

AÇÃO DE INIMIGOS NATURAIS EM PRESAS SENTINELAS NO AGROECOSSISTEMA
ALGODOEIRO EM FUNÇÃO DO INSETICIDA RECOMENDADO

por

ANDERSON VINNICIUS DE ARRUDA MACHADO

(Sob Orientação do Professor Jorge Braz Torres - UFRPE)

RESUMO

No Brasil, grande diversidade de herbívoros ocorrem no agroecossistema algodoeiro, com várias atingindo densidades que requerem decisões de controle curativo, sendo o controle químico o mais utilizado. Diversos inimigos naturais estão associados a esses herbívoros e contribuem para o manejo integrado de pragas (MIP). Assim, é preconizado no MIP algodoeiro, o uso de inseticidas seletivos; porém, pouco é demonstrado o resultado da ação dos inimigos naturais preservados. O impacto da recomendação de inseticidas para o controle de pragas do algodoeiro sobre a ação de inimigos naturais foi estudado empregando presas sentinelas, em campo, e a sobrevivência de quatro predadores chave representando diferentes hábitos alimentar e grupos de presas atacadas (*Chrysoperla externa*, *Eriopis connexa*, *Orius insidiosus* e *Podisus nigrispinus*), expostos aos resíduos secos de inseticidas seletivos e não seletivos usados em campo. A mortalidade das presas sentinelas foi superior nos tratamentos com inseticida seletivo comparado ao não seletivo e, na maioria dos casos, similar ao tratamento sem pulverização. Áreas tratadas com inseticidas não seletivos, além da baixa ação de inimigos naturais no momento da pulverização, também apresentaram efeito residual. A abundância de predadores foi superior (>2x) nos tratamentos sem pulverização e pulverização com inseticida seletivo, apesar das variações observadas ao longo de 15 semanas. A sobrevivência das espécies predadoras expostas

aos resíduos dos inseticidas nos intervalos de 0, 5, 10 e 15 dias após a pulverização suportam os resultados de campo. Os inseticidas seletivos pimezina, clorantóprole, piripoxifem e ciantranilprole permitiram maior sobrevivência dos predadores em relação aos não seletivos lambda-cialotrina, malationa, dimetoato e tiametoxam. Entre os não seletivos, malationa e dimetoato tiveram menor residual que tiametoxam e lambda+tiametoxam. Podemos concluir que a recomendação de inseticidas seletivos traz benefícios ao manejo de pragas do algodoeiro por preservar a comunidade de predadores que naturalmente ocorre nesse agroecossistema.

PALAVRAS-CHAVE: Inseticidas seletivos, MIP, *Gossypium hirsutum*, insetos predadores.

ACTION OF NATURAL ENEMIES ON SENTINEL PREY IN THE COTTON ECOSYSTEM AS
FUNCTION OF RECOMMENDED INSECTICIDE

by

ANDERSON VINNICIUS DE ARRUDA MACHADO

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

ABSTRACT

Cotton ecosystem in Brazil hosts an array species of herbivores. Some of these regularly reach population densities requiring curative control decisions. Nonetheless, a large diversity of natural is associated with these herbivores and brings contribution to the integrated pest management (IPM). To furnish the cotton IPM is recommended the use of selective insecticides, but few data show how this decision bring benefits relative to the action of conserved natural enemies. Thus, the impact of recommending selective and non-selective insecticides against cotton pests on the action of naturally occurring natural enemies was measured: (i) using sentinel prey set up in the field; and (ii) impact of dried residues of field recommended insecticides on survival of four key predatory insects representing different feeding habits and prey attacked (*Chrysoperla externa*, *Eriopis connexa*, *Orius insidiosus* and *Podisus nigrispinus*). The mortality of the sentinel prey itens was higher in the field under selective recommendation relative to the non-selective, and most of time, similar to the untreated fields. Further, non-selective insecticides maintained the impact between spray decisions depending on the insecticide recommended and time between sprays. Seasonal abundance of predatory insects from cotton plants was >2x greater in the fields under selective and non-spray decisions, despite the variation observed across the 15 weeks surveyed. The survival of assayed predators exposed to the dried insecticide residues

within the intervals 0, 5, 10 and 15 days after spray supports the field outcome. The selective insecticides pymetrozin, chlorantraniliprole, pyriproxyfen and cyantraniliprole promoted greater predator survival relative to the non-selectives lambda-cyhalothrin, malathion, dimethoate and thiamethoxam. In general, among the non-selective insecticides, malathion and dimethoate exhibited shorter residual compared to the thiamethoxam and lambda+thiamethoxam. Therefore, we can conclude that the recommendation of selective insecticides brings benefits for cotton IPM by conserving the action of the natural enemy community in the local.

KEY WORDS: Biological control, selective insecticide, IPM, *Gossypium hirsutum*, predatory insects.

AÇÃO DE INIMIGOS NATURAIS EM PRESAS SENTINELAS NO AGROECOSSISTEMA
ALGODOEIRO EM FUNÇÃO DO INSETICIDA RECOMENDADO

Por

ANDERSON VINNICIUS DE ARRUDA MACHADO

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

RECIFE - PE

Fevereiro – 2019

AÇÃO DE INIMIGOS NATURAIS EM PRESAS SENTINELAS NO AGROECOSSISTEMA
ALGODOEIRO EM FUNÇÃO DO INSETICIDA RECOMENDADO

Por

ANDERSON VINNICIUS DE ARRUDA MACHADO

Comitê de Orientação:

Jorge Braz Torres – UFRPE

Christian Sherley Araújo da Silva Torres – UFRPE

AÇÃO DE INIMIGOS NATURAIS EM PRESAS SENTINELAS NO AGROECOSSISTEMA
ALGODOEIRO EM FUNÇÃO DO INSETICIDA RECOMENDADO

por

ANDERSON VINNICIUS DE ARRUDA MACHADO

Orientadores: _____
Jorge Braz Torres – UFRPE

Examinadores: _____
Paulo Roberto Ramos Barbosa – IF Goiano

Christian Sherley Araújo da Silva-Torres - UFRPE

DEDICO

A meus pais, Claudemar Dantas Machado e Marineide Guedes de Arruda, pela base proporcionada e pela luta diária para me tornar o que sou hoje, e a minha esposa Rebeca Alves, a grande mulher e companheira da minha caminhada.

AGRADECIMENTOS

Ao Todo Poderoso Deus, que com Sua graça e misericórdia, me conduziu ao longo desse projeto.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), e ao Programa de Pós-graduação em Entomologia Agrícola (PPGEA) que proporcionaram as condições para o andamento do projeto.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo auxílio financeiro e suporte deste trabalho.

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE) pela bolsa concedida em parte do curso.

Ao meu pai, Claudemar Machado que me ensinou as nuances da vida.

À minha mãe, Marineide Guedes, que lutou, batalhou e me deu todo amor do mundo para ser o homem que sou hoje.

À minha esposa Rebeka Costa, pelo amor e companheirismo, caminhando comigo lado a lado pelos caminhos que Deus nos proporciona.

Ao meu orientador Jorge Braz Torres (UFRPE) pela confiança, ensinamentos, paciência e pelos exemplos de dedicação e profissionalismo.

Aos Professores do PPGEA pelos conhecimentos e experiências compartilhadas no decorrer do curso.

Ao Professor Jacques Delabie pela identificação das formigas coletadas em campo.

Ao Senhor Hermógenes pelo auxílio, companhia e contos sob o Sol de Frei Miguelinho.

Ao pessoal do Laboratório de Fisiologia de Insetos, em especial Aline, Andrezo, Cristiane e Valeska, pela cessão interminável de ovos de curuquerê e pelos *Podisus*, que permitiram a condução desse trabalho.

Aos amigos do Laboratório de Controle biológico, Alessandra, Alice, Antônio, Augusto, Denner, Deividy, Luziani, Paulo e Rogério pela amizade, pelas conversas, pelos cafés, pelos bolos, pelos biscoitos, pelos pães com mortadela e pelos momentos de descontração no laboratório.

Ao Professor Jorge, Denner e Antônio pela companhia, histórias e intermináveis modas de viola nas idas e vindas para o campo.

Ao futuro professor Paulo, por sanar minhas dúvidas e me auxiliar na escrita do trabalho.

À Luziani Bestete, pelo companheirismo e auxílio na criação do bicho-lixeiro.

À Alessandra Guedes, Alice, Deividy e Roger pelo companheirismo e ajuda na criação das joaninhas.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para que eu chegasse até aqui, meus sinceros agradecimentos!

SUMÁRIO

| | Páginas |
|---|---------|
| AGRADECIMENTOS | ix |
| CAPÍTULOS | |
| 1 INTRODUÇÃO | 1 |
| Relevância do estudo..... | 8 |
| LITERATURA CITADA | 10 |
| 2 AÇÃO DE INIMIGOS NATURAIS NO AGROECOSSISTEMA ALGODOEIRO MEDIDA ATRAVÉS DE PRESAS SENTINELAS EM FUNÇÃO DO INSETICIDA RECOMENDADO | 15 |
| RESUMO | 16 |
| ABSTRACT | 17 |
| INTRODUÇÃO | 18 |
| MATERIAL E MÉTODOS | 21 |
| RESULTADOS..... | 29 |
| DISCUSSÃO..... | 35 |
| AGRADECIMENTOS..... | 42 |
| LITERATURA CITADA..... | 42 |
| 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 60 |

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

O cultivo de algodão (*Gossypium hirsutum* L., Malvaceae) está entre as principais atividades do agronegócio brasileiro, refletindo na produção mundial, onde o Brasil encontra-se entre os cinco maiores produtores, ao lado de países como Índia, China, Estados Unidos e Paquistão (ABRAPA 2018). Na safra 2017/2018, a produção chegou a 5 milhões de toneladas de algodão em caroço, com produtividade média de 4.267 Kg/ha. Segundo a CONAB, para a atual safra (2018/2019), há uma estimativa de crescimento de 25,3% da área plantada comparada à safra anterior, projetando-se em aproximadamente 1.472,1 mil hectares. A expectativa é uma produtividade média de 4.096 kg/ha, atingindo 6,0 milhões de toneladas de algodão em caroço, um aumento aproximado de 20% na produção. (CONAB 2018).

No Brasil, as maiores produtividades de algodão são observadas nas áreas de Cerrado dos estados de Mato Grosso, Bahia, Mato Grosso do Sul e Goiás (CONAB 2018). Nestes estados, o cultivo é bastante tecnificado, enquanto nas áreas do Semiárido dos estados do Nordeste, incluindo Pernambuco, o cultivo é realizado por pequenos produtores, grande parte em consórcio com outras culturas utilizando mão-de-obra familiar, com baixa utilização de tecnologias (Barros & Torres 2010). Segundo Kohel (1974), quando comparada às culturas alimentícias como o milho, soja, feijão, etc., o algodoeiro é considerado uma planta com baixa exigência hídrica e, por isso representa uma opção de cultivo em regiões semiáridas ao redor do mundo. A produção nestas pequenas propriedades possui grande retorno econômico e social, devido aos baixos investimentos e fornecimento de matéria prima para a indústria local. Além disso, o cultivo do algodão demanda grande quantidade de mão-de-obra, gerando emprego e renda para a agricultura em pequena escala nas regiões semiáridas e, conseqüentemente, contribui para fixação da população no meio rural.

Cultivado em áreas com baixa precipitação, a renda gerada pelo algodoeiro não se restringe à fibra comercializada, mas também ao caroço, que corresponde a 65% do que é produzido, utilizado para diferentes fins, incluindo a alimentação animal (Buainain & Batalha 2007). Embora seja uma exigência legal, a maioria dos produtores no semiárido não realiza a destruição dos restos culturais, que são aproveitados para pastejo do gado. Como consequência, tem-se a manutenção de pragas, dentre elas a principal praga da cultura no Brasil, o bicudo-do-algodoeiro, *Anthonomus grandis* Boh. (Coleoptera: Curculionidae) (Barros & Torres 2010, Neves *et al.* 2010).

Apesar de toda a importância sócio-econômica, a expansão do cultivo de algodão no Brasil é limitada por várias razões logística, financeira e também pela dificuldade de controle satisfatório de pragas. A fenologia do algodoeiro é considerada longa, comparada às demais culturas anuais, podendo as cultivares serem classificadas em precoce (cerca de 130 dias), médio (140-160 dias) e tardio (acima de 170 dias) (Fuzatto 1999). Essa “longa” permanência no campo favorece a incidência de várias espécies de pragas em função das diferentes fases de seu desenvolvimento, o que demanda várias pulverizações durante o ciclo da cultura. Como exemplo, apenas contra o bicudo-do-algodoeiro, praga que geralmente coloniza a lavoura a partir da produção de botões florais (~30 dias após a emergência das plantas) até o encerramento da produção desses (~120 dias), mas que há relatos de colonização precoce na fase vegetativa da planta (Azambuja & Degrande 2015), o número de pulverizações pode variar entre 15 e 25 aplicações em uma safra, como ocorreu para algumas regiões no estado de Mato Grosso na safra 2014/2015 (Miranda & Rodrigues 2015). Se considerando desde a implantação da lavoura até a colheita, o número médio de pulverizações por safra visando o controle de pragas do algodoeiro varia de 17 a 25 (Bélot *et al.* 2016). Este elevado número de aplicações acaba onerando os custos de produção, como ocorreu na safra 2015/2016 cujas as perdas, somadas aos custos de controle apenas do bicudo-do-

algodoeiro (amostragem, aquisição de produto e aplicação), atingiram em média de US\$ 360/ha (Bélot *et al.* 2016).

No Brasil, além do bicudo-do-algodoeiro, são citadas cerca de 250 espécies de insetos e ácaros no agroecossistema algodoeiro (Silva *et al.* 1968, Sujii *et al.* 2006), apresentando diferentes estratégias de alimentação e, conseqüentemente, injúrias as partes vegetativas e reprodutivas da planta. Resumidamente, destacam-se aquelas espécies sugadoras de ocorrência predominantemente na fase inicial da cultura, como os pulgões [*Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae)] e mosca-branca [*Bemisia tabaci* Gennadius (Hemiptera: Aleyrodidae)], e os tripses [*Thrips tabaci* Lindeman e *Frankliniella* sp. (Thysanoptera: Thripidae)], embora possam infestar as plantas durante todo o seu desenvolvimento. Posteriormente, durante o pleno desenvolvimento vegetativo predomina os insetos e ácaros desfolhadores como o complexo de lagartas desfolhadoras [*Alabama argillaceae* Hübner, *Chrysodeixis includens* Walker, *Spodoptera* spp. (Lepidoptera: Noctuidae)] e os ácaros rajado [*Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae)] e o ácaro branco [*Polyphagotarsonemus latus* Banks (Acari: Tarsonemidae)], bem como nas fases de produção das estruturas reprodutivas [*Chloridea* (= *Heliothis*) *virescens* F.; *Helicoverpa* spp. e *Spodoptera* spp. (Lepidoptera: Noctuidae)], e por fim aquelas associadas principalmente as estruturas reprodutivas que iniciam as infestações na fase de produção de botões florais e maçãs como o bicudo-do-algodoeiro [*Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae)], a lagarta-rosada [*Pectinophora gossypiella* Saunders (Lepidoptera: Gelechiidae)] e os percevejos [*Dysdercus* spp. (Hemiptera: Pyrrhocoridae), *Atarsocoris* spp. (Hemiptera: Cydnidae), *Euschistus heros* F., *Nezara viridula* L. e etc.] (Silvie *et al.* 2013, Torres *et al.* 2015, Bélot *et al.* 2016).

Sabe-se que a produção do algodoeiro, apesar de todo avanço tecnológico, depende do manejo sustentável de pragas no agroecossistema (Ramalho 1994, Fitt 2000, Wu & Guo 2005,

Naranjo 2009). Contudo, as pulverizações com inseticidas são realizadas com produtos de alta toxicidade e largo espectro de ação visando o controle de maior número possível de espécies pragas. Isto acontece porque diferentes espécies de pragas podem infestar a cultura simultaneamente, ou mesmo, apenas uma espécie, mas de alto potencial de risco como aquelas que atacam as estruturas reprodutivas, somado à baixa disponibilidade de inseticidas seletivos. Essas pulverizações são reconhecidas, por diversos autores, como uma das principais causas de desequilíbrio biológico no agroecossistema algodoeiro, provocando fenômenos como ressurgência, surto de pragas (que normalmente eram secundárias), e seleção de populações resistentes (Eveleens *et al.* 1973, Busoli 1991, Campos *et al.* 1986, Degrande *et al.* 2003.). Além disso, inseticidas não seletivos podem ocasionar a diminuição na população de inimigos naturais e no seu potencial de recolonização (Stern *et al.* 1959, Newsom *et al.* 1976, Croft 1990).

Para minimizar tais impactos negativos, tem-se preconizado a adoção do manejo integrado de pragas (MIP). O MIP consiste na integração de práticas e métodos apropriados de controle de pragas, de modo compatível, que possibilita a manutenção das populações dos insetos-pragas abaixo do nível de dano econômico (Stern *et al.* 1959). Assim, o MIP inclui a combinação harmônica de vários métodos de controle, tais como práticas culturais, resistência varietal, controle biológico, manejo de inseticidas e controle legislativo (Santos 2001). O MIP do algodoeiro, por exemplo, acomoda basicamente todas as táticas disponíveis, do legislativo até o plantio de variedades geneticamente modificadas, resistente a lepidópteros (revisões em King *et al.* 1996, Torres *et al.* 2009, Bélot *et al.* 2016). Contudo, dos principais métodos do MIP, o controle químico e o biológico têm merecido atenção devido ao potencial antagônico da utilização simultânea dos inseticidas e dos inimigos naturais. Os inseticidas apresentam vantagens por serem relativamente econômicos, agirem de forma imediata e, na maioria dos casos, ser a única opção disponível para o agricultor quando a população da praga se aproxima do nível de dano econômico, além de trazer

consigo informações sobre resíduo e outras que os tornam de fácil aplicação (Corso *et al.* 1999). Entre as suas desvantagens, encontram-se o espectro de atuação, que inclui o efeito não desejado sobre os inimigos naturais e o meio ambiente (Corso *et al.* 1999). Dessa forma, pesquisas que buscam a integração harmônica do controle químico e biológico se mostram fundamentais para o sucesso do MIP.

O controle biológico é definido como "a ação de inimigos naturais sobre uma população de pragas, resultando em um nível populacional abaixo do que prevaleceria na ausência deste" (DeBach *et al.* 1951). Assim, é esperado que a ação dos agentes do controle biológico sobre as populações das pragas restrinja o crescimento populacional dessas, mantendo-as em níveis inferiores à condição de praga. No agroecossistema algodoeiro, bem como em outros agroecossistemas, a presença de agentes de controle biológico (predadores, parasitoides e patógenos) é indispensável para o controle de pragas ou, ao menos, na supressão de suas populações. No MIP do algodoeiro, os inimigos naturais desempenham papel reconhecidamente importante, em especial se considerando as muitas espécies de predadores associados às espécies pragas (Whitcomb & Bell 1964, Torres & Ruberson 2005, Bastos & Torres 2006, Thomazoni *et al.* 2014).

