as pulverizações de bordaduras. Isto poderá ser corrigido, em parte, por um bom monitoramento da praga na fase inicial da cultura, não apenas focado na faixa de bordadura, e quando detectado infestação na fase inicial, que determinam as áreas necessitando manejo, como nas áreas adjacentes as lavouras de algodão na Serra da Petrovina (Fig. 1) e soja/milho e algodão para as lavouras monitoradas em Campo Verde (Fig. 2).

A capacidade de parte da população do bicudo permanecer ativa durante a entressafra, no Cerrado e no Semiárido (Paula *et al.* 2013, Neves *et al.* 2018), e exibir reprodução nas rebrotas do algodoeiro (Grigolli *et al.* 2015), associado as dificuldades de destruição de rebrotas e controle de plantas tigueras em lavouras de soja e milho antecedendo a cultura do algodão, ou em adjacência, favorece a manutenção de bicudos na área. Assim, uma colonização generalizada e não apenas na

bordadura vem sendo notata como confirmada neste estudo, com bicudos sendo capturados no interior de lavouras de até 150ha. Como observado, lavouras tendo soja/milho e algodão como vegetação adjacente apresentaram tendência de maior colonização. Por outro lado, isto não demonstra uma padronização porque dependerá do manejo das plantas tigueras nessas lavouras, bem como da pressão de infestação na safra anterior antecedendo essas lavouras que foram cultivadas com algodão e entraram em rotação com soja ou milho. Tem se observado que em áreas onde ocorre controle das altas populações de final de safra, a infestação na safra subsequente é menor, como observado nas lavouras da Serra da Petrovina, safra 16/17 e, também observado por Lima Jr. *et al.* (2013) nas safras de 06/07 e 07/08 no estado de Goiás, durante um programa de supressão de população de bicudo-do-algodoeiro nesta região.

A colonização precoce e, eventuais falhas de controle, explica o aumento no número de insetos capturados na fase final da cultura, em todas as áreas estudadas. Outros fatores que influenciam na curva de flutuação populacional, encontram-se na redução ou ausência de medidas de controle a partir da maturação das maçãs (~115 dias), como também no uso de inseticidas ineficientes para o controle da praga, como é o caso de alguns piretroides (Barros & Crossariol 2016; Crossariol *et al.* 2017, Rolim *et al.* 2018). Adicionalmente, o escape do contato com inseticidas pelos adultos localizados protegidos nas estruturas reprodutivas, bem como suas fases imaturas no interior dessas estruturas, também, contribuem para falhas de controle, consequentemente, o crescimento populacional.

Também é válido ressaltar que ao final da fase reprodutiva do algodoeiro, as fêmeas são forçadas a ovipositarem em estruturas não preferidas como as maçãs, as quais não caem ao solo e geram maior quantidade de bicudos, em apenas uma estrutura (Neves *et al.* 2013). Ainda, alguns desses indivíduos podem permanecer no interior dessas maçãs atacadas que ressecam ao final da safra (Pires *et al.* 2017), e promover infestação em soqueiras, plantas tigueras e, posteriormente,

favorecer a infestação precoce das lavouras comerciais. As pupas transformam-se em adultos, dentro dessas estruturas ressecadas e são capazes de sobreviver por um período de quatro meses, sem alimentação (Guerra *et al.* 1984). Esse estágio quiescente provavelmente é possibilitado pelas reservas mantidas em corpos gordurosos (Wagner *et al.* 1999, Showler 2006). De fato, Showler & Robinson (2005), questionam a eficácia das pulverizações precoces, antes da formação de botões florais, como aquelas recomendadas de bordadura (Heilman *et al.* 1979, Degrande & Soria 2015), quando o bicudo está alimentando apenas de ponteiros e folhas, e realizando dispersões recorrentes para dentro da lavoura. Seria necessário um grande número de pulverizações para atingir todos os bicudos entrando na lavoura, quando a adoção de práticas culturais e preventivas de controle, monitoramento e controle eficaz na fase de formação de botões florais seria o mais recomendado.

A saída dos insetos da lavoura ao final da safra é amplamente discutida pelos produtores e consultores. No entanto, essas informações são quase que em sua totalidade importadas de regiões de clima temperado, onde a entressafra se dá durante o inverno que impedem a rebrota e/ou germinação das plantas de algodão (Showler 2006). Estudos sobre o bicudo-do-algodoeiro, realizados no Brasil, são geralmente conduzidos em área experimental e, em condições ótimas de destruição dos restos culturais, vazio sanitário, e que adoções de práticas de manejo são eficientemente adotadas (Neves *et al.* 2010, Silva *et al.* 2013, Neves *et al.* 2014, Degrande 1994, Degrande 1999). Nos Cerrados, por exemplo, o agroecossistema algodoeiro é composto por lavouras cobrindo grandes extensões e com peculiaridades no que diz respeito a interação da planta, bicudo-do-algodoeiro e manejo de pragas da cultura. Portanto, apesar do bicudo-do-algodoeiro ser uma praga específica do algodoeiro, o programa de manejo desta praga deve passar a considerar outras culturas, como aquelas precedentes e adjacentes a lavoura referente a práticas proativas de controle na fase inicial da lavoura.

Adultos do bicudo-do-algodoeiro remanescentes da última geração da safra sobrevivem em plantas tigueras e rebrotas e permanecem na área de cultivo. Isto já foi observado no Semiárido, onde não há destruição correta dos restos culturais, tornando possível a captura do bicudo durante todo o ano em armadilha contendo o feromônio sexual sintético Grandlure (Neves *et al.* 2018), bem como constatado em rebrotas de algodão no Cerrado (Grigolli *et al.* 2015) e no Sudeste (Fernandes *et al.* 2001). De acordo com Showler (2007), os poucos botões florais de final de safra e entressafra podem ter grande influência sobre a população remanescente de bicudos, pois fêmeas que se alimentaram exclusivamente com o interior de estruturas reprodutivas, em botões florais tiveram longevidade média de 153,2 dias em condições controladas. Além disso, o uso intensivo de cultivares resistente a herbicidas, também, pode estar contribuindo para a permanência dos insetos dentro dos talhões, uma vez que, autores como Hardee *et al.* (1999) relatam a presença de pólen de soja (*Glycine max*) e milho (*Zea mays*) no trato digestivo dos indivíduos coletados durante o verão e outono em Mississipi, Estados Unidos, além das plantas de algodão espontâneas nas lavouras de soja e milho funcionando como hospedeiro para praga.

Outro fator negligenciado é que o bicudo-do-algodoeiro além de se alimentar de pólen de espécies nativas, também usa espécies de plantas daninhas como Asteraceae, que são excelentes produtoras de pólen (Ribeiro *et al.* 2010). Essas plantas podem ser refúgio e recurso alimentar para diversas pragas durante a entressafra.

Todas essas possibilidades supracitadas, que ocorrem devido ao monocultivo soja antes do milho e algodão e, milho ou soja após a culutra do algodão, no processo de rotação de culturas, em grandes áreas, em que cada agroecossistema com seu manejo próprio, parece estar diretamente relacionado com a dinâmica populacional do bicudo-do-algodoeiro, apesar do bicudo ser uma praga específica do algodoeiro. Uma vez que, diferente do que sempre foi discutido, nos locais estudados não se observou apenas capturas nas bordaduras das lavouras, sendo que insetos

foram capturados em armadilhas a mais de 200m, antes do surgimento dos primeiros botões florais. Nem tão pouco foi verificada influência consistente da cultura ou vegetação adjacente a lavoura, no que diz respeito à colonização para ambas as seis lavouras e duas localidades produtoras tradicionais de algodão.

