



**O bicudo-do-algodoeiro  
(*Anthonomus grandis* BOH., 1843)  
nos cerrados brasileiros  
Biologia e medidas de controle**

O bicudo-do-algodoeiro  
(*Anthonomus grandis*  
BOH., 1843) nos cerrados  
brasileiros:  
Biologia e medidas  
de controle



Instituto Mato-grossense do Algodão (IMAmT)  
Rua Engenheiro Edgard  
Prado Arze, n 1777  
Edifício Clóves Vettorato, CPA  
Cuiabá MT - CEP: 78.049-015  
ima@imamt.com.br

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Instituto Mato-grossense do Algodão - IMAmT

**O bicudo-do-algodoeiro (*Anthonomus grandis* BOH., 1843)  
nos cerrados brasileiros: biologia e medidas de controle** / editor  
técnico: Jean Louis Belot - Cuiabá (MT), 2015.

254 p.: il.; 14,8 x 21 cm

ISBN: 978-85-66457-07-0

1. Tecnologia (Ciências Aplicadas). 2. Agricultura.  
I. Título.

CDD: 600, 630

CDU: 001, 63

BOLETIM DE P&D  
Número 2 | Junho de 2015

**O bicudo-do-algodoeiro  
(*Anthonomus grandis*  
BOH., 1843) nos cerrados  
brasileiros:  
Biologia e medidas  
de controle**

Jean Louis Belot  
editor técnico

# DIRETORIA DO IMA-MT

Gestão 2015-2016

## **Presidente**

Gustavo Viganó Piccoli

## **Vice-presidente**

Nélson José Vígolo

## **1º Secretário**

Paulo Sérgio Aguiar

## **2º Secretário**

Sérgio Introvini

## **1º Tesoureiro**

Alexandre De Marco

## **2º Tesoureiro**

Celso Griesang

## **Conselho Fiscal - Titulares**

Ernesto Martelli

Arlton Riedi

Clóvis Cortezia

## **Conselho Fiscal - Suplentes**

Alessandro Polato

João André Guerreiro

Cleto Webler

## **Diretor-executivo**

Álvaro Lorenço Ortolan Salles



O IMAmt foi criado pela AMPA em 2007 a fim de desenvolver pesquisa, extensão e difusão de tecnologia para atender os produtores mato-grossenses

## AUTORES

**José Ednilson Miranda**

Pesquisador da Embrapa Algodão; Goiânia- GO | E-mail:

jose-ednilson.miranda@embrapa.br

(e co-autor Sandra Maria Morais Rodrigues- Embrapa Algodão)

**Rosalia Azambuja**

Doutorando na UFGD; Dourados- MS | E-mail: july\_azambuja@yahoo.com.br

(e co-autor Paulo Eduardo Degrande- UFGD)

**Edison Ryoiti Sujii**

Pesquisador da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia; Brasília- DF | E-mail:

edison.sujii@embrapa.br

(e co-autor Carmen S. S. Pires- Embrapa Cenargen)

**Walter Jorge dos Santos.**

Consultor, Pesquisador aposentado do IAPAR; Londrina- PR | E-mail: waljorge@gmail.com

**Sandra Maria Morais Rodrigues**

Pesquisadora da Embrapa Algodão; Sinop- MT | E-mail: sandra.rodrigues@embrapa.br

(e co-autor José Ednilson Miranda- Embrapa Algodão)

**Jorge Braz Torres**

Prof. da Universidade Federal Rural de Pernambuco- Recife-PR | E-mail: jtorres@

depa.ufrpe.br

(e co-autores Lucia M. Vivan- FMT; Cristina Schettino Bastos- UnB e Eduardo Moreira Barros- IMAmt).

**Geraldo Papa**

Unesp - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira- SP | E-mail: gerapapa@hotmail.com

(e co-autor Fernando Juari Celoto- Unesp)

**Francisco S. Ramalho**

Pesquisador da Embrapa Algodão- Campina Grande-PB | E-mail: ramalhohvv@globo.com

(co-autor J. B. Malaquias- Embrapa Algodão)

**Rose Monnerat**

Pesquisadora da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia- Brasília- DF |

E-mail: rose.monnerat@embrapa.br

(e co-autores Roseane Cavalcanti dos Santos- Embrapa Algodão; Liziane Maria Lima- Embrapa Algodão; Morganna P. N. Pinheiro- Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia; Carliane R. C. da Silva- Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia; Carlos Marcelo Soares- IMAmt)

**Charles T. Allen**

Texas A&M AgriLife Research and Extension Center- San Angelo-TX | E-mail: ctal-

len@ag.tamu.edu

**Jean Louis Belot**

Pesquisador do IMAmt; Primavera do Leste- MT | E-mail: jeanbelot@imamt.com.br

# SUMÁRIO

## CAPÍTULO 1

### HISTÓRIA DO BICUDO NO BRASIL.....9

José Ednilson Miranda (EMBRAPA ALGODÃO)

Sandra Maria Morais Rodrigues (EMBRAPA ALGODÃO)

## CAPÍTULO 2

### BIOLOGIA E ECOLOGIA DO BICUDO-DO-ALGODOEIRO NO BRASIL.....47

Rosalia Azambuja (UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS)

Paulo Eduardo Degrande (UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS)

## CAPÍTULO 3

### PLANTAS HOSPEDEIRAS DO BICUDO-DO-ALGODOEIRO.....61

Edison Ryoiti Sujii (EMBRAPA RECURSOS GENÉTICOS E BIOTECNOLOGIA)

Carmen S. S. Pires (EMBRAPA RECURSOS GENÉTICOS E BIOTECNOLOGIA)

## CAPÍTULO 4

### MEDIDAS ESTRATÉGICAS DE CONTROLE DO BICUDO-DO-ALGODOEIRO (*ANTHONOMUS GRANDIS* BOH., 1843).....79

Walter Jorge dos Santos (INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ)

## CAPÍTULO 5

### MÉTODOS USADOS NO MANEJO INTEGRADO DO BICUDO-DO-ALGODOEIRO

#### 5.1 CONTROLE ETOLÓGICO DO BICUDO-DO-ALGODOEIRO.....95

Sandra Maria Morais Rodrigues (EMBRAPA ALGODÃO)

José Ednilson Miranda (EMBRAPA ALGODÃO)

#### 5.2 CONTROLE CULTURAL COMO MÉTODO DE CONVIVÊNCIA COM AS PRAGAS DO ALGODOEIRO..... 117

Jorge Braz Torres (UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO)

Lucia M. Vivan (FUNDAÇÃO MATO GROSSO)

Cristina Schetino Bastos (UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA)

Eduardo Moreira Barros (INSTITUTO MATO-GROSSENSE DO ALGODÃO)

#### 5.3 CONTROLE QUÍMICO DO BICUDO-DO-ALGODOEIRO, *ANTHONOMUS GRANDIS*, BOHEMAN (*COLEOPTERA: CURCULIONIDAE*)..... 143

Geraldo Papa (UNESP - FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA)

Fernando Juari Celoto (UNESP - FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA)

#### 5.4 O CONTROLE BIOLÓGICO DO BICUDO-DO-ALGODOEIRO..... 155

Francisco de Sousa Ramalho (EMBRAPA ALGODÃO)

José Bruno Malaquias (EMBRAPA ALGODÃO)

<b>5.5 USO DA TRANSGENIA PARA CONTROLE DO BICUDO-DO-ALGODOEIRO.....</b>	<b>183</b>
Rose Monnerat (EMBRAPA RECURSOS GENÉTICOS E BIOTECNOLOGIA)	
Roseane Cavalcanti dos Santos (EMBRAPA ALGODÃO)	
Liziane Maria Lima (EMBRAPA ALGODÃO)	
Morganna Polynne Nóbrega Pinheiro (EMBRAPA RECURSOS GENÉTICOS E BIOTECNOLOGIA)	
Carliane Rebeca Coelho da Silva (EMBRAPA RECURSOS GENÉTICOS E BIOTECNOLOGIA)	
Carlos Marcelo Soares (INSTITUTO MATO-GROSSENSE DO ALGODÃO)	

## **CAPÍTULO 6**

<b>ERRADICAÇÃO DO BICUDO-DO-ALGODOEIRO: COMO O PROGRAMA FOI CONDUZIDO NOS ESTADOS UNIDOS.....</b>	<b>213</b>
Charles T. Allen (TEXAS A&M AGRILIFE RESEARCH AND EXTENSION CENTER)	

## **CAPÍTULO 7**

<b>OS TRABALHOS FINANCIADOS E/OU CONDUZIDOS EM MATO GROSSO PELOS PRODUTORES DE ALGODÃO SOBRE O BICUDO-DO-ALGODOEIRO.....</b>	<b>227</b>
Jean Louis Belot (INSTITUTO MATO-GROSSENSE DO ALGODÃO)	

# O bicudo-do-algodoeiro, praga chave da cotonicultura Mato-grossense

**Jean Louis Belot**

Instituto Mato-grossense do Algodão

O cultivo algodoeiro nos Cerrados brasileiros enfrenta grandes problemas fitossanitários, tanto de pragas como de doenças e nematoides. A razão principal é que cultivamos o algodão em clima tropical úmido, com pluviometria elevada (entre 1.400 mm e 2.200 mm durante o ano) e temperaturas altas durante o inverno, o que permite a sobrevivência dos insetos na entressafra. Os sistemas de cultivo usados atualmente nessas regiões do Centro-Oeste brasileiro, com soja, milho, algodão e com poucas rotações de cultura, contribuem para o aumento dessas pressões fitossanitárias.

Como relatado neste Boletim, desde sua introdução no Brasil, o bicudo-do-algodoeiro espalhou-se pelas diversas regiões algodoeiras do país. Ele se adaptou muito bem à vegetação nativa, encontrando fontes de alimentação para sua sobrevivência na ausência das plantas de algodão. As principais plantas hospedeiras do Cerrado são agora bem conhecidas e estudadas por diversas equipes de pesquisa.

Das principais pragas que atacam o algodoeiro, o bicudo ainda é a praga-chave de mais difícil controle para o produtor. A situação tornou-se ainda mais complexa com o uso de variedades transgênicas, dificultando a eliminação dos restos culturais e mantendo elevadas populações da praga no sistema de cultivo. Plantas de algodão crescendo no meio de lavouras de soja podem ser responsáveis pelas altas populações do bicudo desde o início do plantio do algodão de segunda safra, em janeiro e fevereiro.

Aparece claramente que o exemplo bem-sucedido de erradicação dessa praga nos Estados Unidos, contado por C. T. Allen neste Boletim, não poderá ser aplicado nos Cerrados brasileiros por diversas razões. As principais são a ausência de inverno rigoroso e a

presença de vegetação nativa de Cerrados ou de áreas de proteção permanente (APPs) com plantas hospedeiras do bicudo-do-algodoeiro, onde pulverizações inseticidas não poderão ser realizadas por razões de proteção ambiental.

Então, o Brasil tem de conviver com essa praga, e o produtor de algodão tem de manejá-la de tal forma que não cause prejuízos significativos à cultura, e que esse controle seja economicamente viável.

Os métodos de controle do bicudo-do-algodoeiro são muito bem conhecidos, alguns desenvolvidos na América do Norte ou Central antes da introdução do inseto no Brasil; outros desenvolvidos por pesquisadores e extensionistas brasileiros. Elas são detalhadas neste Boletim por diversos especialistas da área. O desafio é saber como implementar as medidas de controle de modo integrado (MIP), nas esferas da fazenda e da região algodoeira. Não adianta controlar a praga em uma fazenda e não fazer o mesmo na fazenda vizinha, que servirá de ponto de reinfestação. Não temos dúvidas de que o sucesso do controle da praga virá da união dos produtores e da coordenação dos esforços de controle de todos eles em cada região algodoeira.

Entender a biologia desse inseto, sua estratégia de sobrevivência na entressafra no Cerrado nativo ou nos restos culturais, e levantar exaustivamente todos os métodos de controle disponíveis é o primeiro passo para elaborar e implantar nas fazendas um manejo integrado da praga.

Atualmente, o controle biológico é muito pouco usado para o bicudo-do-algodoeiro. Porém, seu potencial é grande, razão pela qual pedimos aos melhores especialistas que apresentassem, neste Boletim, as possibilidades de uso dessa ferramenta. Da mesma maneira, o controle do bicudo não se beneficiou ainda da ferramenta de biotecnologia, de criação de plantas geneticamente modificadas resistentes ao inseto, como é o caso do controle dos lepidópteros. Desenvolver novas ferramentas biotecnológicas para o controle do bicudo-do-algodoeiro é outro desafio para o Brasil para a próxima década.

Ao longo dos últimos 15 anos, muitos projetos relativos ao bicudo-do-algodoeiro nos Cerrados brasileiros foram financiados — e ainda o são — pelos fundos Facual, depois pelo IMAmt e pelo IBA. Juntos com os projetos financiados por instituições de pesquisa públicas, como Embrapa, Iapar e universidades, esses investimentos ajudarão no combate ao bicudo e ao esforço para manter a viabilidade do cultivo algodoeiro nos Cerrados brasileiros.

## CAPÍTULO 1

# História do bicudo no Brasil

**José Ednilson Miranda**

Embrapa Algodão

**Sandra Maria Morais Rodrigues**

Embrapa Algodão

O algodoeiro, cultura de enorme significado econômico e social para a agricultura brasileira, tem experimentado, ao longo do tempo, várias crises que normalmente estão relacionadas ao elevado custo de produção, a problemas climáticos e à incidência de pragas e doenças. Apesar disso, é atividade pujante e sua história comprova uma série de vitórias do setor produtivo do algodoeiro, seja na lavoura, a exemplo da bem-sucedida inclusão da atividade entre os grandes cultivos do Cerrado brasileiro, seja fora dela, a exemplo da vitória obtida na Organização Mundial do Comércio (OMC) contra os subsídios americanos (Costa & Bueno, 2004). Do lado de dentro da porteira, a cultura sempre foi afetada por uma grande diversidade de espécies-praga, que podem causar prejuízos à produção. Não existiu até hoje, porém, praga de maior risco e habilidade para prejudicar a produção de fibras que o bicudo-do-algodoeiro (*Anthonomus grandis*).

O bicudo-do-algodoeiro foi detectado pela primeira vez no México, e há relatos de que tal constatação ocorreu há mais de mil anos atrás (Picudo, 1969; Bastos *et al.*, 2005). Sendo identificado em 1843 por Boheman, foram necessários 140 anos após tal identificação até a detecção da praga em campos

brasileiros, mas seu surgimento e seu rápido e definitivo estabelecimento como praga principal da cultura do algodoeiro constituíram-se num dos fatores-chave para a decadência da atividade no país, nos anos de 1980.

Sua presença no México, em áreas próximas aos estados do sudeste norte-americano que cultivavam algodão, facilitou a entrada da praga nos Estados Unidos, tendo ela se instalado em lavouras do Texas em 1892, e de lá se espalhado para os outros estados produtores daquele país (Braga Sobrinho & Lukefahr, 1983; Bastos *et al.*, 2005). Na América do Sul, sua ocorrência foi registrada pela primeira vez na Venezuela, em 1949, e na Colômbia, em 1950 (Brandão & Laca-Buendía, 1985).

## 1. Brasil sem bicudo

A história da cotonicultura no Brasil pode ser dividida em dois momentos: antes e depois da introdução do bicudo-do-algodoeiro em terras brasileiras, tal foi o impacto que esta espécie-praga causou na atividade.

Se voltarmos no tempo para tentar entender o que aconteceu, veremos mudanças de cenário e mudanças de sistema de produção que ocorreram e que permitiram o convívio com esta praga destruidora. Obviamente, a complexidade da cultura do algodoeiro não se resume ao problema fitossanitário provocado por esta praga. Mas, certamente, a presença ou ausência do bicudo no cenário de produção de algodão num determinado país dita o nível de esforços que será necessário para que o produtor conviva com a praga e obtenha produções satisfatórias ou, do contrário, conduz ao completo fracasso quando a praga expande sua população na lavoura de algodoeiro, a ponto de eliminar todas as estruturas produtivas, e vence o produtor, levando-o à bancarrota.

Ao longo do período de produção no Brasil, ciclos de altas e baixas produtividades alternam-se com constância, embora tenhamos experimentado incrementos de produtividade significativos quando o sistema de produção familiar do Nordeste e do Sul-Sudeste foi substituído pelo sistema empresarial de altíssimo input tecnológico do Cerrado.

Usado em várias partes do mundo desde muitos séculos antes de Cristo para a confecção de tecidos, há relatos do uso do

algodão pelos indígenas brasileiros à época do descobrimento do país (Kassab, 1983).

Tendo surgido no Brasil como atividade agrícola na segunda metade do século XVIII por incentivo do governo português para atender às demandas da indústria inglesa, a cotonicultura deu seus primeiros passos como atividade interessante por prover renda adicional aos pequenos produtores. No Nordeste, a partir do Maranhão, o algodão rapidamente se expandiria pelos outros estados, tornando a região a maior produtora da fibra do país, posição que ocupou até o início da década de 1930, quando a cotonicultura em São Paulo passou a ganhar expressão (Kassab, 1983; Costa & Bueno, 2004). O Nordeste, que cultivava até então predominantemente o algodão arbóreo perene (tipo Mocó), apresentava produtividades cada vez menores, enquanto que começava a surgir em São Paulo uma cotonicultura mais produtiva, quando o algodão anual de fibra curta passa a ser adotado para cultivo (Kassab, 1983).