No Brasil, aranhas, formigas, percevejos, joaninhas, crisopídeos, tesourinhas, sirfídeos, besouros carabídeos, vespas predadoras, e etc., são citados como predadores chave de pragas do algodoeiro (Bastos & Torres 2006, Thomazoni *et al.* 2014). A conservação desses predadores pode resultar na redução da ação antrópica no agroecossistema (Degrande & Gomes 1990), o que retorna em benefícios econômicos e ecológicos para o ambiente. Logo, a conservação dos inimigos naturais é parte fundamental para o sucesso no MIP algodoeiro (Bastos & Torres 2006). Isso porque os inimigos naturais promovem aumento da competição interespecífica, diminuem os riscos da ressurgência de pragas e de surtos de pragas secundárias e, ainda, diminuem as chances de

seleção de populações de pragas resistentes aos inseticidas utilizados no manejo (Degrande *et al.* 2003). Portanto, a ação dos inimigos naturais no agroecossistema algodoeiro requer de certa forma baixos investimentos, pois eles colonizam naturalmente as lavouras infestadas pelas pragas, mas é necessário conhecimento das táticas de manejo apropriadas para a sua conservação na lavoura, de forma a retardar a necessidade de utilização de pesticidas.

O controle químico, como já exposto anteriormente, é parte essencial do MIP algodoeiro. Assim, para integrá-lo ao controle biológico é necessário conhecer as formas de seletividade e as condições de uso de um inseticida para reduzir ou, ao menos, minimizar o seu impacto sobre os inimigos naturais (Corso *et al.* 1999). Nesse contexto, a seletividade pode ser definida como a propriedade que um inseticida apresenta para controlar uma praga específica, com o menor impacto possível sobre organismos não alvos do agroecossistema. Em outras palavras, seria a propriedade de possuir baixo efeito sobre os inimigos naturais, nas mesmas condições em que a praga é controlada com sucesso (Gazzoni 1994). Assim, o emprego de inseticida seletivo minimiza o impacto negativo sobre os inimigos naturais ao mesmo tempo que controla as espécies-praga (Newsom *et al.* 1976).

Estudos de seletividade de pesticidas aplicados aos principais inimigos naturais devem ser realizados para o sucesso do MIP em culturas agrícolas. As informações obtidas poderão ser utilizadas na tomada de decisão, com relação ao produto a ser aplicado (Lima Junior *et al.* 2010). Estes estudos podem minimizam os efeitos indesejáveis, decorrentes do uso de inseticidas não apropriados no controle de pragas, uma vez que a seletividade apresenta objetivos conservacionistas dos sistemas de produção, atuando na proteção e na conservação de organismos benéficos (Degrande *et al.* 2002).

Com relação ao uso de inseticidas seletivos e a recolonização dos inimigos naturais, Fonseca *et al.* (2007) observaram que a aplicação do piretroide lambda-cialotrina (Karate Zeon®) 50 CS a

200 mL/ha na fase final do algodoeiro, reduziu imediatamente a população de inimigos naturais, com a recolonização ocorrendo 10 dias após a aplicação. No entanto, mesmo recolonizando, a população de inimigos naturais foi menor em relação ao tratamento controle devido ao impacto residual do inseticida e outros fatores, como a menor disponibilidade de presas e hospedeiros. Em outro estudo, Ruberson *et al.* (1994) determinaram que a ação dos inimigos naturais é fator chave de mortalidade para *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) em algodoeiro, sendo a mortalidade superior a 99% em lavoura sem pulverização. Isso sugere que o complexo de inimigos naturais possui capacidade de suprimir populações de pragas nesse agroecossistema. Entretanto, quando houve intensivo uso de inseticidas de largo espectro para a erradicação do bicudo-do-algodoeiro (Ruberson *et al.* 1994), não houve recolonização por algumas famílias de predadores e parasitoides observadas pelos parâmetros de taxa de predação e parasitismo sobre ovo, larva e pupa de *S. exigua*. Além desses, diversos outros exemplos relacionam a ressurgência de pragas-chave ou surto de pragas secundárias ao uso de inseticidas de largo espectro (i.e., não seletivo) no algodoeiro. Lingren *et al.* (1968) constataram surtos de *Helicoverpa zea* (Boddie) e *Heliothis virescens* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae) em Mooreville, Texas, devido ao impacto sobre predadores pela utilização de inseticidas para o controle de *Pseudaatomoscelis seriatus* (Reuter) (Hemiptera: Miridae). Também os surtos do pulgão-do-algodoeiro, *A. gossypii*, o qual é naturalmente controlado por um complexo de predadores e parasitoides, mas que são eliminados com uso de piretroides (Broza 1986, Hardin *et al.* 1995, Kidd *et al.* 1996, Kidd & Rummel 1997, Deguine *et al.* 2000, Godfrey *et al.* 2000). Da mesma forma, aplicações de inseticidas piretroide (zeta-cipermetrina) ou organofosforado (bidrin e acefato) para o controle de percevejos pentatomídeos em algodão acarretou em decréscimo significativo da população de predadores generalistas e, conseqüentemente, surtos de *H. zea* (Hagerty *et al.* 2005).

Essa questão da seletividade não é exclusiva do algodoeiro, mas do MIP de várias culturas. Por exemplo, Bueno *et al* (2011) encontraram maior produtividade na cultura da soja quando os princípios do MIP foram observados e produtos seletivos foram pulverizados apenas quando necessário. Resultados semelhantes foram observados por Slone & Burrack (2016), que encontraram maior população de inimigos naturais nas áreas de soja com MIP (tratados com flubendiamida, que é seletivamente ativo contra lepidópteros) do que em áreas com o padrão do produtor (tratado com organofosforado de largo espectro). Assim, a adoção do MIP, com o uso racional de inseticidas seletivos permite reduzir a aplicação de produtos químicos (Meissle *et al.* 2010, Tang *et al.* 2010).

Portanto, o desconhecimento ou não observância dos diferentes aspectos envolvidos na recolonização e conservação dos inimigos naturais por ocasião das pulverizações, parece ser um dos prováveis motivos para a ressurgência de pragas e surtos de pragas secundárias. Isto resulta em mais pulverizações, geralmente com inseticidas de largo espectro e, conseqüentemente, os problemas com pragas se tornam recorrentes devido à eliminação das populações de inimigos naturais. Desta forma, estudos que visam à conservação de inimigos naturais, concomitantemente às pulverizações contra pragas, são necessários para avaliação real dos efeitos dessa combinação de métodos, principalmente em culturas como o algodoeiro que abriga muitas pragas, e nem sempre o controle biológico é capaz de mantê-las abaixo do nível de controle.

Relevância do Estudo

Como visto, o ciclo do algodoeiro é considerado longo e apresenta um grande número de pragas (Silva *et al.* 1968, Sujii *et al.* 2006), com diferentes estratégias de alimentação e, conseqüentemente, injúrias as partes vegetativas e reprodutivas da planta e demandam diversas medidas de controle que oneram a produção. Citando como exemplo, para o bicudo-do-

algodoeiro, a praga-chave da cultura, foi estimado (safra 2015/2016) um gasto de aproximadamente US\$389/ha somente com o seu manejo, sem considerar as perdas em consequência da infestação. Estendendo os cálculos para a área total cultivada no Brasil, de 960 mil hectares (safra 2015/2016), as perdas e gastos com a praga podem estar em torno de US\$ 374 milhões por ano, com custos específicos para controle do bicudo de cerca de US\$ 182 milhões anuais. Além disso, o número de pulverizações na cultura do algodoeiro aumentou significativamente entre 2011 e 2013, cerca de 10-15%, e isso esteve ligado diretamente aos ataques da lagarta *H. armigera* (Hübner) e à dificuldade de controle do bicudo (Miranda 2013).

Uma alternativa para reduzir os custos e garantir maior economia é a utilização conjunta de métodos de controle de pragas resultando em menor número de aplicações de inseticidas. Isto porque o gasto com inseticidas é a variável que mais onera a produção, sem resultar em aumento de produtividade. Com custos indiretos os Estados Unidos gastaram US\$ 4,7 bilhões por conta do impacto negativo na saúde pública (intoxicações e óbitos), da resistência a inseticidas e da contaminação de águas subterrâneas. Já os custos externos somam mais de US\$ 2,1 bilhões, principalmente por danos ao ecossistema e à biodiversidade (Ghimire & Woodward 2013). O uso conjunto do controle químico e biológico pode reduzir custos e minimizar o impacto ambiental (Carvalho *et al.* 2001), o que em última instância representa o objetivo maior dos estudos de seletividade de inseticidas.

Alguns estudos demonstram a eficácia na preservação e na recolonização de inimigos naturais após a aplicação de inseticidas (Soares & Busoli 2000, Fonseca *et al.* 2007). Porém, são poucos os estudos que demonstram os benefícios da seleção de produtos específicos no MIP (Diamantino *et al.* 2014), em especial, no algodoeiro. Diante disto, este trabalho tem como demonstrar, em campo, o impacto do uso de inseticidas seletivos em contraste aos de não seletivos, sobre a ação dos inimigos naturais comumente presentes na cultura do algodoeiro,

mediante quantificação de presas sentinelas, além de avaliar o efeito direto desses inseticidas sobre predadores em testes residuais.

Literatura Citada

- ABRAPA (Associação Brasileira dos Produtores de Algodão). 2017.** Disponível em:< <http://www.abrapa.com.br/Paginas/dados/algodao-no-brasil.aspx>>, acessado em: 18/01/2018.
- Azambuja, R. & P.E. Degrande. 2015.** Biologia e Ecologia do Bicudo-do-Algodoeiro no Brasil, p. 47–59. In J.L. Bélot (Org.), O bicudo-do-algodoeiro (*Anthonomus grandis* Boh., 1843) nos cerrados brasileiros: biologia e medidas de controle. Cuiabá: Instituto Mato-Grossense do Algodão, 254p.
- Barros, E.M. & J.B. Torres. 2010.** Diagnóstico parcial do cultivo do algodão em Pernambuco. Recife, REDALGO, 6p. (Boletim Redalgo 004)
- Bastos, C.S. & J.B. Torres. 2006.** Controle biológico e o manejo integrado de pragas do algodoeiro. Campina Grande, Embrapa Algodão, 63p.
- Bélot, 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.
- Broza, M. 1986.** An aphid outbreak in cotton fields in Israel. *Phytoparasitica* 14: 81–85.
- Buainain, A.M & M.O. Batalha, 2007.** Cadeia produtiva do algodão. Brasília, IICA: MAPA/SPA, 108p.
- Bueno, A.F, M.J. Batistela, R.C.O. Freitas Bueno, J.B. França-Neto, M.A.N. Nishikawa & A. Libério Filho. 2011.** Effects of integrated pest management, biological control and prophylactic use of insecticides on the management and sustainability of soybean. *Crop Prot.* 30: 937–945.
- Busoli, A.C. 1991.** Práticas culturais, regulador de crescimento, controle químico e feromônio no manejo integrado de pragas do algodão, p. 29–52. In Degrande, P.E. (ed.), O bicudo do algodoeiro. Campo Grande, UFMS, 141p.
- Carvalho, G.A., J.R.P. Parra & G.C. Batista. 2001.** Seletividade de alguns produtos fitossanitários a duas linhagens de *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Ciê. Agrotec.* 25: 583–591.

- CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). 2017.** Acompanhamento de safra brasileira: grãos, safra 2018/2019, quarto levantamento, janeiro 2019, 126p. Disponível em:< <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras>> Acesso em: 18/01/2019.
- Corso, I.C., D.L. Gazzoni & M.E. Nery. 1999.** Efeito de doses e de refúgio sobre a seletividade de inseticidas a predadores e parasitóides de pragas de soja. *Pesqu. Agropec. Bras.* 34: 1529–1538.
- Croft, B.A. 1990.** *Arthropod biological control agents and pesticides.* New York, John Wiley & Sons, 723p.
- Debach, P., C.A. Fleschner & E.J. Dietrick. 1951.** A biological check method for evaluating the effectiveness of entomophagous insects. *J. Econ. Entomol.* 44: 763–766.
- Degrande, P.E, M.A. Oliveira & J.F Ribeiro. 2003.** Avaliação de métodos para quantificar predadores de pragas no algodoeiro. *Arq. Inst. Biol.* 70: 291–294.
- Degrande, P. & D.R.S. Gomes. 1990.** Seletividade de produtos químicos no controle de pragas. *Agrotécnica* 7: 8–13.
- Deguine, J.P., E. Gozé & F. Leclant. 2000.** The consequences of late outbreaks of the aphid *Aphis gossypii* in cotton growing in Central Africa: towards a possible method for the prevention of cotton stickiness. *Int. J. Pest Manag.* 46: 86–89.
- Diamantino, E.P., M.A. Castellani, L.C. Forti, A.A. Moreira, A.R.S. José, J.A.D. Macedo & B.S. Silva. 2014.** Selectivity of insecticides to some natural enemies in the culture of cotton. *Arq. Inst. Biol.* 81: 150–158.
- Eveleens, K.G., R. Van den Bosch & L.E. Ehler. 1973.** Secondary outbreak induction of beet armyworm by experimental insecticide applications in cotton in California. *Environ. Entomol.* 2: 497–503.
- Fitt, G.P. 2000.** An Australian approach to IPM in cotton: integrating new technologies to minimise insecticide dependence. *Crop Prot.* 19: 793–800.
- Fonseca, P.R., R. Nogueira, J. Lopes, M. Fernandes & P. E. Degrande. 2007.** Impacto de aplicação de Lambdacialotrina sobre inimigos naturais de pragas de algodoeiro e período de recolonização de predadores. *Rev. Bras. Agric.* 13: 409–412.
- Fuzatto, M.G. 1999.** Melhoramento genético do algodoeiro, p. 15–34. In E.Cia, E.C. Freire & W.J. Santos (eds.), *Cultura do algodoeiro.* Piracicaba: Potáfos, 286p.
- Gazzoni, D.L. 1994.** Pesquisa em seletividade de inseticidas no Brasil, p. 119–124. In *Simpósio de Controle Biológico 4*, Gramado. Pelotas, Embrapa-CPACT, 358p.

- Ghimire, N. & R. T. Woodward. 2013.** Under- and over-use of pesticides: An international analysis. *Ecol. Econ.* 89: 73–81.
- Godfrey, L., J.A. Rosenheim & P.B. Goodell. 2000.** Cotton aphid emerges as major pest in SJV cotton. *Calif. Agric.* 54: 26-29.
- Hagerty, A.M., A.L. Kilpatrick, S.G. Turnipseed & M.J.S.G, Sullivan. 2005.** Predaceous arthropods and lepidopteran pests on conventional, Bollgard, and Bollgard II cotton under untreated and disrupted conditions. *Environ. Entomol.* 34:105–114.
- Hardin, M.R., B. Benrey, M. Coll, W.O. Lamp, G.K. Roderick & P. Barbosa. 1995.** Arthropod pest resurgence: an overview of potential mechanisms. *Crop Prot.* 14: 3–18.
- Kidd, P.W. & D.R. Rummel. 1997.** Effect of insect predators and a pyrethroid insecticide on cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover, population density. *Southwest. Entomol.* 22: 381–393.
- Kidd, P.W., D.R. Rummel & H.G. Thorvilson. 1996.** Effect of cyhalothrin on field populations of the cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover, in the Texas High Plains. *Southwest. Entomol.* 21: 293–301.
- King, E.G., J.R. Phillips & R.J. Coleman. 1996.** Cotton insects and mites: characterization and management. Tennessee, Cotton Foundation, 1008p.
- Kohel, R.J. 1974.** Influence of certain morphological characters on yield. *Cotton Growth Rev.* 51:281–292
- Lima Júnior, I.S., R.F. Nogueira, T.F. Bertocello, E.P. Melo, R. Suekane & P.E. Degrande. 2010.** Seletividade de inseticidas sobre o complexo de predadores das pragas do algodoeiro. *Pesqu. Agropec. Trop.* 40: 347–353.
- Lingren, P.D., R.L. Ridgway & S.L. Jones. 1968.** Consumption by several common arthropod predators of eggs and larvae of two *Heliothis* species 1 that attack cotton. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 61: 613–618.
- Meissle, M., P. Mouron, T. Musa, F. Bigler, X. Pons, V.P. Vasileiadis, S. Otto, D. Antichi, J. Kiss, Z. Pálkás, Z. Dorner, R. van der Weide, J. Groten, E. Czembor, J. Adamczyk, J.-B. Thibord, B. Melander, G. Cordsen Nielsen, R.T. Poulsen, O. Zimmermann, A. Vershwele & E. Oldenburg. 2010.** Pest, pesticides use and alternative options in European maize production: current status and future prospects. *J. Appl. Entomol.* 134, 357–375.
- Miranda, J.E. & S.M.M. Rodrigues. 2015.** Uso da transgenia para o controle do bicudo-do-algodoeiro, p. 178–206. In J.L. Bélot (Org.), *O bicudo-do-algodoeiro (Anthonomus grandis Boh., 1843) nos cerrados brasileiros: biologia e medidas de controle*. Cuiabá: Instituto Mato-Grossense do Algodão, 254p.

- Miranda, J.E. 2013.** Perdas por pragas e impacto sobre o custo de produção do algodão brasileiro nas safras 2011/2012 e 2012/2013. In: IX Congresso Brasileiro do Algodão, Brasília, ABRAPA.
- Naranjo, S.E. 2009.** Impacts of Bt crops on non-target invertebrates and insecticide use patterns. CAB Rev.: Perspect. Agric. Vet. Sci. Nutr. Nat. Res. 4: 1–23.
- 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.
- Newsom, L.D., R.F. Smith & W.H. Whitcomb. 1976.** Selective pesticides and selective use of pesticides, p. 565–591. In C.B. Huffaker & P.S. Messenger (eds.), Theory and practice of biological control. New York, Academic Press, 788p.
- Ramalho, F.S. 1994.** Cotton pest management: Part 4. A Brazilian perspective. Annu. Rev. Entomol. 39: 563–578.
- Ruberson, J.R., G.A. Herzog, W.R. Lambert & W.J. Lewis. 1994.** Management of the beet armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) in cotton: role of natural enemies. Fla. Entomol. 77: 440–453.
- Santos, W.J. 2001.** Identificação, biologia, amostragem e controle das pragas do algodoeiro, p.181–226. In EMBRAPA Agropecuária Oeste & EMBRAPA Algodão. Algodão: Tecnologia de produção. Dourados, EMBRAPA Agropecuária Oeste, 296p.
- Silva, A.G.A., C.R. Gonçalves, D.M. Galvão, A.J.L. Gonçalves, J. Gomes, M. Silva & L. Simoni. 1968.** Quarto catálogo dos insetos que vivem nas plantas do Brasil. Seus parasitos e predadores. Parte 2, Tomo 1, insetos, hospedeiros e inimigos naturais. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 622p
- Silvie, P.J., D. Thomazoni, M.F. Soria, P.E. Saran & J.L. Bélot. 2013.** Pragas e seus danos em algodoeiro. Primavera do Leste, Instituto Mato-grossense do Algodão, 184p.
- Slone, J.D. & H.J. Burrack. 2016.** Integrated Pest Management Practices Reduce Insecticide Applications, Preserve Beneficial Insects, and Decrease Pesticide Residues in Flue-Cured Tobacco Production. J. Econ. Entomol. 109: 2397–2404.
- Soares, J.J., & A.C. Busoli. 2000.** Efeito de inseticidas em insetos predadores em culturas de algodão. Pesqu. Agropec. Bras. 35: 1889–1894.
- Stern, V.M., R.F. Smith, R. Bosch & N.S. Van Den & Hagen. 1959.** The integrated control concept. Hilgardia 29: 81–101.
- 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, pp. 133–154. In A. Hilbeck, D.A. Andow, and E.M.G. Fontes (eds.), Environmental risk

assessment of genetically modified organisms volume 2: methodologies for assessing Bt cotton in Brazil. CABI Publishing, Wallingford, 373p

Tang, S., G. Tang & R.A. Cheke. 2010. Optimum timing for integrated pest management: modeling rates of pesticides application and natural enemy releases. *J. Theor. Biol.* 264: 623–638.