Assim, ao contrário de alguns autores que recomendam a aplicação de bordadura quando os agroecossistemas eram menos complexo (Braga Sobrinho & Lukefahr 1983, Leggett 1986, Degrande 1991, Santos 2015, Busoli *et al.* 1994), os resultados apresentados, sugere que as pulverizações direcionadas aos adultos remanescente de entressafra devem ser realizadas com base no monitoramento e poderá ser requerido aplicações em área total. Pois, um controle adequado dessa população restringirá o aumento acentuado da população como observado nas lavouras de Campo Verde. Na fase inicial do algodão, o controle é facilitado por fatores de logística como a baixa densidade populacional associado a maior probabilidade de serem atingidos com as pulverizações, pois ainda não existe abundância de estruturas reprodutivas para se protegerem e reproduzirem, bem como as plantas possuem menor área foliar, o que permite melhor penetração da calda pulverizada no dossel das plantas. A eficácia do inseticida depende não, apenas, da quantidade de material depositado sobre a vegetação, mas também da uniformidade de cobertura do alvo (Mcnichol *et al.* 1997).

Em resumo, os resultados sugerem que a vegetação adjacente as lavouras de algodão compostas por outras lavouras de algodão ou soja/milho favorecem a infestação inicial do bicudo-do-algodoeiro mais que áreas compostas por mata nativa como preconizado (Santos 2015). Contudo, não apresenta consistência em todas as lavouras monitoradas, demonstrando que outras variáveis do ambiente inerefe no processo de colonização. Ainda, a intensidade de infestação inicial, considerada como fase de colonização da lavoura pelo bicudo, não ocorre apenas nas faixas de bordadura, sendo já constatado nesta fase na parte central das lavouras.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de Doutorado a L.S.A. E, através do Programa de Cooperação Acadêmica PROCAD CAPES NF 3027/2014 e a FACEPE AMD por permitir a mobilidade discente e custeio.

Literatura Citada

- Aquino, I.S., F.S Ramalho, F.M.M. Jesus & L.A.C Guevara. 1986.** Eficiência de armadilhas de feromônio novas e usadas na captura do bicudo-do-algodoeiro. *Pesq. agropec. bras.* 21: 817-821.
- Azambuja, R. & P.E. Degrande. 2014.** Trinta anos do bicudo-do algodoeiro no Brasil. *Arq. Inst. Biol.* 81:377-410.
- Barros, E.M. & Crosariol, J. 2016.** Mortalidade do bicudo-do-algodoeiro após contato em resíduo seco de diferentes inseticidas utilizados na cultura do algodoeiro – Safra 2015/2016. Circular Técnica no. 27. Disponível em: <http://imamt.com.br/home/outraspublicacoes/>. Acessado em: 10/10//2018.
- Belot, J.L., E.M. Barros & J.E. Miranda. 2016.** Riscos e oportunidades: O bicudo-do-algodoeiro, p. 77-118. In AMPA (eds.), *Desafios do cerrado*. Cuiabá, Associação Matogrossense dos Produtores de Algodão, 283p.
- Bennetts, R.E., J.D. Nichols, J-D. Lebreton, R. Pradel, J.E. Hines, & W. K. Kitchens. 2001.** Methods for estimating dispersal probabilities and related parameters using marked animals, p. 3–17. In J. Clobert, E. Danchin, A.A. Dhondt & J.D. Nichols (eds.), *Dispersal*. Oxford Univ. Press, New York, 348p.
- Braga Sobrinho, R. & M.J. Lukefahr. 1983.** Bicudo (*Anthonomus grandis* Boheman): nova ameaça à cotonicultura brasileira; biologia e controle. Campina Grande, EMBRAPA-CNPA. 32p. (EMBRAPA-CNPA, Documentos. 22).
- Busoli, A.C., J.J Soares & F.M. Lara. 1994.** O bicudo do algodoeiro e seu manejo. Jaboticabal, FUNEP, 32p.
- Campanhola C. & D.F. Martin.1988.** Avaliação do efeito do inseticida propoxur em armadilhas com feromônio para bicudo-do-algodoeiro (*Anthonomus grandis* Boheman,1843). *Boletim de pesquisa* n°1. Jaguariuna EMBRAPA-CNPDA, 18 p.

- Crosariol, J., Rolim, G. G.; & L.S. Arruda. 2017.** Mortalidade do bicudo-do-algodoeiro após contato em resíduo seco de diferentes moléculas inseticidas utilizados na cultura do algodoeiro – Safra 2016/2017. Circular Técnica nº 31. Disponível em: <http://imamt.com.br/home/outraspublicacoes/>. Acessado em: 10/10//2018.
- Cross, W.H. 1973.** Biology, control and eradication of the boll weevil. *Annu. Rev. Entomol.* 13: 17–46.
- Degrande, P.E. & M.F. Soria. 2015.** Manejo integrado de pragas no algodoeiro em Mato Grosso, p.178-203. In J.L. Belot (eds.), *Manual de boas práticas de manejo do algodoeiro em mato grosso*. Cuiabá, ImaMT, 337p.
- Degrande, P.E. 1991.** Bicudo do algodoeiro: táticas de controle para o Mato Grosso do Sul. Dourados, MS, UFMS/NCA. 16p.
- Degrande, P.E. 1994.** Ameaça do bicudo exige organização e empenho de todos. *Visão Agric.* 6: 55–58.
- Degrande, P.E. 1999.** Pragas em algodão. *Rev. Cult. Grande Culturas* 10: 19–23.
- Fernandes W.D., S.L.C. & M. Habib. 2001.** Between-season attraction of cotton boll weevil, *Anthonomus grandis* Boh. (Coleoptera: Curculionidae) adults by its aggregation pheromone. *Sci. agric.* 58: 229-234.
- Grigolli, J.F.J., J. Crosariol Netto , T.S. Izeppi, L.A. Souza, D.F. Fraga & A.C. Busoli. 2015.** Infestação de *Anthonomus grandis* (Coleoptera: Curculionidae) em rebrota de algodoeiro. *Pesq. Agropec. Trop.* 45: 200-208.
- Guerra, A.A. 1988.** Seasonal boll weevil movement between northeastern Mexico and the Rio Grande Valley of Texas, USA. *Southwest. Entomol.* 13: 261–271.
- Guerra, A.A., R.F. Garcia, P.R. Bodegas & M.E. De Coss. 1984.** The quiescent physiological status of boll weevils (Coleoptera: Curculionidae) during the noncotton season in the tropical zone of Soconusco in Chiapas, Mexico. *J. Econ. Entomol.* 77: 595–98.
- Hardee, D.D., G.D. Jones & L.C. Adams. 1999.** Emergence, Movement, and Host Plants of Boll Weevils (Coleoptera: (Curculionidae) in the Delta of Mississippi. *J. Econ. Entomol.* 92: 130 – 139.
- Heilman, M.D. L.N. Namken, J.W Norman & M.J. Lukefahr. 1979.** Evaluation of an Integrated Short-Season Management Production System for Cotton. *J. Econ. Entomol.*, 72: 896-900.
- Hunter, W.D. & B.R. Coad. 1923.** The boll weevil problem. *USDA Farmers Bull.* 1329: 2–3.
- Johnson, W.L., W.H. Cross, J.E. Legget, W.L. Mcgovern, H.C. Mitchell & E.B. Mitchell. 1975.** Dispersal of marked boll weevil: 1970–1973 studies. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 68: 1018–1022.