O primeiro grande impulso para o crescimento da cotonicultura paulista ocorreu a partir da Primeira Grande Guerra, quando as indústrias de beneficiamento e de tecelagem foram instaladas (Paiva *et al.*, 1976). Em São Paulo, com a crise do café de 1929, o Estado experimentou uma primeira expansão na área cultivada de algodão, tornando-se, na década de 30, o maior produtor do Brasil, posição que ostentaria por várias décadas (Costa & Bueno, 2004).

Um fator que estimulou o crescimento da cotonicultura paulista foi a oferta de incentivos governamentais para produzir a fibra, assim como investimentos importantes na pesquisa, através da criação do Instituto Agrônomo de Campinas (Freire *et al.*, 1980). Para enfrentar problemas agrônômicos, entre os quais estavam as pragas, principalmente em safras em que as condições climáticas as favoreciam, as pesquisas desenvolvidas aperfeiçoaram a técnica de produção e permitiram elevar a produtividade de fibras (Kassab, 1983).

A partir da década de 1960, o Estado do Paraná viria juntar-se a São Paulo e aos estados nordestinos como produtor de algodão. Naquele estado do Sul, com exploração agrícola baseada na pequena agricultura familiar, o algodão passa a ser reconhecido como interessante cultura de renda, por iniciativa de imigrantes japoneses que iniciaram cultivos da malvácea

nos municípios de Sengés, Assaí e Uraí (Lunardon, 2007).

Neste ciclo de desenvolvimento da cotonicultura no Brasil, que se estendeu até meados da década de 1980, o Brasil experimentou o primeiro modelo produtivo, caracterizado pelo emprego de mão de obra familiar e pequeno número de funcionários externos contratados em determinados momentos do ciclo de cultivo, uso pequeno a moderado de insumos e mecanização relativamente rudimentar. Durante esse ciclo, a incidência de surtos populacionais de várias pragas-chave da cultura foi constante, sendo que as espécies que mais se destacavam eram a lagarta desfolhadora curuquerê do algodoeiro (*Alabama argillacea*), as carpofágicas lagarta-da-maçã (*Heliothis virescens*) e lagarta-rosada (*Pectinophora gossypiella*), os ácaros rajado (*Tetranychus urticae*) e branco (*Polyphagotarsonemus latus*), o pulgão (*Aphys gossypii*), o trips (*Frankliniella* sp.) e a broca-da-raiz (*Eutinobothrus braziliensis*). Ocasionalmente, estas espécies ocorriam em altos índices populacionais naquele modelo familiar de produção e levavam a quedas acentuadas de produtividade (Kassab, 1983; Cruz & Passos, 1985; Quimbrasil, 1985; Azambuja & Degrande, 2014). A convivência com estas pragas, no entanto, não era tão complicada, quando comparada com o que viria a seguir, o período em que o produtor brasileiro teria que aprender a conviver com a mais devastadora das pragas do algodoeiro.

## **2. Brasil com bicudo**

### **2.1. A constatação da praga no país**

Em fevereiro de 1983, a presença do bicudo foi constatada em áreas de cultivo de algodoeiro próximas a Campinas, sendo comunicada oficialmente pela Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, de Piracicaba (Nakano, 1983; Degrande, 1991; Busoli & Michelotto, 2005). A origem da introdução desses insetos no Brasil é incerta, com referências na literatura às áreas de produção do sudeste dos Estados Unidos, nordeste do México, Haiti, República Dominicana, Venezuela ou Colômbia (Santos, 1999; Degrande, 1991; Bastos *et al.*, 2005), porém sendo mais aceita a hipótese de que a proveniência destes insetos tenha sido, de fato, o sudeste dos Estados Unidos, e sua in-

trodução tenha sido feita por avião, uma vez que os primeiros focos detectados situavam-se nas proximidades do Aeroporto Viracopos, em Campinas (Nakano, 1983). Confalonieri *et al.* (2000), após avaliarem o DNA mitocondrial de indivíduos de bicudo, confirmaram serem as populações do inseto estabelecidas no Brasil oriundas dos Estados Unidos.

Imediatamente após, para que as primeiras providências fossem tomadas, especialistas da área da entomologia e ligados à atividade da cotonicultura foram consultados. Especialistas da Embrapa, em resposta rápida, elaboraram um relatório técnico em que confirmaram a presença da praga distribuída numa área de 15 mil hectares de sete municípios paulistas (Barbosa & Lukefahr, 1983; Barbosa *et al.*, 1983; Santos & Santos, 1997). Ora, é de se supor que por mais rápida que seja a disseminação de uma espécie exótica, seu estabelecimento em área tão extensa sugeria que sua introdução não era tão recente assim. De qualquer forma, a constatação oficial exigia atitudes emergenciais para conter a expansão da população do bicudo pelas áreas produtoras do Brasil. Estas atitudes não aconteceram, apesar dos esforços da Embrapa, do Ministério da Agricultura e da Secretaria da Defesa Sanitária Vegetal de São Paulo (Cruz, 1987; Cruz, 1990). Todas as iniciativas foram inférteis, pois uma série de liminares foram impetradas por cotonicultores, ecologistas e outros ditos interessados no meio ambiente, com o auxílio de políticos que acudiram o interesse imediatista e sem visão de futuro de seus eleitores (Martin *et al.*, 1987; Silva Neto, 1987).

Surpreendentemente, apenas quatro meses depois de ter sido detectado em São Paulo, a presença do bicudo também foi confirmada em áreas de cultivo de algodão nos estados da Paraíba e de Pernambuco. Após análise de especialista da Texas A & M University, concluiu-se tratarem-se de insetos de mesma origem. Há duas hipóteses para estas constatações sequenciais: a primeira considera que os insetos detectados no Nordeste teriam sido transportados em caroços produzidos em São Paulo, e que foram semeados para cultivo nas áreas nordestinas (Barbosa & Lukefahr, 1983; Bastos *et al.*, 2005); outra hipótese considera que as ocorrências em áreas extensas e distantes de populações em níveis elevados indicam terem ocorridos duas introduções distintas (Degrande *et al.*, 2004; Degrande, 2006; Azambuja & Degrande, 2014). O plano de

controle e erradicação da praga não pôde ser adotado naquela região, pois proibir o cultivo do algodão mostrou-se medida inócua e, mesmo tendo sido estabelecidas sanções penais para a não eliminação dos restos culturais do algodoeiro, na prática, o problema persistia, favorecendo a manutenção de altas populações da praga (Silva Neto, 1987).

Quando da constatação dos primeiros focos do bicudo no Brasil, a ideia de contenção e mesmo de sua erradicação do país foi considerada. Especialistas elaboraram um plano de ação, visando eliminar os focos iniciais de infestação da praga. Entre as medidas, sugeriu-se a eliminação das plantas em um raio de 20 km ao redor dos focos identificados, a instalação de armadilhas com feromônio para detectar eventual sobrevivência dos indivíduos e pulverizações sequenciais de inseticida em intervalos de dez dias entre elas (Braga Sobrinho & Lukefahr, 1983).

Não obstante, algumas questões tiveram peso enorme e inviabilizaram as atitudes sugeridas. Do ponto de vista econômico, a cotonicultura praticada naquela época, tanto no Nordeste quanto nos estados de São Paulo e Paraná, não estava preparada para a implementação de medidas enérgicas de controle químico, uma vez que o poder aquisitivo dos produtores não permitia grandes aportes (Cruz, 1991). Apesar de o Nordeste representar, naquele momento, uma imensa área cultivada de 1,5 milhão de hectares com algodoeiro, a variedade cultivada era do tipo arbóreo, com produtividades muito baixas, geralmente inferiores a 300 kg de algodão em caroço por hectare. Em São Paulo, onde já se cultivava o algodão herbáceo, o custo de produção seria aumentado consideravelmente com a aplicação de pelo menos sete pulverizações adicionais para o controle da nova praga, o que inviabilizaria a atividade. As áreas em que a presença do inseto foi identificada foram tratadas com inseticidas em número de 12 a 15 aplicações, o que significava, do ponto de vista econômico, incremento no custo de produção totalmente inviável para a época. Tendo em conta que, naquele momento, os preços da pluma não eram tão atrativos, tal aumento do custo de produção decretaria a inviabilização imediata da atividade (Brasil, 1987; Martin *et al.*, 1987).

As questões de segurança alimentar e ambiental também foram cruciais. Parte da área de produção de algodão era feita em sistema de consorciamento com culturas alimentícias, e

temia-se pela contaminação destes alimentos produzidos com o uso intenso de inseticidas contra o bicudo-do-algodoeiro. Mesmo em áreas de cultivo isolado de algodoeiro com focos do inseto, julgou-se, na época, que medidas químicas de contenção populacional provocariam um desequilíbrio ambiental sem precedentes (Barbosa *et al.*, 1986).

Estes argumentos combinados pesaram muito na decisão de não se utilizar estratégias de contenção com aplicações sequenciais de inseticidas nas áreas infestadas com vistas a contenção e erradicação dos focos de infestação de bicudo nas áreas de produção brasileiras. Mas mesmo as medidas de caráter cultural, de importância tão reconhecida na atualidade, não foram executadas adequadamente. Como dito anteriormente, a detecção da praga foi seguida da constatação de que sua propagação já estava adiantada, sendo sugerida a eliminação imediata de 15 mil hectares de cultivo algodoeiro em área infestada. Supõe-se que o impacto social e econômico desta medida tenha desestimulado as autoridades tomadoras de decisão. Mesmo medidas de eliminação de restos culturais, recomendadas com veemência pelos técnicos que analisaram a situação em 1983, não foram executadas com o rigor necessário. Estudos americanos já afirmavam que a velocidade de dispersão da praga se aproximaria a 300 km ao ano (Hunter & Coad, 1923; Guerra, 1988), o que significaria que, em poucos anos, todas as áreas cultivadas com algodão no país, e mesmo nos países vizinhos, poderiam estar infestadas com a nova praga (Embrapa, 1985). Além disso, dada a capacidade de multiplicação de sua população em condições ambientais tão propícias e sem a devida e efetiva intervenção humana, o bicudo teria, em curto espaço de tempo, condições de promover danos significativos com consequentes quebras de produção nas demais regiões brasileiras produtoras da fibra. Estas previsões, infelizmente, foram certas.

Paralelamente, a década de 1980 viveu um cenário econômico altamente desfavorável para o sistema de produção de algodão vigente. Enquanto incentivos governamentais facilitavam a importação de pluma de outros países produtores pela indústria brasileira de fiação, a produção de algodão no Nordeste do Brasil estava altamente obsoleta, sendo as propriedades administradas por sistema de arrendamento, o que implicava em pouco ou nenhum interesse ou capacidade de modernização. Produzir

algodão no Nordeste era desafio enorme, representado também pelas constantes adversidades climáticas, com anos seguidos de seca comprometendo a produtividade (Santos *et al.*, 2008). Enquanto isso, na região Centro-Sul, embora o uso de novas tecnologias fosse uma tendência, a concorrência com mercados externos que ofereciam a fibra a preços mais vantajosos e a competição com novas culturas agrícolas em ascensão, como milho, soja, pastagem e cana-de-açúcar, eram fatores desestimuladores e que contribuíam para o declínio da atividade da cotonicultura (Martin *et al.*, 1987; Urban *et al.*, 1995).

O fim da cotonicultura no Brasil era então iminente, em função de fatores ligados à estrutura precária de produção, política governamental desfavorável e incapacidade de convivência com o bicudo. Numa condição frágil de pouca ou nenhuma capitalização, o produtor brasileiro via os preços pagos por sua fibra caírem em função do incentivo federal à importação de algodão; por outro lado, o custo de produção elevava-se pelo surgimento do bicudo como praga destruidora, o que provocava queda acentuada de produtividade (Martin *et al.*, 1987; Kouri & Santos, 2006).

Em decorrência desse quadro, contendo tantos problemas, o aparecimento do bicudo do algodoeiro na década de 1980 contribuiu decisivamente, como uma gota d'água que faz um copo transbordar, para decretar a extinção da atividade cotônica nas regiões do Semiárido Nordestino e também nos estados do Centro-Sul (São Paulo e Paraná). O temido colapso da cotonicultura, inicialmente evitado pela decisão de não utilização das medidas de contenção e erradicação do bicudo baseados no controle químico e na eliminação dos focos, ocorreu, não obstante, pelo estrangulamento da atividade em face de tantos gargalos. Assim, foi desmontada a produção de algodão que existia no Nordeste e inviabilizada a cotonicultura familiar no Sudeste (Santos & Santos, 1997; Kouri & Santos, 2006).

Enquanto isso, a prevista disseminação da praga foi sendo confirmada e, pouco a pouco, o bicudo foi se estabelecendo na maioria das áreas produtoras de algodão do Brasil. Em julho de 1983, a Embrapa já emitia parecer em que estimava que os 15 mil hectares iniciais infestados com a praga já haviam se transformado em 40 mil hectares. Para ilustrar, apenas uma armadilha instalada em área de foco de bicudo em São Paulo

capturou 1,3 mil indivíduos em dois dias (Barbosa & Lukefahr, 1983). O novo plano de erradicação previa a proibição do cultivo do algodoeiro na área infestada (40 mil hectares) e na área de segurança (outros 40 mil hectares situados ao redor da área infestada) e sua substituição por áreas de cultivo-armadilha, onde inseticidas seriam aplicados no sulco e na parte aérea da planta por três vezes seguidas a intervalos de cinco dias, além do monitoramento da área com armadilhas de feromônios (Embrapa, 1985). Algumas variantes deste plano também foram sugeridas alternativamente, mas não fugindo desta lógica. Mais uma vez, as sugestões técnicas não foram executadas, e o bicudo consolidou-se como a praga mais destrutiva e que demandaria mais esforços para seu controle nos algodoeiros brasileiros.

No ano seguinte (1984), já se constatava a presença da nova praga em 83 municípios paulistas, em área infestada equivalente a 100 mil hectares (Martin *et al.*, 1987; Santos & Santos, 1997), enquanto que, no Nordeste, a praga já causava danos em cerca de 250 mil hectares de algodoeiro (Souza, 1985). Em menos de dois anos, cerca de 350 mil hectares de algodoeiros brasileiros estavam infestados com a nova praga (*Tabela 1*).

Em face aos eventos verifica-

**Tabela 1.** Progressão da área infestada pelo bicudo-do-algodoeiro no Brasil, na década de 1980 (Barbosa et al., 1986)

UF	Março/1983		Julho/1983		Dezembro/1983		Julho/1984		Dezembro/1984	
	Nº de municípios	Área (ha)	Nº de municípios	Área (ha)	Nº de municípios	Área (ha)	Nº de municípios	Área (ha)	Nº de municípios	Área (ha)
São Paulo	06	3.600	43	40.000	43	40.000	81	100.000	81	100.000
Paraíba	-	-	05	10.000	29	40.000	49	100.000	58	150.000
Pernambuco	-	-	08	10.000	12	17.400	20	20.000	23	30.000
Rio Grande do Norte	-	-	-	-	-	-	07	13.000	24	70.000
<b>Totais</b>	<b>06</b>	<b>3.600</b>	<b>94</b>	<b>60.000</b>	<b>94</b>	<b>97.400</b>	<b>157</b>	<b>233.000</b>	<b>186</b>	<b>350.000</b>

dos, fica claro que o país não estava preparado para tomar atitudes tão enérgicas, onerosas e socialmente impopulares na tentativa de erradicar a nova praga. Entretanto, após a experiência de mais de três décadas de convivência com o bicudo, é de se questionar se, mesmo se todas as medidas de contenção e erradicação tivessem sido efetivamente adotadas, o inseto teria sido, de fato, eliminado do ambiente brasileiro. Os conhecimentos atuais atestam a alta capacidade do inseto em sobreviver nos ambientes de fragmentos naturais vegetados que se avizinham aos campos de produção de algodão no Brasil. As táticas de controle químico, por mais eficientes que sejam, acabam comprometendo a ação dos inimigos naturais da praga, como parasitoides dos gêneros *Bracon* e *Catolaccus*, os quais apresentam eficiência de parasitismo comprovada em laboratório, mas sucumbem no campo às constantes pulverizações de inseticidas demandadas para o controle do bicudo e das outras pragas da cultura (Silva & Ramalho, 1997; Silva & Almeida, 1998). A inexistência de temperaturas rigorosas de inverno no Brasil, contrariamente ao que acontece nos Estados Unidos, é outra ferramenta indisponível na luta contra a praga.

Como saldo deste cenário negativo, as tradicionais regiões produtoras de algodão de até então foram reduzidas ao extremo. Em São Paulo, apenas a região de Paranapanema conseguiu manter a exploração desta atividade, adotando o modelo de produção empresarial à semelhança daquele praticado no Cerrado, hoje contando com cerca de 10 mil hectares da cultura (IBA, 2014). No Paraná, a atividade foi substituída por outras culturas agrícolas mais rentáveis e de menor risco, como soja, trigo, milho e cana-de-açúcar, restando poucos produtores em área cultivada de cerca de 600 hectares (IBA, 2014). No Nordeste, restou um nicho de mercado voltado para a agricultura familiar com produção de algodão naturalmente colorido. Este nicho, no entanto, teve seu crescimento comprometido pela falta de políticas públicas de incentivo, falta de maior organização entre produtores, empresariado e pequenos artesãos, de modo que se somam menos de 5 mil hectares cultivados com algodão em todo o Semiárido (Beltrão & Carvalho, 2004).