Torres, J. B. & J.R. Ruberson. 2005. Canopy- and ground-dwelling predatory arthropods in commercial Bt and non-Bt cotton fields: Patterns and Mechanisms. *Environ. Entomol.* 34: 1242–1256.

Torres, J.B., J.R Ruberson & M. Whitehouse. 2009. Transgenic cotton for sustainable pest management, p. 45–82. In E. Lichtfouse (ed.), *Sustainable agriculture reviews: organic farming, pest control and remediation of soil pollutants*. New York, Springer, 418p.

Torres, J.B., L.M. Vivan, E.M. Barros & C.S. Bastos. 2015. Controle cultural como método de convivência com as pragas do algodoeiro, p. 117–142. In J.L. Bélot (Org.), *O bicudo-do-algodoeiro (*Anthonomus grandis* Boh., 1843) nos cerrados brasileiros: biologia e medidas de controle*. Cuiabá, MT: Instituto Mato-Grossense do Algodão, 254p.

Thomazoni, D., M.F. Soria & P.J. Silvie. 2014. Inimigos naturais em algodoeiro. Primavera do Leste, Instituto Mato-grossense do algodão, 108p.

USDA. 2016. United States Department of Agriculture. Cotton:World Markets and Trade. Foreign Agricultural Service Approved by the World Agricultural Outlook Board/USDA. Disponível em:<https://www.nass.usda.gov/Publications/Ag_Statistics/2016/Chapter02.pdf.> Acesso em: 07/2017.

Whitcomb, W. H. & K. Bell. 1964. Predaceous insects, spiders, and mites of Arkansas cotton Fields. *Agric. Exp. Sta., Univ. of Arkansas, Fayetteville, AR. Bull.* 690p.

Wu K & Guo Y. 2005. The evolution of cotton pest management practices in China. *Annu. Rev. Entomol.* 50: 31–52.

CAPÍTULO 2

AÇÃO DE INIMIGOS NATURAIS NO AGROECOSSISTEMA ALGODOEIRO MEDIDA ATRAVÉS DE PRESAS SENTINELAS EM FUNÇÃO DO INSETICIDA RECOMENDADO ¹

ANDERSON V. A. MACHADO²

²Departamento de Agronomia - Entomologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros, 52171-900, Recife, PE, Brasil.

¹Machado, A.V.A. Ação do controle biológico no agroecossistema algodoeiro medida através de presas sentinelas em função do inseticida recomendado. A ser submetido.

RESUMO – O agroecossistema algodoeiro hospeda uma ampla gama de artrópodes pragas e inimigos naturais. Assim, é preconizado no manejo das pragas o uso de inseticidas que reduzam a população das pragas e preservem a ação dos inimigos naturais. Este trabalho comparou o impacto de inseticidas considerados seletivos e não seletivos sobre a predação de presas sentinelas e a abundância de insetos predadores em campo de algodão. Paralelamente, avaliou-se o impacto residual dos inseticidas aplicados em campo, na sobrevivência de predadores chave com diferente hábito alimentar e presa atacada: *Chrysoperla externa* Hagen, *Eriopis connexa* (Germar), *Podisus nigrispinus* (Dallas) e *Orius insidiosus* (Say). A mortalidade das presas sentinelas foi superior nos tratamentos com inseticidas seletivos comparados aos não seletivos e, na maioria das vezes, similar ao tratamento sem pulverização. Pulverização com inseticidas não seletivos prolongou o impacto entre as pulverizações e variou entre esses inseticidas. De modo geral, a abundância de predadores foi 2x superior na área sem pulverização ou com inseticida seletivo. A sobrevivência das espécies predadoras expostas aos resíduos dos inseticidas em folha de algodão está de acordo com os resultados de campo. Os inseticidas recomendados como seletivos pimezotina, clorfaniliprole, piripoxifem e ciantraniliprole permitiram maior sobrevivência dos predadores, em relação aos não seletivos lambda-cialotrina, malationa, dimetoato e tiametoxam. Entre os não seletivos, malationa e dimetoato tiveram impacto residual mais curto que o tiametoxam e a mistura lambda-cialotrina+tiametoxam. Assim, concluímos que a recomendação de inseticidas seletivos traz benefícios a predação como parte do manejo de pragas do algodoeiro.

PALAVRAS-CHAVE: Controle biológico, inseticidas seletivos, *Gossypium hirsutum*, insetos predadores

ACTION OF NATURAL ENEMIES ON SENTINEL PREY IN THE COTTON ECOSYSTEM
AS FUNCTION OF INSECTICIDE RECOMMENDATION

ABSTRACT – The cotton ecosystem hosts a variety of arthropod pests and their natural enemies. Therefore, insect control in cotton ecosystem preconizes the use of insecticides offering pest control and conservation of the natural enemies. In this work, we measured the impact of recommended insecticides on the predation of sentinel preys and the abundance of predatory insects, in the field. Further, the survival of four key predatory insects of cotton ecosystem of different feeding habit and prey attacked [*Chrysoperla externa* Hagen, *Eriopis connexa* (Germar), *Podisus nigrispinus* (Dallas) and *Orius insidiosus* (Say)] was determined when exposed to the dried residues of the recommended insecticides to spray our fields. The mortality of the sentinel preys was higher in the field under selective recommendation relative to the non-selective, and most of time, similar to the untreated fields. Further, field treated with non-selective insecticides delayed the impact between sprays depending on the insecticide recommended. Seasonal abundance of predatory insects was >2x greater in the fields under selective and untreated fields compared to non-selective recommendation, despite the variation observed across the surveyed 15 weeks. The survival of assayed predators exposed to the dried insecticide residues supports the field outcome. The selective insecticides pymetrozin, chlorantraniliprole, pyriproxifen and cyantraniliprole promoted greater predator survival relative to the non-selectives lambda-cyhalothrin, malathion, dimethoate and thiamethoxam. Among the non-selective insecticides, malathion and dimethoate exhibited shorter residual time compared to the thiamethoxam and lambda-cyhalothrin+thiamethoxam. Therefore, we can conclude that the recommendation of selective insecticides brings benefits for cotton IPM.

KEY WORDS: Biological control, selective insecticide, *Gossypium hirsutum*, predatory insects

Introdução

O algodoeiro no Brasil abriga mais de 250 espécies de artrópodes herbívoros (Silva *et al.* 1968, Sujii *et al.* 2006). Em determinadas condições, de 30 a 35 dessas espécies são citadas como capazes de ocasionar perdas de produtividade, logo requerendo adoção de medidas de controle (Degrande 1998, Sujii *et al.* 2006, Bélot *et al.* 2016). Dentre os métodos de controle disponíveis no MIP algodoeiro, o controle químico com uso de inseticidas de largo espectro (i.e, não seletivos) e de alta toxicidade é o mais utilizado por controlar simultaneamente diferentes espécies (Lima Junior *et al.* 2010, Miranda 2010). Esse fato contribui para que no Brasil sejam registrados 318 produtos comerciais de 72 ingredientes ativos recomendados para o controle das pragas do algodoeiro (AGROFIT 2017). Entretanto, apenas, alguns destes produtos são reconhecidos como eficientes no controle de determinadas espécies de pragas-chave, fazendo com que sejam amplamente empregados. Dentre eles podemos ressaltar os neonicotinoides, piretroides, organofosforados e pirazóis, produtos que agrupam os principais ingredientes ativos utilizados com diferentes modos de ação sobre as pragas do algodoeiro (Crosariol Netto *et al.* 2014, AGROFIT 2017).

Os problemas associados ao uso generalizado de inseticidas não seletivos incluem a contaminação ambiental, impacto sobre os inimigos naturais e a perda de eficácia do produto após a seleção de populações de pragas resistentes. Alguns inseticidas, mesmo quando não ocasionam mortalidade do inimigo natural, podem ocasionar redução populacional desses organismos devido aos efeitos subletais na fecundidade e comportamentos como o forrageamento (Martinou & Stavrinides 2015, De Castro *et al.* 2013, Cordeiro *et al.* 2010, Fernandes *et al.* 2014). Estes efeitos resultam em atraso na recolonização do agroecossistema pelos predadores/parasitoides, consequência evidenciada após aplicação de inseticidas (Kenmore *et al.* 1984, Hagerty *et al.* 2005, Holdom *et al.* 1989, Fonseca *et al.* 2007). Contudo, as pulverizações continuam sendo um

importante componente da maioria dos programas de manejo integrado de pragas (Furlong *et al.* 2004, Zalucki *et al.* 2009), em especial no algodoeiro que abriga grande diversidade de pragas, tornando esse agroecossistema aparentemente desfavorável ao controle biológico (Wilson *et al.* 1998). Entretanto, vários inimigos naturais são importantes nessa cultura e contribuem para o retardo na aplicação de inseticidas. Portanto, é fundamental que seja avaliado o impacto que determinados inseticidas possam ter sobre os inimigos naturais e, conseqüentemente, subsidiar a seleção de alguns inseticidas em detrimento de outros.

Dependendo do hábito e forrageamento dos insetos predadores, sua dinâmica populacional nos agroecossistemas pode ser obtida mediante várias metodologias, como pelo uso de armadilhas de solo, armadilhas adesivas, pano de batida, inspeções visuais, etc. (Degrande *et al.* 2003, Torres & Ruberson 2005). Além dos predadores, também é necessário determinar a flutuação populacional das pragas como potenciais presas e, a partir dos resultados, calcular as correlações temporal e espacial entre predadores e pragas (Grant & Shepard 1985, Fok *et al.* 2014). Entretanto, a coleta de dados é laboriosa, e os resultados podem não demonstrar correlações significativas devido à assincronia na dinâmica predador-presa (Kuno 1987, Kindlmann & Dixon 2003, Wangersky & Cunningham 1957, Torres & Silva-Torres 2012). Assim, métodos alternativos de medição da ação de predadores são fundamentais para viabilizar o acompanhamento da flutuação populacional dos artrópodes e maximar a confiabilidade dos resultados de predação (Birkhofer *et al.* 2017).

Populações de predadores usualmente crescem mais tardiamente em função do incremento na população da presa, requerendo métodos estatísticos mais elaborados para realmente demonstrar as relações existentes como análise de série de dados (Turchin 1990, 2003). Além disso, a ação de predadores é difícil de ser determinada visto que a presa, muitas vezes, é totalmente consumida, diferente de outros agentes de controle biológico como parasitoides e entomopatógenos, que

deixam o sinal de ação (hospedeiros parasitados). Como alternativa, presas sentinelas vêm sendo utilizadas para medir a ação dos predadores sem ser preciso quantificar numericamente a sua população (Weber *et al.* 2009, Lövei & Ferrante 2016, Low *et al.* 2014, Howe *et al.* 2009, Sam *et al.* 2015, Greenop *et al.* 2019). Assim, o uso de presas sentinelas artificiais ou naturais, com densidade e local de exposição conhecidos, as quais são recolhidas após um período de exposição, podem auxiliar a quantificar o consumo ou sinais da ação de predadores numa determinada área (Weber *et al.* 2009, Lövei & Ferrante 2016, Low *et al.* 2014, Howe *et al.* 2009, Sam *et al.* 2015). O emprego de sinais de ação sobre essas presas como mordidas, partes sugadas, ou consumo total indicam a ação de predadores e pode até mesmo qualificar qual grupo de predadores está atuando (Howe *et al.* 2009, Lövei & Ferrante 2016, Low *et al.* 2014). Por exemplo, na cultura do café, a presença de minas perfuradas sem a presença da larva indica a ação de vespas predadoras sobre o bicho-mineiro, *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville & Perrottet) (Lepidoptera: Lyonetiidae), sendo isso contabilizado para o nível de não ação no MIP do café e levado em consideração na tomada de decisão (Fernandes *et al.* 2009).

Assim, esta pesquisa buscou, mediante o emprego de presas sentinelas, determinar a manutenção ou retorno da ação de predadores em lavouras de algodão em relação ao tempo após a aplicação de inseticidas seletivos e não seletivos. Portanto, testamos a hipótese de que a ação dos inimigos naturais será maior na área pulverizada com inseticidas considerados seletivos pela pesquisa em laboratório, o que será subsidiada pela maior abundância de predadores conservados nessas áreas. Para ratificar ou não essa hipótese, também estabelecemos um bioensaio em laboratório para avaliar a sobrevivência de predadores chave do agroecossistema expostos aos inseticidas recomendados.

Material e Métodos

Os experimentos foram conduzidos em lavoura comercial de algodão, localizada na comunidade do Algodão do Manso, município de Frei Miguelinho, PE (07° 55'09,3" S e 35° 51'45,6" O), bem como no Laboratório de Controle Biológico e Ecologia de Insetos, da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, PE.

Nos testes de campo, foi utilizada uma área cultivada com algodão desde 2013, a qual pode ser caracterizada como de baixo uso de insumos, tais como: fertilizantes químicos, pulverizações com herbicidas e inseticidas. Em 2018, nesse mesmo local, uma área de aproximadamente 18 hectares foi cultivada com a variedade transgênica IMA 5675BGIIRF (área Bt), e com área de refúgio cultivada com a variedade IMA 2106GL (não-Bt), ambas resistentes ao glifosato para facilitar o controle de plantas daninhas. A área de refúgio não-Bt foi utilizada para a realização deste estudo.

O plantio da área experimental foi conduzido com um marcador de linha e plantadeira manual, adotando espaçamento de ~80 cm entre linhas e 7 a 8 sementes por metro linear, que posteriormente foi desbastado para 5-6 plantas por metro linear. Em locais onde houve falha, procedeu-se o replantio e posterior desbaste.

Ação dos Inimigos Naturais em Função do Inseticida Recomendado. A ação da predação e parasitismo foi determinada em função da escolha do inseticida para pulverização de acordo com a espécie praga e nível de infestação. Para tanto, o experimento foi conduzido empregando delineamento em blocos ao acaso, com três tratamentos (duas modalidades de inseticidas e testemunha) e quatro blocos (repetições), em esquema fatorial (4x3) no tempo (avaliações). Os tratamentos foram representados por área pulverizada com inseticidas específicos (baixo espectro/seletivos) (i); inseticidas de largo espectro (não seletivos) (ii); e testemunha (iii) sem

pulverização inseticida (Tabela 1). Os três tratamentos compondo um bloco foram definidos através de um ponto central sendo que cada tratamento representou uma área circular de 20m de diâmetro, incluindo 20-25 linhas de algodão a partir deste ponto central (Fig. 1). Assim, os três tratamentos (áreas circulares) tiveram apenas um ponto tangente comum de borda de contato, entre as áreas, reduzindo o efeito de borda entre os tratamentos devido às pulverizações. As áreas adjacentes aos blocos e entre os blocos não foram pulverizadas, mas receberam as demais práticas agronômicas como controle de plantas daninhas, adubações, etc.

A infestação por pragas na área experimental foi monitorada semanalmente até o início do estudo sendo, então, tomada a decisão de controle com base na intensidade de infestação e espécie praga. A partir do resultado do monitoramento, a seleção do inseticida considerou a espécie praga e os inseticidas seletivos e não seletivos a serem recomendados (Tabela 1). Resumidamente, o monitoramento levou a decisões de controle aos 34 dias após a emergência (DAE) em virtude da infestação pelo pulgão-do-algodoeiro, *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) e do curuquerê-do-algodoeiro, *Alabama argillacea* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae), e aos 63, 94 e 108 DAE devido à infestação por mosca-branca, *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae). As demais pragas comuns do algodoeiro na área como cigarrinhas, ácaro vermelho, percevejos, lagarta militar e o bicudo-do-algodoeiro apresentaram baixa infestação não atingindo níveis de controle.

Para medir o impacto da pulverização sobre a ação de predadores e parasitoides (i.e., controle biológico), em função da escolha do inseticida e tempo após pulverização, foram empregadas presas/hospedeiros sentinelas expostos em campo e em diferentes intervalos de tempo após a data da pulverização. Três tipos de presas foram utilizados: ovos do curuquerê-do-algodoeiro, *A. argillacea*, pupas de *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae) e lagartas artificiais. Ovos de *A. argillacea* foram empregados devido ao fato de serem depositados

isoladamente, ser uma espécie praga comum na região e passível de ser criada em laboratório. Os ovos foram obtidos de criação do curuquerê-do-algodoeiro mantida no Laboratório de Fisiologia de Insetos da UFRPE. A criação foi realizada conforme descrita em Torres (2012), sendo os adultos mantidos em gaiolas cilíndricas de PVC forradas internamente com papel sulfite como substrato para a oviposição. Assim, pedaços do papel contendo 5-6 ovos foram recortados e utilizados no estudo como descrito a seguir. Para evitar a eclosão de lagartas, em campo, e padronizar os ovos conforme a idade, ovos com menos de 24h foram inviabilizados por meio de armazenamento a -5 °C por até cinco dias, visando o não desenvolvimento do embrião e não endurecimento do cório. A outra presa empregada foi pupa de *T. molitor*, a qual é do tipo exarada e, portanto, expostas e facilmente atacadas por formigas, vespas, e etc. Ainda, o tenébrio pode ser facilmente criado em laboratório a baixo custo, o que são características relevantes para uma presa sentinela (Lövei & Ferrante 2017). As pupas foram provenientes da criação mantida no Laboratório de Controle Biológico da UFRPE, como descrita em Torres *et al.* (2006). O terceiro tipo de presa foi constituído de uma lagarta artificial, confeccionada com massa de modelagem na coloração verde nas dimensões entre 2cm de comprimento 2-3mm de diâmetro (Howe *et al.* 2009, Lövei & Ferrante 2017).