- Leggett, J.E. 1986.** Uso de armadilhas de feromônio para levantamento, detecção e controle do bicudo, p. 145–158. In S. Barbosa., M.J. Lukefahr & R.B. Sobrinho (eds.), O bicudo-do-algodoeiro. Brasília: EMBRAPA-DDT, 314p.
- Lima Jr., I.S., P.E. Degrande, J.E. Miranda & W.J. Santos. 2013.** Evaluation of the boll weevil *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) suppression program in the state of Goiás, Brazil. Neotrop. Entomol. 42: 82-88.
- McKibben, G.H., J.L. Willers, J.W. Smith & T.L. Wagner. 1991.** Stochastic model for studying boll weevil dispersal. Environ. Entomol. 20: 1327–1332.
- McNichol, A.Z., M.E. Teske & J.W. Barry. 1997.** A technique to characterize spray deposit in orchard and tree canopies. Trans. ASAE 40: 1529–1536.
- Miranda, J.I. 2005.** Embrapa informação tecnológica: Fundamentos de sistemas de informações geográficas. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 425p.
- Neves, R.C.S., A.T. Showler, E.S. Pinto, C.S. Bastos, J.B. Torres. 2013.** Reducing boll weevil populations by clipping terminal buds and removing abscised fruiting bodies. Entomol Exp Appl. 146: 276-285.
- Neves, R.C.S., J.B. Torres & M.N.B. Silva. 2010.** Época apropriada para a poda apical do algodoeiro para o controle de pragas. Pesqu. Agropec. Bras. 45: 1342–1350.
- Neves, R.C., F. Colares, J.B. Torres, R.L. Santos & C.S. Bastos. 2014.** Rational practices to manage boll weevils colonization and population growth on family farms in the Semiárido region of Brazil. Insects 5: 818-931.
- Neves R.C.S., J. B. Torres, E.M. Barros & L.M. Vivan. 2018.** Boll weevil within season and off-season activity monitored using a pheromone-and-glue reusable tube trap. Sci. Agric. 75: 313-320.
- Paula, D.P., D. Claudino, R.V Timbó, J.E. Miranda, M.P. Bemquerer, A.C.J. Ribeiro, E.R. Sujii, E.M.G. Fontes & C.S.S Pires. 2013.** Reproductive dormancy in boll-weevil from populations of the Midwest of Brazil. J. Econ. Entomol. 106: 86-96.
- Pires, C.S.S., M. Pimenta, R.A. Mata, L.M. Souza, D.P. Paula, E.R. Sujii & E.M.G. Fontes. 2017.** Survival pattern of the boll weevil during cotton fallow in Midwestern Brazil. Pesqu. Agropec. Bras. 52: 149-160.
- Ribeiro, J.F. & B.M.T. Walter.** Veredas do triângulo mineiro: solos, água e uso. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_65_911200585234.html>. Acessado em: 22/08/2017.
- Ribeiro, P.A , E.R. Sujii, I.R. Diniz, M.A. Medeiros, M.L. Salgado-Labouriau, M.C. Branco, C.S. S. Pires & E.M.G. Fontes. 2010.** Alternative food sources and overwintering feeding behavior of the boll weevil, *Anthonomus grandis* bohemian (Ccoleoptera: Curculionidae) underthe tropical conditions of central Brazil. Neotrop. Entomol. 39: 28-34.

- Rolim, G.G., J.C. Netto & L.S. Arruda. 2018.** Mortalidade do bicudo-do-algodoeiro após contato em resíduo seco de inseticidas utilizados na cotonicultura – Safra 2017/2018. Circular Técnica no. 39. Disponível em: <http://imamt.com.br/home/outraspublicacoes/>. Acessado em: 10/10/2018.
- Santos, W.J. 2015.** Medidas estratégicas de controle do bicudo-do-algodoeiro (*Anthonomus grandis* Boh., 1843), p. 76–91. In J. L. Belot (ed.), O bicudo-do-algodoeiro (*Anthonomus grandis* Boh., 1843) nos cerrados brasileiros: Biologia e medidas de controle. Cuiabá, Instituto Mato-grossense do Algodão, 250p.
- Sappington, T.W. & D.W. Spurgeon. 2000.** Preferred technique for adult sex determination of the boll weevil (Coleoptera: Curculionidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 93: 10–615.
- SAS Institute. 2001.** SAS/STAT User’s Guide, version 8.02, TS level 2MO. SAS Institute, Cary, NC, USA.
- SAS Institute. 2002.** SAS/STAT User’s Guide, version 8.02, TS level 2MO. SAS Institute, Cary, NC, USA.
- Showler, A.T. & J.R.C. Robinson. 2005.** Proactive spraying against boll weevils (Coleoptera: Curculionidae) reduces insecticide applications and increases cotton yield and economic return. *J. Econ. Entomol.* 98: 1977-1983
- Showler, A.T. 2006.** Short-range dispersal and overwintering habitats of boll weevils (Coleoptera: Curculionidae) during and after harvest in the subtropics. *J. Econ. Entomol.* 99: 1152–1160.
- Showler, A.T. 2007.** Subtropical boll weevil ecology. *Am. Entomol.* 53: 240–249.
- Silva, C.A.D. & F.S. Ramalho. 2013.** Kaolin spraying protects cotton plants against damages by boll weevil *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae). *J. Pest Sci.* 86: 563-569.
- Souza, A.P., L.L. Mota, T. Zamadei, C.C. Martim, F.T. Almeida & J. Paulino. 2013.** Classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado de Mato Grosso. *Nativa* 1: 34-43.
- Spurgeon, D.W. 2016.** Captures of boll weevils (Coleoptera: Curculionidae) in relation to trap orientation and distance from brush lines. *J. Econ. Entomol.* 109: 676-683.
- Stroup, W.W. 2013.** Generalized linear mixed models: modern concepts, methods and applications. CRC Press, Boca Raton, 555p.
- Varella, A. A. C. 2013.** Princípios em Agricultura de Precisão. UFRF. 9p. Disponível em: <http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/varella/Downloads/IT190_principios_em_agricultura_de_precisao/Aulas/MAPEAMENTO%20DA%20VARIABILIDADE%20ESPACIAL.pdf> Acesso em 15/01/2019.

Wagner, T.L., E.J. Villavaso & J.L. Willers. 1999. Diapause in the boll weevil (Coleoptera: Curculionidae): life stage sensitivity to environmental cues. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 92: 396–402.

Tabela 1. Características das áreas monitoradas de algodão para densidades de bicudo-do-algodoeiro no estado do Mato Grosso, nas safras 16/17 e 17/18.

Safra	Lavouras	Área (ha)	Data de instalação das armadilhas	Data de retiradas das armadilhas	No. de avaliações	Ponto cardinal	Transecto (m)	Bordadura ²
SP ¹ 16/17	Área 1	154	09/01/2017	19/06/2017	22	Norte	654	MN
						Sul	557	O
						Leste	671	S/M
						Oeste	656	A
	Área 2	113	15/02/2017	19/07/2017	22	Norte	720	MN
						Sul	557	A
						Leste	676	O
						Oeste	824	MN
	Área 3	107	07/02/2017	11/07/2017	22	Norte	668	O
						Sul	728	A
						Leste	508	MN
						Oeste	432	A
CV ¹ 17/18	Área 1	123	24/01/2018	17/07/2018	24	Norte	572	MN
						Sul	508	A
						Leste	668	S/M
						Oeste	560	MN
	Área 2	146	05/02/2018	01/08/2018	24	Norte	556	S/M
						Sul	564	A
						Leste	864	S/M
						Oeste	920	MN
	Área 3	93,7	06/02/2018	02/08/2018	24	Norte	836	A
						Sul	920	S/M
						Leste	432	A
						Oeste	508	MN

¹SP, Serra da Petrovina; CV, Campo Verde

²A, Algodão; MN, Mata nativa; S/M, Soja /Milho; e O, outras (pastagem, pousio, rodovia, etc.).

Tabela 2. Captura de bicudos-do-algodoeiro (média \pm EP) durante a fase de colonização (10 a 38 dias após a emergência - DAE) com armadilha de feromônio instaladas em diferentes distâncias a partir da bordadura da lavoura em função da vegetação de bordadura.