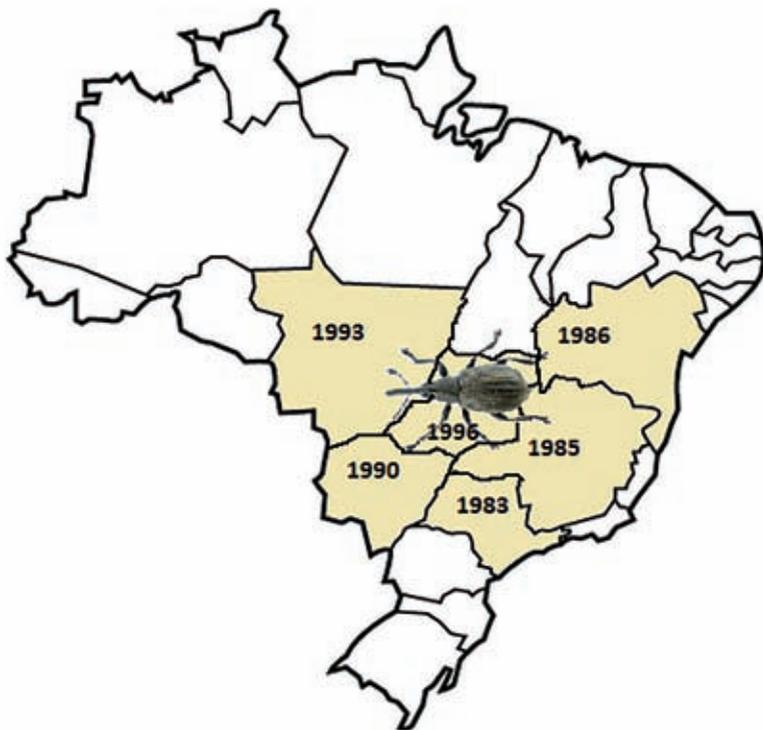


Figura 1. Infestação do bicudo-do-algodoeiro nos principais estados do Brasil

## 2.2. Ressurgimento do algodão

Como a ave Fênix, a cotonicultura viria a renascer das cinzas, desta vez para seguir sua saga no Centro-Oeste brasileiro, ainda mais pujante, adotando um novo modelo de produção, vencendo novos desafios e convivendo com problemas já conhecidos. Assim foi com o bicudo, apesar de sua presença tendo sido constante, a cotonicultura do Cerrado aprende a conviver com a praga. Convivência sempre conturbada, que demandou e continua demandando muitos esforços de todo o setor produtivo do algodão para conseguir minimizar os danos ocasionados pelo inseto e garantir as produtividades elevadas de fibra que caracterizam a cotonicultura empresarial desta região.

A necessidade de uma cultura rentável e de valor agregado financeiramente compatível com a sucessão da soja transformou os Cerrados brasileiros, especialmente no Centro-Oeste

e Oeste do Estado da Bahia, na nova fronteira agrícola do país também na produção de algodão.

Graças a incentivos fiscais, ao profissionalismo de grandes produtores e aos investimentos em pesquisas, em pouco mais de uma década, a cultura do algodão consolidou-se na agricultura dos Cerrados brasileiros (Kouri & Santos, 2006).

Neste percurso, alternando ciclos de maior e menor impacto e prejuízo ocasionados à produção de fibras, o bicudo tem sido responsável por 25-30% de todos os esforços de controle de pragas da cultura, sem os quais, a produção seria fatidicamente nula, tal é o estrago que essa espécie pode causar. Os estados produtores, conscientes do grande potencial do bicudo em causar prejuízos, passaram a adotar ações organizadas e sistematizadas de controle da praga, surgindo, assim, os planos estaduais de controle do inseto.

### **2.3. O bicudo no algodão do Cerrado**

O cultivo do algodoeiro no Cerrado não se iniciou no final do século XX, como poderia se imaginar. Tentativas e casos de sucesso na exploração da malvácea datam de anos longínquos, como relata Freire (2007). No entanto, até a década de 1990, o modelo de produção era bem diferente do atual, bem como a área explorada com a cultura. Este modelo conseguiu sustentar-se até então, apesar de uma série de problemas fitossanitários, relacionados à mão de obra e às políticas governamentais da época, por meio de sucessivas migrações.

Assim, as extensas áreas cultivadas com algodão no Nordeste na década de 1960 foram paulatinamente substituídas pelos cultivos concentrados nos estados do Paraná e de São Paulo nas décadas de 1960, 1970 e 1980 e finalmente migrou para as áreas de produção agrícola do Cerrado brasileiro a partir da década de 1990.

A migração do cultivo do algodoeiro para o Cerrado trouxe consigo o problema ocasionado pelos ataques de bicudo, que se intensificaram gradativamente, à medida que novas áreas iam sendo cultivadas com a malvácea. Na safra 1993/1994, o bicudo já se constituía como a principal praga das lavouras de algodão situadas no Cerrado (Ramalho & Santos, 1995).

Apesar disso, a produção de algodão do Cerrado construiu,

ao longo do tempo, a característica importante de organização elevada, fator preponderante para a consolidação da atividade na região. Apoiado por iniciativas governamentais em Mato Grosso, Goiás e Bahia, assim como pelo Governo Federal, representado pelo Ministério da Agricultura e pela Embrapa, o setor produtor de algodão do Cerrado criou fundos de apoio à pesquisa e ao desenvolvimento da cotonicultura, a partir de incentivos fiscais concedidos pelos governos estaduais; ao mesmo tempo, fundações foram criadas com o intuito de apoiar trabalhos de pesquisa e incentivar a adoção de novos sistemas de produção que possibilitassem aumentos de produtividades, melhorar a qualidade de fibras e reduzir custos de produção (Freire, 2007; Santos *et al.*, 2008).

No aspecto fitossanitário, a necessidade de tomada de medidas coletivas contra a cruel praga do bicudo foi se tornando cada vez mais premente, surgindo assim os programas regionais de controle do inseto, iniciativas tomadas por cada associação estadual de produtores em parceria com entidades do setor. Desta forma, os estados produtores foram pouco a pouco engajando-se neste trabalho, cujas estratégias não diferem das empregadas no programa de erradicação americano e incluem medidas de controle cultural como a destruição imediata dos restos culturais após a colheita, aplicação de inseticidas com base em níveis de infestação e monitoramento constante, uniformização da época de semeadura, controle de final de safra, pulverizações em bordadura, utilização de feromônios para atração e armadilhas para captura de indivíduos do inseto (Degrande *et al.*, 2009).

Por sua intensidade de ataque e capacidade de causar prejuízos econômicos, o bicudo foi um dos insetos-praga que contribuiu decisivamente para a adoção da prática de monitoramento nas culturas de algodoeiro do Brasil. Seu monitoramento vem sendo feito por meio de dados de captura de insetos nas armadilhas com feromônios durante as entressafas e por amostragens em intervalos de até cinco dias no decorrer do ciclo de cultivo do algodoeiro (Rodrigues & Miranda, 2007; Miranda *et al.*, 2013).

Efetuada a amostragem, a tomada de decisão leva em conta o nível de controle estabelecido para a praga; nível este que sofreu modificação em função de mudanças no cenário de produção. Sete anos após a detecção da praga nas áreas de São

Paulo, a Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, órgão paulista de assistência, recomendava a adoção do nível de controle de 5% de botões atacados (um botão perfurado a cada 20 examinados) até o início da fase F1 (primeira flor aberta) e de 10% de botões atacados após este momento fenológico (Cruz, 1990). O modelo de produção do Cerrado, com o cultivo do algodoeiro em grandes extensões contínuas de lavoura, **as características peculiares dos agroecossistemas deste bioma** e a excelente adaptabilidade do inseto nas áreas produtoras contrapostas ao incremento crescente no valor da produção mostraram que os níveis estabelecidos anteriormente já não estavam adequados a esta nova realidade. **A partir das implantações dos planos estaduais de controle de bicudo no Cerrado brasileiro, considerando-se o aumento do valor da produção e as altas incidências de bicudo nas lavouras, o nível de 5% de botões atacados passou a ser adotado.**

## **O bicudo no algodão de Goiás**

Em Goiás, a atividade cotonícola teve seu início na década de 1940. A princípio caracterizado tipicamente como sistema de produção familiar e de pequenas extensões (1 a 50 hectares por propriedade), este modelo de produção foi progressivamente se modificando para uma fase de transição, na qual, já na década de 1970, viam-se algumas lavouras com área cultivada com algodão superior a mil hectares, casos considerados **grandes monoculturas para a época.**

Após um processo de modernização da atividade, verificado na década de 1980, o Estado de Goiás manteve-se como primeiro produtor nacional de algodão, até que outra grande catástrofe ocorresse na safra 1997/1998: a incidência da virose doença azul nas lavouras goianas, o que significou uma grande crise da atividade. A substituição progressiva de variedades suscetíveis ao vírus por variedades resistentes desenvolvidas pela pesquisa contornou o problema (Freire, 2007).

O bicudo foi registrado pela primeira vez em terras goianas em maio de 1996, atacando lavouras nos municípios de Itumbiara, Cachoeira Dourada, Inaciolândia e Panamá (Kouri & Santos, 2006). Nas safras subsequentes, altas infestações de bicudo começaram a repetir-se e a intensificar-se (Bastos *et al.*, 2005),

a ponto de, em 2001, as autoridades do setor decidissem pela necessidade de tomar medidas urgentes para redução populacional da praga. Então, foi criado, em 2002, o Plano Estratégico de Controle do Bicudo em Goiás, projeto financiado pelo Fundo de Incentivo à Cultura do Algodão em Goiás (Fialgo), executado pela Fundação Goiás, e que teve como parceiros a Agrodefesa (Agência Goiana de Defesa Agropecuária, órgão de defesa fitossanitária do Estado de Goiás) e a Embrapa. A proposta nasceu com a finalidade de reduzir as populações do bicudo a níveis brandos, que permitissem a obtenção de altos patamares produtivos, apesar da praga (Degrande *et al.*, 2003).

Medidas emergenciais de redução populacional do bicudo foram estabelecidas e incluíam o controle de bordadura, aplicações de inseticidas na fase B1, monitoramento constante da população, controle químico por ocasião da fase de “cut-out” e a eliminação correta de restos de cultura. Mais importante, no entanto, foi o comprometimento coletivo e a tomada de ações conjuntas em todas as áreas de produção de algodão de Goiás, ações sistematizadas que contribuíram para a redução populacional da praga (Lima Jr. *et al.*, 2013). Aos técnicos do projeto que exerciam a função de monitores coube a responsabilidade de, além de monitorar a praga em todas as lavouras, orientar e difundir estratégias, conhecimentos, informações técnicas e legislativas acerca do tema. Critérios mais rígidos no controle do inseto e adesão crescente dos produtores às medidas recomendadas deram resultado, sendo que, na safra seguinte, de 2002/2003, foram experimentados os primeiros ganhos de produtividade (Miranda *et al.*, 2012).

Na safra 2003/2004, a Agrodefesa instituiu legislação estadual que regulamentava os períodos de semeadura e de destruição dos restos culturais, períodos que foram sendo revistos e ajustados nos anos posteriores, com intuito de melhor adequação à realidade agrícola de cada região produtora do Estado (Agrodefesa, 2014). Ainda na mesma safra, foram instaladas armadilhas com feromônio para monitoramento das populações de bicudo em todas as lavouras do Estado de Goiás, sendo os dados de captura repassados à Fundação Goiás, instituição gestora do projeto, a qual os organizava e repassava-os de volta aos produtores. Na safra seguinte, todas as áreas produtoras passaram a ser mensuradas e monitoradas por georreferencia-

mento (Rodrigues & Miranda, 2007).

Em 2005, a Agrodefesa instituiu o Decreto Estadual nº 6.295, de 16 de novembro, que regulamentava a obrigatoriedade da destruição efetiva dos restos culturais de algodoeiro, com definição de penalização aos infratores (Agrodefesa, 2014).

Na safra 2006/2007, a região de Cristalina e Silvânia foi escolhida para ser conduzida a partir de então como área de supressão populacional do bicudo. Esta região foi definida em comum acordo com os produtores locais, e tal escolha baseou-se no fato de que a área de produção encontra-se isolada a mais de 40 km das outras áreas produtoras, abrange propriedades altamente tecnificadas e com grupo de profissionais altamente comprometidos com a proposta. O custo dos trabalhos ali iniciados foi bancado parcialmente pelos produtores e parcialmente pelos fundos do próprio projeto (Lima Jr. *et al.*, 2013). As lavouras da região, cujo histórico era de alta infestação pelo inseto, tiveram as populações de bicudo reduzidas logo no final da primeira safra, com aplicações sequenciais de inseticidas a partir da fase “cut-out”, cujo número variou de seis a oito pulverizações. Na entressafra seguinte, foram instaladas armadilhas com feromônios, as quais seriam mantidas por todo o ano agrícola, monitorando a população do inseto. Ações rigorosas de monitoramento foram executadas, e aplicações de inseticidas foram feitas no mesmo dia ou no dia seguinte ao da constatação da presença do inseto em nível acima daquele tido como de controle. A destruição efetiva dos restos culturais e a observância do período necessário de ausência de plantas de algodoeiro na entressafra foram práticas culturais executadas com primor (Garcia & Miranda, 2012; Miranda *et al.*, 2013).

O projeto estadual de controle e supressão de bicudo de Goiás teve início em 2002 e foi financiado pelo Fialgo até 2011 (Miranda, 2010), quando tal incumbência passou ao Instituto Brasileiro do Algodão (IBA). Entre os objetivos do projeto estão o de monitorar as populações do inseto em todas as regiões produtoras do Estado, orientar ações de redução da densidade populacional do bicudo, orientar medidas de supressão populacional em uma região específica do Estado e promover ou estimular a eliminação de plantas de algodão na entressafra (IBA, 2014).

## O bicudo no algodão da Bahia

O bicudo chegou às terras baianas antes da modernização da cotonicultura com o modelo empresarial de produção. No momento da introdução e rápida propagação das populações de bicudo no Brasil, a Bahia tinha como grande produtora a região do Vale do Iuiú, liderada pelo município de Guanambi. Esta região chegou a destinar, na década de 1980, mais de 330 mil hectares para a atividade de produção de algodão. Para o bicudo, o sistema de reforma dos algodoeiros, ou seja, a manutenção das plantas já colhidas para nova fase de vegetação e segunda colheita, vem a ser um fator altamente favorecedor de seu incremento populacional, configurando-se assim num gargalo intransponível para o produtor do sudoeste baiano. Não bastasse isso, a incidência de outras pragas (como pulgões), fatores climáticos adversos, solos compactados, baixos índices de qualidade de pluma (por pegajosidade da pluma causada pelos pulgões) e baixas produtividades levaram à decadência da atividade naquela região (Kouri & Santos, 1984; Pedrosa *et al.*, 2005).

Na década de 1990, a atividade ressurgiu no Oeste da Bahia, desta vez com alto uso de tecnologias modernas. O bicudo-do-algodoeiro logo se destaca como praga-chave, mas seu controle é intensificado. Maquinários modernos, inseticidas de vários grupos químicos e em volume enorme são utilizados sem maiores critérios na tentativa de controlar a praga (Bahia, 2001; Freire, 2007)

Por outro lado, devido à crescente utilização de irrigação por aspersão, boa parte da área pode ser cultivada sem problemas decorrentes de déficit hídrico. Por conseguinte, o período de semeadura (vulgarmente chamada “janela de plantio”) do algodoeiro é ampliado, estendendo-se por vários meses (de novembro a março). Fatidicamente, esta característica influenciaria de forma a garantir a manutenção de altos índices populacionais de bicudo, uma vez que a disponibilidade de alimento (período de florescimento) do algodoeiro é ampliada. Ao mesmo tempo, restos de cultura configuram-se em problemas recorrentes na região, servindo de locais de alimentação e oviposição das populações remanescentes de bicudo, implicando em altas populações da primeira geração do inseto na safra subsequente.

Em 2002, após a criação do Programa de Incentivo à Cultu-

ra do Algodão da Bahia (Proalba) e do Fundo para o Desenvolvimento do Agronegócio do Algodão (Fundegro), em função dos efeitos indesejados da manutenção de altas populações de bicudo nas lavouras baianas, estas entidades, juntamente com outras representativas do setor (Abapa, Fundação Bahia, consultorias técnicas locais), planejaram importantes medidas de redução populacional da praga (Carvalho *et al.*, 2001).

Nascia assim, em 2003, o primeiro projeto de controle do bicudo da Bahia, baseado nas experiências de sucesso de outros estados, como Mato Grosso e Goiás. O programa de controle foi então planejado em 2001, e equipes de profissionais foram distribuídas pelas áreas produtoras. As medidas agrônômicas não diferiam tanto daquelas implementadas nos outros estados, porém foram ajustadas para o modelo baiano de produção de algodão, bem como o número de profissionais e a estrutura necessária para atender a contento as necessidades locais (Carvalho *et al.*, 2001; Degrande *et al.*, 2001).

Paralelamente, ações legislativas de controle do bicudo foram implementadas pela Agência de Defesa Agropecuária da Bahia (Adab) a partir de 2004. A Adab passou a atuar em todas as áreas produtoras das regiões do Oeste e Sudoeste da Bahia, efetuando o monitoramento direto nas culturas, mapeamento de sua distribuição e flutuação anual, orientação e imposição de sanções previstas para eventuais infrações às leis fitossanitárias. Especificamente nas áreas de agricultura familiar de Guanambi e região, a Adab passaria a selecionar e a assistir produtores de algodão, além de fornecer kits para subsolagem, preparo de solo, fornecimento de sementes e controle fitossanitário de pragas, como o bicudo, com defensivos, pulverizadores e EPIs (Seagri/BA, 2004).