As avaliações foram realizadas antes e após a pulverização das plantas. A avaliação antes da pulverização teve como objetivo aferir previamente a ação dos inimigos naturais, na ausência da pulverização em todas as áreas, como controle de possível diferença da ocorrência de inimigos naturais entre as áreas. Essa avaliação consistiu da exposição das presas sentinelas na área a partir do monitoramento das pragas ao atingir densidades que justificassem a pulverização. Assim, as presas foram expostas e deixadas por 48h antes da pulverização (-2 dias). Em cada repetição foram estabelecidos quatro pontos de amostragem, com três plantas por ponto, para instalação das presas sentinelas. Cada tipo de presa foi instalado em uma planta diferente para não haver

interferência, porém no mesmo metro linear de fileira de plantas, o qual teve uma estaca para identificação do local. Em cada avaliação foram utilizadas diferentes plantas. Para exposição dos ovos, utilizaram-se dois pedaços de papel com os ovos do curuquerê-do-algodoeiro e duas pupas de tenébrio por ponto, totalizando, aproximadamente 40 ovos do curuquerê-do-algodoeiro e oito pupas de tenébrio por repetição. No caso das lagartas artificiais, colocou-se uma lagarta por ponto, somando-se quatro lagartas por repetição. Os pedaços de papel contendo ovos do curuquerê-do-algodoeiro e a lagarta artificial foram colados na face inferior de diferentes folhas expandidas do topo das plantas, enquanto que as pupas de tenébrio foram fixadas na axila do pecíolo foliar com a haste principal do ponteiro da planta. A fixação das presas a planta foi realizada com cola instantânea Amazonas Profissional[®] (Quimican, Franca, São Paulo). As presas remanescentes após 48h de exposição foram recolhidas e, em seguida, realizada a pulverização. No dia da pulverização (Dia 0), aproximadamente uma hora após a aplicação, foram usados EPIs (Equipamento de Proteção Individual) para acessar as áreas tratadas e fixar novas presas conforme descrito anteriormente. O mesmo foi repetido nos dias 5 e 10 após a pulverização.

Após 48h de exposição, as presas sentinelas remanescentes foram cuidadosamente coletadas e acondicionadas em microtubos tipos Eppendorf[®] (Kasvi, Pinhais, Paraná) contendo um pequeno furo realizado nas tampas, e identificados quanto à repetição e tratamento. Em laboratório, os tubos contendo ovos e pupas sem evidência de predação, foram mantidos sob temperatura de 25°C e 12h de fotofase para monitorar a presença de parasitismo. Os pedaços de papel que não continham ovos foram observados com auxílio de estereomicroscópio binocular (10X de aumento) para averiguar os sinais de predação, sendo de predador mastigador (ovos “mordidos”), predador sugador (ovos “murchos”), apenas deformação devido à desidratação, ou ainda, completamente desaparecido por ação de chuva, vento ou outro fator desconhecido. De forma similar, as pupas de tenebrio e lagartas artificiais foram observadas quanto aos sinais de predação,

e nesse caso a quantificação da ação de predadores sobre lagartas artificiais seguiu o descrito por Low *et al.* (2014).

O número de presas consumidas ou atacadas (lagartas artificiais) foi transformado em porcentagem devido às diferenças no número final de presas avaliadas em função do desaparecimento por fatores desconhecidos. Previamente, os resultados foram transformados por $\arcsin(\sqrt{x/100})$ para atender aos pré-requisitos de normalidade e homogeneidade de variância. Em seguida, as porcentagens de predação foram submetidas à análise de variância (ANOVA) considerando o procedimento de medidas repetidas no tempo (avaliações em -2, 0, 5 e 10 dias) para cada data de pulverização separadamente (34, 63, 94 e 108 DAE), e as médias comparadas pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$), entre tratamentos, para cada intervalo avaliação.

Abundância de Predadores no Dossel Apical das Plantas. A abundância de insetos predadores (larvas, ninfas e adultos) foi quantificada de 18 de maio a 15 de agosto 2018, compreendendo 14 semanas (15 avaliações). As avaliações ocorreram em intervalos de 5 a 9 dias, as quais determinaram as decisões de controle e sempre realizadas no período da manhã entre 8 e 10h. Nas avaliações foram quantificados os predadores no terço superior das plantas, inspecionando ponteiros e as três folhas expandidas do topo de 10 plantas ao acaso por repetição, sendo os indivíduos presentes identificados a nível de espécie, ou coletados para posterior identificação. Para fins de comparação entre os tratamentos com inseticida seletivo, não seletivo e testemunha sem pulverização, os resultados são apresentados como predadores totais, visto que o interesse é demonstrar o impacto dos inseticidas aplicados sobre a ação da comunidade de predadores.

A contagem em 10 plantas foi reduzida a um valor médio da abundância de predadores por planta por repetição para fins de análise, sendo ilustrada em função do tempo e tratamentos para representar a abundância relativa de insetos predadores ao longo do desenvolvimento das plantas (datas de avaliação), em função da aplicação dos inseticidas (tratamentos). Os dados foram

submetidos à análise de variância empregando o procedimento de medidas repetidas no tempo (avaliações) através do Proc GLM do SAS (SAS Institute 2002) para comparação entre tratamentos no tempo, enquanto a comparação das médias dos tratamentos em cada avaliação foi realizada pelo teste de Tukey HSD, ambos considerando significância ao nível de 5% de probabilidade. Apesar de cada valor por repetição representar a média de 10 plantas, os dados foram transformados por $\log(x+1)$ para atender aos pré-requisitos da análise de variância. Contudo, as médias originais são apresentadas nos gráficos para melhor interpretação dos resultados.

Toxicidade Residual. Além do experimento de campo, estudos foram conduzidos para averiguar o efeito residual da pulverização sobre inimigos naturais chave em condições de laboratório.

Para a confirmar ou não o efeito residual dos inseticidas utilizados como seletivos e não seletivos sobre inimigos naturais, testes em laboratório foram realizados empregando quatro espécies de predadores de ocorrência comum em algodoeiro e com reconhecido histórico de suscetibilidade: *Eriopis connexa* (Germar) (Coleoptera: Coccinellidae), bicho-lixeiro, *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) e os percevejos predadores, *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Hemiptera: Pentatomidae) e *Orius insidiosus* (Say) (Hemiptera: Anthocoridae). Estes predadores representam diferentes hábitos alimentares e utilizam diferentes tipos de presas presentes no agroecossistema do algodão.

A exposição e contaminação consistiram no confinamento desses predadores sobre resíduo seco dos inseticidas em folhas de algodão tratados há diferentes intervalos. Para tanto, plantas de algodão da variedade não-Bt IMA 2106GL foram cultivadas em microparcels representadas por manilhas de cimento de 1m de diâmetro por 60cm de altura, preenchidas com solo. As microparcels encontravam-se no interior de telados de 10 m x 6 m (comprimento x largura) e cobertura em arco de 2,2 x 3,8 (menor e maior alturas), fechados lateralmente com tela antiafídica

e cobertos com filme agrícola. As plantas de algodão com idade variando de 50 a 85 DAE foram pulverizadas com auxílio de pulverizador manual de 1,5 L até ao ponto de escorrimento de acordo com o respectivo tratamento. Após a pulverização, as plantas no telado permaneceram protegidas contra precipitação ou orvalho durante todo o período do estudo.

Os predadores foram expostos ao resíduo seco de oito inseticidas de diferentes classes (Tabela 1), nas dosagens recomendadas para aplicação em campo. O efeito residual dos inseticidas foi quantificado tanto no dia da aplicação (dia 0), como nos intervalos de 5, 10 e 15 dias após a aplicação. Nos respectivos intervalos, previamente definidos para a avaliação (0, 5, 10 e 15 dias após a pulverização), folhas expandidas do topo das plantas foram coletadas e encaminhadas ao laboratório, onde discos foliares de ~10cm de diâmetro foram obtidos e acondicionados em placas de Petri de vidro de 12cm de diâmetro e 1,2cm de altura. Sobre os discos de folhas foram ofertados ovos de *Anagasta kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) para os predadores *O. insidiosus*, *C. externa* e *E. connexa* e, ao passo que *P. nigrispinus* receberam pupas de tenébrio como alimento durante o período de exposição.

Quanto à procedência, adultos da joaninha *E. connexa* foram obtidos da 78ª geração da população suscetível, mantida no laboratório de Controle Biológico da UFRPE, sendo criada de acordo com Rodrigues *et al.* (2013). Larvas de *C. externa* também foram obtidas da criação mantida no mesmo laboratório, onde são criadas conforme descrito por Luna *et al.* (2018). Esta população encontrava-se na 13ª geração em laboratório. Os adultos de *O. insidiosus* foram adquiridos de insetário comercial (PROMIP Agentes de Controle Biológico, Engenheiro Coelho – SP), os quais foram acondicionados em recipientes de vidro de 600 mL contendo papel toalha amassado, algodão umedecido e inflorescências de picão-preto (*Bidens pilosa* L.), como substrato de oviposição, sendo alimentados com ovos de *A. kuehniella*. Após 48h mantidos no laboratório, os adultos foram empregados nos estudos e a oviposição obtida dos adultos remanescentes foi

utilizada para iniciar uma criação própria. A cada dois dias, as inflorescências eram retiradas e acondicionadas em potes semelhantes aos dos adultos. Após quatro dias de incubação, tendo iniciado a eclosão de ninfas, era dispensado papel toalha no interior dos recipientes, ovos de *A. kuehniella* e trípes como presa. Por fim, a criação do predador *P. nigrispinus* foi adaptada de Torres *et al* (2006). Os adultos foram obtidos da criação mantido no Laboratório de Fisiologia de Insetos (UFRPE), onde são criados em gaiolas cilíndricas de PVC (20x15 cm) com papel toalha e alimentados com larvas e pupas de *T. molitor*. A gaiola foi revestida internamente com papel contínuo como substrato para oviposição, sendo este substituído a cada dois dias e as posturas acondicionadas em placas de Petri (12x1,2cm) com algodão umedecido. Após atingir o segundo instar, as ninfas eram transferidas para potes de plástico (500 mL) contendo larvas de *T. molitor* para alimentação e algodão umedecido como fonte de hidratação. Ao atingirem a fase adulta, os percevejos eram utilizados no experimento ou transferidos para as gaiolas de criação.

O experimento seguiu um delineamento inteiramente casualizado considerando predadores e inseticidas em esquema fatorial no tempo (avaliações residuais). Devido à logística, cada espécie de predador foi estudada separadamente. Para cada espécie de predador e data de avaliação foram utilizados de 30 a 35 indivíduos, dependendo da facilidade de obtenção da espécie na idade ideal para o estudo. Os predadores *Orius*, *Eriopsis* e *Podisus* foram expostos na fase adulta entre 5 e 10 dias de idade, enquanto *Chrysoperla* foi exposta na fase de larva com 7-8 dias de idade. Os predadores foram confinados por 48h em placas de Petri contendo discos foliares de algodão contaminados com resíduo dos. De acordo com Tillman & Mulrooney (2000), este período de exposição é suficiente para observar a toxicidade de inseticidas sintéticos que não são reguladores de crescimento sobre inimigos naturais. Após o confinamento os predadores, as placas de Petri com os predadores foram mantidas em laboratório sob temperatura de 25 ± 2 °C, 12 horas de fotofase e umidade relativa ambiente.

A partir dos dados de mortalidade foram calculadas as porcentagens de sobrevivência, pois para o controle biológico a contribuição é realizada pelos indivíduos sobreviventes. Em seguida, as porcentagens de sobrevivência para cada espécie de predador foram submetidas aos testes de normalidade (Shapiro-Wilk) e homogeneidade de variância (Bartlett), sendo transformadas em $\arcsin(\sqrt{x/100})$ para atender os pré-requisitos da análise de variância (ANOVA). Os dados foram submetidos à ANOVA em esquema fatorial duplo tratamento e residual (8 x 4; sendo 7 inseticidas e testemunha como tratamentos e 4 intervalos após pulverização como efeito residual). Em seguida, foi empregado o teste de Tukey HSD (“High Significance Difference”) para comparação das médias dos tratamentos (inseticidas e testemunha) em cada intervalo de tempo, bem como dos intervalos após pulverização para cada tratamento. Para tanto, a probabilidade de significância 5% foi corrigida a depender do número de médias sendo comparadas ($\alpha = 0,05/n$), onde “n” representa o número de médias em comparação. Esta correção foi adotada em virtude do número de tratamentos ser variável em cada intervalo de tempo (0 a 15 dias), pois quando se obtinha resultado de sobrevivência $\geq 90\%$, o tratamento não foi mantido nas avaliações subsequentes.

Resultados

Ação dos Inimigos Naturais em Função do Inseticida Recomendado. As pragas que atingiram o nível de controle e exigiram intervenção foram o pulgão-do-algodoeiro, *A. gossypii*, o curuquerê-do-algodoeiro, *A. argillacea* e a mosca-branca, *B. tabacci* (Tabela 1). Além dessas, constatou-se infestação de cigarrinhas *Agallia* sp. e *Empoasca* sp. (Hemiptera: Cicadellidae), percevejos *Gargaphia torresi* Lima (Hemiptera: Tingidae), *Nezara viridula* (L.) (Hemiptera: Pentatomidae) e *Niesthrea* sp. (Hemiptera: Rhopalidae), lagarta *Spodoptera eridania* (Cramer) (Lepidoptera: Noctuidae), vaquinha *Diabrotica speciosa* (Germar) (Coleoptera: Chrysomelidae),

cochonilha *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Hemiptera: Pseudococcidae), porém abaixo do nível de controle.

A ação de predadores e parasitoides (i.e., controle biológico) antes de iniciar as pulverizações foi similar em todos os tratamentos para ovos de Lepidoptera e pupas de tenébrio (Figs. 2 e 3). Entretanto, após a primeira pulverização, a ação dos agentes de controle biológico nos tratamentos com inseticidas foi reduzida significativa, sendo acentuada no tratamento não seletivo (tiametoxam+clorpirifós), onde apenas, 8,7% dos ovos foram predados, seguido pelo tratamento seletivo (pimetrozina + clorantraniliprole) com 24,7% de ovos predados, enquanto no tratamento sem pulverização 71,8% dos ovos foram predados ou parasitados (Fig. 2A). Em relação ao efeito residual dessa primeira pulverização, a ação de inimigos naturais sobre ovos de Lepidoptera aos cinco e 10 dias após a pulverização foi similar entre os tratamentos seletivos e sem pulverização, os quais proporcionaram maior predação que o tratamento não seletivo (Fig. 2A). Ressalta-se ainda que apenas durante esta primeira pulverização realizada aos 34 DAE, por ocasião da infestação pelo curuquerê-do-algodoeiro, ovos sentinela foram parasitados por *Trichogramma* sp., resultando em 8,1% de parasitismo nos tratamentos sem pulverização ou pulverizados com inseticida seletivo (pimetrozina).

Na segunda pulverização (63 DAE), a predação de ovos no tratamento não seletivo foi inferior em todas as datas de avaliação relativo aos tratamentos seletivo e testemunha (Fig. 2B). Na avaliação aos 10 dias após pulverização, a predação de ovos diferiu entre os três tratamentos, sendo 97,4%, 84,9% e 64,47% na testemunha, inseticida seletivo e não seletivo, respectivamente. Seguindo o mesmo padrão, a predação de ovos foi próxima ou superior a 80% e similar entre testemunha e inseticida seletivo (Fig. 2C) na terceira avaliação, aos 94 DAE. Por outro lado, no tratamento não seletivo menor predação de ovos foi quantificada na primeira avaliação (6,8%),

enquanto se notou uma recuperação da ação de inimigos naturais aos 5 e 10 dias após a pulverização, resultando em 45% e 70,6% de ovos predados respectivamente.

Na quarta e última pulverização da safra (108 DAE), mesmo na avaliação prévia à pulverização, a taxa de predação de ovos no tratamento não seletivo foi inferior aos demais tratamentos (Fig. 2D). Menor predação de ovos no tratamento não seletivo se manteve nas avaliações subsequentes em relação aos tratamentos testemunha e inseticida seletivo. Contudo, na avaliação realizada 5 dias após a pulverização, também foi observada menor predação de ovos no tratamento seletivo comparado à testemunha (68,5% versus 90,9%).

A predação de pupas de *T. molitor* foi determinada através de resíduos do exoesqueleto no local e observação direta da ação de formigas predadoras, as quais foram identificadas como *Crematogaster victima* Fr. Smith, *Solenopsis globularia* (Fr. Smith) e *Odontomachus bauri* Emery (Hymenoptera: Formicidae). Tal identificação está registrada sob o número de tombamento #5830 na Coleção do Laboratório de Mirmecologia da Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC). Na primeira avaliação, aos 34 DAE, as pupas remanescentes trazidas ao laboratório deram origem a adultos de tenébrio ou ressecaram. No dia 0, apenas 31,2% das pupas foram predadas no tratamento não seletivo, em contraste com a testemunha e tratamento seletivo, que resultaram em 76,7% e 68,7% de pupas predadas, respectivamente (Fig. 3A). Em relação ao efeito residual, não houve diferença entre os tratamentos inseticidas no dia 5 após pulverização, embora no dia 10 após pulverização foi quantificada menor predação no tratamento não seletivo, seguido de tratamento seletivo, sendo este igual à testemunha.

A predação de pupas aos 63 DAE foi numericamente inferior na avaliação prévia (-2 dias) no tratamento não seletivo (56,2%), em comparação à testemunha e ao tratamento seletivo (78,1% e 81,2%) (Fig. 3B). No dia da pulverização (Dia 0), o tratamento inseticida seletivo e testemunha apresentaram similar predação de pupas (71,9% e 81,2%). Aos cinco dias após pulverização foi

observado menor predação de pupas, em ambos os tratamentos com inseticidas. Aos 10 dias após a pulverização, a predação foi similar entre a testemunha e tratamento seletivo e superior ao tratamento não seletivo. A predação de pupas também foi inferior no tratamento não seletivo no dia da pulverização e 10 dias após a pulverização (Fig. 3C). Nesta avaliação, não foi possível obter pupas de tenébrio em idade adequada para a avaliação aos 5 dias após a pulverização.

Na última avaliação de pulverização (108 DAE) a predação de pupas foi reduzida significativamente nos tratamentos não seletivo e seletivo no dia da pulverização (Fig. 3D). Contudo, nas avaliações realizadas 5 e 10 dias após a pulverização não houve diferença na predação de pupas entre os tratamentos inseticida seletivo e testemunha e ambos foram superiores ao tratamento não seletivo que apresentou apenas 18,7%, 15,6% e 18,7% de pupas predadas nos dias 0, 5 e 10 dias após a pulverização, respectivamente.