Bordaduras	Distâncias da bordadura (m)				Médias das bordaduras
	0 (borda)	60	120	> 200	
Serra da Petrovina - safra 16/17					
Algodão	1,1 \pm 0,67 ¹	0,2 \pm 0,14	0,6 \pm 0,40	0,4 \pm 0,19	0,57 \pm 0,21
Mata nativa	0,3 \pm 0,18	0,1 \pm 0,06	0,5 \pm 0,16	0,1 \pm 0,09	0,25 \pm 0,07
Soja/Milho	0,3 \pm 0,21	0,5 \pm 0,31	0,2 \pm 0,20	0,2 \pm 0,14	0,30 \pm 0,11
Outras	0,2 \pm 0,11	0,2 \pm 0,14	0,3 \pm 0,26	0,3 \pm 0,19	0,25 \pm 0,09
Médias das distâncias ²	0,51 \pm 0,19	0,22 \pm 0,08	0,39 \pm 0,14	0,28 \pm 0,08	
Campo Verde – safra 17/18					
Algodão	1,1 \pm 0,67	0,3 \pm 0,12	0,5 \pm 0,19	0,5 \pm 0,23	0,66 \pm 0,18
Mata nativa	0,6 \pm 0,28	0,4 \pm 0,18	0,3 \pm 0,08	0,6 \pm 0,19	0,49 \pm 0,09
Soja/Milho	2,1 \pm 0,89	0,5 \pm 0,25	0,4 \pm 0,18	1,4 \pm 0,56	1,12 \pm 0,28
Médias das distâncias ²	1,34 \pm 0,38a	0,83 \pm 0,22ab	0,43 \pm 0,11b	0,38 \pm 0,08b	

¹Médias (\pm EP) de 15 armadilhas (3 lavouras x 5 avaliações 10 a 38 DAE).

²Médias (\pm EP) de 60 armadilhas (3 lavouras, 5 avaliações, 4 pontos cardiais).

³Somente a média do efeito das distâncias para a localidade Campo Verde foi significativa ($P = 0,0183$; separação das médias pelo teste de Tukey HSD); enquanto o efeito de bordadura foi não significativo ($P = 0,0730$). Assim, não foi realizada comparação entre as demais médias de efeito de vegetação e distância da bordadura, tanto para Serra da Petrovina como para Campo Verde.

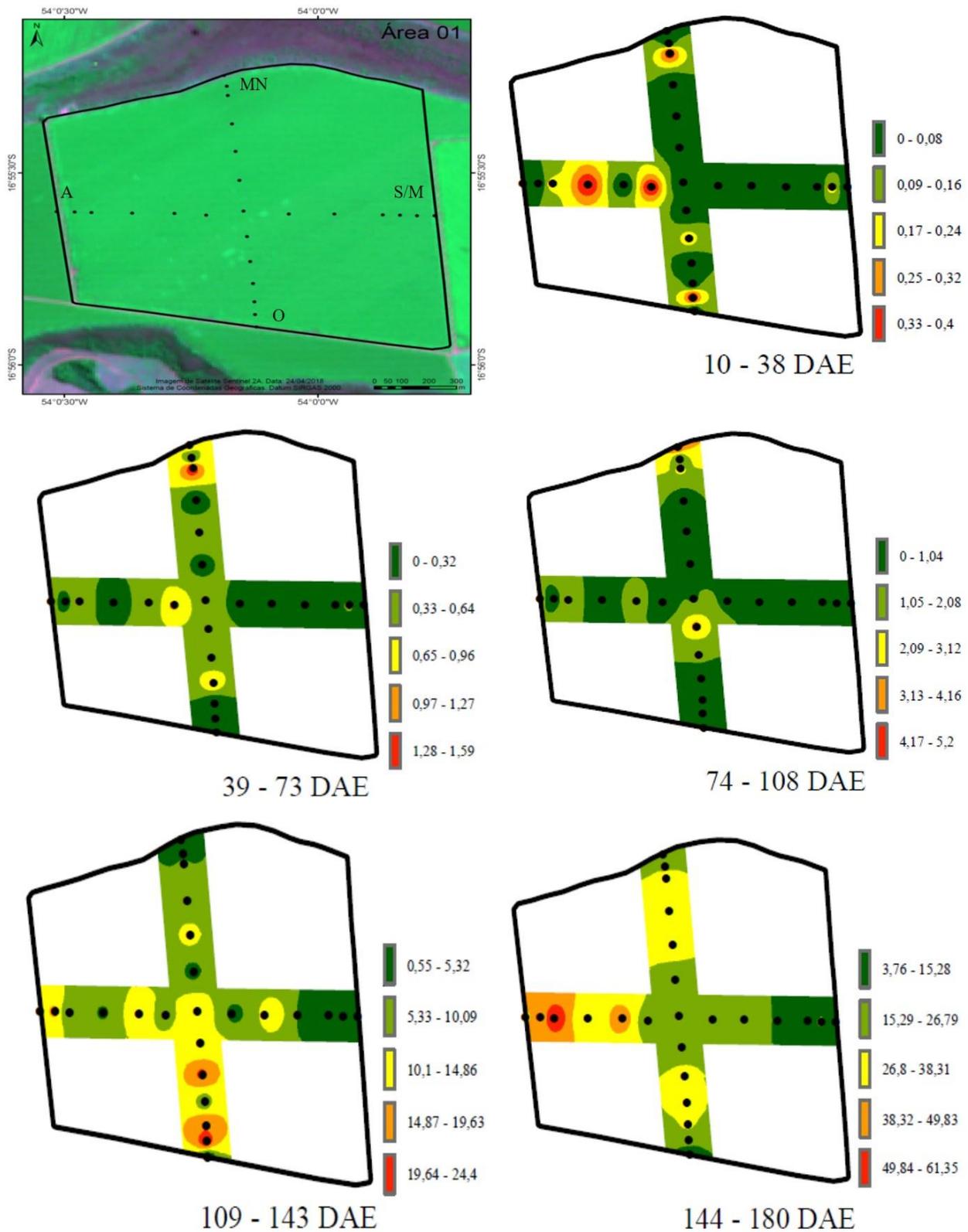


Figura 1. Mapa de incidência do bicudo-do-algodoeiro em função da bordadura predominante da lavoura, distância da bordadura e fenologia da lavoura, estimada pelo método de interpolação pelo inverso da distância para três lavouras localizadas na Serra da Petrovina, MT. Nota: Área 1.