Na safra 2006/2007, a Abapa inovou novamente com ações coletivas interessantes para o controle da praga. Foi criado o Projeto Integrado de Controle do Bicudo no Oeste da Bahia, que previa a criação de núcleos técnicos de controle, capacitados por coordenação estadual da Abapa, em parceria com a Fundação Bahia e consultorias locais. Naquele momento, problemas comuns em outras safras estavam evidenciados, com elevada densidade populacional decorrente, entre outros motivos, da presença de áreas extensas (50 a 60%) com plantas tigueras e soqueiras em estado vegetativo ativo e que

foram ocasionadas por safra com excesso de chuvas, escassez de produtos inseticidas em determinados momentos e planejamento, execução e acompanhamento pouco adequados pelos produtores, segundo levantamento da própria associação estadual (Abapa, 2014).

Mais de 20 medidas que envolviam ações de controle cultural, comportamental, químico e legislativo foram planejadas com vistas à redução das populações do inseto, redução do custo de controle e garantia do potencial produtivo das lavouras baianas. O citado projeto foi então fragmentado por núcleos, nascendo os projetos locais (Coaceral, Roda Velha e Estrada do Café). A inovação consistia no fato de que as ações integradas nas fazendas de cada núcleo eram planejadas, executadas e monitoradas pelos próprios interessados diretos, os técnicos e os produtores do referido núcleo, o que permitia a rápida e efetiva apropriação do projeto pelos usuários. Os recursos (financeiros, material humano, maquinários) necessários para a execução das ações eram angariados com os próprios produtores de cada núcleo, fato que acelerava também a apropriação e a cobrança pela execução dos respectivos papéis entre os usuários.

Em 2011, recursos do IBA passaram a ser utilizados para o controle da população de bicudo nas lavouras baianas por meio do Projeto Monitoramento e Controle do Bicudo do Algodoeiro no Estado da Bahia (IBA, 2014), que preconiza o foco no controle preventivo através de orientação e treinamento quanto aos aspectos agrônômicos e legislativos de combate ao inseto, por meio de equipe técnica treinada de monitores e visitas direcionadas às unidades de produção de algodão do Estado.

## **O bicudo no algodão de Mato Grosso**

Embora também em Mato Grosso iniciativas pioneiras de cultivo do algodoeiro datem da década de 1930, foi no final da década de 1980 que o Estado viu florescer as primeiras grandes áreas de algodoeiro. Foi o início de uma grande fase, que perdura até os dias atuais, e que alçaram o Estado à situação de maior produtor nacional de algodão. Com o algodoeiro cultivado com técnicas modernas, o que inclui alta mecanização, alto aporte de insumos e intenso uso de produtos fitossanitários, o cultivo do algodoeiro em Mato Grosso nestes últimos 25

anos foi realizado na presença do bicudo. Na verdade, o bicudo já estava presente em terras mato-grossenses, tendo sido detectado pela primeira vez em junho de 1993, nos municípios de Mirassol d'Oeste e Cáceres (Kouri & Santos, 2006). Novas constatações de ataques do inseto foram registradas em seguida em Campo Verde e Dom Aquino e, posteriormente, em Primavera do Leste, Poxoréu, Santo Antônio do Leste e Novo São Joaquim (Bastos *et al.*, 2005).

Em 2001, por constatar-se que as populações de bicudo concentravam-se nas regiões mais tradicionais de produção de algodão do Estado (regiões Sul e Centro-Leste), a Associação Mato-Grossense dos Produtores de Algodão (Ampa) iniciou um trabalho de contenção populacional com a instalação de uma barreira de armadilhas em zona-tampão que impedisse o avanço do inseto para as áreas mais novas de produção de algodão do Norte do Estado.

Apesar desses esforços, já em 2004/2005, o inseto foi constatado assolando áreas de produção no Norte (Lucas do Rio Verde, Sorriso, Nova Mutum), e, em 2005/2006, a última região considerada isenta de bicudos, que compreende Sapezal e Campo Novo dos Parecis, teve seu status alterado para zona de infestação pela praga. Foi desta forma que rapidamente o inseto passou a ser verificado por todas as áreas produtoras de algodão do Estado.

Em 2006/2007, a Ampa promoveu a criação de um grupo técnico de discussão para tratar da problemática do bicudo na região da Serra da Petrovina, ação que resultou num programa regional de supressão da praga naquela região produtora. Esforços enérgicos que envolveram a aplicação coordenada e sequencial de inseticidas nas lavouras, uso de armadilhas com feromônios e destruição efetiva dos restos culturais visavam reduzir o bicudo à condição de praga de importância secundária (AMPA, 2014). Este programa foi executado durante uma safra, mas seu alto custo e a ocorrência de preços pouco atrativos nas safras seguintes desestimularam os produtores da região, que acabaram por desinteressar-se. É evidente que os níveis populacionais do inseto mantiveram-se relativamente elevados nas safras seguintes.

Desde então, a Ampa vem desenvolvendo projetos de monitoramento e controle de bicudo para o Mato Grosso, com recur-

sos do Fundo de Apoio à Cultura do Algodão (Facual). A partir de 2012, estes projetos passaram a ser financiados pelo IBA, sob a execução do Instituto Mato-grossense do Algodão (IMAmt) (IBA, 2014). O monitoramento do bicudo nas lavouras de algodão de Mato Grosso, a capacitação de pessoal e a difusão de boas práticas de controle do bicudo do algodoeiro estão incluídas nos objetivos e metas destes projetos. Destaca-se também o trabalho de eliminação de plantas voluntárias de algodoeiro e a orientação quanto ao correto transporte de algodão, a fim de eliminarem-se plantas que sirvam de substrato de alimentação, oviposição e abrigo para o bicudo-do-algodoeiro na entressafra.

## **O bicudo no algodão de Mato Grosso do Sul**

O algodoeiro chegou a Mato Grosso do Sul no início da década de 1990 (Freire, 2007), inicialmente em áreas de exploração familiar próximas à divisa com o Paraná e, em seguida, já no modelo empresarial, na região dos Chapadões, onde se consolidou como uma das três grandes culturas em sistema de rotação. Outra região que compreende o município de São Gabriel do Oeste juntou-se aos Chapadões para compor a atual área de produção de algodão do MS. Nesse Estado, tão logo se iniciaram as atividades com esta cultura, já se notaram os primeiros focos da presença do bicudo-do-algodoeiro em Taquarussu e arredores (Degrande, 1991; Bastos *et al.*, 2005).

Para controlar a praga, medidas de controle empregadas nos outros estados do Cerrado passaram a ser estimuladas também naquelas regiões produtoras. Entretanto, as populações de bicudo têm se mostrado bastante hábeis em manter-se em alta nas áreas infestadas ou de estabelecer-se em áreas antes indenes, quando não existe uma organização do setor que as combata sistematicamente. Até 2005, o Norte do Estado era considerado área indene do bicudo; no entanto, logo a seguir, começaram a ser detectados os primeiros indivíduos nas lavouras de algodão próximas àquela região, prevendo-se o alastramento do problema (Bastos *et al.*, 2005). Notando essa fragilidade, as entidades representantes do setor cotonícola do Estado, capitaneadas pela Associação Sul-Mato-grossense dos Produtores de Algodão (Ampasul), resolveram por bem criar também seu programa estadual de controle de bicudo,

em 2007. Surgiu assim o denominado Consórcio Anti-Bicudo, com o objetivo definido de nortear as ações para supressão do bicudo na cultura do algodão em Mato Grosso do Sul (Ampasul, 2010). Desde então, uma equipe de profissionais monitora as lavouras de algodoeiro das regiões sul-mato-grossenses levando informações importantes e estimulando a tomada de medidas agronômicas adequadas para a redução das populações de bicudo, quantificando as populações do inseto nas lavouras e promovendo eventos de conscientização do problema e tomada de decisões de ações contra a praga.

Atualmente, o IBA financia projeto da Ampasul de controle, mitigação e erradicação de pragas e doenças em Mato Grosso do Sul. Tal projeto, iniciado em 2012, visa monitorar, orientar, acompanhar e dar recomendações técnicas de controle fitossanitário aos produtores de algodão do Estado de Mato Grosso do Sul. As ações do projeto estão focadas principalmente no monitoramento e controle do bicudo-do-algodoeiro, mas são destinadas também ao monitoramento e ao controle de nematoides e das principais doenças da cultura. Enfatiza-se o cumprimento do vazio sanitário, a destruição de plantas tigueras nas lavouras e beiras de rodovias e eliminação das plantas involuntárias remanescentes em outras culturas como formas de reduzir a população do bicudo e outras pragas (IBA, 2014).

## **O bicudo no algodão de Minas Gerais**

À semelhança do que ocorreu no Sudoeste baiano, do lado mineiro, a produção de algodão na década de 1980 utilizava o mesmo sistema adotado na Bahia. Área produtora situada em região bastante próxima às lavouras baianas, por conseguinte, os problemas verificados no Norte de Minas Gerais foram muito parecidos. Após um período de relativo sucesso, quando a região chegou a cultivar cerca de 170 mil hectares de algodoeiros, o sistema familiar e rudimentar de produção da pluma não sobreviveu aos problemas recorrentes de seca, falta de estruturação, recursos para investimento e crescentes ataques do bicudo, vindo a desestruturar-se ainda na década de 1980 (Freire, 2007).

A cerca de 850 km dali, na região do mesmo Estado denominada Triângulo Mineiro, um movimento inverso começava a ocorrer no início da década de 1990. Iniciava-se a era de ex-

ploração de algodão na região, desta vez utilizando o modelo empresarial praticado nos cerrados de Mato Grosso e Goiás. Em seguida, cultivos da malvácea foram introduzidos no Alto Parnaíba e, alguns anos mais tarde, as regiões onde se situam Patos de Minas e Unaí juntaram-se às áreas produtoras de algodão de Minas Gerais (Freire, 2007).

Evidentemente, à semelhança do que aconteceu nas outras regiões, o bicudo também rapidamente se instalou nas novas áreas cultivadas, tornando-se o principal problema fitossanitário. As primeiras infestações do inseto em terreno mineiro foram registradas em maio de 1985, após capturas em armadilhas com feromônios em seis municípios do Sul de Minas Gerais (Brandão & Laca-Buendía, 1985; Bastos *et al.*, 2005).

Naquele Estado, a Associação Mineira dos Produtores de Algodão, em conjunto com a Minas Cotton e Algominas — união de cooperativas de comercialização de algodão —, promoveu ações de controle populacional do bicudo nas lavouras mineiras. Foi então, em 2007, instituído o Projeto do Bicudo do Estado de Minas Gerais, com equipe técnica promovendo ações de orientação ao controle correto do inseto nas lavouras, doação de feromônios para monitoramento da população do bicudo e campanhas para destruição efetiva dos restos culturais do algodoeiro (Miranda, 2010b).

A partir de 2005, ações legislativas com intuito de assegurar o controle do bicudo em Minas Gerais são efetuadas pelo Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA), órgão responsável pela fiscalização, inspeção e execução das atividades necessárias à defesa sanitária vegetal no Estado (IMA, 2008).

Em 2012, a Associação Mineira de Produtores de Algodão (Amipa) passaria a contar com recursos do IBA para a execução do Projeto de Manejo de Prevenção e Controle de Pragas do Estado de Minas Gerais, com ênfase no bicudo-do-algodoeiro, com vistas a promover a redução populacional da praga, sistematizar os dados estatísticos e contribuir para a redução do custo de controle por meio da utilização correta do manejo integrado da praga. Este trabalho que vem sendo conduzido desde então procura monitorar e incentivar o controle de pragas do algodão, com ênfase no bicudo, reduzindo suas densidades populacionais nas áreas produtoras de algodão por meio da obtenção de dados *in loco* e *ex situ*, orientar e monitorar a destruição de soquei-

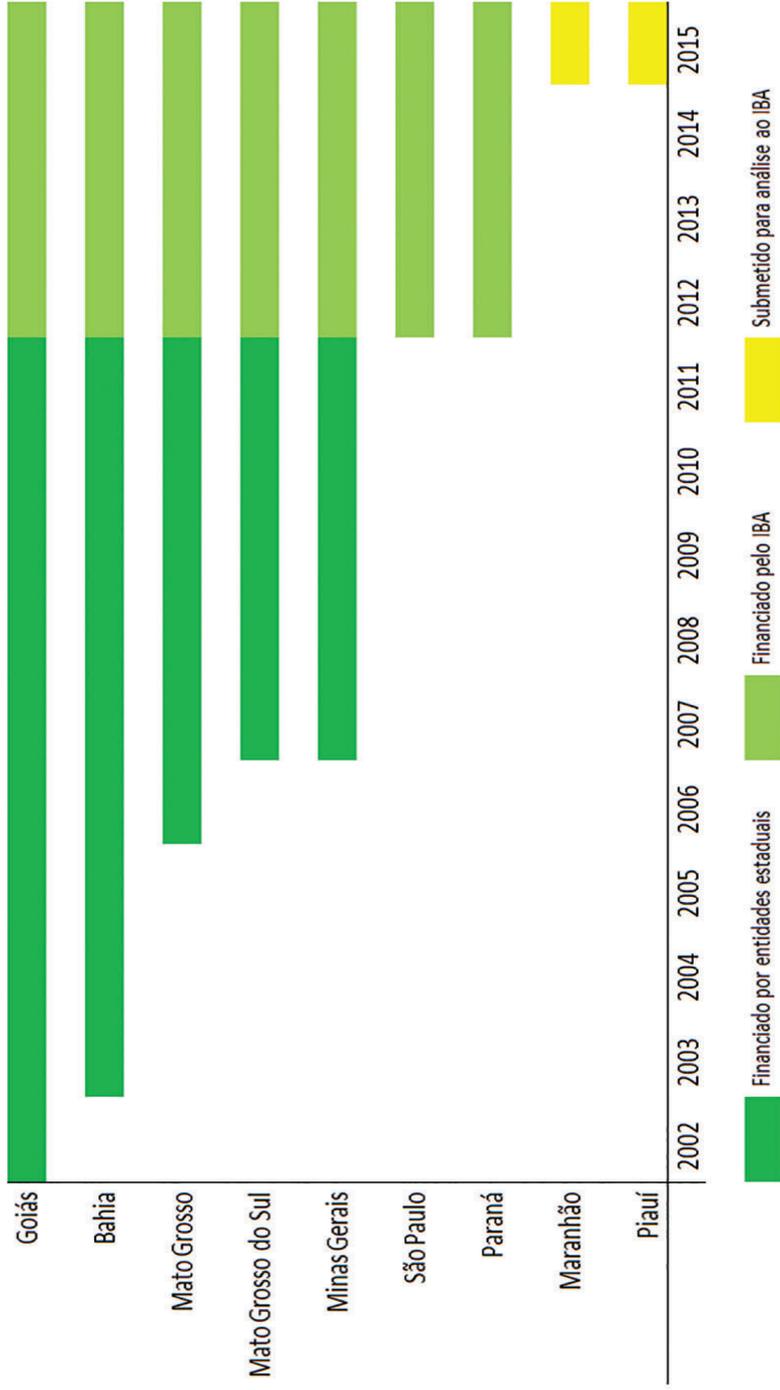


Figura 2. Projetos estaduais de controle do bicudo-do-algodoeiro no Brasil

ras, plantas voluntárias e/ou involuntárias em propriedades que produzem algodão, visando evitar a disseminação de pragas da cultura, orientar produtores, técnicos e gestores sobre as melhores práticas no controle e manejo integrado de pragas da cultura do algodão e selecionar áreas-piloto em quatro regiões do Estado a serem acompanhadas, propondo-se modificações no monitoramento de pragas (IBA, 2014).

## **O bicudo no algodão de São Paulo**

Em 2012, a Associação Paulista de Produtores de Algodão aprovou junto ao IBA o projeto de mapeamento comportamental do bicudo e incentivo de uso de medidas básicas e/ou novas para o combate ao bicudo no Estado de São Paulo. Com execução prevista para dois anos, foi concebido para atender aproximadamente 120 produtores em área cultivada de 19,6 mil ha com algodão e propiciar a redução dos danos causados pelo inseto e, assim, reduzir os custos de controle e produção. O projeto é composto de equipe técnica contratada que monitora toda a área de produção de algodão no Estado de São Paulo. Benefícios econômicos, ecológicos e biológicos nas regiões produtoras são esperados com a redução do número de aplicações de inseticidas e da população da praga, assegurando-se o potencial produtivo da cultura. Outro fator determinante baseia-se na troca constante de informações e no repasse de orientações técnicas necessárias para o adequado controle do bicudo, o qual, espera-se, sirva de incentivo para o aumento de área cultivada com a malvacea no Estado (IBA, 2014).

### **2.4. O bicudo na atualidade**

O histórico de incidência e a experiência prática demonstram claramente que o bicudo não encontra grandes dificuldades de manter-se presente nas lavouras brasileiras de algodão. As grandes áreas cultivadas com a malvacea, o clima extremamente favorável ao desenvolvimento de suas populações e a sua manutenção nos períodos de entressafra e a ausência de inimigos naturais no agroecossistema onde a espécie se encontra são fatores que contribuem para o sucesso da espécie em campos brasileiros. Além disso, por se tratar de praga presente

em todas as lavouras do país, ações isoladas, desordenadas ou de alcance limitado não são suficientes para reduzir efetivamente suas populações. Assim, costuma-se dizer que o bicudo não respeita porteiras, e mesmo que quase todos os produtores de uma determinada região tomem medidas corretas e em tempo hábil para reduzir os níveis populacionais do inseto em suas áreas, basta que um e somente um deles não faça o dever de casa e o inseto se multiplicará e causará danos significativos a todos eles. Da mesma forma, enquanto estratégia importantíssima de controle, a ausência de plantas de algodoeiro no período da entressafra a fim de causar alta mortalidade nos indivíduos da população remanescente de bicudo de uma safra pode ser totalmente comprometida pela germinação de plantas tigueras, plantas à beira das rodovias de acesso e trânsito de algodão colhido e áreas de confinamento de gado em que se utilizam caroços de algodão, como exemplos bastante comuns.