Quanto à recolonização das plantas pelos predadores no tratamento inseticida não seletivo, observada pelo aumento na predação de ovos e pupas após o período residual de 5 e 10 dias, essa foi maior após as pulverizações em plantas mais jovens (34, 63 e 94 DAE). Por outro lado, nas plantas mais velhas (108 DAE), a predação de ovos e pupas continuou baixa, mesmo após o período residual de 10 dias após aplicação de inseticida não seletivo (Figs. 2 e 3).

Um total de 760 lagartas artificiais foram expostas em campo ao longo das quatro pulverizações (34, 63, 94 e 108 DAE). Sobre estas, apenas 0,004% apresentaram algum sinal de ataque de predador nas avaliações (-2, 0, 5 e 10 dias após pulverização). A predação ocorreu em locais aleatórios, independente do tratamento adotado. Esse tipo de presa sentinela busca medir principalmente a ação de predadores vertebrados de insetos como pássaros, répteis e roedores, os quais não foram observados na área do estudo.

Abundância de Predadores no Dossel Apical das Plantas. Ao final do experimento foi contabilizado um total de 1837 espécimes de insetos predadores e aranhas (larvas, ninfas e

adultos) no dossel apical das plantas, sendo que 38,3%, 42,1% e 19,6% desses encontravam-se nos tratamentos testemunha, seletivo e não seletivo, respectivamente. Sete grupos de predadores foram encontrados (formigas, aranhas, joaninhas, crisopídeos, percevejos, tesourinhas e carabídeos), sendo 94,8% representado por formigas, aranhas e joaninhas.

A abundância de predadores foi variável em função das avaliações realizadas ao longo do tempo ($F_{14, 84} = 4,92$; $P < 0,0001$), bem como se mostrou significativa entre tratamentos ($F_{2, 6} = 16,83$; $P = 0,0035$). Contudo, nem todas as avaliações ao longo do tempo demonstraram diferença na abundância dos predadores. Menores abundâncias foram observadas no tratamento não seletivo nas quatro avaliações subsequentes às pulverizações (i.e., semanas seguintes: 14 e 27 de Junho, 25 de Julho e 8 de Agosto, Fig. 4A), bem como em várias avaliações entre as pulverizações, e nas duas semanas após a última pulverização não seletiva. Também houve uma queda na abundância de predadores após a segunda pulverização, nos tratamentos testemunha e seletivo. Entretanto, a média da abundância de predadores por planta, considerando todas as avaliações, foi similar entre os tratamentos testemunha e seletivo, e superiores ao tratameto não seletivo ($F_{2, 177} = 18,32$; $P < 0,0001$), correspondendo a 2,04 e 2,15 vezes a abundância nos tratamentos testemunha e inseticida seletivo comparado ao tratamento inseticida não seletivo, respetivamente (Fig. 4B).

Toxicidade Residual. A análise fatorial dos efeitos principais de tratamento inseticida e tempo após pulverização, bem como da interação desses fatores resultou em alta significância para todos os fatores testados. Este resultado advém do fato que o impacto dos inseticidas estudados na sobrevivência dos predadores variou em cada intervalo de avaliação, bem como ocorreu redução deste impacto ao longo do período de 0 a 15 dias após pulverização (Tabela 2). Os inseticidas pimetozina, clorantraniliprole e piriproxifem proporcionaram sobrevivência acima de 90% para todos os predadores testados, com exceção de *O. insidiosus* exposto a pimetozina que exibiu 44,2%, 50% e 90,5% de sobrevivência nos dias 0, 5 e 10 após a pulverização (Tabela 3). O

confinamento dos predadores sobre resíduos dos inseticidas do grupo dos organofosforados (dimetoato e malationa) resultou em 0% de sobrevivência no dia da pulverização; porém, observou-se significativa redução do impacto residual dessas moléculas sobre os predadores que apresentaram sobrevivência acima de 50% até 93,3% já aos 5 dias após a pulverização. Entretanto, para *O. insidiosus* e dimetoato, houve uma interação negativa com 69,4 e 76,6% de sobrevivência aos 5 e 10 dias após pulverização, sendo que os demais predadores exibiram sobrevivência acima de 90% já aos 5 dias após a pulverização (Tabela 3).

O inseticida tiametoxam não permitiu sobrevivência (i.e., 0%) de *C. externa*, *O. insidiosus* e *P. nigrispinus* no dia da pulverização e apenas 6,1% de sobrevivência de *E. connexa*. De fato, sobrevivência acima de 90% com tiametoxam para *E. connexa*, *C. externa* e *P. nigrispinus* foi observada somente aos 10 dias após a pulverização, e para *O. insidiosus* somente aos 15 dias após pulverização (Tabela 3). Semelhantemente, efeito residual prolongado foi observado para a mistura lambda-cialotrina+tiametoxam, em que apenas larvas de *C. externa* apresentaram sobrevivência $\geq 90\%$ aos 15 dias após pulverização, tendo os demais predadores apresentado sobrevivência inferior a 90%, ainda aos 15 dias após a pulverização (Tabela 3).

Interessantemente, o inseticida ciantraniliprole apesar de proporcionar sobrevivência dos quatro predadores variando de 36,7 a 56,7% no dia da pulverização, não proporcionou sobrevivência $>90\%$ como os demais inseticidas considerados seletivos. Ainda, aos 15 dias após a pulverização variou de 73,3 a 86,7% entre os quatro predadores estudados (Tabela 3).

Relativo à resposta individual das espécies de predadores estudadas, e considerando uma sobrevivência acima de 90% como satisfatória, de modo geral os inseticidas piriproxifem, clorantraniliprole e pimetrozina foram seguros já no dia da pulverização; malationa e dimetoato aos 5 dias após a pulverização; e tiametoxam aos 10 dias após a pulverização. Por outro lado, a mistura lambda-cialotrina+tiametoxam e ciantraniliprole, mantiveram algum efeito sobre a

sobrevivência mesmo aos 15 dias após a pulverização.

Discussão

De modo geral, os resultados obtidos em campo ratificam a importância da seletividade na recomendação de inseticidas, visando à conservação de inimigos naturais para o MIP algodoeiro. A recomendação de inseticidas com menor espectro de ação (i.e. específicos/seletivos), permite que os inimigos naturais presentes no agroecossistema continuem atuando sobre as presas disponíveis, como as pragas não controladas, representadas neste estudo pelas presas sentinelas: ovos do curuquerê-do-algodoeiro e pupas de tenébrio. Contudo, mesmo adotando inseticidas específicos, pode ocorrer redução da ação de inimigos naturais mais especializados devido à escassez de suas presas após a pulverização. Nesses casos, a população de predadores é reduzida em alguma extensão, em comparação a predadores mais generalistas que podem utilizar diferentes tipos de presas. Fato este que, mesmo recomendando inseticidas específicos, ocorrerá diferença na ação de controle entre áreas pulverizadas com inseticida seletivo e áreas sem pulverização, a depender do tipo de presa e predadores presentes na lavoura. Isto ficou evidente durante a primeira tomada de decisão de pulverização em que os alvos dos inseticidas foram pulgões e lagartas do curuquerê e, provavelmente, ainda nesse momento não havia uma diversidade de presas disponíveis na lavoura para sustentar os predadores presentes. Por outro lado, nas recomendações subsequentes é notória a semelhança da ação sobre as presas sentinelas entre área com pulverização seletiva e testemunha, uma vez que na maioria das avaliações a predação é superior à área com pulverização não seletiva.

Além do impacto no momento e no período avaliado após a pulverização com inseticida não seletivo, observa-se o efeito residual sobre os inimigos naturais entre as pulverizações. Isto pôde ser constatado na menor predação sobre as presas sentinelas na avaliação prévia (- 2 dias) para as

decisões subsequentes. Contudo, o impacto na comunidade entre as pulverizações não se mostra consistente tanto para inseticidas seletivos como não seletivos. Este resultado de efeito residual dependerá do inseticida usado previamente, da comunidade de predadores presente, do tempo entre as pulverizações, das condições ambientais como temperatura, umidade relativa e precipitação que propiciam a degradação do resíduo do produto, bem como afetando a atividade dos predadores no local. Portanto, apesar de ser observado menor impacto da pulverização com inseticida seletivo na ação dos predadores sobre as presas sentinelas, não se espera uma ação constante devido a esses fatores poderem afetar a interação predador-presa. Isso foi observado, por exemplo, para a interação entre ciantraniliprole e os predadores. Este inseticida é considerado fisiologicamente seletivo, mas manteve um efeito residual longo sobre a comunidade de predadores avaliados, provavelmente pelo fato de as plantas tratadas não terem sido expostas à chuva ou orvalho durante o estudo, que contribuem para a menor degradação do produto.

A conservação dos predadores, neste estudo, advém da seletividade fisiológica propiciada pela diferença de suscetibilidade ao ingrediente ativo (pimetrozina, piriproxifem, ciantraniliprole e clorantraniliprole) entre o inimigo natural e a praga (Winteringham 1969, Croft 1990). Nesse caso, vários fatores contribuem para essa seletividade fisiológica, tais como formulação, dose, persistência e o modo de ação dos produtos usados, bem como sexo, idade, tamanho do corpo e histórico de exposição da população do inimigo natural avaliado. Poucos trabalhos mostram, em campo, essa comparação entre inseticida seletivo e não seletivo e seus impactos sobre os insetos benéficos. Por exemplo, o uso dos reguladores de crescimento buprofenzím e piriproxifem tem contribuído para o sucesso do manejo da mosca-branca, *B. tabaci*, em algodoeiro (Naranjo *et al.* 2004). Por outro lado, inseticidas não seletivos como o tiametoxam, usado também neste estudo para o controle de sugadores e outras pragas, quando usado em algodoeiro por Czepak *et al.* (2005), provocou 25,1% de redução dos inimigos naturais no sétimo dia após a pulverização em

comparação à avaliação prévia. Em outro estudo, o piretroide deltametrina, semelhante à lambda-cialtorina, ocasionou redução de cinco vezes na população de predadores em algodoeiro comparando antes e após a aplicação (Hamburg & Guest 1997), os quais auxiliavam na regulação de populações de *Helicoverpa armigera* (Hübner). Fernandes *et al.* (2016), também observaram redução na densidade de inimigos naturais no cultivo do tomateiro logo após a pulverização com organofosforados e piretroides (ambos considerados não seletivos), com efeito significativo até 21 dias após a pulverização. Macfadyen & Zalucki (2012) observaram que o inseticida deltametrina causou redução significativa na abundância de invertebrados nas parcelas tratadas em cultivo de soja, não havendo recuperação para os níveis pré-tratamento, mesmo após 20 dias da pulverização.

O papel de inseticidas seletivos é amplamente discutido com a finalidade de conservar agentes de controle biológico (Hassan *et al.* 1985, Ruberson *et al.* 1999, Tillman & Mulrooney 2000, Bueno *et al.* 2017, Torres & Bueno 2018). Segundo esses últimos autores, a função dos inseticidas seletivos em programas de MIP vai além da simples conservação dos inimigos naturais. Entre os benefícios, espera-se contribuir para contornar um dos grandes desafios da agricultura moderna que é o manejo da resistência de insetos pragas a inseticidas. Isto está relacionado ao fato que a conservação dos inimigos naturais, independente da espécie, mantém a sua atuação sobre pragas remanescentes da pulverização realizada, bem como de outras pragas não alvo da pulverização, mas presentes no agroecossistema, as quais podem estar sendo selecionadas para produzir futuras populações resistentes.

Em laboratório, a seletividade fisiológica também pode ser quantificada por meio dos efeitos indiretos sobre a história de vida e comportamento de inimigos naturais (De Clercq *et al.* 1995, Chen & Liu 2002, Rezaei *et al.* 2007, Barbosa *et al.* 2017a). Assim, além da escassez de presa como discutido anteriormente, efeitos indiretos como redução do potencial reprodutivo e

repelência de inimigos naturais podem ocorrer e ser a causa de menor contribuição desses sobre o controle de pragas. Porém, a ação dos inimigos naturais presentes em nosso estudo de campo parece não ter sido afetada corroborando os resultados de Naranjo *et al.* (2004). Esses autores constataram a manutenção da densidade de inimigos naturais em campos pulverizados com inseticidas reguladores de crescimento (seletivo) em comparação com os inseticidas não-seletivos acefato, endosulfan e fenpropatrina.

Um ponto a ser ressaltado é que, o uso de presa sentinela para avaliar a predação em função da recomendação inseticida em campo, pode ser considerado um método que representa o impacto numérico da ação dos inimigos naturais sobre determinadas espécies ou tipos de presas (Kneib & Scheele 2000, Birkhofer *et al.* 2017). O uso de presas sentinelas para quantificar e qualificar predação e parasitismo já foi abordado com sucesso em outros trabalhos (Atanassov *et al.* 2003, Geiger *et al.* 2010, Winqvist *et al.* 2011), mas não no contexto de avaliação comparativa de recomendação de inseticidas simultaneamente. Outros métodos, como por exemplo, o pano de batida, podem usualmente superestimar o resultado, visto que a presença de qualquer artrópode na lavoura não necessariamente significa que haja atuação na redução populacional das espécies-praga, pois, mesmo estando presente na lavoura tratada, o predador pode não estar se alimentando da presa devido aos efeitos indiretos da aplicação do inseticida (Degrande *et al.* 2002, Czepak *et al.* 2005).

Com relação às lagartas artificiais usadas neste estudo, não foi observada ação significativa de sinais de predação nas áreas sem pulverização e pulverização com inseticidas seletivo ou não seletivo. Usualmente, a predação sobre este tipo de presa é realizada por vertebrados como pássaros, répteis, roedores e artrópodes como vespas, etc. Fato que, a ação de predadores sobre presas artificiais é variável devido a falta de pistas químicas como rastros (Mackauer *et al.* 1996), feromônios (Hansen 1983), voláteis orgânicos liberados pelas plantas (Takabayashi & Dicke

1996) e falta de atração visual (Michaud & Mackauer 1994). No entanto, Sam *et al.* (2015) não observaram diferença na predação ou marca de predação diárias quando comparando lagartas vivas e artificiais. Além disso, Howe *et al.* (2015), não observaram diferenças em marcas de predação sobre lagartas artificiais expostas em algodoeiro tratado e não tratado com inseticida, que variaram de 1,96 a 4,1% por dia.

Para os testes de contato de predadores com resíduo seco dos inseticidas pulverizados em campo, os resultados obtidos confirmam o menor impacto dos inseticidas considerados seletivos (Crosariol Neto *et al.* 2014, Barros *et al.* 2018). Contudo, algumas exceções foram observadas, como a pimetozina para *O. insidiosus* e o ciantraniliprole para todos os predadores. O ciantraniliprole produziu um resultado interessante porque apesar do longo período residual, a sobrevivência de todos os predadores a ele expostos foi acima de 36,7% desde a avaliação no dia da aplicação.

O ciantraniliprole, considerado como um inseticida de baixo risco, causou redução na sobrevivência dos predadores estudados, resultado que vem sendo observado para outros inimigos naturais (Beers *et al.* 2016, Amarasekare *et al.* 2016, Mills *et al.* 2016). Ciantraniliprole atua nos receptores de rianodina nas células musculares dos insetos, causando uma liberação descontrolada de íons de cálcio das reservas internas, levando a paralisia muscular e morte, podendo atuar de forma sistêmica ou de contato (Selby *et al.* 2013). Entretanto, dentre as diamidas, o clorantraniliprole e as flubendiamidas têm espectros de ação mais restritos e são recomendados para o controle de lepidópteros, enquanto o ciantraniliprole, é um produto mais recente e tem um espectro de ação mais amplo, sendo efetivo não apenas contra lepidópteros, mas também a vários besouros (Coleoptera), mosca-branca (Hemiptera), mosca-minadora (Diptera) e tripes (Thysanoptera) (Selby *et al.* 2013, Barry *et al.* 2015). Portanto, percebe-se, pelo modo de ação, a

dificuldade de se atingir a seletividade fisiológica do produto em relação aos inimigos naturais, visto que todos os insetos apresentam células musculares passíveis de atuação desta molécula.

Confirmando o baixo impacto sobre a ação de controle em campo, o piriproxifem foi seletivo permitindo alta sobrevivência a todos os predadores. No entanto, vale salientar que, com exceção de *C. externa*, os demais predadores foram expostos na fase adulta. Piriproxifem atua como análogo do hormônio juvenil tendo como atividade inseticida a supressão da embriogênese, metamorfose e formação de adultos (Itaya 1987, Koehler & Patterson 1991, Ishaaya & Horowitz 1995). Outros estudos também mostraram a seletividade de piriproxifem a adultos de inimigos naturais como *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae) e *Leptomastix dactylopii* Howard (Hymenoptera: Encyrtidae) (Cloyd & Dickinson 2006), *Orius* spp. (Delbeke *et al.* 1997, Nagai 1990) e larva de *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae) (Medina *et al.* 2003). Apesar dessa seletividade, efeitos adversos sobre a reprodução ou subletais podem ocorrer (Moscardini *et al.* 2013, Ono *et al.* 2017, Rimoldi *et al.* 2017, Barbosa *et al.* 2018).

Pimetrozina e clorantroprole também se mostraram seletivos aos predadores testados em laboratório, o que reforça a característica de baixo impacto a diversos inimigos naturais em diferentes fases de desenvolvimento e vias de exposição ao produto (Torres *et al.* 2003a, Jansen *et al.* 2011, Rezaei *et al.* 2007, Moscardini *et al.* 2013, Barros *et al.* 2018). Entretanto, a pimetrozina não se mostrou totalmente inócua a *O. insidiosus*, no dia da pulverização, corroborando com Barros *et al.* (2018). Esses autores observaram que a pimetrozina proporcionou alta sobrevivência de vários predadores e parasitoides, mas não para *O. insidiosus*, que apresentou 26,4 e 5,0% de sobrevivência na menor e maior dosagem recomendada, respectivamente. O modo de ação da pimetrozina possivelmente explica a seletividade desse produto aos agentes de controle biológico, pois interfere no sistema nervoso, regulando o comportamento alimentar do herbívoro após ingerir o composto inseticida, deixando de se alimentar e morrendo por inanição após alguns dias

(Kristinsson 1994). Assim, a baixa sobrevivência de *O. insidiosus* pode ser explicada pelo hábito alimentar zoofitófago, com o inseto possivelmente ingerindo o produto ao se alimentar das folhas do algodoeiro (semelhante em Gontijo *et al.* 2015). Contudo, *P. nigrispinus*, outro predador zoofitófago, não foi afetado pela pimetozina, talvez pela sua maior massa corporal e/ou quantidade do produto ingerida (Bueno *et al.* 2017).