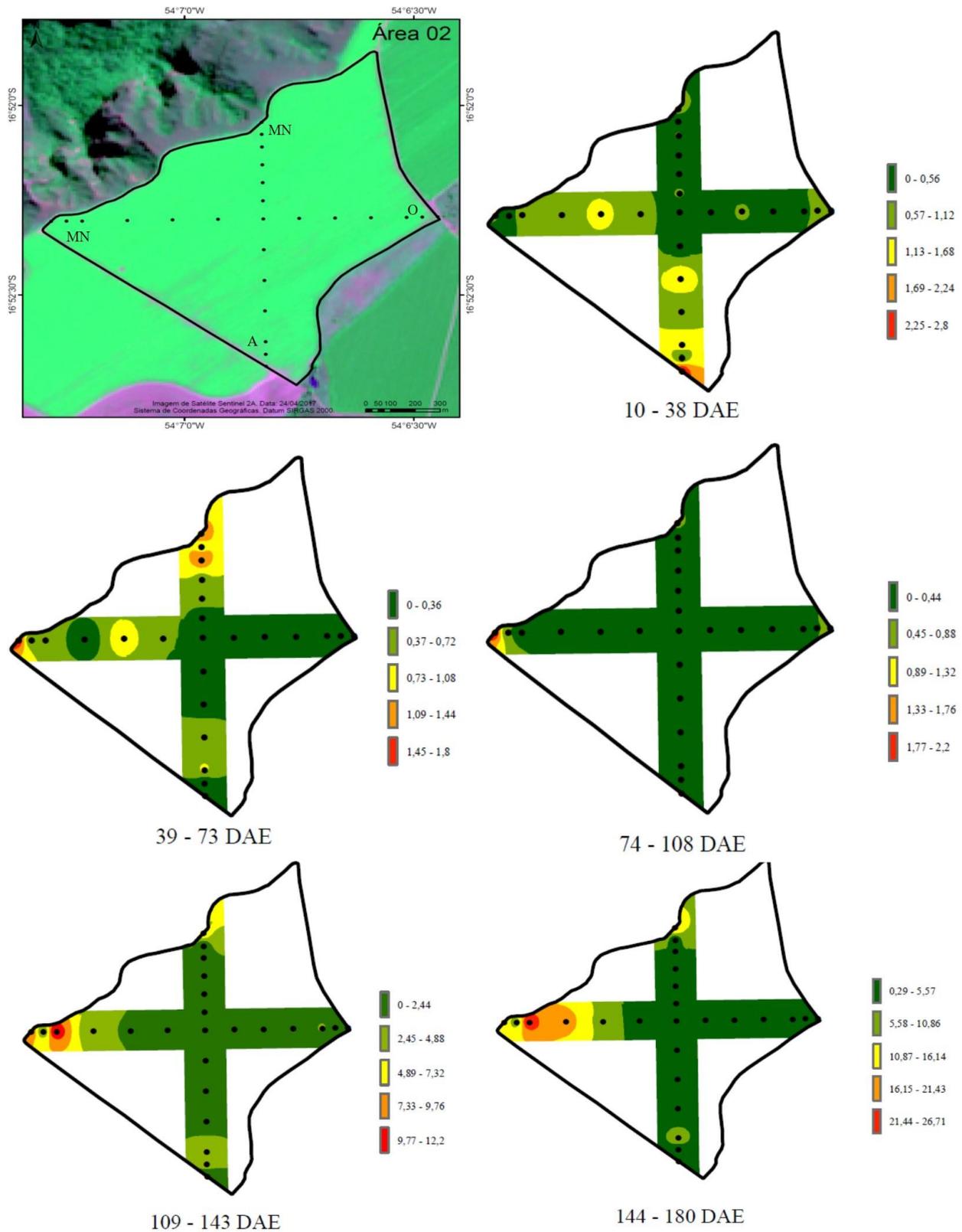


Figura 1. Continuação. Nota: Área 2.

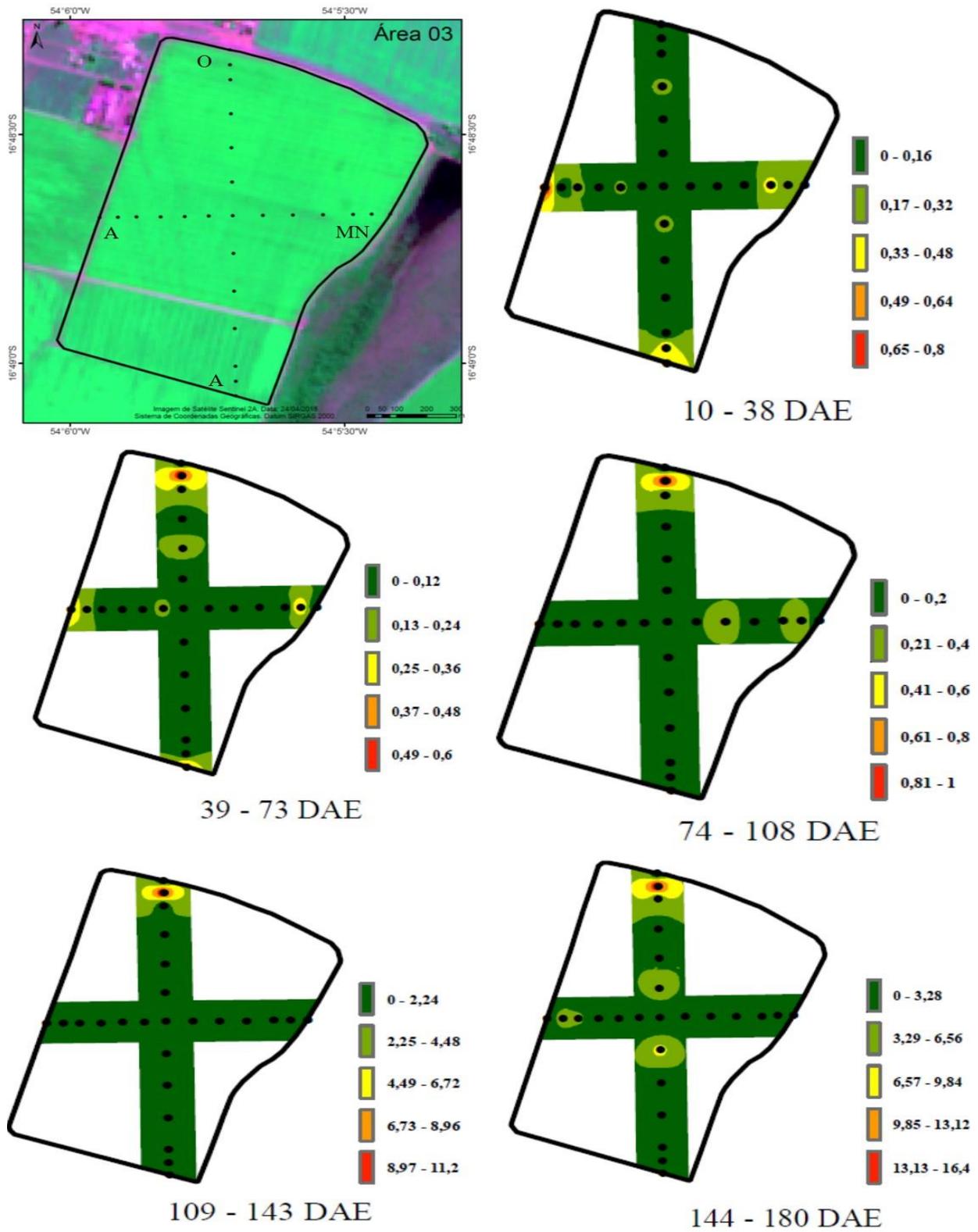


Figura 1. Continuação. Nota: Área 3.