Junte-se a isso a grande capacidade de expressão de seu potencial reprodutivo com ocorrência de gerações múltiplas em cada safra, alta mobilidade e pouca expressão de seus inimigos naturais (Bradley Jr. & Phillips, 1978). Simulações dão conta de incremento populacional exponencial em curto espaço de tempo, caso nenhuma medida de intervenção seja tomada, com taxa de incremento populacional de cinco a dez vezes em cada geração (Lloyd *et al.*, 1964).

Estes fatores conjunados — aos quais podem ainda serem adicionadas outras questões agravantes, como a preocupação predominante no controle de outro problema fitossanitário, a exemplo da recente ocorrência da *Helicoverpa armigera* nas culturas agrícolas brasileiras — desviam a atenção dos produtores, que baixam a guarda quanto aos problemas ocasionados pelo bicudo, o que acaba por justificar as altas incidências do inseto verificadas nas últimas safras.

Se não bastassem esses percalços, o controle químico do bicudo — que com o controle cultural constitui importante estratégia de controle do inseto — vem deixando a desejar quanto às suas eficiência e eficácia. O banimento do uso de moléculas inseticidas altamente eficientes do mercado brasileiro, tendo o endosulfan como maior exemplo, veio a ser um complicador a mais. Não entrando no mérito do impacto ambiental ocasionado por estes princípios ativos inseticidas, o problema reside na retirada de op-

ções altamente eficientes de controle químico, cuja substituição à altura não foi prevista. As moléculas restantes, sejam do grupo dos carbamatos, piretroides ou outros, nem sempre apresentam eficiência desejada na redução populacional do inseto.

Tão impactante quanto a eficiência biológica do inseticida utilizado para o controle do bicudo, a tecnologia de aplicação deste pode comprometer o sucesso do controle quando não utilizada a contento. Aplicações de inseticidas recomendados contra o bicudo em formulações, doses ou técnicas inadequadas costumam não atingir o alvo e tornam-se práticas onerosas e ineficientes.

A destruição completa dos restos culturais continua a ser um gargalo tecnológico, uma vez que a presença de poucas plantas de algodoeiro na entressafra pode significar a manutenção de indivíduos parentais de bicudo, cujas fêmeas vão infestar os primeiros botões florais da cultura implantada na safra seguinte.

Outra fragilidade dos programas de controle do inseto está no desestímulo que o produtor sofre por ocasião da aproximação do final de cada safra. Na fase final do cultivo, ações importantes de redução populacional corriqueiramente deixam de ser executadas. A falta do controle químico dos bicudos remanescentes permite ao bicudo, embora fragilizado pela menor qualidade nutricional e mais suscetível ao controle químico, migrar para áreas do Cerrado, onde permanecerão a salvo e em quiescência (atividade metabólica extremamente reduzida) até que as novas plantas de algodão floresçam na próxima safra. Aplicações de inseticida nestes momentos de fragilidade da espécie (por ocasião da desfolha e da destruição dos restos culturais) reduzem significativamente o número de indivíduos parentais da primeira geração de bicudos da nova safra, ou seja, retardam o aparecimento do inseto em níveis elevados. Ao contrário, a sobrevivência destes indivíduos parentais até a safra seguinte implicará em surtos precoces de bicudo na lavoura. A quantidade destes indivíduos parentais vai depender da maior ou menor eficiência de controle do inseto obtida na lavoura da safra anterior, então, se esta eficiência foi baixa por qualquer razão, o ano seguinte será inevitavelmente um ano de altas populações do inseto, o que causará estragos nas lavouras.

O controle do bicudo no Brasil vem sendo luta constante desde a chegada do inseto ao país, em 1983. Os programas regionais de controle são estratégias importantes para garantir

a convivência com a praga nas lavouras brasileiras. Evidentemente que todos os profissionais precisam cumprir seus respectivos papéis nesta batalha. Ao produtor cabe a execução das medidas de redução populacional; os técnicos da extensão e consultoria são responsáveis pelo monitoramento, aconselhamento profissional e identificação de demandas de pesquisa; os pesquisadores têm o importante papel de buscar soluções aos desafios decorrentes da presença do inseto no agroecossistema brasileiro; as entidades representativas do setor estão imbuídas dos papéis de organização, fomento e administração dos programas de controle do inseto.

Os programas regionais de controle têm experimentado safras de controle satisfatório da população do bicudo alternadas com safras em que o controle é inadequado, fato decorrente de fatores diversos ligados ao clima, à economia e a outros problemas inerentes à atividade. Esta inconstância talvez seja o maior gargalo na contenção dos níveis populacionais do inseto nas lavouras brasileiras. Ela significa um enorme aporte de recursos monetários e humanos, alto input de produtos químicos no ambiente e eficiência variável safra após safra. Estes altos e baixos implicam em oportunidades recorrentes de elevação populacional para o bicudo e em sua manutenção efetiva como principal praga da cottonicultura brasileira.

O controle efetivo das populações do inseto nas lavouras brasileiras mostra-se cada vez mais dependente de ações proativas, organizadas e pactuadas entre todos os segmentos da cadeia produtiva do algodoeiro. O manejo integrado do bicudo exige a presença de monitores treinados, sistemas de tomada de decisão rápidos e criteriosos, adoção efetiva de medidas de controle comportamental, cultural e químico.

### **3. Considerações finais**

O maior problema fitossanitário da cultura do algodoeiro no Brasil. Esta é a magnitude da importância deste inseto para o país. Seu alto poder destrutivo implica na necessidade de tomada de medidas enérgicas e concatenadas, bem planejadas e adequadamente executadas. Estas medidas, de caráter cultural, comportamental ou químico, devem ser monitoradas constantemente para atestar sua eficácia. Ajustes e correções de desvios

devem ser efetuados tempestivamente. A organização do setor cotonícola, constantemente e com justa razão propagada, deve estar refletida nas ações de controle do bicudo no Brasil.

Grandes esforços têm sido empreendidos pelo setor produtivo do algodão no sentido de reduzir o impacto ocasionado pelo bicudo nas lavouras brasileiras. Congregando gastos de controle e injúrias impostas, perdas da ordem de US\$ 1.080 por hectare foram atribuídas às pragas da cultura do algodoeiro no Brasil na safra 2012/2013. Destes, cerca de 25-30% foram decorrentes do ataque do bicudo em cada hectare de algodoeiros tupiniquins. Os custos de controle do bicudo situaram-se, naquele momento, em pouco acima de US\$ 200 por hectare. Significaram, em média, 17 pulverizações específicas para controlar o inseto em cada safra de algodão. Estes números, transpostos para a área total de produção de algodão naquela safra (cerca de 1,1 milhão de hectares) constituíram valores situados próximos a US\$ 300 milhões, montante que reflete o quanto custa esta praga para o Brasil anualmente (Miranda, 2013).

Em 2002, a Associação Brasileira dos Produtores de Algodão (Abrapa) entra na OMC com pedido de ação antidumping e medidas compensatórias pelos subsídios concedidos nas exportações de algodão dos Estados Unidos para o Brasil. Em 2005, a OMC dá ganho de causa ao Brasil; em 2009, os EUA estabelecem acordo com o Brasil para pagamento de indenização pela prática de subsídios até que a nova lei agrícola americana pudesse corrigir a irregularidade. Em 2011, os recursos advindos deste acordo passaram a ser administrados pelo então criado IBA, que se dedicou a apoiar projetos como os programas de controle de bicudo dos estados produtores de algodão. De 62 projetos financiados até junho de 2014, destacam-se os enquadrados na atividade de controle, mitigação e erradicação de pragas e doenças, nos quais se inserem os projetos para controle do bicudo-do-algodoeiro, que representam 20% dos recursos totais despendidos pelo instituto, somando valor pouco superior a R\$ 50 milhões (IBA, 2014).

Divisor de águas na cotonicultura nacional. Assim pode ser considerado o bicudo no momento de sua introdução no Brasil. A experiência obtida desde então, passados 31 anos (1983-2014), mostra que o bicudo pode ser classificado como uma das pragas

mais danosas da nossa agricultura e que exige esforços constantes e intensos para sua redução populacional, os quais não podem depender de uma estratégia única, mas, sim, da adoção sistemática e organizada do manejo integrado, contando com a colaboração efetiva de todos os envolvidos no processo produtivo da fibra.

## Referências bibliográficas

ABAPA. Programa para Monitoramento e Controle do Bicudo. 2014. Disponível em <http://abapa.com.br/programa-fitossanitario-da-abapa>. Acesso em 01/12/2014.

AGRODEFESA. Programa de Prevenção e Controle de Pragas em Algodão. 2014. Disponível em <http://www.agrodefesa.go.gov.br>. Acesso em 11/12/2014.

AMPASUL. Consórcio Anti-Bicudo. Cartilha de orientação de ações contra o bicudo do algodoeiro. 2010. Disponível em <http://www.ampasul.com.br>. Acesso em 11/12/2014.

AZAMBUJA, R.; DEGRANDE, P.E. **Trinta anos do bicudo-do-algodoeiro no Brasil**. Arquivos do Instituto Biológico (Online), 2014. s/p.

BAHIA. Secretaria da Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária. **Bahia, cenários de uma agricultura**. Salvador: SPA/SEAGRI, 2001. 236p. (Série Estudos Agrícola, 2).

BARBOSA, S.; BRAGA SOBRINHO, R.; LUKEFAHR, M. J.; BENGOLEA, O. G. **Relatório sobre ocorrência do bicudo do algodoeiro, *Anthonomus grandis* Boheman, “Boll Weevil” no Brasil e recomendações para sua erradicação**. Campina Grande: EMBRAPA – CNPA, 1983, 12p. (EMBRAPA-CNPA. Documentos, 21).

BARBOSA, S.; LUKEFAHR, M. J. BRAGA SOBRINHO, R. B. eds. **O bicudo do algodoeiro**. Brasília: EMBRAPA-DDT. 1986, p. 135-144. (EMBRAPA-DDT. Documentos, 4).

BASTOS, C. S.; PEREIRA, M. J. B.; TAKIZAWA, E. K.; OHL, G.; AQUINO, V. R. **Bicudo do algodoeiro: Identificação, biologia, amostragem e táticas de controle**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. 31p. (Embrapa Algodão. Circular Técnica, 79).

BELTRÃO, N. E. de M.; CARVALHO, L. P. de. **Algodão colorido no Brasil e em particular no Nordeste e no Estado da Paraíba**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. 17p. (Embrapa Algodão. Documentos, 128).

BRADLEY JR., J.R.; PHILLIPS, J.R. Biology and population dynamics. In: WARREN, L. O. **The boll weevil: management strategies**. Fayetteville, s. ed., 1978. (Bulletin, 228).

BRAGA SOBRINHO, R.; LUKEFAHR, M. J. **O Bicudo (*Anthonomus grandis* Boheman); nova ameaça à cotonicultura brasileira: biologia e controle**. Campina Grande, PB: EMBRAPA-CNPA, 1983, 32p. (EMBRAPA-CNPA, Documentos, 22).

BRANDÃO M.; LACA-BUENDÍA, J. P. **Plantas hospedeiras do bicudo-do-algodoeiro em Minas Gerais**. Belo Horizonte: EPAMIG, 1985. 40p.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. **Informações técnicas sobre a ocorrência das pragas**. 1987, 46 p.

CARVALHO, E.; BREDÁ, C. E.; BRUGNERA, P.; MARCHESAN, S. A.; GIONGO, J. O.; OLIVEIRA, J. C. DE; ROSIN, J. B.; SANTOS, V. DOS; FILHO, A. C. DE O.; DEGRANDE, P.E. Bloqueio populacional do bicudo do algodoeiro no oeste da Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 3. Campo Grande. **Anais...** 2001, p.134-137.

CONFALONIERI, V. A.; SACTAGLINI, M. A.; LANTERI, A. Origin and dispersal of the cotton boll weevil (Coleoptera:Curculionidae) in South America: a mtDNA Phylogeographic study. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 18. 2000. Foz do Iguaçu, PR. **Resumos**. Foz do Iguaçu: SEB, 2000. p.567.

COSTA, S. R.; BUENO, M. G. **A saga do algodão: das primeiras lavouras à ação na OMC**. Rio de Janeiro: Insight Engenharia, 2004. 144p.

CRUZ, V. R. da. **Algodão - Resultados do MIP - Manejo Integrado de Pragas no Estado de São Paulo em região infestada pelo bicudo: ano agrícola 1993/94**. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral - CATI, 1996, 21p. (Documento Técnico, 101).

CRUZ, V. R. da. **Algodão, Bicudo - atualização técnica**. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral - CATI/DEXTRU. 1987, 6p. (Comunicado Técnico, 71).

CRUZ, V. R. da. **Algodão - Resultados do MIP - Manejo Integrado de Pragas no Estado de São Paulo em região infestada pelo bicudo: ano agrícola 1989/90**. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral - CATI. 1991, 21p. (Documento Técnico, 86).

CRUZ, V. R. **Instruções para o manejo integrado das pragas do algodão, incluindo o bicudo**. Campinas: CATI, 1989. 46p.

CRUZ, V. R. **Instruções para o manejo integrado das pragas do algodão**. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral - CATI. 1990, 46p. (CATI, Instrução Prática, 244).

CRUZ, V. R.; PASSOS, S. M. G. **As pragas do algodão e os controles convencional e integrado**. Campinas: CATI, 1985. 36p. (CATI. Documento Técnico, 59).

DEGRANDE, P. E. **Bicudo do algodoeiro: manejo integrado**. Dourados: UFMS/Embrapa, 1991. 142p.

DEGRANDE, P. E. **Bicudo do algodoeiro: táticas de controle para o Mato Grosso do Sul**. Dourados: MS, UFMS/NCA. 1991, 16p.

DEGRANDE, P. E. Ameaça do bicudo exige organização e empenho de todos. **Visão Agrícola**, n.6, p55-58, 2006.

DEGRANDE, P. E.; CARVALHO, E.; BRENDA, C. E. Oeste bahiano contra o bicudo. **Revista Cultivar Grandes Culturas**, n.62, p.19-20, 2004.

DEGRANDE, P. E.; SANTOS, W. J. dos; SCHAFER, S. Goiás contra o bicudo - Fase II. **Revista Cultivar Grandes Culturas**, n.55, p.6-9, 2003.

DEGRANDE, P. E.; SANTOS, W. J.; SILVA, A. F. C. P. Programa nacional contra o bicudo. **Revista Cultivar Grandes Culturas**, n.68, p.8-10, 2004.

DEGRANDE, P. E.; SILVA, M. A. O. E.; MIRANDA, J. E.; SILVA, M. S.; SANTOS, W. J. dos. Áreas piloto de supressão do bicudo do algodoeiro (*Anthonomus grandis*) no estado de Goiás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 7.; 2009, Foz do Iguaçu, PR. **Anais...**Campina Grande: Embrapa Algodão, 2009. p.305-312.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa do Algodão. (Campina Grande, PB). **Cultura do algodoeiro em áreas infestadas pelo bicudo (*Anthonomus grandis*, Boheman)**. Campina Grande. 1985, 17 p. (EMBRAPA-CNPA. Circular Técnica, 11).

FREIRE, E. C.; MOREIRA, J. A. N.; MEDEIROS L. C. Contribuição das ciências agrárias para o desenvolvimento: o Caso do Algodão. **Revista de Economia Rural**, v.8, n.3, 1980.

FREIRE, E. C. História do algodão no Cerrado. In: Freire, E. C. **Algodão no Cerrado do Brasil**. Brasília: ABRAPA, 2007. p.21-52.

GARCIA. D. L. E.; MIRANDA, J. E. Tecnologia para supressão do bicudo no Brasil. **Revista Campo & Negócios**, p.6-8, 2012.

GUERRA, A. A. Boll weevil movement: dispersal during and after the cotton season in the Lower Rio Grande Valley of Texas. **Southwest. Entomol.** v.11, p.10-16, 1986.

HUNTER, W. D.; COAD, B. R. **The boll-weevil problem.** U.S. Dep. Agric., Farmers Bull. 1923, v.1329, 30p.

IMA. Bicudo do Algodoeiro: Minas Gerais institui grupo técnico de trabalho para controle da praga. 2008. Disponível em <http://www.noticiasagricolas.com.br/noticias/algodao>. Acesso em 28/11/2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DO ALGODÃO. Relatório de Gestão - 1º semestre de 2014. 69p. Disponível em [www.iba-br.com](http://www.iba-br.com).

INSTITUTO MATO-GROSSENSE DO ALGODÃO. Projeto Piloto de Supressão do Bicudo-do-algodoeiro na Regional sul. 2014. Disponível em <http://www.imamt.com.br>. Acesso em 12/12/2014.

KASSAB, A. L. **Algodão.** São Paulo: Ícone Editora Ltda., 1983. 91p.

KOURI, J.; SANTOS, R. F. dos. A recuperação da produção do algodão no Brasil. In.: VI CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 2006. **Atas.** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006.

LIMA Jr., I. S. de; DEGRANDE, P. E.; MIRANDA, J. E.; SANTOS, W. J. Evaluation of the Boll Weevil *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) Suppression Program in the State of Goiás, Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 41, p.1-7, 2012.

LLOYD, E. P.; LASTER, M. L.; MERKL, M. E. A field study of diapause, diapause control, and population dynamics of the boll weevil. **Journal of Ecological Entomology**, v.57, p.433-436, 1964.