Os inseticidas não seletivos aos inimigos naturais aqui estudados (malationa, dimetoado, tiametoxam e lambda-cialotrina) são assim classificados por serem neurotóxicos, ou seja, atuam no sistema nervoso dos insetos e contaminam o alvo por contato independente do hábito alimentar, estágio de vida, ou gênero (Bloomquist 1996, Yu 2014). Logo, esperava-se uma baixíssima sobrevivência dos inimigos naturais nos primeiros dias de avaliação, corroborando os resultados de campo com redução da ação do controle biológico sobre as presas sentinelas. Contudo, vale salientar que os organofosforados malationa e dimetoato, apesar da alta toxicidade, são degradados rapidamente, promovendo baixo efeito residual para os predadores estudados aos 5 dias após aplicação. Diversos estudos já mostraram o impacto direto de inseticidas organofosforados sobre os mesmos inimigos naturais (Elzen 2001, Moura *et al.* 2013, Iannacone *et al.* 2015, Barros *et al.* 2018). Por outro lado, estudos apontam os organofosforados sem efeito residual sobre predadores, possivelmente devido à degradação das estruturas moleculares desses inseticidas sob influência das condições climáticas (Ware *et al.* 1972, Nörnberg *et al.* 2011).

De modo similar, os neonicotinoides em formulação simples e em mistura comercial com piretroide foram altamente tóxicos aos inimigos naturais, além de apresentarem longo efeito residual. Isso ocorre devido ao tiametoxam ser um neurotóxico, atuando mais precisamente nos receptores nicotínicos da acetilcolina, podendo contaminar o inseto por atividade de contato e/ou estomacal (Maienfisch *et al.* 2001), logo tiametoxam tem sido considerado não seletivo para vários inimigos naturais, conforme demonstrado neste estudo e em outros trabalhos (Torres *et al.*

2002, Torres *et al.* 2003, Torres *et al.* 2003, Zotti *et al.* 2010, Barros *et al.* 2018). Além disso, o tiametoxam apresenta atividade sistêmica e residual prolongada contra insetos sugadores e predadores zoofitófagos o que possivelmente explica sua toxicidade a *O. insidiosus* (Maienfisch *et al.* 2001, Torres *et al.* 2003, Torres & Ruberson 2004). Entretanto, vale salientar, que o uso do tiametoxam em formulação granulada pode resultar em seletividade ecológica, pois por ser um produto sistêmico, poderá causar apenas mortalidade dos insetos sugadores.

Resumidamente, o impacto de inseticidas não seletivos sobre a fauna benéfica do agroecossistema algodoeiro inviabiliza a utilização conjunta e harmoniosa do controle químico e biológico, ressaltando-se a sua não utilização dentro de programas de MIP. Assim, conclui-se que a recomendação criteriosa de inseticidas com base na infestação da espécie praga e a seletividade do produto, traz benefícios para a conservação da ação do controle biológico para o MIP do algodoeiro.

Agradecimentos

Ao Dr. Jacques Hubert Charles Delabie (UESC/CEPLAC) pela identificação das formigas. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo suporte parcial desta pesquisa mediante a bolsa de Mestrado ao primeiro autor e a Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) através do projeto APQ-0168-5.01/15.

Literatura Citada

AGROFIT (Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários) 2017. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons!/ap_ingrediente_ativo_rep_cons>. Acessado em: 20/07/2017

Amarasekare, K.G, P.W. Shearer & N.J. Mills. 2016. Testing the selectivity of pesticide effects on natural enemies in laboratory bioassays. *Biol. Control* 102: 7–16.

- Atanassov, A., P.W. Shearer & G.C. Hamilton. 2003.** Peach pest management programs impact beneficial fauna abundance and *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae) egg parasitism and predation. *Environ. Entomol.* 32: 780–788.
- Bacci, L., F. Fernandes, M. Picanço, A. Crespo & M. Campos. 2009.** Seletividade fisiológica de inseticidas a vespas predadoras (Hymenoptera: Vespidae) de *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae). *BioAssay* 1: 1–10.
- Barbosa, P.R.R., J.P. Michaud, C. Bain & J.B. Torres. 2017a.** Toxicity of three aphicides to the generalist predators *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) and *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae). *Ecotoxicology.* 26: 589–599.
- Barbosa, P.R.R., M.D. Oliveira, E.M. Barros, J.P. Michaud & J.B. Torres. 2018.** Differential impacts of six insecticides on a mealybug and its coccinellid predator. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 147: 963–971.
- Barros, E.M., C.S.A. Silva-Torres, J.B. Torres & G.G. Rolim. 2018.** Short-term toxicity of insecticides residues to key predators and parasitoids for pest management in cotton. *Phytoparasitica.* 46: 391–404.
- Barry, J.D., H.E. Portillo, I.B. Annan, R.A. Cameron, D.G. Clagg, R.F. Dietrich, L.J. Watson, R.M. Leighty, D.L. Ryan, J.A. McMillan & R.S. Swain. 2015.** Movement of cyantraniliprole in plants after foliar applications and its impact on the control of sucking and chewing insects. *Pest Manag. Sci.* 71: 395–403.
- Beers, E. H., N.J. Mills, P.W. Shearer, D.R. Horton, E.R. Milickzy, K.G. Amarasekare & L.M. Gontijo. 2016.** Nontarget effects of orchard pesticides on natural enemies: Lessons from the field and laboratory. *Biol. Control* 102: 44–52.
- Bélot, 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.
- Birkhofer, K., H. Bylund, P. Dalin, O. Ferlian, V. Gagic, P.A. Hambäck & J.A. Stenberg. 2017.** Methods to identify the prey of invertebrate predators in terrestrial field studies. *Ecol. Evol.* 7: 1942–1953.
- Bloomquist, J.R. 1996.** Ion channel as targets for insecticides. *Annu. Rev. Entomol.* 41: 163–190.
- Bueno, A.D.F., G.A. Carvalho, A.C.D. Santos, D.R. Sosa-Gómez & D.M.D. Silva. 2017.** Pesticide selectivity to natural enemies: challenges and constraints for research and field recommendation. *Cienc. Rural.* 47: e20160829.
- Carvalho, G.A., D. Bezerra, B. Souza & C.F. Carvalho. 2003.** Effects of insecticides used on cotton crop on *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae). *Neotrop. Entomol.* 32: 699–706.

- Castro, A.A., A.S. Corrêa, J.C. Legaspi, R.N.C. Guedes, J.E. Serrão & J.C. Zanuncio. 2013.** Survival and behavior of the insecticide-exposed predators *Podisus nigrispinus* and *Supputius cincticeps* (Heteroptera: Pentatomidae). *Chemosphere* 93: 1043–1050.
- Chen, T.Y. & T.X. Liu. 2002.** Susceptibility of immature stages of *Chrysoperla rufilabris* (Neurop., Chrysopidae) to pyriproxyfen, a juvenile hormone analog. *J. Appl. Entomol.* 126: 125–129.
- Cloyd, R.A & A. Dickinson. 2006.** Effect of insecticides on mealybug destroyer (Coleoptera: Coccinellidae) and parasitoid *Leptomastix dactylopii* (Hymenoptera: Encyrtidae), natural enemies of citrus mealybug (Homoptera: Pseudococcidae). *J. Econ. Entomol.* 99: 1596–1604.
- Cordeiro, E.M.G., A.S. Corrêa, M. Venzon, & R.N.C. Guedes. 2010.** Insecticide survival and behavioral avoidance in the lacewings *Chrysoperla externa* and *Ceraeochrysa cubana*. *Chemosphere* 81: 1352–1357.
- Croft, B.A. 1990.** Arthropod biological control agents and pesticides. New York, John Wiley & Sons, 723p.
- Crosariol Netto, J., P.E. Degrande & E.P. Melo. 2014.** Seletividade de inseticidas e acaricidas aos inimigos naturais na cultura do algodão. Cuiabá, IMAmt, 4p. (Circular Técnica 14).
- Czepak, C., P.M. Fernandes, K. Cordeiro Albernaz, O. Daroszewski Rodrigues, L. Martins Silva, E. Alves da Silva & J. Divino Borges. 2005.** Seletividade de inseticidas ao complexo de inimigos naturais na cultura do algodão (*Gossypium hirsutum* L.). *Pesqu. Agropec. Trop.* 35: 123–127.
- Declercq, P., A. Decock, L. Tirry, E. Vinuela & D. Degheele. 1995.** Toxicity of diflubenzuron and pyriproxyfen to the predatory bug *Podisus maculiventris*. *Entomol. Exp. Appl.* 74: 17–22.
- Degrande, P.E. 1998.** Guia prático de controle das pragas do algodoeiro. Dourados, UFMS, 60p.
- Degrande, P. E., P.R. Reis, G.A. Carvalho & L.C. Belarmino. 2002.** Metodologia para avaliar o impacto de pesticidas sobre inimigos naturais. p. 75–81 In J. R. P. Parra, P. S. M. Botelho, B. S. Corrêa-Ferreira & J. M. S. Bento. (Ed.). *Controle Biológico no Brasil: Parasitóides e predadores*. Manole, São Paulo, 635p.
- Degrande, P.E., M.D. Oliveira, J.F. Ribeiro, R. Barros, R.F. Nogueira, A.L.L. Rodrigues & M.G. Fernandes. 2003.** Avaliação de métodos para quantificar predadores de pragas do algodoeiro. *Arq. Inst. Biol.* 70: 291–294.
- Delbeke, F.P., Vercruyse, L. Tirry, P. De Clercq & D. Degheele. 1997.** Toxicity of diflubenzuron, pyriproxyfen, imidacloprid and diafenthiuron to the predatory bug *Orius laevigatus* (Het.: Anthocoridae). *Entomophaga* 42: 349–358

- Elzen, G.W. 2001.** Lethal and Sublethal Effects of Insecticide Residues on *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae) and *Geocoris punctipes* (Hemiptera: Lygaeidae). *J. Econ. Entomol.* 94: 55–59.
- Fernandes, F.L., E.C. Mantovani, H.B. Neto & V.D.V. Nunes. 2009.** Efeitos de variáveis ambientais, irrigação e vespas predadoras sobre *Leucoptera coffeella* (Guérin-Ménéville) (Lepidoptera: Lyonetiidae) no cafeeiro. *Neotrop. Entomol.* 38: 410–417.
- Fernandes, F.L., P.R Silva, J.E.R. Gorri, L.F. Pucci & Í.W. Silva. 2014.** Selectivity of old and new insecticides and behaviour of Vespidae predators in coffee crop. *Sociobiology* 60: 471–476.
- Fonseca, P.R., R. Nogueira, J. Lopes, M. Fernandes & P.E. Degrande. 2007.** Impacto de aplicação de lambdacialotrina sobre inimigos naturais de pragas de algodoeiro e período de recolonização de predadores. *Rev. Bras. Agric.* 13: 409–412.
- Fok, E.J., J.D. Petersen, & B.A. Nault. 2014.** Relationships between insect predator populations and their prey, *Thrips tabaci*, in onion fields grown in large-scale and small-scale cropping systems. *BioControl* 59: 739–748.
- Furlong, M.J., Z.H. Shi, Y.Q. Liu, S.J. Guo, Y.B. Lu, S.S. Liu & M.P. Zalucki. 2004.** Experimental analysis of the influence of pest management practice on the efficacy of an endemic arthropod natural enemy complex of the diamondback moth. *J. Econ. Entomol.* 97: 1814–1827.
- Geiger, F., J. Bengtsson, F. Berendse, W. Weisser, M. Emmerson, M.B. Morales & P. Inchaust. 2010.** Persistent negative effects of pesticides on biodiversity and biological control potential on European farmland. *Basic Appl. Ecol.* 11: 97–105.
- Gontijo, P.C., V.F. Moscardini, J.P. Michaud & G.A. Carvalho. 2015.** Non-target effects of two sunflower seed treatments on *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae). *Pest Manag. Sci.* 71: 515–522.
- Grant, J.F., & M. Shepard. 1985.** Techniques for evaluating predators for control of insect pests. *J. Agric. Entomol.* 2: 99–116.
- Greenop, A., A. Cecelja, B.A. Woodcock, A. Wilby, S.M. Cook & F. Pywell. 2019.** Two common invertebrate predators show varying predation responses to different types of sentinel prey. *J. Appl. Entomol.* DOI.ORG/10.1111/jen.12612
- Guedes, R.N.C., J.O.G. De Lima & J.C. Zanuncio. 1992.** Seletividade dos inseticidas deltametrina, fenvalerato e fenitrotiom para *Podisus connexivus* Bergroth, 1891 (Heteroptera: Pentatomidae). *An. Soc. Entomol. Brasil* 21: 339–346.

- Hagerty, A.M., A.L. Kilpatrick, S.G. Turnipseed & M.J.S.G. Sullivan. 2005.** Predaceous arthropods and lepidopteran pests on conventional, Bollgard, and Bollgard II cotton under untreated and disrupted conditions. *Environ. Entomol.* 34:105–114.
- Hansen, K. 1983.** Reception of bark beetle pheromone in the predaceous clerid beetle, *Thanasimus formicarius* (Coleoptera: Cleridae). *J. Comp. Physiol.* 150: 371–378.
- Hassan, S.A., F. Bigler, P. Blaisinger, H. Bogenschütz, J. Brun, P. Chiverton & S.I. Firth. 1985.** Standard methods to test the side-effects of pesticides on natural enemies of insects and mites developed by the IOBC/WPRS Working Group ‘Pesticides and Beneficial Organisms’. *EPPO Bull.* 15: 214–255.
- Holdom, D.G., P.S. Taylor, R.J. Mackay-Wood, M.E. Ramos & R.S. Soper. 1989.** Field studies on rice planthoppers (Horn., Delphacidae) and their natural enemies in Indonesia. *J. Appl. Entomol.* 107: 118–129.
- Howe, A., G.L. Lövei & G. Nachman. 2009.** Dummy caterpillars as a simple method to assess predation rates on invertebrates in a tropical agroecosystem. *Entomol. Exp. Appl.* 131: 325–329.
- Iannacone, J., L. Alvariano, M.I. La Torre, A. Guabloche, K. Ventura, J. Chero & D. MacDonald. 2015.** Acute and chronic toxicity of *Tagetes elliptica* (Asteraceae) and dimethoate on predators and parasitoids of agricultural pests of importance in Peru. *Biologist* 13: 329–347.
- Ishaaya, I. & A.R. Horowitz. 1995.** Pyriproxyfen, a novel insect growth regulator for controlling whiteflies: mechanisms and resistance management. *Pestic. Sci.* 43: 227–232.
- Itaya, N. 1987.** Insect juvenile hormone analogue as an insect growth regulator. *Sumitomo Pyrethroid World.* 8: 2–4.
- Jansen, J.P., T. Defrance T. & A.M. Warnier. 2011.** Side effects of flonicamide and pymetrozine on five aphid natural enemy species. *BioControl* 56: 759–770.
- Kenmore, P.E., C.A. Perez, V.A. Dyck, & A.P. Gutierrez. 1984.** Population regulation of the rice brown planthopper (*Nilaparvata lugens* Stål) within rice fields in the Philippines. *J. Pl. Prot.* 1: 19–37.
- Kim, S.Y., H.G. Ahn, P.J. Ha, U.T. Lim & J.H. Lee. 2018.** Toxicities of 26 pesticides against 10 biological control species. *J. Asia Pacific Entomol.* 21: 1–8.
- Kindlmann, P. & A.F.G. Dixon. 2003.** Insect predator–prey dynamics and the biological control of aphids by ladybirds, p. 118–124. In *First international symposium on biological control of arthropods*. Honolulu, USDA Forest Service, 573p.

- Kneib, R.T. & C.E.H. Scheele. 2000.** Does tethering of mobile prey measure relative predation potential? An empirical test using mummichogs and grass shrimp. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 198: 181–190.
- Koehler, P.G. & R.J. Patterson. 1991.** Incorporation of pyriproxyfen in a German cockroach (Dictyoptera: Blattellidae) management program. *J. Econ. Entomol.* 84: 917–21.
- Kristinsson, H. 1994.** Pymetrozine: a new insecticide, p. 85–102. In G.G. Briggs (eds.), *Advances in the chemistry of insect control III*. Cambridge, Royal Society of Chemistry, 250p.
- Kuno, E. 1987.** Principles of predator–prey interaction in theoretical, experimental, and natural population systems. *Adv. Ecol. Res.* 16: 249–337.
- Lima Júnior, L.S., R.F. Nogueira, T.F. Bertencello, E.P. de Melo, R. Suekane & P.E. Degrande. 2010.** Seletividade de inseticidas sobre o complexo de predadores das pragas do algodoeiro. *Pesqu. Agropec. Trop.* 40: 347–353.
- Lövei, G. L. & M. Ferrante. 2017.** A review of the sentinel prey method as a way of quantifying invertebrate predation under field conditions. *Insect Sci.* 24: 528–542.
- Low, P.A., K. Sam, C. McArthur, M.R.C. Posa & D.F. Hochuli. 2014.** Determining predator identity from attack marks left in model caterpillars: guidelines for best practice. *Entomol. Exp. Appl.* 152: 120–126.
- Luna, R.F., L.R. Bestete, J.B. Torres & C.S.A. Silva-Torres. 2018.** Predation and behavioral changes in the neotropical lacewing *Chrysoperla externa* (Hagen)(Neuroptera: Chrysopidae) exposed to lambda-cyhalothrin. *Ecotoxicology* 27: 689–702.
- Macfadyen, S. & M.P. Zalucki. 2012.** Assessing the short-term impact of an insecticide (Deltamethrin) on predator and herbivore abundance in soybean *Glycine max* using a replicated small-plot field experiment. *Insect Sci.* 19: 112–120.
- Mackauer, M., J.P. Michaud & W. Völkl. 1996.** Invitation paper: CP Alexander Fund: Host choice by aphidiid parasitoids (Hymenoptera: Aphidiidae): host recognition, host quality, and host value. *Can. Entomol.* 128: 959–980.
- Maienfisch, P., H. Huerlimann, A. Rindlisbacher, L. Gsell, H. Dettwiler, J. Haettenschwiler & M. Walti. 2001.** The discovery of thiamethoxam: a second-generation neonicotinoid. *Pest Manag. Sci.* 57: 165–176.
- Martinou, A.F. & M.C. Stavrinos. 2015.** Effects of sublethal concentrations of insecticides on the functional response of two Mirid generalist predators. *PloS One* 10: e0144413.
- Medina, P., G. Smaghe, F. Budia, L. Tirry & E. Vinuela. 2003.** Toxicity and absorption of azadirachtin, diflubenzuron, pyriproxyfen, and tebufenozide after topical application in

predatory larvae of *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). Environ. Entomol. 32: 196–203.

Mills, N.J., E.H. Beers, P.W. Shearer, T.R. Unruh & K.G. Amarasekare. 2016. Comparative analysis of pesticide effects on natural enemies in western orchards: a synthesis of laboratory bioassay data. Biol. Control 102: 17–25.

Miranda, J.E. 2010. Manejo integrado de pragas do algodoeiro no Cerrado Brasileiro. Campina Grande, Embrapa Algodão, 37p. (Circular Técnica 131).

Moscardini, V.F., P.C. Gontijo, G.A. Carvalho, R.L. Oliveira, J.B. Maia & F.F. Silva. 2013. Toxicity and sublethal effects of seven insecticides to eggs of the flower bug *Orius insidiosus* (Say) (Hemiptera: Anthocoridae). Chemosphere 92: 490–496.