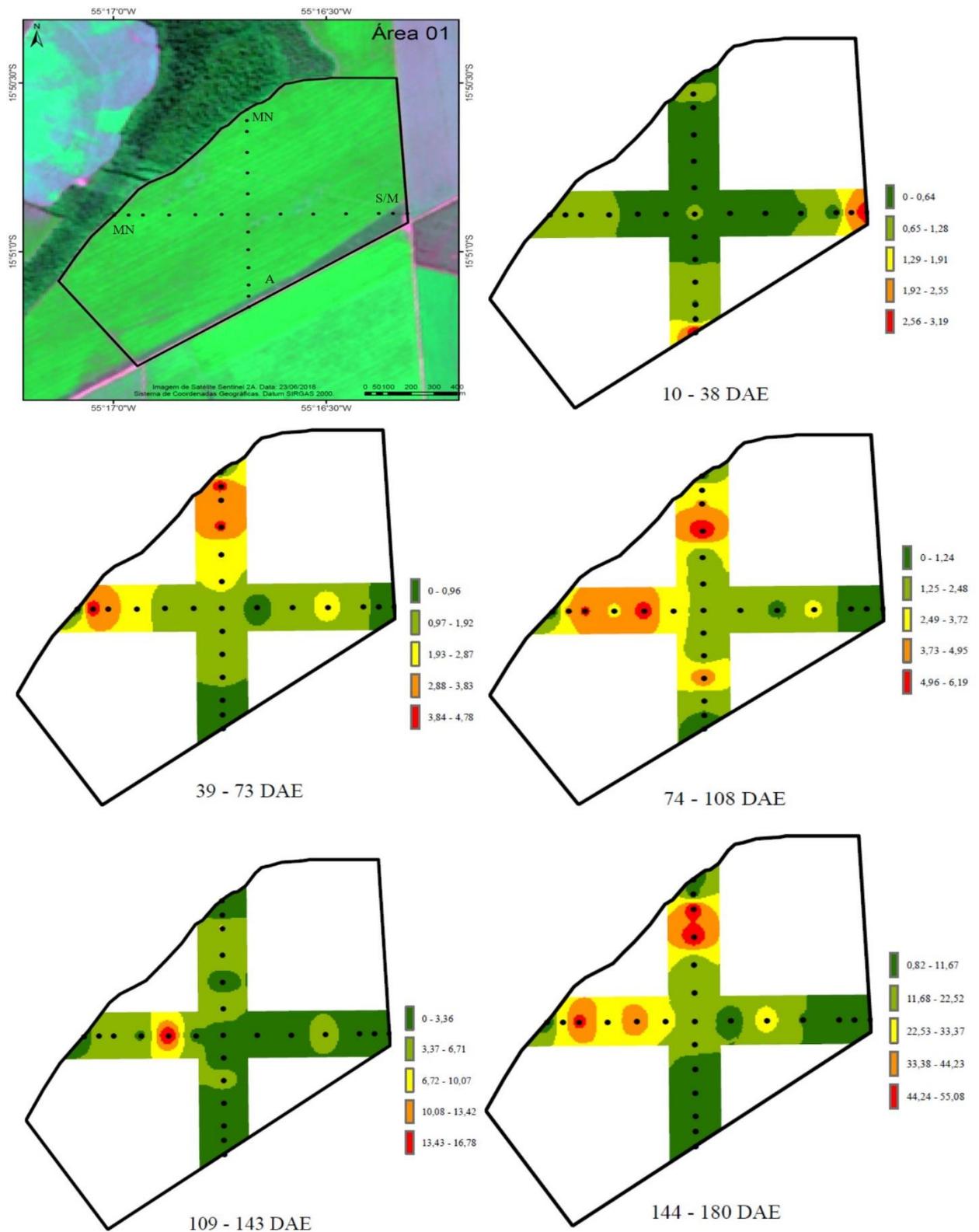


Figura 2. Mapa de incidência do bicudo-do-algodoeiro em função da bordadura predominante da lavoura, distância da bordadura e fenologia da lavoura, estimada pelo método de interpolação pelo inverso da distância para três lavouras localizadas em Campo Verde, MT. Nota: Área 1.

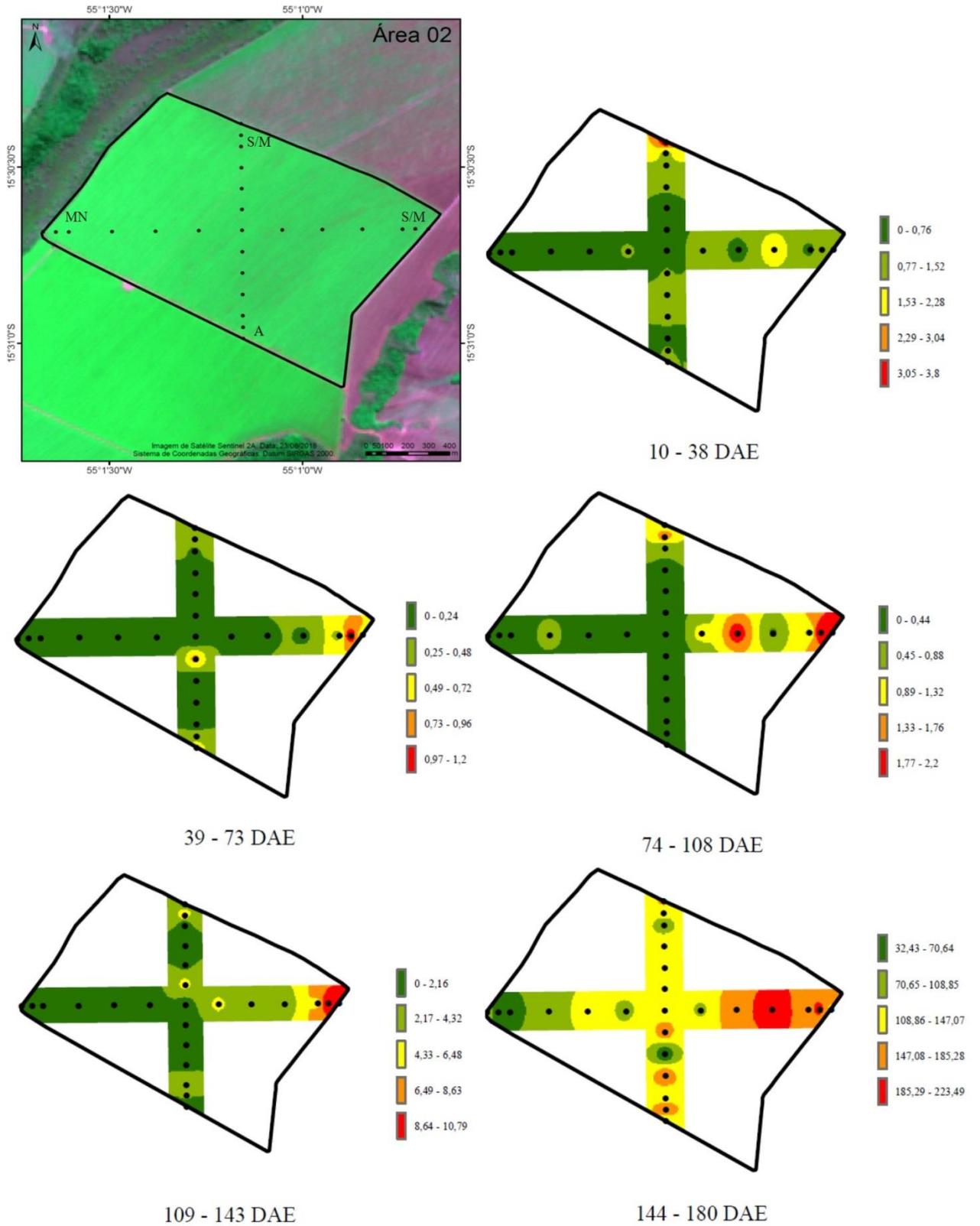


Figura 2. Continuação: Área 2.