LUNARDON, M. T. Análise da conjuntura agropecuária safra 2007/2008 - Algodão. Secretaria da Agricultura e Abastecimento. 14p. Disponível em [http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/algodao\\_2007\\_08.pdf](http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/algodao_2007_08.pdf).2008.

MARTIN, D. F.; BARBOSA, S.; CAMPANHOLA, C. **Observações preliminares e comentários sobre o bicudo do algodoeiro, no Estado de São Paulo.** Jaguariúna, EMBRAPA-CNPDA. 1987, 21p. (EMBRAPA-CNPDA, Circular Técnica, 1).

MIRANDA, J. E. Mais recursos para o combate ao bicudo. **Revista Campo**, p.33-34, 2010a.

MIRANDA, J. E. **Vazio sanitário do algodão.** Informativo da Associação Mineira dos Produtores de Algodão, 2010b, p.5.

MIRANDA, J. E. **Novas regras para o controle do bicudo**. Promoalço, Goiânia, 2010, p. 3-4, 01 nov.

MIRANDA, J. E.; DE BORTOLI, S. A.; VACARI, A. M.; RODRIGUES, S. M. M. Bicudo do algodoeiro: ações de controle e supressão populacional em Goiás. In: BUSOLI, A.C.; ALENCAR, J.R.C.C.; FRAGA, D.F.; SOUZA, L.A.; SOUZA, B.H.S.; GRIGOLLI, J.F.J. (Org.). **Tópicos em Entomologia Agrícola** - VI. Jaboticabal: Gráfica Multipress Ltda., 2013, v.1 , p. 47-56.

MIRANDA, J. E.; PEREIRA, A. ; FREITAS, D. Bicudo-do-algodoeiro: inimigo número um da lavoura. **Revista Produz**, p. 34 - 38, 2012.

MIRANDA, J. E. Perdas por pragas e impacto sobre o custo de produção do algodão brasileiro nas safras 2011/2012 e 2012/2013. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 9. 2013. Brasília, DF. **Resumos**. Brasília: Abrapa, 2013.

NAKANO, O. Bicudo: a praga mais importante do algodão. **Agroquímica**, São Paulo, v.21, 1983.

PAIVA, R. M.; SHATTAN, S.; FREITAS, C. F. T. **Setor agrícola do Brasil: comportamento econômico, problema e perspectivas**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1976. 88p.

PEDROSA, M. B.; FREIRE, E. C.; SILVA FLHO, J. L. da; VASCONCELOS, O. L.; ANDRADE, F. P. de; ABREU JUNIOR, J. de; ALENCAR, A. R. de; FILHO FERREIRA, A. Avaliação de cultivares e linhagens de algodoeiro no Sudoeste da Bahia, região do Vale do Yuyu. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 5., 2005, Salvador. **Anais...** Campina Grande. Embrapa Algodão, 2005. CD-ROM.

PICUDO del algodón que tiene 1000 años. **Agricultura de las Américas**, v.18, n.6 p.44-45, 1969.

QUIMBRASIL. **Algodão do plantio à colheita**. São Paulo: Quimbrasil, 1985. 42p.

RAMALHO, F. S.; SANTOS, R. F. dos. Impact of the introduction of the cotton boll weevil in Brazil. In: World Cotton Research Conference, 1., 1994, Brisbane, Austrália. Challenging the future: **proceedings**. Melbourne: CSIRO, 1995. p.466-474.

RODRIGUES, S. M. M.; MIRANDA, J. E. Detectado pelo cheiro. **Revista Cultivar Grandes Culturas**, p.28-30, 2007.

SANTOS, R. F.; SANTOS, J. W. Crise na cadeia produtiva do algodão. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**, v.1, n.1, p.25-36. Campina Grande, 1997.

SANTOS, R. F.; KOURI, J.; SANTOS, J. W. O agronegócio do algodão: Crise e recuperação no mercado brasileiro da matéria-prima agrícola. In. BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, D. M. P. (Ed.). **O agronegócio do algodão no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. v.1, p.31-60.

SANTOS, W. J. dos. **Recomendações técnicas para a convivência com o bicudo do algodoeiro (*Anthonomus grandis* Boheman, 1843), no Estado do Paraná**. Londrina: IAPAR, 1989. 20p. (IAPAR. Circular, 64).

SEAGRI/BA. Adab treina técnicos contra o bicudo. Página Rural (On-line), 2004. Disponível em <http://www.paginarural.com.br/noticia/4370>. Acesso em 08/12/2014.

SILVA NETO, P. C. Diagnóstico da ocorrência do bicudo do algodoeiro *Anthonomus grandis* Boheman, no Brasil. In: SILVA NETO, P. C. **Informações técnicas sobre a ocorrência das pragas**. Brasília: SDSV, 1987. p. 8-34. (SDSV, Boletim Técnico, 1).

SILVA, A. M. C.; RAMALHO, F. S. Competição entre populações dos parasitoides *Catolaccus grandis* (Burks) (Himenoptera: Pteromalidae) e *Bracon vulgaris* Ashmead (Himenoptera: Braconidae) In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 3. Campo Grande, MS. **Anais...** 2001, p.155-157.

SILVA, C. A. D; ALMEIDA, R. P. de. **Manejo Integrado de pragas do algodoeiro no Brasil - MIP Algodão**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 1998. 67p. (Embrapa Algodão, Circular Técnica, 27).

SOUZA, R. F. **O mais grave problema da agricultura brasileira na atualidade**. Brasília: Embrapa, 1985, 8p.

URBAN, M. L. de P.; BESEN, G. M. V.; GONÇALVES, J. S.; SOUZA, S. A. M. Desenvolvimento da produção de têxteis de algodão no Brasil. **Informações econômicas**. v.25, n.12, p.11-28, São Paulo, 1995.

## CAPÍTULO 2

# Biologia e ecologia do bicudo-do-algodoeiro no Brasil

**Rosalia Azambuja**

Universidade Federal da Grande Dourados

**Paulo Eduardo Degrande**

Universidade Federal da Grande Dourados

A identificação correta das pragas a campo tem importância fundamental no diagnóstico dos problemas com vistas à adoção de estratégias e táticas de controle. O bicudo-do-algodoeiro (*Anthonomus grandis*) é um besouro que mede 6 mm, em média.

O adulto (*Figura 1*) tem coloração que varia de pardo-acinzentado ao preto, com pelos levemente dourados e esparsos sobre os dois élitros, onde se observam estrias ou sulcos longitudinais (Gravena, 2001; Busoli & Michelotto, 2005; Tomquelski & Martins, 2008; Silva, 2012), podendo a coloração variar conforme a idade e a alimentação do inseto (Leigh *et al.*, 1996; Tomquelski & Martins, 2008). Quando recém-emergidos, têm tonalidade levemente avermelhada.

Este inseto possui um rostro (bico alongado) escuro, medindo cerca de metade do tamanho do resto de seu corpo, no qual, em sua extremidade apical, encontram-se as peças bucais. Mais ou menos no centro do rostro situam-se as antenas



Figura 1. Adulto do bicudo-do-algodoeiro

(Gravena, 2001; Busoli & Michelotto, 2005; Tomquelski & Martins, 2008; Silva, 2012), característica comum dos insetos da família Curculionidae.

*Anthonomus grandis* possui, nos fêmures anteriores, um par de espinhos, sendo um acuminado e outro rombudo, como uma bifurcação. Esta característica o diferencia dos outros curculionídeos semelhantes, comumente chamados de “falsos bicudos” (Vêloso, 1987; Tomquelski & Martins, 2008). De acordo com Gravena (2001), o bicudo é um inseto lento ao caminhar, que raramente voa, a não ser quando se dispersa para áreas vizinhas.

O adulto do bicudo é comumente encontrado em botões florais situados na porção mediana do algodoeiro (Vieira *et al.*, 1991). De acordo com Ramalho e Jesus (1987), a oviposição e alimentação desse curculionídeo (*Figura 2*) ocorre preferencialmente em botões florais de tamanho médio (entre 4 e 6 mm de diâmetro) localizados na metade superior das plantas (ponteiro). Também, Castro *et al.* (1991) afirmaram que a alimentação ocorre em toda a planta, com maiores porcentagens nos ramos do ponteiro (ramos de 1 a 10); já a postura dos ovos é realizada em função do tamanho da estrutura floral, independentemente de sua localização na planta. Busoli *et al.* (2004)

relataram que o bicudo-do-algodoeiro tem preferência alimentar por maçãs mais novas (dois dias de idade), havendo redução significativa no número de orifícios quando comparadas com maçãs de oito e 12 dias.

O número de orifícios causados durante a alimentação e a oviposição pelas fêmeas de *A. grandis* em botões florais segue uma relação curvilínea com o aumento da temperatura e densidade de botões florais disponíveis para o inseto (Ramalho *et al.*, 1993b; Ramalho, 1995). Soares e Yamamoto (1993a, 1993b) relataram que as fêmeas do bicudo não discriminam botões previamente ovipositados e que o aumento do nível de infestação resulta no aumento do número de orifícios de oviposição/botão e, eventualmente, na emergência de mais de um adulto/botão. Em níveis de infestação entre 11-20%, por exemplo, os botões florais apresentaram até dois orifícios de oviposição. Quando o nível aumenta para 60% ou mais, os botões florais apresentaram até cinco orifícios de oviposição.

Os ovos do bicudo (*Figura 3*) são elípticos (Leigh *et al.*, 1996), de coloração branca brilhante e medem cerca de 0,8 mm de comprimento por 0,5 mm de largura (Gravena, 2001; Tomquelski & Martins, 2008). A fêmea do bicudo deposita seus ovos isoladamente, principalmente em botões florais, flores e maçãs. O período de incubação dos ovos pode variar de três dias a cinco dias, após o qual ocorre eclosão das larvas (Gabriel *et al.*, Lloyd, 1986).

(Fotos: P. Degrande)



Figura 2. Ataque do bicudo-do-algodoeiro no botão floral: orifícios de oviposição e alimentação



Figura 3. Ovo do bicudo-do-algodoeiro

As larvas (*Figura 4*) são brancas, ápodas, possuem cabeça marrom-clara e permanecem encurvadas dentro dos botões florais ou maçãs. Quando desenvolvidas, apresentam entre 5-7 mm de comprimento (Leigh *et al.*, 1996; Santos, 2002; Tomquelski & Martins, 2008). As larvas apresentam três ínstarres, os quais duram em média, dois, dois e quatro dias, res-



Figura 4. Larva do bicudo-do-algodoeiro

pectivamente (Lloyd, 1986). Nesta fase, permanecem dentro do botão floral, usando a estrutura como fonte de alimento e hábitat de proteção até que o desenvolvimento seja concluído (Dias *et al.*, 2004).

As pupas (*Figura 5*) são brancas, podendo-se observar vestígios dos diferentes membros do corpo do futuro adulto, como os olhos e o rostro (Santos, 2002; Tomquelski & Martins, 2008). O período pupal deste inseto dura, em média, de quatro a seis dias (Lloyd, 1986).

(Foto: P. Degrande)



Figura 5. Pupa do bicudo-do-algodoeiro

De acordo com Ramalho e Silva (1993), a emergência dos adultos de *A. grandis* dos botões florais caídos no solo ocorre entre as 6h e as 16h, com um pico significativo entre 7h e 10h, não ocorrendo emergência de adultos no período entre 16h e 6h, segundo esses autores.

O bicudo-do-algodoeiro adulto move-se ativamente nas superfícies vegetais do algodoeiro, alimentando-se e realizando posturas em botões florais, flores e maçãs novas. Na ausência de estruturas reprodutivas, na fase vegetativa do algodoeiro, pode alimentar-se de ponteiros das plantas e pecíolos das folhas. Ramiro *et al.* (1997) recomendaram que o período da tar-

de seja o período utilizado para aplicação de produtos inseticidas para o controle do bicudo, pois é quando os insetos estão mais expostos à aplicação. Ainda segundo esses autores, durante o período da manhã os insetos estão se alimentando ou realizando posturas, protegidos pelas brácteas e menos expostos. De outro lado, aplicações matutinas permitem o contato dos insetos com as superfícies foliares recém-tratadas, assim que os insetos entrem em atividade de trânsito nas e entre plantas, o que pode favorecer a mortalidade dos adultos. Logo, tratamentos diurnos são os preferenciais.

De acordo com Gravena (2001), a capacidade de oviposição da fêmea decai de geração para geração à medida que o algodoeiro avança pelas fases de germinação, florescimento, frutificação e maturação, a ponto de, no final da safra, na época da colheita, uma fêmea colocar apenas um ovo a cada dois dias. Conforme o autor, as fêmeas adultas, após emergirem, precisam se alimentar durante 5-6 dias antes de iniciar a postura, sendo que um casal, no início do ciclo, pode dar origem a 12 milhões de descendentes no final da safra, num crescimento populacional praticamente exponencial, se nenhum controle for efetuado.

O ciclo biológico de *A. grandis* está diretamente relacionado à temperatura. De acordo com Broglio-Micheletti (1991), as durações do período de incubação dos ovos e do período pupal diminuem com o aumento da temperatura, verificando-se menor viabilidade embrionária e pupal a 30°C. Degrande *et al.* (1983), estudando o efeito da temperatura sobre a emergência do bicudo, observaram emergência de 100% dos adultos quando as pupas foram submetidas a temperaturas de 20, 25 e 30°C; todas as pupas submetidas a 40°C tornaram-se inviáveis. Já as pupas submetidas a 4°C permaneceram 45 dias em hibernação, em laboratório, e houve emergência de apenas 80% dos adultos após as pupas serem submetidas a 22°C. Além da temperatura ideal, as chuvas favorecem a sobrevivência de larvas e pupas do bicudo em botões caídos sobre o solo, pois a umidade preserva melhor essas estruturas vegetais (Degrande, 2004). Nas regiões de clima mais quente, como no Cerrado do Brasil, são raros os casos de adultos que entram em diapausa.

Segundo Claudino *et al.* (2010), fêmeas dormentes apresentam ausência de ovos e os machos têm atrofia testicular e vesicular, enquanto que fêmeas reprodutivas, independentemente

da idade, apresentam ovários com ovos vitelados (três a cinco) e machos reprodutivos têm vesícula seminal estendida e ausência de atrofia testicular.

Gabriel *et al.* (1986), em estudo de biologia do bicudo, determinaram as durações médias do período de incubação dos ovos de 4,14 e 5,34 dias, período larval de 8,22 e 9,47 dias e período pupal de 5,40 e 6,04 dias, para a 1ª e 2ª geração, respectivamente. Gabriel e Dias Neto (1989) observaram que o ciclo biológico de *A. grandis* em campo durou 20,3 dias; posteriormente, Gabriel *et al.* (1991) encontraram uma média ovo-adulto de 24,35 dias.

De acordo com Gabriel e Muniz (1993) e Gabriel (1995), a variação de temperatura, até mesmo acima de 38°C na superfície do solo, não influenciou na mortalidade de imaturos em desenvolvimento nos botões florais caídos no solo, sugerindo que esse parâmetro climático não interfere na sobrevivência da população de bicudos. Volpe *et al.* (1993) observaram que temperaturas entre 25 e 26,5°C associadas à alta umidade resultaram em uma mortalidade de 52-74% dos indivíduos. Segundo os mesmos autores, aumento da temperatura até 29°C e a baixa umidade causaram mortalidade dos indivíduos, que foi superior a 92%, indicando que a elevação da temperatura associada à queda da umidade provoca incrementos superiores a 37% na mortalidade.

Gabriel e Tancini (1986) observaram, em laboratório, que a duração do período ovo-adulto do bicudo foi de 17,5 dias em média, a longevidade dos adultos, de 100,5 dias e o número médio de ovos/fêmea/dia, de 3,45. De um total de 673 ovos estudados, apenas 49% completaram o ciclo ovo-adulto, sendo a porcentagem de ovos não eclodidos de 1,19% e a porcentagem de mortalidade de larva e pupa, respectivamente, 47,99% e 1,78%. Gabriel *et al.* (1986) relataram um período médio de oviposição das fêmeas de 130,76 dias, sendo o número de ovos por fêmea 177,72, uma média de 1,3 ovo por dia. Nesse trabalho, a porcentagem de eclosão foi de 66,98%. Segundo Nakano (2006), o número de ovos por fêmea pode chegar a 300.

Em trabalhos de campo, Almeida *et al.* (1997) observaram que os adultos do bicudo emergiram de botões após 18,2 dias, sendo a porcentagem de emergência de 76,6%, enquanto que Ramalho *et al.* (1993a) obtiveram porcentagens de emergência entre 61,6-68,3% e Ramalho e Silva (1993) observaram

sobrevivência de 65% dos adultos. Em estudo realizado por Broglio-Micheletti (1991), a razão sexual foi de 0,54, as longevidades de machos e fêmeas foram respectivamente 44,9 e 45,57 dias. Quanto aos aspectos reprodutivos, a duração do período de pré-oviposição foi 5,17 dias e do período de oviposição, 25 dias, com uma média de 3,21 ovos/dia, totalizando um número médio de 79 ovos/fêmea. O peso médio dos adultos de *A. grandis* foi 0,01 g e o comprimento, de 7,6 mm (Almeida *et al.*, 1997). Com relação ao peso dos adultos, segundo Busoli e Michelotto (2005) e Michelotto *et al.* (2007), observou-se uma correlação positiva entre o diâmetro dos botões florais que são ovipositados pelas fêmeas do bicudo e a massa corporal dos adultos emergidos desses botões, ou seja, maior diâmetro de botão implica num adulto de maior massa corporal. Por isso, a escolha da variedade pode implicar no controle desses insetos, uma vez que as fêmeas procuram os botões maiores para realizar a oviposição, pois esses oferecem alimento suficiente para o desenvolvimento das larvas (Busoli & Michelotto, 2005).