Moura, A.P., G.A. Carvalho, V.F. Moscardini, O. Lasmar, D.T. Rezende & C.M. Marques. 2010. Selectivity of pesticides used in integrated apple production to the lacewing, *Chrysoperla externa*. J. Insect Sci. 10: 1–20.

Nagai, K. 1990. Effects of a juvenile hormone mimic material, 4-phenoxyphenyl (RS)-2-(2-pyridyloxy) propyl ether, on *Thrips palmi* Karny (Thysanoptera: Thripidae) and its predator *Orius* sp. (Hemiptera: Anthocoridae). Appl. Entomol. Zool. 25: 199–204.

Naranjo, S.E., P.C. Ellsworth & J.R. Hagler. 2004. Conservation of natural enemies in cotton: role of insect growth regulators in management of *Bemisia tabaci*. Biol. Control 30: 52–72.

Nörnberg, S.D., A.D. Grützmacher, A. Kovaleski, J.A. Finatto & M.D.F. Paschoal. 2011. Persistência de agrotóxicos utilizados na produção integrada de maçã a *Trichogramma pretiosum*. Ciênc. Agrotec. 35: 305–313.

Ono, E.K., O.Z. Zanardi, K.F.A. Santos & P.T. Yamamoto. 2017. Susceptibility of *Ceraeochrysa cubana* larvae and adults to six insect growth-regulator insecticides. Chemosphere 168: 49–57.

Rezaei, M., K. Talebi, V.H. Naveh & A. Kavousi. 2007. Impacts of the pesticides imidacloprid, propargite, and pymetrozine on *Chrysoperla carnea* (Stephens)(Neuroptera: Chrysopidae): IOBC and life table assays. BioControl 52: 385–398.

Rimoldi, F., M.N. Fogel, A.E. Ronco & M.I. Schneider. 2017. Comparative susceptibility of two Neotropical predators, *Eriopsis connexa* and *Chrysoperla externa*, to acetamiprid and pyriproxyfen: Short and long-term effects after egg exposure. Environ Pollut. 231: 1042–1050.

Rodrigues, A.R.S., J.R. Ruberson, J.B. Torres, H.A.A. Siqueira & J.G. Scott. 2013b. Pyrethroid resistance and its inheritance in a field population of *Hippodamia convergens* (Guérin-Ménéville) (Coleoptera: Coccinellidae). Pestic. Biochem. Physiol. 105: 135–143.

- Roubos, C.R., C. Rodriguez-Saona, R. Holdcraft, K.S. Mason & R. Isaacs. 2014.** Relative toxicity and residual activity of insecticides used in blueberry pest management: mortality of natural enemies. *J. Econ. Entomol.* 107: 277–285.
- Ruberson, J.R., P.G. Tillman, P. Dugger & D. Richter. 1999.** Effect of selected insecticides on natural enemies in cotton: laboratory studies, p. 1210–1213. In *Proceedings of the Beltwide Cotton Conferences*.
- SAS Institute. 2002.** SAS/STAT User's guide, release 9.0. Cary, SAS Institute.
- Sam, K., T. Remmel & F. Molleman. 2015.** Material affects attack rates on dummy caterpillars in tropical forest where arthropod predators dominate: an experiment using clay and dough dummies with green colourants on various plant species. *Entomol. Exp. Appl.* 157: 317–324.
- Selby, T.P., G.P. Lahm, T.M. Stevenson, K.A. Hughes, D. Cordova, I.B. Annan & T.F. Pahutski. 2013.** Discovery of cyantraniliprole, a potent and selective anthranilic diamide ryanodine receptor activator with cross-spectrum insecticidal activity. *Bioorg. Med. Chem. Lett.* 23: 6341–6345.
- Silva, A.G.A., C.R. Gonçalves, D.M. Galvão, A.J.L. Gonçalves, J. Gomes, M. Silva & L.Simoni. 1968.** Quarto catálogo dos insetos que vivem nas plantas do Brasil. Seus parasitos e predadores. Parte 2, Tomo 1, insetos, hospedeiros e inimigos naturais. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 622p.
- 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*. CABI Publishing, Wallingford, 272p.
- Takabayashi, J. & M. Dicke. 1996.** Plant-carnivore mutualism through herbivore-induced carnivore attractants. *Trends Pl. Sci.* 1: 109–113
- Tillman, P. G. & J.E. Mulrooney. 2000.** Effect of selected insecticides on the natural enemies *Coleomegilla maculata* and *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae), *Geocoris punctipes* (Hemiptera: Lygaeidae), and *Bracon mellitor*, *Cardiochiles nigriceps*, and *Cotesia marginiventris* (Hymenoptera: Braconidae) in cotton. *J. Econ. Entomol.* 93: 1638–1643.
- Torres, J.B., C.S.A. Silva-Torres, M.R. Oliveira & J. Ferreira. 2002.** Compatibilidade de inseticidas e acaricidas com o percevejo predador *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) em algodoeiro. *Neotrop. Entomol.* 31: 311–317.
- Torres, J.B., C.S.A. Silva-Torres & J.V. Oliveira. 2003a.** Toxicity of pymetrozine and thiamethoxam to *Aphelinus gossypii* and *Delphastus pusillus*. *Pesq. Agropec. Bras.* 38: 459–466.

- Torres, J.B., C.S.A. Silva-Torres & R. Barros. 2003.** Relative effects of the insecticide thiamethoxam on the predator *Podisus nigrispinus* and the tobacco whitefly *Bemisia tabaci* in nectaried and nectariless cotton. *Pest Manag. Sci.* 59: 315–323.
- Torres, J.B. & J.R. Ruberson. 2004.** Toxicity of thiamethoxam and imidacloprid to *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) nymphs associated to aphid and whitefly control in Cotton. *Neotrop. Entomol.* 33: 99–106.
- Torres, J.B. & J.R. Ruberson. 2005.** Canopy- and Ground-Dwelling Predatory Arthropods in Commercial Bt and non-Bt Cotton Fields: Patterns and Mechanisms. *Environ. Entomol.* 34: 1242–1256.
- Torres, J.B. & J.R. Ruberson. 2006.** Spatial and temporal dynamics of bollworm and three predators' eggs in Bt and non-Bt cotton fields. *Entomol. Exp. Appl.* 120: 11–22.
- Torres, J.B. & C.S.A. Silva-Torres. 2012.** O papel dos insetos predadores no controle de pragas. *Ciência & Ambiente* 43: 55–72.
- Torres, J.B. & A.D.F. Bueno. 2018.** Conservation biological control using selective insecticides— a valuable tool for IPM. *Biol. Control.* 126: 53–64.
- Turchin, P. 1990.** Rarity of density dependence or population regulation with lags? *Nature* 344: 660–663.
- Turchin, P. 2003.** Complex population dynamics: a theoretical/empirical synthesis. Princeton, Princeton University Press, 472p.
- Van Hamburg, H & P.J. Guest. 1997.** The impact of insecticides on beneficial arthropods in cotton agro-ecosystems in South Africa. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 32: 63–68.
- Wangersky, P.J. & W.J. Cunningham. 1957.** Time lag in prey-predator population models. *Ecology.* 38: 136–139.
- Ware, G.W., B. Estes & W.P. Cahill. 1972.** Organophosphate residues on cotton in Arizona. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 8: 361–362.
- Weber, D.C., R.S. Pfannenstiel, & J.G. Lundgren. 2008.** Diel predation pattern assessment and exploitation of sentinel prey: new interpretations of community & individual behaviors, p. 485–494. In *Proceedings of the 3rd International Symposium on Biological Control of Arthropods*. Christchurch, USDA Forest service, 636p.
- Whitcomb, W.H. & K. Bell. 1964.** Predaceous insects, spiders, and mites of Arkansas cotton Fields. *Agric. Exp. Sta., Univ. of Arkansas, Fayetteville, AR. Bull.* 690p.

- Wilson L, J.L.R. Bauer & D.A Lally. 1998.** Effect of early season insecticide use on predators and outbreaks of spider mites (Acari: Tetranychidae) in cotton. *Bull. Entomol. Res.* 88: 477–488.
- Winqvist, C., J. Bengtsson, T. Aavik, F. Berendse, L.W. Clement, S. Eggers, R. Bommarco. 2011.** Mixed effects of organic farming and landscape complexity on farmland biodiversity and biological control potential across Europe. *J. Appl. Ecol.* 48: 570–579.
- Winteringham, F.P.W. 1969.** Mechanisms of selective insecticidal action. *Annu. Rev. Entomol.* 14: 409–442.
- Yu S.J. 2014.** *The Toxicology and Biochemistry of Insecticides.* Boca Raton, CRC Press, 380p.
- Zalucki, M.P., D. Adamson & M.J. Furlong. 2009** The future of IPM: whither or wither? *Australian J. Entomol.* 48: 85–96.
- Zamperlini, B., J.C. Zanuncio, J.E.M. Leite & M.A.L. Bragança. 1992.** Influência da alimentação de *Tenebrio molitor* L. 1758 (Coleoptera: Tenebrionidae) no desenvolvimento ninfal de *Podisus connexivus* Bergroth, 1891 (Hemiptera: Pentatomidae). *Rev. Árvore* 16: 224–203.
- Zotti, M.J., A.D. Grutzmacher, D.D. Grutzmacher, R.V. Castilhos & J.F.S. Martins. 2010.** Seletividade de inseticidas usados na cultura do milho para ovos e ninfas do predador *Doru lineare* (Eschscholtz, 1822) (Dermaptera: Forficulidae). *Arq. Inst. Biol.* 77: 111–118.

Tabela 1. Inseticidas seletivos (S) e não seletivos (NS), usados para pulverização em função da espécie praga infestando a lavoura do algodoeiro requerendo aplicação ao longo da fenologia da cultura em dias após a emergência (DAE).

| Espécie praga/Ingrediente ativo ¹ | Produto Comercial | Dosagem (i.a./ha) | Grupo químico principal ² |
|---|-------------------|-------------------|--------------------------------------|
| 34 DAE: <i>Aphis gossypii</i> + <i>Alabama argilacea</i> | | | |
| Pimetrozina ^S | Chess 500 WG | 400 g/ha | Piridina de azometiza + Diamida |
| Clorantraniliprole ^S | Prêmio 200 SC | 25 mL/ha | |
| Tiametoxam ^{NS} | Actara 250 WG | 200 g/ha | Neonicotinoide + Organofosforado |
| Clorpirifós ^{NS} | Klorpan 480 EC | 0,7 L/ha | |
| 63 DAE: <i>Bemisia tabaci</i> | | | |
| Ciantraniliprole ^S | Benevia 100 SC | 750 mL/ha | Diamida |
| Dimetoato ^{NS} | Dimexion 400 EC | 1000 mL/ha | Organofosforado |
| 94 DAE: <i>Bemisia tabaci</i> | | | |
| Piriproxifem ^S | Tiger 100 EC | 375 mL/ha | Piriproxifen |
| Malationa ^{NS} | Malathion 1000 EC | 975 mL/ha | Organofosforado |
| 108 DAE: <i>Bemisia tabaci</i> | | | |
| Pimetrozina ^S | Chess 500 WG | 400 g/ha | Piridina de azometiza |
| Tiametoxam ^{NS} + Lambda-cialotrina ^{NS} | Engeo pleno | 250 mL/ha | Neonicotinoide + Piretroide |

¹Seletividade (S e NS) com base em resultados de literatura para os principais inimigos naturais do agroecossistema algodoeiro (Kim *et al.* 2018, Crosariol Neto *et al.* 2014, Barros *et al.* 2018). ²Classificação de acordo com o IRAC (International Resistance Action Committee 2015).

Tabela 2. Resultado da ANOVA fatorial para os efeitos de tratamentos (7 produtos comerciais e testemunha), tempo residual após aplicação (0, 5, 10 e 15 dias) e interação desses efeitos sobre a sobrevivência de adultos de *Eriopis connexa*, *Orius insidiosus* e *Podisus nigrispinus* e larvas de *Chrysoperla externa* confinados sobre folhas de algodão em laboratório, provenientes de plantas pulverizadas em casa de vegetação.

| Fatores | <i>GL</i> | <i>F</i> | <i>P</i> | <i>GL</i> | <i>F</i> | <i>P</i> |
|------------------|-------------------------|----------|----------|----------------------------|----------|----------|
| | <i>Eriopis connexa</i> | | | <i>Chrysoperla externa</i> | | |
| Tratamento | 8 | 45,69 | <0,0001 | 8 | 40,35 | <0,0001 |
| Tempo residual | 3 | 90,43 | <0,0001 | 3 | 88,63 | <0,0001 |
| Tratamento*Tempo | 11 | 19,41 | <0,0001 | 11 | 19,03 | <0,0001 |
| | <i>Orius insidiosus</i> | | | <i>Podisus nigrispinus</i> | | |
| Tratamento | 8 | 74,34 | <0,0001 | 8 | 37,94 | <0,0001 |
| Tempo residual | 3 | 78,55 | <0,0001 | 3 | 133,24 | <0,0001 |
| Tratamento*Tempo | 15 | 16,41 | <0,0001 | 13 | 15,20 | <0,0001 |

Tabela 3. Sobrevivência de *Eriopsis connexa*, *Chrysoperla externa*, *Orius insidiosus* e *Podisus nigrispinus* confinados sobre folhas de algodão em diferentes intervalos após pulverização com inseticidas seletivos e não seletivos, recomendados de acordo com a decisão de pulverização em função da infestação de pragas (Tabela 1).

| Predadores Tratamentos/Inseticidas | Tempo após aplicação (dias) ¹ | | | | Estatística F _(GL) Valor de P |
|--|---|--|--|---|---|
| | 0 | 5 | 10 | 15 | |
| <i>Eriopsis connexa</i> | | | | | |
| Testemunha | 99,2 ± 0,83 A | 99,2 ± 0,75 A | 100 A | 100 A | 0,67 _(3, 20) ^{0,5812} |
| Clorantraniliprole ^{S(3)} | 100 A | - ² | - | - | - |
| Piriproxifem ^S | 100 A | - | - | - | - |
| Pimetrozina ^S | 91,1 ± 4,01 A | - | - | - | - |
| Ciantraniliprole ^S | 56,7 ± 9,54 B a | 49,4 ± 10,34 C a | 62,2 ± 4,68 B a | 73,3 ± 9,88 B a | 1,28 _(3, 20) ^{0,3091} |
| Malationa ^{NS} | 0 C b | 93,8 ± 3,88 AB a | - | - | 582,78 _(1, 10) ^{0,0001} |
| Dimetoato ^{NS} | 0 C c | 62,7 ± 6,58 BC b | 96,7 ± 3,33 A a | - | 132,71 _(2, 15) ^{0,0001} |
| Tiametoxam ^{NS} | 6,1 ± 3,89 C c | 55,2 ± 12,25 C b | 90,5 ± 4,25 A a | - | 29,37 _(2, 15) ^{0,0001} |
| Tiametoxam + Lambda-cialotrina ^{NS} | 14,2 ± 6,88 C c | 34,4 ± 6,06 C bc | 56,7 ± 6,14 B b | 86,7 ± 6,67 AB a | 23,23 _(3, 20) ^{0,0001} |
| <i>F</i> _(GL) Valor de P | 97,20 _(8, 45) ^{0,0001} | 13,99 _(5, 30) ^{0,0001} | 24,17 _(4, 25) ^{0,0001} | 3,99 _(2, 15) ^{0,0408} | |
| <i>Chrysoperla externa</i> | | | | | |
| Testemunha | 99,1 ± 0,83 A a | 96,7 ± 3,33 A a | 100 A a | 100 A a | 0,67 _(3, 20) ^{0,5418} |
| Clorantraniliprole ^S | 96,7 ± 3,33 A | - | - | - | - |
| Piriproxifem | 90,0 ± 6,83 A | - | - | - | - |
| Pimetrozina | 96,7 ± 3,33 A | - | - | - | - |
| Ciantraniliprole | 53,3 ± 6,67 B a | 53,3 ± 13,33 B a | 48,3 ± 10,60 B a | 80,5 ± 7,32 B a | 2,32 _(3, 20) ^{0,1067} |
| Malationa | 0 C | 93,3 ± 4,21 A | - | - | 209,93 _(1, 10) ^{0,0001} |
| Dimetoato | 0 C | 90,0 ± 4,47 A | - | - | 166,80 _(1, 10) ^{0,0001} |
| Tiametoxam | 0 C c | 10,0 ± 4,72 C c | 60,0 ± 10,32 B b | 93,3 ± 4,21 A a | 51,00 _(3, 20) ^{0,0001} |
| Tiametoxam + Lambda-cialotrina | 6,7 ± 4,21 C c | 55,0 ± 6,19 B b | 80,0 ± 8,90 AB ab | 90,0 ± 6,83 A a | 24,21 _(3, 20) ^{0,0001} |
| <i>F</i> _(GL) Valor de P | 108,24 _(8, 45) ^{0,0001} | 31,87 _(5, 30) ^{0,0001} | 5,18 _(3, 20) ^{0,008} | 2,30 _(3, 20) ^{0,1065} | |

Tabela 3. Continuação.

| <i>Orius insidiosus</i> | | | | | |
|---------------------------------|---|--|--|---|---|
| Testemunha | 95,5 ± 3,11 A a | 93,3 ± 2,84 A a | 96,7 ± 2,24 A a | 96,7 ± 2,24 A a | 0,32 _(3, 20) ^{0,8098} |
| Clorantraniliprole ^S | 100 A | - | - | - | - |
| Piriproxifem | 91,5 ± 3,86 A | - | - | - | - |
| Pimetrozina | 44,2 ± 7,38 B b | 50,0 ± 11,25 B b | 90,5 ± 6,68 A a | - | 11,45 _(2, 15) ^{0,0010} |
| Ciantraniliprole | 45,8 ± 7,59 B b | 40,0 ± 7,30 B b | 60,0 ± 7,30 B b | 86,7 ± 6,67 AB a | 9,34 _(3, 20) ^{0,0005} |
| Malationa | 3,3 ± 3,33 C b | 93,3 ± 4,21 A a | - | - | 115,48 _(1, 10) ^{0,0001} |
| Dimetoato | 0 C b | 69,4 ± 12,00 AB a | 76,6 ± 6,14 AB a | 90,5 ± 4,25 AB a | 28,68 _(3, 20) ^{0,0001} |
| Tiametoxam | 0 C b | 6,6 ± 4,21 C b | 13,3 ± 4,21 C b | 56,7 ± 9,54 B a | 18,84 _(3, 20) ^{0,0001} |
| Tiametoxam + Lambda-cialotrina | 0 C c | 3,3 ± 3,33 C c | 46,7 ± 8,43 BC b | 86,7 ± 6,67 AB a | 51,09 _(3, 20) ^{0,0001} |
| $F_{(GL)}$ Valor de P | 123,58 _(8, 51) ^{0,0001} | 30,70 _(6, 41) ^{0,0001} | 27,83 _(5, 36) ^{0,0001} | 5,64 _(4, 31) ^{0,0016} | |
| <i>Podisus nigripinus</i> | | | | | |
| Testemunha | 100 A a | 100 A a | 96,6 ± 3,33 A a | 100 A a | F _{3, 20} = 0,99 ^{0,4133} |
| Clorantraniliprole ^S | 100 A | - | - | - | - |
| Piriproxifem | 96,7 ± 3,33 A | - | - | - | - |
| Pimetrozina | 93,3 ± 4,21 A | - | - | - | - |
| Ciantraniliprole | 36,7 ± 6,14 B b | 43,3 ± 6,14 BC b | 56,7 ± 9,54 B b | 83,3 ± 6,14 B a | F _{3, 20} = 8,36 ^{0,0008} |
| Malationa | 0 C c | 86,7 ± 6,67 AB b | 100 A a | - | F _{2, 15} = 136,42 ^{0,0001} |
| Dimetoato | 0 C c | 70,0 ± 8,56 AB b | 93,3 ± 4,21 A a | - | F _{2, 15} = 64,50 ^{0,0001} |
| Tiametoxam | 0 C c | 56,7 ± 14,06 BC b | 83,3 ± 8,03 AB ab | 93,3 ± 4,21 AB a | F _{3, 20} = 21,85 ^{0,0001} |
| Tiametoxam + Lambda-cialotrina | 0 C c | 16,6 ± 6,14 C b | 80,0 ± 7,30 AB a | 83,3 ± 6,14 B a | F _{3, 20} = 35,27 ^{0,0001} |
| $F_{(GL)}$ Valor de P | 261,47 _(8, 45) ^{0,0001} | 12,19 _(5, 30) ^{0,0001} | 6,50 _(5, 30) ^{0,0003} | 3,12 _(3, 20) ^{0,0489} | |

¹Médias ± EP para cada inseticida seguida de mesma letra maiúscula, na coluna, e letra minúscula, na linha, não diferem pelo teste de Tukey HSD.