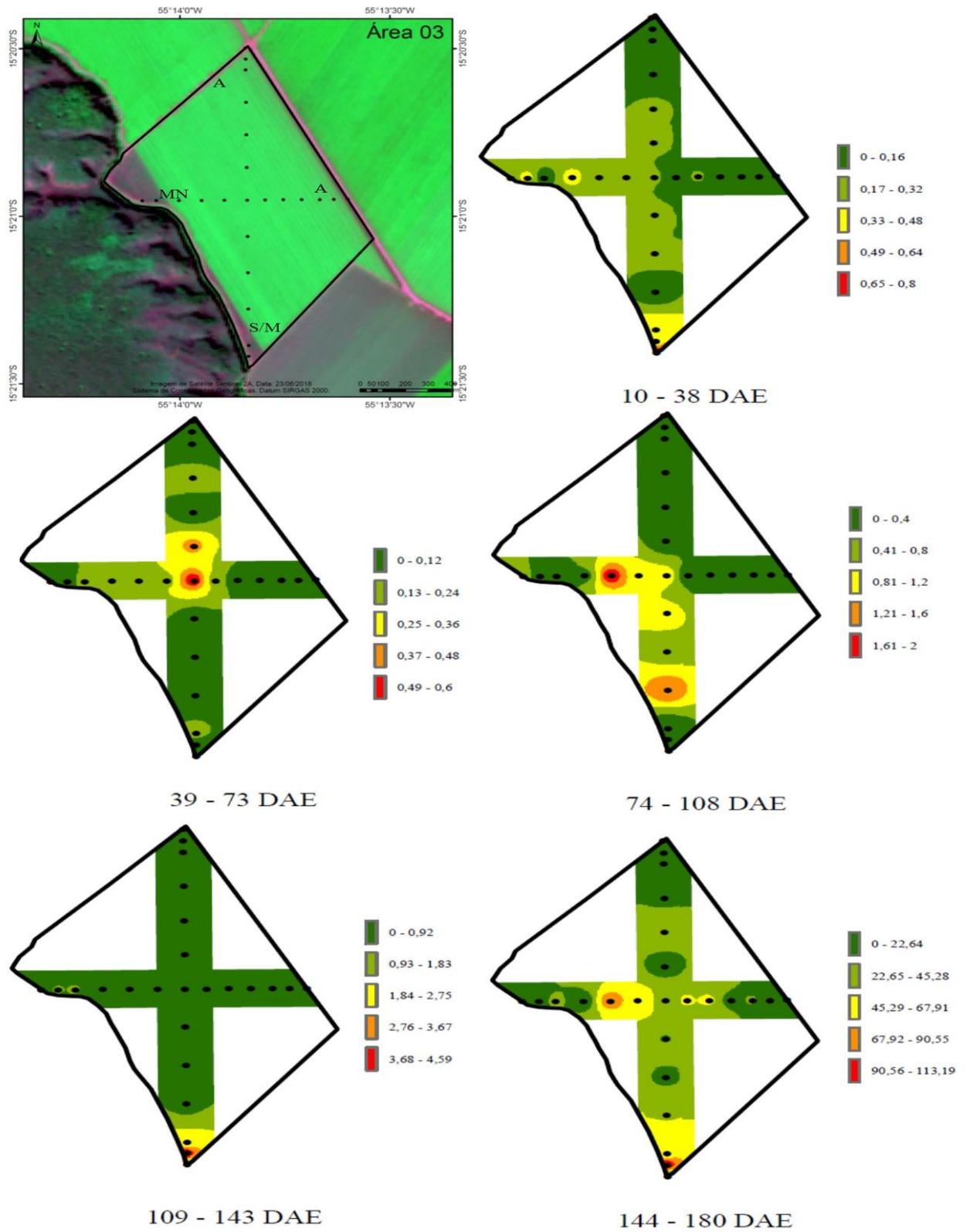


Figura 2. Continuação: Área 3.

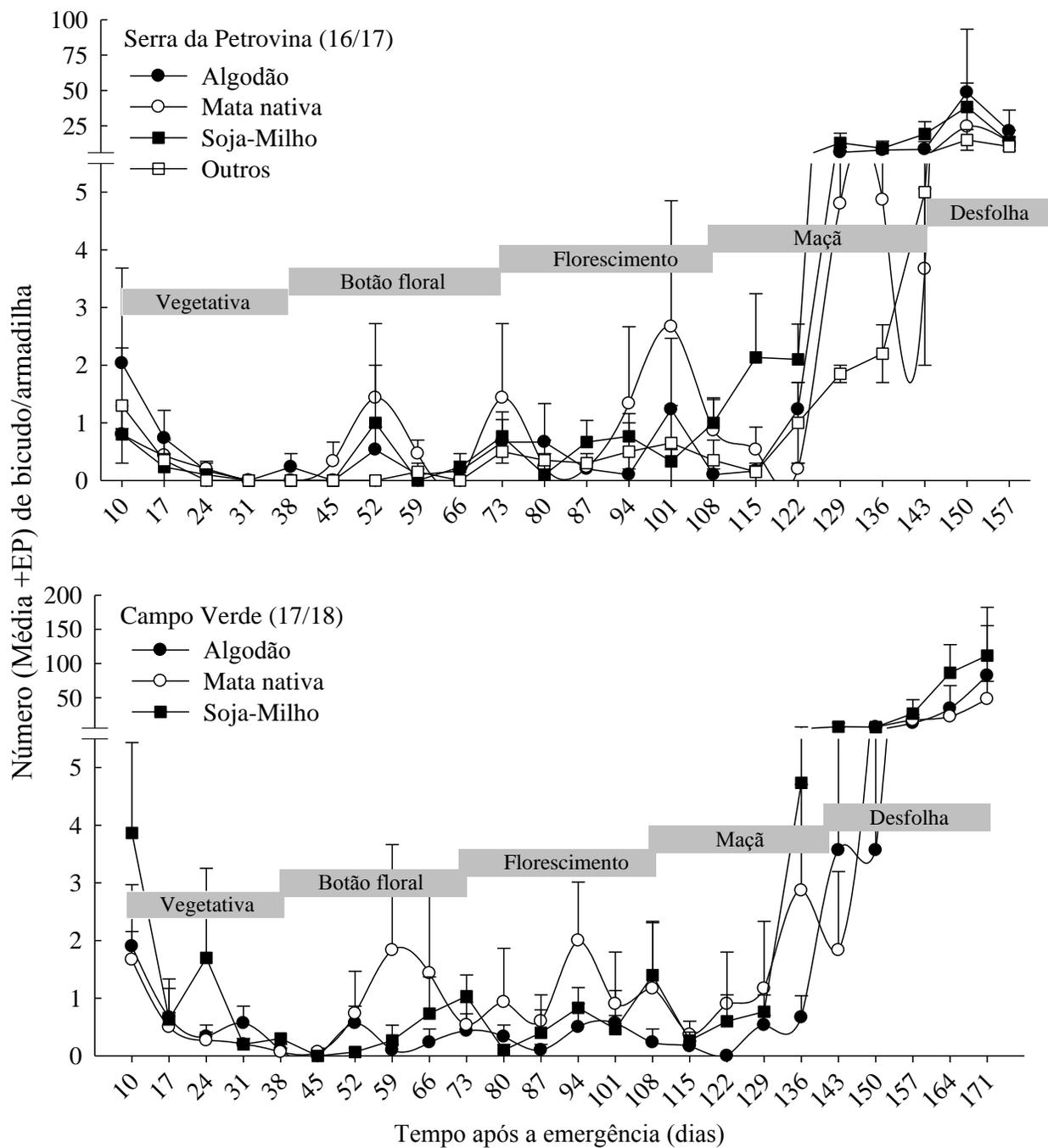


Figura 3. Número médio (+EP) de bicudo-do-algodoeiro capturado em lavoura comercial de algodão ao longo da fenologia em função das diferentes vegetações de bordaduras. Nota-se a existência de quatro e três tipos de vegetação, respectivamente, em cada região e valores entre parênteses significam a safra.