Em estudo realizado por Broglio-Micheletti (1991), os valores da temperatura-base (TB, em graus Celsius) e da constante térmica (K, em graus-dias) do bicudo-do-algodoeiro para os períodos de ovo, pupa e ovo-pupa foram, respectivamente, de 10,4 e 49,0; 10,8 e 93,8; 12,3 e 251,2. Nobre *et al.* (2000), criando *A. grandis* em dieta artificial (soja, sementes de trigo, glicose, semente de algodão, suplemento de minerais e vitaminas), observaram que a duração do período ovo-adulto foi de 20,47 dias; a longevidade foi de 80 dias para as fêmeas e 61,96 para os machos, a razão sexual de 0,4313 e o número médio de ovos produzidos de 129,64. De acordo com Santos (2002) e Cunha *et al.* (2010), no período de entressafra das plantas do gênero *Gossypium* sp., os bicudos adultos reduzem seu metabolismo fisiológico e alimentam-se esporadicamente do pólen de outras espécies de plantas. Gabriel *et al.* (1986) estudaram a longevidade de adultos do bicudo alimentados com botões florais do algodoeiro, flores de hibisco e frutos de bananeira e observaram, respectivamente, longevidades médias de 97,66; 71,73 e 85,48 dias. Cunha *et al.* (2010) reportaram que adultos do bicudo alimentados com flores de crotalária apresentaram uma longevidade mui-

to baixa (7,6 dias), sugerindo que o inseto não teve acesso ao pólen das flores e concluindo que essa planta não é adequada para uso como cultura-armadilha.

Pessoa *et al.* (1993), Ramalho *et al.* (1993b) e Pierozzi Jr. e Habib (1993) sugeriram que a inviabilidade do ovo, a competição intraespecífica, a predação, o parasitismo, a má-formação dos indivíduos e as doenças são as principais causas da mortalidade natural dos estágios imaturos do bicudo-do-algodoeiro. Ramalho *et al.* (1993a, 1993b) e Ramalho e Silva (1993) concluíram que, além do parasitismo e da predação, a dessecação dentro dos botões florais caídos no solo também é uma das causas da mortalidade, sendo esta mais alta na fase larval.

## Referências bibliográficas

ALMEIDA, R. P.; SOARES, J. J.; SOUTO, S. R. M.; OLIVEIRA, J. B. Resposta de plantas de algodão ao ataque do bicudo *Anthonomus grandis*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 16., 1997, Salvador, BA. Resumos. Salvador: SEB/Embrapa-CNPMF, 1997. p.205.

BROGLIO-MICHELETTI, S. M. F. Bioecologia de *Anthonomus grandis* Boheman, 1943 (Coleoptera: Curculionidae), em laboratório e campo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 13. E I SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE BICUDO DO ALGODOEIRO, II ENCONTRO SOBRE "COCHONILHA" DA PALMA FORRAGEIRA, III ENCONTRO SOBRE MOSCAS-DAS-FRUTAS, 1991. Recife, PE. Resumos. Londrina: SEB, 1991. p.575.

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

BUSOLI, A. C.; MICHELOTTO, M. D. Comportamento do bicudo: fechando o cerco. Cultivar Grandes Culturas, Pelotas, n.72, p.18-22, 2005.

CASTRO, D. F.; RAMIRO, Z. A.; CORREIA, M. F. M. Distribuição dos danos ocasionados pelo "bicudo" do algodoeiro, *Anthonomus grandis* BOHEMAN, 1843 (Coleoptera, Curculionidae) na planta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 13. E I SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE BICUDO DO ALGODOEIRO, II ENCONTRO SOBRE "COCHONILHA" DA PALMA FORRAGEIRA, III ENCONTRO SOBRE MOSCAS-DAS-FRUTAS, 1991. Recife, PE. Resumos. Londrina: SEB, 1991. p.579.

CLAUDINO, D.; TIMBÓ, R. V.; SCHMIDT, F.; SUJII, E. R.; FONTES, E. M. G.; PIRES, C. S. S.; PAULA, D. P. Estudo morfofisiológico da dormência reprodutiva em bicudo-do-algodoeiro *Anthonomus grandis* (Coleoptera: Curculionidae) de população tropical. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 23.2010. Natal, RN. Resumos. Natal: SEB, 2010.

CUNHA, D. N.; VENZON, M.; CRUZ, F. A. R.; MATA, R. A.; FONTES, E. M. G. Longevidade do bicudo-do-algodoeiro *Anthonomus grandis* Boheman alimentado com pólen de crotalária. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 23.2010. Natal, RN. Resumos. Natal: SEB, 2010.

DEGRANDE, P. E. Estratégias de controle do bicudo. Cultivar Grandes Culturas, Pelotas, n.62, p.19-20, 2004.

DEGRANDE, P. E. Ameaça do bicudo exige organização e empenho de todos. Visão Agrícola, Piracicaba, v. 6, p. 55-58, 2006.

DEGRANDE, P. E.; IDE, M. A.; NAKANO, O.; PARRA, J. R. P. Efeito de diversas temperaturas sobre a emergência do bicudo do algodoeiro (*Anthonomus grandis* Boheman, 1843) (Coleoptera-Curculionidae). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 3., 1983, Florianópolis, SC. Resumos. Florianópolis, 1983, p.33.

DIAS, S. C.; SILVA, M. C. M.; OLIVEIRA NETO, O. B.; MAGALHÃES, C. P.; TEIXEIRA, F. R.; FRANCO, O. L.; FILGUEIRA, E. L. Z.; LAUMANN, R. A.; MELLO, F.; SÁ, M. F. G. Functional expression of A a-amylase/trypsin inhibitor domain from rye and its potential use in the control of cotton boll weevil (*Anthonomus grandis*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 20., 2004, Gramado, RS. **Resumos**. Gramado: SEB, 2004. p.261.

GABRIEL, D.; CALCAGNOLO, G.; TANCINI, R. S.; DIAS NETTO, N. Estudos de biologia do *Anthonomus grandis* BOHEMAN, 1843 (Coleoptera, Curculionidae), em condições de laboratório. O Biológico, São Paulo, v.50, n.10, p.83-89, 1986.

GABRIEL, D. Relação entre temperatura da superfície do solo e emergência do bicudo do algodoeiro *Anthonomus grandis* Boh. (Coleoptera, Curculionidae). Anais da Sociedade Entomológica do Brasil, v.24, n.3, p. 543-550, 1995.

GABRIEL, D.; DIAS NETO, N. Observações sobre o comportamento de *Anthonomus grandis* Boheman, 1843 (Coleoptera: Curculionidae) em condições de campo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, II Encontro sobre moscas-das-frutas, 12., 1989, Belo Horizonte, MG. Resumos. Belo Horizonte: SEB, 1989. p.38.

GABRIEL, D.; DIAS NETO, N.; NOVO, J. P. S. Observações sobre o comportamento de *Anthonomus grandis* BOHEMAN, 1843 (Coleoptera, Curculionidae) em condições de campo. Safras 1988/89 e 1989/90. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 13., e I SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE BICUDO DO ALGODOEIRO, II ENCONTRO SOBRE "COCHONILHA" DA PALMA FORRAGEIRA, III ENCONTRO SOBRE MOSCAS-DAS-FRUTAS, 1991, Recife, PE. Resumos. Londrina: SEB, 1991. p.577.

GABRIEL, D.; MUNIZ, J.P. Efeito da temperatura do solo na mortalidade dos imaturos do bicudo do algodoeiro *Anthonomus grandis* BOHEMAN, 1843 (Coleoptera, Curculionidae). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 14., 1993, Piracicaba, SP. Resumos. Piracicaba: SEB, 1993. p.37.

GABRIEL, D.; TANCINI, R.S. Estudos de biologia do *Anthonomus grandis* BOHEMAN, 1843 (Coleoptera, Curculionidae), no laboratório. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 10., 1986, Rio de Janeiro, RJ. Resumos. Londrina: SEB, 1986. p.97.

GRAVENA, S. Quem é esse tal de bicudo. Cultivar Grandes Culturas, Pelotas, n.25, p.42-44, 2001.

LLOYD, E. P. Ecologia do bicudo-do-algodoeiro. p. 135-144. In: BARBOSA, S.; LUKEFAHR, M. J.; BRAGA SOBRINHO, R. O bicudo do algodoeiro. EMBRAPA: Brasília, 1986, 314p.

LEIGH, T. F.; ROACH, S. H.; WATSON, T. F. Biology and ecology of important insect and mite pests of cotton. p. 17-20. In: KING, E. G.; PHILLY, J. R.; COLEMAN, R. J. Cotton Insects and Mites: Characterization and Management, 3, The cotton foundation reference book series, 1996.

MICHELOTTO, M. D.; CHAGAS FILHO, N. R.; SILVA, R. A.; BUSOLI, A. C. Effect of diameter of the cotton squares in the development of boll weevil. *Bragantia*, Campinas, v.66, n.1, p.97-100, 2007.

NAKANO, O. Químico-esterilização contra bicudo. Cultivar Grandes Culturas, Pelotas, n.67, p.26-28, 2006.

NOBRE, S. D. N.; SUJII, E. R.; SCHIMIDT, F. G. V.; DIAS S.; LAUMAN, R.; OLIVEIRA NETO, O. B.; SÁ, M. F. G.; MONNERAT, R. Bionomy of the boll weevil reared on artificial diet. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA; CONGRESSO INTERNACIONAL DE ENTOMOLOGIA, 18., 2000, Foz do Iguaçu, PR. Resumos. Foz do Iguaçu: SEB, 2000. p.76.

PESSOA, M. C. P. Y.; MEYER, J. F. C. A; FERNANDES, J. F. R.; PIEROZZI JR., I.; HABIB, M. E. M. A interação bicudo-algodoeiro: modelagem matemática e manejo integrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 14., 1993, Piracicaba, SP. Resumos. Piracicaba: SEB, 1993. p.658.

PIEROZZI JR., I.; HABIB, M. E. M. Identificação de fatores de mortalidade de natural dos estágios imaturos de *Anthonomus grandis* Boh. (Coleoptera: Curculionidae), na região de Campinas, SP. Anais da Sociedade Entomológica do Brasil, v.22, n.2. p.325-332, 1993.

RAMALHO, F. S. Comportamento de alimentação e oviposição do bicudo-do-algodoeiro em relação a densidade de botão floral e temperatura. Anais da Sociedade Entomológica do Brasil, Londrina, v.24, n.3, p.533-541, 1995.

RAMALHO, F. S.; JESUS, F. M. M. Locais de oviposição e alimentação do bicudo do algodoeiro *Anthonomus grandis* nas plantas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, VII ENCONTRO DE MIMERCOLOGISTAS, I ENCONTRO SOBRE MOSCAS-DAS-FRUTAS, 11., 1987, Campinas, SP. Resumos. Campinas: SEB, 1987. p.102.

RAMALHO, F. S.; JUSSELINO FILHO, P.; SILVA, J. R. B. Tabela de vida ecológica do bicudo-do-algodoeiro, *Anthonomus grandis* Boheman. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 14., 1993, Piracicaba, SP. Resumos. Piracicaba: SEB, 1993a. p.242.

RAMALHO, F. S.; SILVA, J. R. B.; JUSSELINO FILHO, P. Efeito da densidade de botão floral e temperatura na oviposição e alimentação do *Anthonomus grandis* Boheman. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 14., 1993b, Piracicaba, SP. Resumos. Piracicaba: SEB, 1993b. p.222.

RAMALHO, F. S.; SILVA, J. R. B. Período de emergência e mortalidade natural do bicudo-do-algodoeiro. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.28, n.11, p.1221- 1231, 1993.

RAMIRO, Z. A.; CARDOSO, A. M.; FERREIRA, A.; CONCEIÇÃO, C. H. C.; MUNHOZ, S.; AJUDARTE, J. C. Levantamento de adultos do bicudo *Anthonomus grandis* nas estruturas florais do algodoeiro, no período das 8:00 às 18:00 horas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 16., 1997, Salvador, BA. Resumos. Salvador: SEB/Embrapa-CNPMPF, 1997. p.306.

SANTOS, W. J. Bicudo e brocas no algodão. Cultivar Grandes Culturas, Pelotas, n.36, p.12-16, 2002.

SILVA, C. A. Supressão do bicudo em algodoeiro. Cultivar Grandes Culturas, Pelotas, n.154, p.8-9, 2012.

SOARES, J. J.; YAMAMOTO, P. T. Comportamento de oviposição de *Anthonomus grandis* Boheman, 1843 (Coleoptera, Curculionidae) em diferentes níveis de infestação natural. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 14., 1993, Piracicaba, SP. Resumos. Piracicaba: SEB, 1993a. p.87.

SOARES, J. J.; YAMAMOTO, P. T. Comportamento de oviposição de *Anthonomus grandis* Boheman, 1843 (Coleoptera, Curculionidae) em diferentes níveis de infestação natural. Anais da Sociedade Entomológica do Brasil, Londrina, v. 22, n.2, p.333-339, 1993b.

TOMQUELSKI, G. V.; MARTINS, G. M. Bicudo em algodão. Cultivar Grandes Culturas, Pelotas, n.111, p.42-45, 2008.

VÊLOSO, J. M. Comparações morfológicas entre *Anthonomus grandis* Boheman, 1843 (Coleoptera: Curculionidae), “bicudo do algodoeiro” e outros curculionídeos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 11., ENCONTRO DE MIMERCOLOGISTAS, 7., ENCONTRO SOBRE MOSCAS-DAS-FRUTAS, 1., 1987, Campinas, SP. Resumos. Campinas: SEB, 1987. p.479.

VIEIRA, F. V.; SANTOS, J. H. R.; LIMA, I. T.; SILVA, F. P. ALMEIDA, E. S. Comportamento de linhagens do algodoeiro herbáceo, *Gossypium hirsutum* L. r. latifolium Hutch., à ação do “bicudo”, *Anthonomus grandis* BOHEMAN (Coleoptera, Curculionidae). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 13., & SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE BICUDO DO ALGODOEIRO, 1., ENCONTRO SOBRE “COCHONILHA” DA PALMA FORRAGEIRA, 2., ENCONTRO SOBRE MOSCAS-DAS-FRUTAS, 3., 1991, Recife, PE. Resumos. Londrina: SEB, 1991. p.538.

VOLPE, C. A.; LARA, F. M.; SOARES, J. J. Influência da temperatura e umidade do solo na mortalidade em *Anthonomus grandis* BOHEMAN, 1843 (Coleoptera, Curculionidae). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 14., 1993, Piracicaba, SP. Resumos. Piracicaba: SEB, 1993. p.38.

## CAPÍTULO 3

# Plantas hospedeiras do bicudo-do-algodoeiro

**Edison Ryoiti Sujii**

Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

**Carmen S. S. Pires**

Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

### 1. Origem e distribuição do bicudo do algodoeiro na América

O bicudo-do-algodoeiro (*Anthonomus grandis*) é um besouro da família Curculionidadae, composta de muitas espécies especialistas em alimentar-se de plantas e com diversas pragas importantes para a agricultura. O primeiro exemplar dessa espécie foi coletado na década de 1830 e posteriormente foi descrito a partir de exemplares coletados na região de Vera Cruz no México por Boheman, em 1843 (Braga Sobrinho & Lukefahr, 1983). O inseto invadiu o Texas em 1892 (Cross *et al.*, 1975) e dispersou-se por todo o Sul dos Estados Unidos, onde ganhou notoriedade e se tornaria a mais importante praga do algodoeiro durante o século XX (Bottrel, 1976). O inseto também se dispersou por toda a região tropical da América Latina, tendo sua ocorrência reportada em 1949, na Venezuela, e em 1950, na Colômbia. No Brasil, o primeiro registro de ocorrência foi em fevereiro de 1983, nas regiões de Sorocaba e Campinas, no Estado de São Paulo (Barbosa *et al.*, 1983). Em julho desse mesmo ano, já atingia a Região Nor-

deste, mais precisamente o Estado da Paraíba, no município de Ingá, de onde se dispersou nos cinco anos seguintes para toda a região setentrional do país, inviabilizando a produção comercial dessa fibra na área (Busoli *et al.*, 1994). A partir da introdução no Brasil, o inseto invadiu, em 1991, o Paraguai e, em 1993, a Argentina, a partir das regiões de fronteira desses países (Marengo & Withcomb, 1993; Stadler & Buteler, 2007)

O bicudo é considerado a principal praga do algodoeiro em todas as regiões onde ocorre por ser capaz de causar danos diretos à produção algodoeira pelo fato de o ataque concentrar-se em botões, flores e maçãs, onde se alimenta dos tecidos do aparelho reprodutivo da planta. Devido à alimentação dos adultos e ao desenvolvimento das larvas, parte dessas estruturas é abortada e cai, enquanto que aquelas que ficam nas plantas têm a produção de fibras inviabilizada. Os danos dessa praga destacam-se na região Neotropical, onde não foi possível realizar seu controle por erradicação, como no caso dos Estados Unidos (Ramalho *et al.*, 1993, Fontes *et al.*, 2006). No Brasil, é a principal praga da cultura do algodoeiro, sendo responsável, em conjunto com outras pragas, por até 31% do custo de produção por conta da necessidade de mais de 20 aplicações de inseticidas químicos por safra em algumas regiões (Conab, 2013). Em alguns países, o controle de bicudo representa algo em torno de 40% das aplicações (Chaudhry, 2006). Esse cenário é especialmente grave no Cerrado brasileiro, onde se concentram mais de 90% dos plantios e as maiores produtividades do algodoeiro (Neves *et al.*, 2013; Conab, 2012). Assim, um desafio estratégico para a sustentabilidade da cotonicultura brasileira é a redução no uso de inseticidas, o que melhoraria as condições ambientais das áreas de cultivo do algodoeiro e favoreceria a ação de agentes naturais de controle biológico de pragas, ao mesmo tempo em que reduziria os custos de produção e teria impactos positivos na avaliação dos consumidores internos e externos.