²Indica que a sobrevivência na avaliação anterior foi ≥90%.

³Seletividade (S e NS) com base em resultados de literatura para os principais inimigos naturais do agroecossistema algodoeiro (IOBC 2007, Crosariol Neto *et al.* 2014, Barros *et al.* 2018)

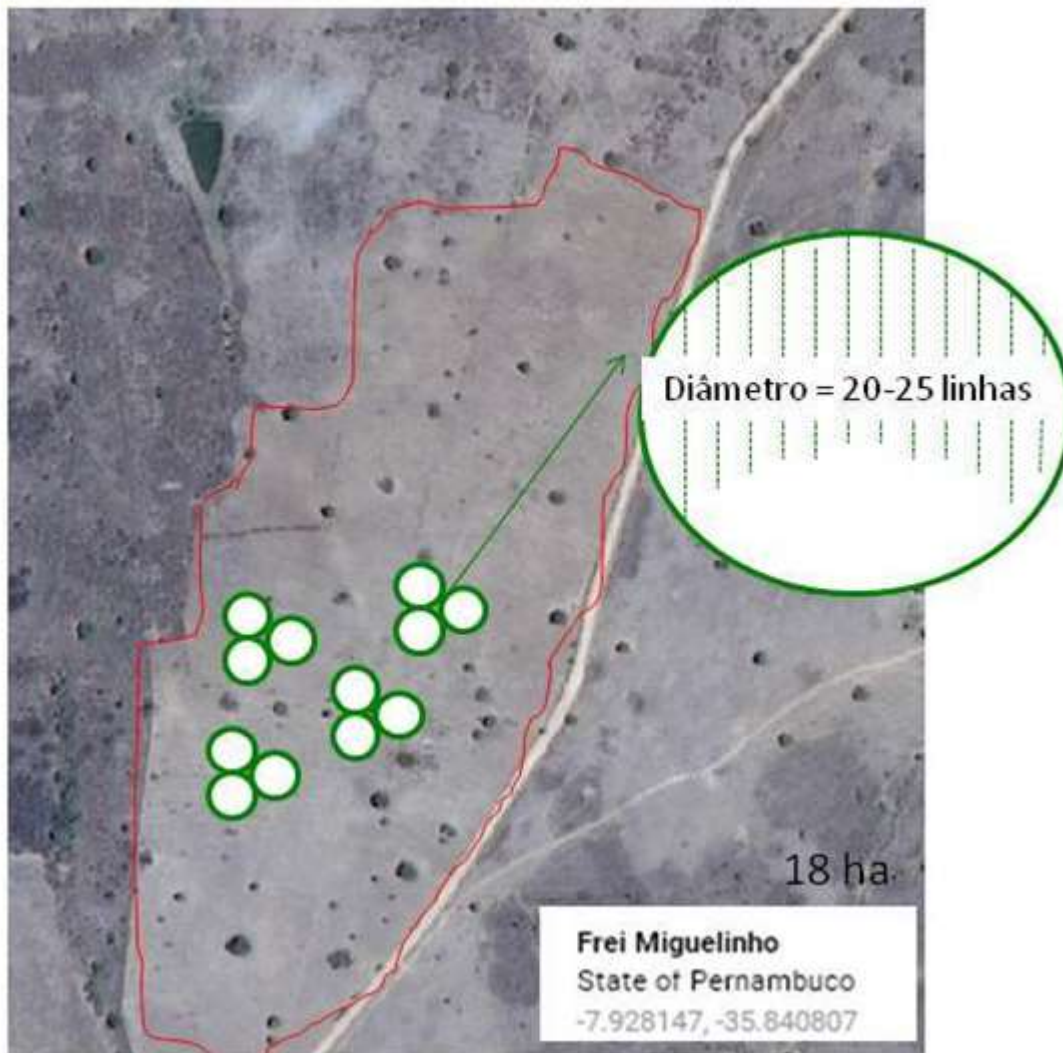


Figura 1. Desenho experimental com quarto blocos, sendo cada bloco representado pelos três tratamentos (inseticida seletivo, não seletivo e sem aplicação de inseticida).

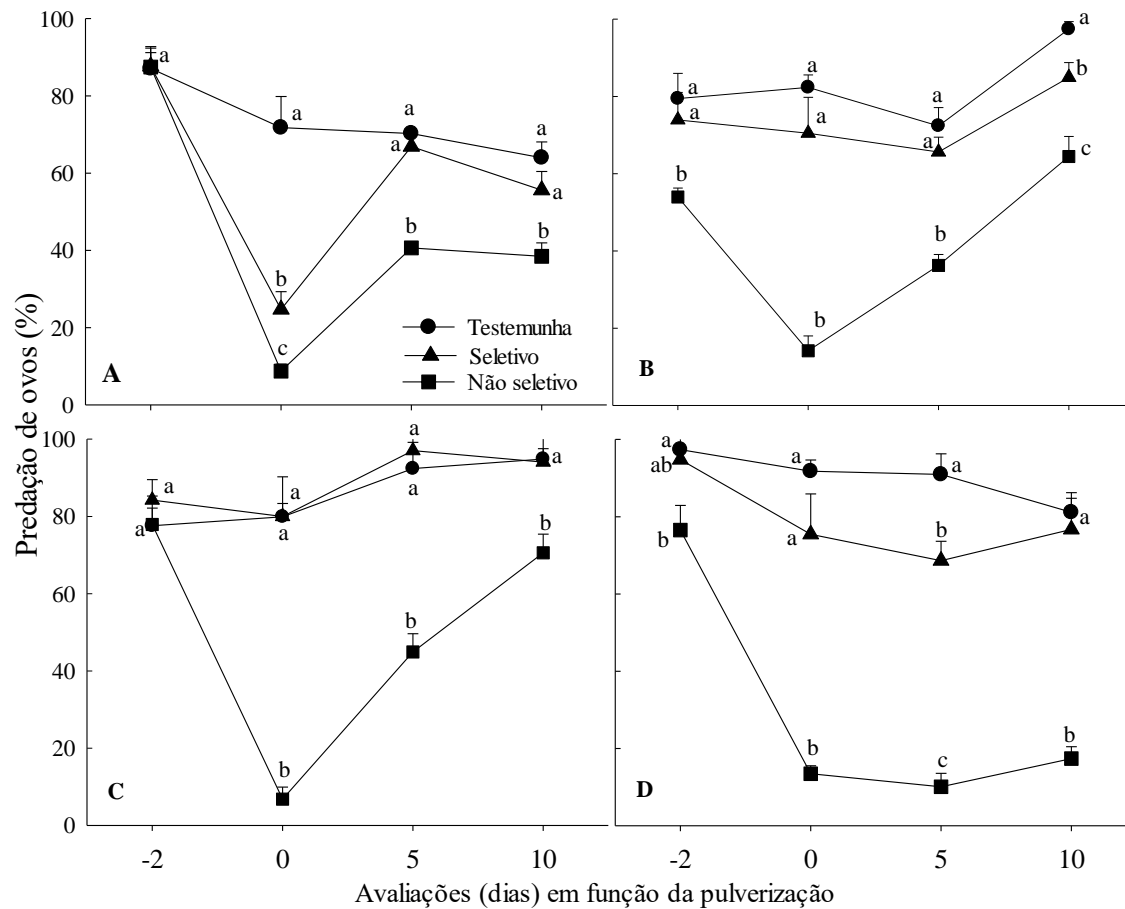


Figura 2. Porcentagem de Predação (\pm EP) de ovos de *Alabama argillacea*, antes (-2 dias) e após pulverização (0, 5 e 10 dias). Médias seguidas da mesma letra, no mesmo dia de avaliação, não diferem entre si pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$). A, B, C e D representam as decisões de pulverização aos 34, 63, 94, e 108 dias após a emergência (DAE) empregando inseticidas categorizados como seletivos, não seletivos e testemunha (ver Tabela 1).

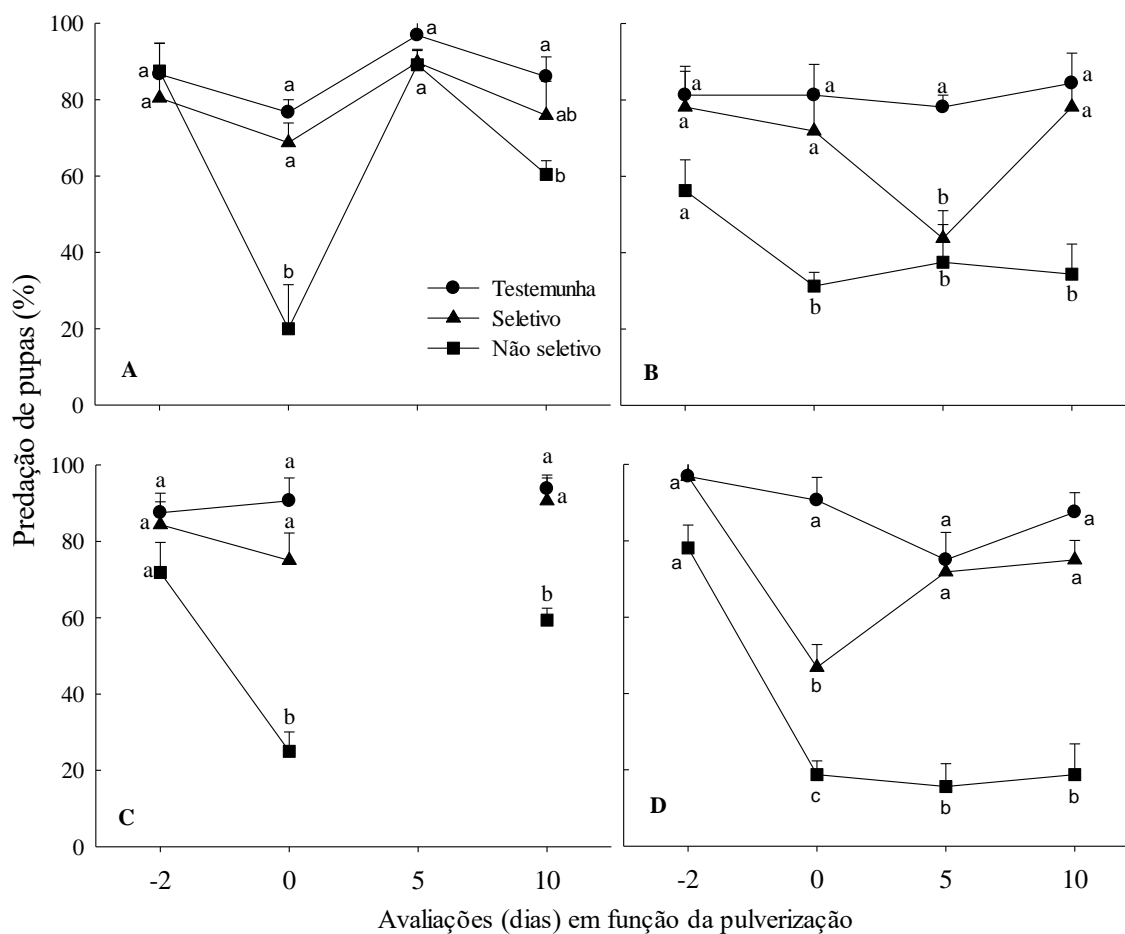


Figura 3. Porcentagem de predação (\pm EP) sobre pupas de *Tenebrio molitor*, antes (-2 dias) e após pulverização (0, 5 e 10 dias). Médias seguidas da mesma letra, no dia de avaliação, não diferem entre si pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$). A, B, C e D representam as decisões de pulverização aos 34, 63, 94, e 108 dias após a emergência (DAE) empregando inseticidas categorizados como seletivos, não seletivos e testemunha (ver Tabela 1).

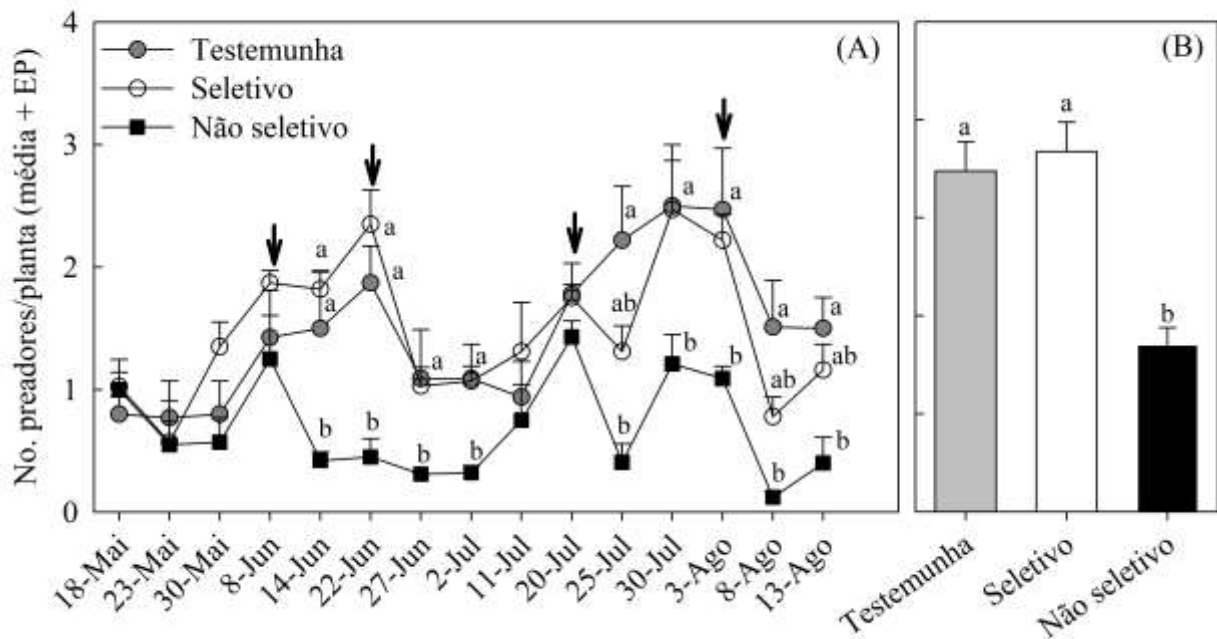


Figura 4. Número médio de predadores por planta, em cada avaliação ao longo do tempo (A); e média de predadores por planta em todas as avaliações em função dos tratamentos (B). Notas: Setas indicam os dias das pulverizações dos inseticidas. Médias seguidas de letras diferentes caracteriza diferença entre tratamentos, na respectiva data de avaliação, pelo teste de Tukey HSD ($\alpha < 0,05$).

CAPÍTULO 3

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O cultivo do algodoeiro no Brasil apresenta uma grande diversidade de inimigos naturais e pragas. O grande número de espécies praga dificulta a implementação do MIP, devido ao uso de inseticidas não seletivos para o controle generalizado dessas pragas. Os resultados desse trabalho mostram que a recomendação de inseticidas seletivos, i.e., específicos para a(s) praga(s) alvo a depender do nível de infestação é compatível com o controle biológico, mantendo a mortalidade natural, a qual foi medida pelo uso de presas sentinelas. Inúmeros estudos de laboratório caracterizam inseticidas como seletivos e que devem ser considerados para subsidiar a recomendação de pulverização, como demonstrado neste estudo de campo e laboratório. Em campo, apesar de outras variáveis serem importantes para a interação predador-presa, além do uso de inseticidas, e que podem afetar o resultado de controle, neste estudo pudemos quantificar em vários momentos que o uso de inseticida seletivo permitiu similar ação de controle comparado à ausência do inseticida (testemunha).

Inseticidas sintéticos considerados seletivos, como as diamidas, azometinas e espinosinas, ou inseticidas à base de *Bacillus thuringiensis*, vírus e fungos, podem contribuir significativamente com o MIP do algodoeiro. Salientamos que o status de seletividade é um resultado relativo, mas esses inseticidas quando comparados a moléculas mais antigas e, em especial possuindo ação neurotóxica, exibem menor impacto sobre a ação dos inimigos naturais. Além desses, os inseticidas reguladores de crescimento, como visto neste trabalho, podem compor uma recomendação de pulverização dependendo da espécie de praga, pois preservar o inimigo natural adulto e promove o MIP do algodoeiro.

Para um melhor entendimento do uso integrado entre um composto químico seletivo com um inimigo natural, fazem-se necessários estudos sobre efeitos tóxicos mais sutis, os efeitos subletais que podem ser tão importantes quanto uma avaliação direta de mortalidade ou sobrevivência de um inimigo natural. Porém, até então, podemos considerar que: o uso de inseticida seletivo pimeprozina e piriproxifem são ferramentas satisfatórias para o MIP do algodoeiro, principalmente na fase inicial da cultura para controle de insetos-pragas com hábito sugador devido ao modo de ação; atenta-se também para o uso de inseticidas não-seletivos apenas como última alternativa na ausência de inseticidas seletivos para controle de pragas mais severas, como o bicudo-do-algodoeiro, buscando preservar os inimigos naturais em campo por mais tempo.