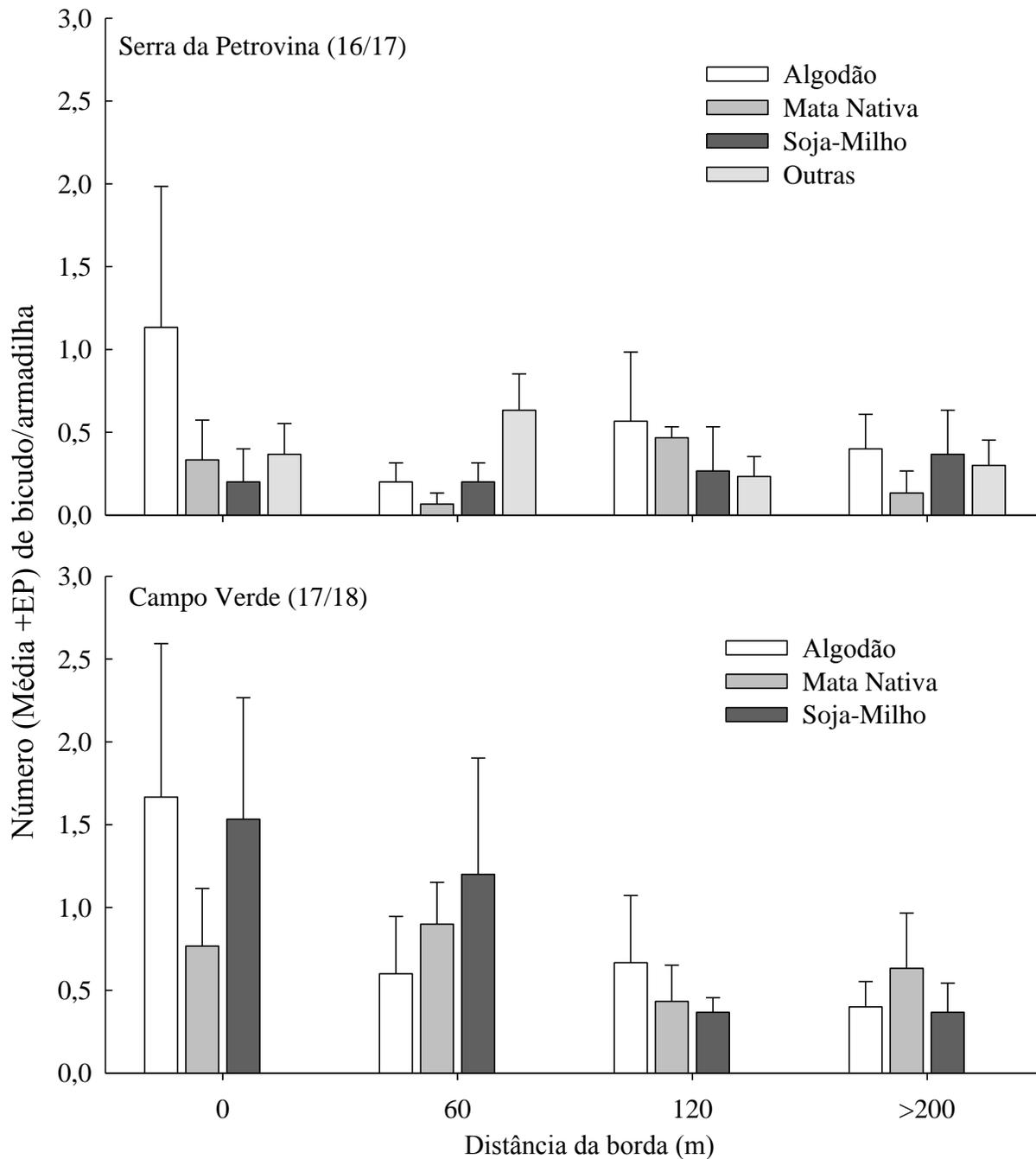


Figura 4. Número médio (+EP) de bicudo-do-algodoeiro capturados em diferentes distâncias e tipo de vegetação de bordadura, em lavouras de algodão monitoradas na Serra da Petrovina e em Campo Verde, MT na safra de 16/17 e 17/18. Nota-se variações e tendências, porém não foram significativas estatisticamente (ver texto).

CAPÍTULO 4

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conhecimento do comportamento da praga e de sua dinâmica populacional auxilia na adoção de medidas de controle. O controle do bicudo-do-algodoeiro é dificultado pela falta de informações sobre o comportamento da fase adulta desta praga frente às diferentes condições climáticas e de manejo do agroecossistema do algodão, bem como dos sistemas de produção adotados atualmente no Cerrado brasileiro, embora seja praga-chave alvo das principais práticas de controle (controle químico, comportamental e cultural). A utilização de técnicas adotadas em regiões de clima temperado e subtropical ou executadas como a aplicação de bordadura, onde o cultivo de algodão se dava em pequenas áreas, período de plantio e de entressafra bem definidos, e etc., devem ser reavaliadas devido as diferentes condições de cultivo no Brasil. Nos Cerrados, e demais regiões cotonicultoras no Brasil, não ocorre inverno rigoroso com temperaturas próximas ou abaixo de 0 °C, as quais interrompem da planta hospedeira e, consequentemente, do ciclo biológico da praga. Desta maneira, a multiplicação da praga não é acentuadamente interrompida na entressafra, como observado na América do Norte. Assim, há falta de informação sobre a colonização da lavoura pelo bicudo, e também há consideráveis negligências quanto ao monitoramento da praga e práticas preventivas de manejo, o que tem cada vez mais dificultado o controle do bicudo-do-algodoeiro.

Para que o controle do bicudo-do-algodoeiro seja realizado de forma efetiva deve-se entender que a lavoura de algodão é, apenas, mais uma cultura do agroecossistema. A época de plantio tem se tornado flexível em função das demais culturas compondo o agroecossistema, bem como a adoção de variedades resistentes a herbicidas, o que tem dificultado a detruição dos restos

culturas. Assim, as soqueiras têm servido de hospedeiro para pragas na entressafra. Além da extensão do período de cultivo, o plantio de algodão resistente a herbicidas e aos principais lepidópteros praga da cultura, recomendação de inseticidas específicos, e etc., serem consideradas decisões e tecnologias adotadas nos agroecossistema fomentadoras do sucesso da cadeia produtiva do algodão, tem sido também consideradas responsáveis pelo surgimento ou agravamento de alguns problemas de pragas, como o bicudo-do-algodoeiro. Vale salientar que o bicudo não é alvo de controle com plantas transgênicas, é influenciado por rebrotas de algodão no período de entressafra e algodão tiguera em outras culturas do agroecossistema, e de difícil controle após o seu estabelecimento, mesmo com as pulverizações inseticidas. Assim, a realização deste trabalho buscou entender o comportamento do bicudo-do-algodoeiro ao acessar a planta de algodão após a emergência e colonização das áreas considerando a culutra ou vegetação natural de bordadura, e como está ocorrendo a distribuição do bicudo na lavoura de algodão em função da sua fenologia.

Os resultados mostram que o bicudo-do-algodoeiro permanece, inicialmente ao acessar a planta, na sua parte inferior, fica a maior parte do tempo sobre maçãs e botões florais, locais de alimentação e oviposição, onde obtém parcial proteção pelas brácteas dessas estruturas reprodutivas reduzindo a sua exposição ao resíduo do inseticida aplicado. Esses comportamentos são amplamente mencionados, mas ainda não haviam sido medidos. Isto sugere que é preciso desenvolver tecnologias de aplicação que obtenham maior cobertura de partes das plantas, onde o bicudo apresenta maior atividade como as estruturas reprodutivas, bem como o terço inferior das plantas.

Além disso, o presente estudo mostra que para as áreas monitoradas nas duas safras, as quais são representativas para as maiores áreas produtoras de algodão em Mato Grosso, o maior estado produtor no Brasil, o bicudo não se comportou como preconizado, apenas colonizando inicialmente a lavoura pelas bordaduras e proveniente de áreas naturais, usadas como refúgio. As

mudanças anteriormente citadas no sistema de cultivo algodão, soja, milho, e etc., provavelmente estejam influenciando esta colonização generalizada das lavouras, visto que o bicudo já se encontrava presente em toda a extensão das áreas monitoradas, variando de 93,7 a 154 ha cada, desde a primeira avaliação aos 10 dias após a emergência. Embora mais estudos precisam ser realizados, áreas onde tenha ocorrido pressão da praga na safra anterior e dificuldades na destruição de soqueira, a aplicação apenas da bordadura durante a fase inicial (0-45 DAE) ou, durante o surgimento dos primeiros botões florais, conforme preconizado, não é mais uma medida segura de controle das infestações iniciais do bicudo-do-algodoeiro.