Algumas características biológicas do bicudo favoreceram seu sucesso na colonização de regiões bastante distintas em termos de fitofisionomia e de condições físicas do ambiente, tendo em comum apenas a associação à cultura do algodoeiro.

a) Plasticidade fenotípica, caracterizada por fêmeas com elevado potencial reprodutivo, capazes de depositar até 300 ovos (média de 100-120 ovos) em até seis ou sete gerações sobrepostas por ano, além da estratégia de distribuição de risco das populações na dormência reprodutiva e distribuição fenológica dos indivíduos;

b) Elevada sobrevivência das fases imaturas (ovos e larvas) em função do hábito endofítico (desenvolvimento protegido no interior das estruturas reprodutivas);

c) Elevado potencial de dispersão dos adultos com capacidade de colonizar cultivos a dezenas de quilômetros em apenas uma safra;

d) Adultos capazes de sobreviver ao período de entressafra alimentando-se de pólen e néctar de várias espécies de plantas pertencentes a diferentes famílias botânicas.

Esse conjunto de características tornou a praga capaz de colonizar com sucesso um gradiente de regiões com características ambientais bastante distintas, que compreende desde as regiões úmidas e quentes do México até as regiões temperadas do Sul dos Estados Unidos. Na América do Sul, o bicudo distribuiu-se pelas regiões tropical e subtropical com variações sazonais de chuva e temperatura bastante demarcadas e até mesmo em regiões semiáridas, como o Nordeste brasileiro (Stadler & Buteler, 2007).

## **2. Estratégias de vida em diferentes regiões**

Nas regiões temperadas da América do Norte, as populações do bicudo-do-algodoeiro resistem às condições adversas de baixa temperatura e indisponibilidade de plantas hospedeiras sincronizando a fenologia das populações de adultos no estado de baixa atividade metabólica e dormência reprodutiva (Showler, 2009). Embora exista discussão sobre se esses insetos encontram-se em algum estado de diapausa ou quiescência, nessas regiões, durante o inverno, tanto as fêmeas como os machos do bicudo reduzem sua atividade metabólica e apresentam subdesenvolvimento e atrofia do aparelho reprodutivo, além do acúmulo de corpos gordurosos e aumento no nível da proteína hexamerina (Lewis *et al.*, 2002). Na primavera, com o aumento da temperatura, o

inseto retoma seu desenvolvimento e coloniza os campos de algodoeiro (Rummel & Curry, 1986). O sucesso do programa de erradicação da praga na região Sudoeste dos Estados Unidos deve-se, em parte, à sincronização da emergência das populações hibernantes, associada à aplicação de inseticidas químicos (Martin, 1986).

Nas regiões subtropical e tropical, onde o algodoeiro é cultivado no Brasil, o bicudo apresenta uma variedade de estratégias de sobrevivência de acordo com as condições climáticas e disponibilidade de recursos alternativos para sua alimentação e sobrevivência durante a entressafra do algodoeiro (Guerra *et al.*, 1982, 1984; Jones & Coppedge 1996). Nessas regiões, o acúmulo de corpos gordurosos e níveis de hexamerina não estão diretamente relacionados à dormência reprodutiva, mas as fontes de alimento e as condições climáticas de campo durante as fases larval e adulta são importantes para a indução de dormência reprodutiva (Paula, 2013). Além disso, há relatos em diferentes regiões de que pólen e néctar de plantas cultivadas e nativas são usados alternativamente pelos adultos do bicudo para sobreviver à falta de seu alimento preferencial, embora não seja capaz de reproduzir-se nessa condição (Lukefahr *et al.*, 1986; Jones, 1995; Cuadrado, 2002; Showler, 2009; Ribeiro *et al.*, 2010). O comportamento do bicudo durante a entressafra, na região central do Brasil, ainda não é bem conhecido, mas alguns estudos mais recentes indicam que os adultos dispersam para áreas vegetadas adjacentes ao plantio, refugiando-se especialmente em fragmentos de vegetação nativa como o Cerrado, onde permanecem alimentando-se de pólen e néctar de diferentes espécies de plantas (Ribeiro *et al.*, 2010).

### **3. Fenologia e plantas hospedeiras em que o bicudo se reproduz**

O gênero *Anthonomus*, ao qual pertence o bicudo-do-algodoeiro, possui um grupo de cinco espécies “irmãs” (Jones, 2001). Dentre essas, quatro são restritas a espécies de plantas do gênero *Hampea* e ocorrem apenas no Sudeste do México e na América Central. Essas evidências sugerem que a planta hospedeira ancestral desta praga não foi o *Gos-*

*sypium*, mas, sim, o gênero aparentado, *Hampea* (Fryxell & Lukefahr, 1967; Clark, 1986; Burke, 1986; Jones, 2001).

Apenas o bicudo expandiu seu nicho, associando-se a outras plantas fora do gênero *Hampea* (Jones, 2001). Embora seja possível que o bicudo tenha expandido de *H. nutricia* para o *Gossypium* no início do processo de domesticação do algodoeiro, o que é bem recente do ponto de vista da escala geológica (Lukefahr *et al.*, 1984; Clark, 1986; Burke, 1986; Jones, 2001), há registros arqueológicos de uma maçã de *G. hirsutum* infestada com o bicudo datada de 900 d.C. (Warner & Smith Jr., 1968). Essa associação, em escala ecológica e evolutiva, pode ser considerada uma longa história de vida comum com mais de 6 mil gerações do inseto, o que permite supor que as estratégias de sobrevivência e resistência do inseto às condições ambientais em que se desenvolveu essa interação sejam a base para sua adaptação posterior nas diversas regiões que invadiu e se tornou praga.

A associação do bicudo a diversas espécies de plantas hospedeiras possibilitou a expansão de sua distribuição geográfica para além de seu centro de origem (América Central), bem como permitiu que o inseto atingisse o status de praga agrícola do algodoeiro (Showler, 2009). A partir do século XIX, as populações do bicudo expandiram-se e dispersaram-se por grandes extensões geográficas, ganhando destaque como inseto-praga a partir da colonização do algodão cultivado, *Gossypium hirsutum*, no México e, posteriormente, nos Estados Unidos, a partir do Texas. A literatura em geral relata que esse inseto, com raras exceções, somente é capaz de completar seu ciclo de vida e aumentar suas populações alimentando-se de espécies da tribo Gossypiae (Família: Malvaceae), à qual pertence o algodoeiro cultivado (Fryxel, 1982; Lukefahr *et al.*, 1986; Gabriel, 2002). Ao longo de mais de um século de ocorrência do bicudo nas regiões algodoeiras no México central e Sudoeste dos Estados Unidos, várias espécies da família Malvaceae têm sido reportadas como plantas hospedeiras capazes de alimentar os adultos e permitir a reprodução de *A. grandis* (detalhes em Cross *et al.*, 1975). Levantamentos posteriores confirmaram que, com poucas exceções, as plantas hospedeiras importantes para a reprodução do bicudo pertencem a qua-

tro dos oito gêneros da tribo Gossypieae, da família Malvaceae. A revisão feita por Lukefahr *et al.* (1986) relata que os gêneros *Gossypium*, *Hampea*, *Cienfuegosia* e *Thespesia* destacam-se nas referências como hospedeiras do bicudo, sendo que *Lebronnecia*, *Gossypiodes*, *Cephalohibiscus* e *Kokia* compreendem plantas raras, de distribuição limitada, e nenhuma está presente nas atuais áreas de ocorrência do bicudo. Atualmente, considera-se que 25 das 36 espécies de *Gossypium* são hospedeiras alternativas para reprodução do inseto, sendo que outras espécies do gênero podem vir a ser relatadas como hospedeiras capazes de suportar populações do bicudo quando a ele expostas.

No gênero *Cienfuegosia*, em que todas as espécies expostas experimentalmente ao bicudo mostraram-se boas hospedeiras da praga, destacam-se *C. affinis* (H.B.K.), *C. rosei* Fryx. e *C. drummondii* (Gray) Lewt. Outras espécies como *Hampea* nutricia Fryx., *H. rovirosae* Sandl. e *Thespesia populnea* (L.) Soland são consideradas plantas hospedeiras importantes para o bicudo nas Américas Central e do Norte. Uma exceção ao padrão geral apresentado pelos autores acima é a manutenção de populações de bicudo em *Hibiscus pernambucensis* (Arzaluz & Jones, 2001). No entanto, em outras espécies do mesmo gênero, como *H. syriacus*, planta ornamental presente em várias partes do mundo, a reprodução do bicudo é limitada, sendo essa espécie considerada insignificante na manutenção de populações de bicudo (Lukefahr *et al.*, 1986).

Cross *et al.* (1975) também mencionaram que o bicudo é capaz de usar as plantas *Cienfuegosia heterophylla* (Vent.) Garcke, *Hibiscus syriacus* L., *Pseudoabutilon lozani* (Rose) Fries e *Sphaeralcea angustifolia* (Cav.) Don., embora sem o mesmo sucesso reprodutivo. O registro da espécie *Hibiscus tiliaceus* L. como uma hospedeira importante para reprodução do bicudo na região de Chiapas, México (Bodegas Valera *et al.*, 1977), foi corrigido por Lukefahr *et al.* (1986), que identificaram como espécie de planta correta *H. pernambucensis* Arr. Cam, com base nas características morfológicas da flor.

Do ponto de vista de dinâmica populacional e de infestação da praga no algodoeiro, *C. drummondii* é considerada uma



Figura 1. Planta de *Thespesia*, hospedeira do bicudo-do-algodoeiro

hospedeira alternativa importante do bicudo no Sul do Texas, devido a sua capacidade de suporte de pequenas populações que podem ser a origem de infestações em culturas do algodoeiro (Burke & Clark, 1976). Já em *Thespesia populnea*, os bicudos reproduzem-se apenas nos botões florais e nunca foi observada a reprodução do inseto nos frutos, apesar de serem notadas picadas de postura nestes. Há uma preferência por algodão e é muito difícil achar um botão floral de *T. populnea* infestado, se existem botões florais de algodoeiro disponíveis (Lukefahr *et al.*, 1986).

No Brasil, além do algodão cultivado, *G. hirsutum*, ocorrem duas outras espécies desse gênero. A primeira é *Gossypium barbadense*, possivelmente introduzida há séculos por indígenas pré-colombianos a partir do norte do Peru e Sul do Equador e amplamente dispersa por todas as regiões brasileiras. Atualmente, seu uso como fitoterápico está restrito ao conhecimento tradicional de populações locais, ou como provedor de fibras para uso doméstico e artesanal. Não ocorrem em populações naturais e indivíduos dessa espécie estão dispersos em plantios de fundo de quintal. Já a espécie *G. mustelinum*

é endêmica do Nordeste brasileiro, com populações naturais compostas por apenas alguns indivíduos no Rio Grande do Norte e no interior da Bahia (Barroso *et al.*, 2005). Essas duas espécies são capazes de suportar populações do bicudo, mas, devido à característica de baixa densidade de suas populações, aparentemente não apresentam risco à cotonicultura como fonte dessa praga.

Outras espécies de plantas já descritas como potencialmente importantes em termos do manejo do bicudo-do-algodoeiro são descritas por Lukefahr *et al.* (1986), sendo essas informações compiladas na *Tabela 1*.

Tabela 1. Espécies de plantas hospedeiras de importância potencial para o manejo do bicudo no Brasil (modificado a partir de Lukefahr <i>et al.</i> , 1986)				
Espécie	Nome comum	Característica	Ocorrência	Interação com o bicudo
<i>Thespesia populnea</i>	Algodão-do-pará	Árvores de 10-15 m plantadas como ornamentais	CE, RN, PB, PE, AL, BA	Somente botões florais; 27% sobrevivência de larvas e sobrevivência de adultos.
<i>Cienfuegosia affinis</i>	Algodão-bravo ou algodão-do-campo	Arbustos de até 1,5 m; ocorrem naturalmente em colônias de até centenas de indivíduos	MG, GO, DF, MS, MT, BA, RN, AC, CE	Botões florais e cápsulas permitem desenvolvimento e longevidade equivalentes aos do algodoeiro
<i>C. glabriflora</i>		Herbáceas perenes ou pequenos arbustos	MT	Botões florais e cápsulas permitem o desenvolvimento e longevidade equivalentes aos do algodoeiro
<i>C. drummondii</i>		Herbácea ocorrente em populações naturais	MS	
<i>C. heterophylla</i>		Herbácea ocorrente em populações naturais	BA, PI ou CE?	
<i>Hibiscus pernambucensis</i>	Algodão-da-mata		PB, PE, SP e SC	

Informações complementares de Brandão & Laca-Buendía (1985) sobre plantas hospedeiras do bicudo-do-algodoeiro em Minas Gerais relatam a ocorrência de *Cienfuegosia affinis* e mais quatro novas espécies desse gênero: *C. ituiutabensis*, *C. glauca*, *C. longifolia* e *C. uberabensis*, além das espécies *Hibiscus rosa-sinensis*, *H. syriacus*, *H. mutabilis*, *H. tiliaceus*, *Abelmoschus esculentus*, *Thespesia populnea*, *Gossypium barbadense* e *G. hirsutum* var. Marie Galante, como hospedeiras alimentícias do bicudo, indicando que levantamentos botânicos mais minuciosos e a adaptação e colonização do inseto em novas regiões podem revelar novas plantas hospedeiras ou plantas já conhecidas com novas áreas de distribuição geográfica. No entanto, estudos posteriores com algumas dessas plantas (ex.: Gabriel, 2002; Mata, 2012) mostraram que várias dessas espécies servem apenas como alimento alternativo de adultos, prolongando sua longevidade e aumentando a sobrevivência de indivíduos nesse estágio, sem que haja o estímulo para colocar ovos ou o desenvolvimento completo das larvas até a fase adulta.

### **3.1. Plantas fornecedoras de pólen como alimento do bicudo**

As plantas do gênero *Gossypium* são atualmente o principal recurso para alimentação e oviposição do bicudo, mas a diversidade de alimentos explorados pelos adultos é parte integrante da estratégia de sobrevivência da espécie (Showler, 2009). Nos trópicos, as adaptações comportamentais desenvolvidas são fundamentais, pois o bicudo permanece ativo e alimentando-se de pólen de outras plantas durante a entressafra, quando o algodão não está disponível (Ribeiro *et al.*, 2010).

Estudos desenvolvidos ao longo do século XX demonstraram que plantas do gênero *Gossypium*, além de alguns poucos gêneros da família Malvaceae, são atualmente o principal recurso para alimentação e oviposição do bicudo, sendo que as fêmeas necessitam de pólen ou tecidos reprodutivos dessas plantas para o desenvolvimento de seus ovários (Rummel & Curry, 1986; Paula *et al.*, 2013). No entanto, adultos são capazes de utilizar grãos de pólen e fontes de açúcar, como o néctar de uma diversidade muito maior de plantas, como parte da estratégia de sobrevivência à ausência das plantas hospedeiras onde possam reproduzir-se (Showler & Abrigo, 2007; Showler,

2009; Ribeiro *et al.*, 2010).

A facilidade de detecção e registro do consumo de grãos de pólen pelo bicudo quando o inseto é dissecado possibilitou a identificação de plantas dos diferentes táxons que são consumidas pelo bicudo, contribuindo para assegurar a sobrevivência da praga durante o período de entressafra. Estudos desenvolvidos por Rummel *et al.* (1978) no Texas, Benedict *et al.* (1991) no Texas e em Tamaulipas (México), Jones *et al.* (1992, 1993) no Nordeste do México, Jones & Coppedge (1996, 1998, 1999) em várias regiões do Texas, e Hardee *et al.* (1999), no Delta do Mississippi, revelaram que o inseto usa um amplo espectro de plantas fornecedoras de pólen, com registro de mais de 60 famílias botânicas. Destacam-se nesse grupo as famílias botânicas: Anacardiaceae, Asteraceae, Chenopodiaceae, Amaranthaceae, Fagaceae, Malvaceae e Poaceae pela frequência ou abundância de pólen no trato digestivo dos insetos. Somam-se a estas, as famílias Compositae (Asteraceae), Euphorbiaceae, Solanaceae, Amaranthaceae e Leguminosae identificadas por Cuadrado (2002) na Argentina, além de Smilacaceae, Proteaceae, Melastomataceae, Combretaceae e Myrtaceae por Ribeiro *et al.* (2010) no Brasil.

Ressaltamos que essas plantas servem apenas para alimentação dos adultos, não sendo utilizadas para a reprodução do bicudo. Embora nenhuma delas seja comparável ao algodão na manutenção de populações do inseto, elas poderiam manter os adultos até que eles localizem os campos de algodão (Lukefahr *et al.*, 1986).

O bioma Cerrado, onde a maior parte do algodoeiro é cultivada no Brasil, é uma vegetação savânica, com grande heterogeneidade de fisionomias ao longo de sua distribuição geográfica, mas que apresenta, de forma geral, predominância de floração durante a estação seca (Eiten, 1994). Considerando que adultos do bicudo utilizam recursos florais, como pólen e néctar, para sua alimentação e sobrevivência durante a entressafra do algodoeiro, a floração de plantas no Cerrado durante a entressafra do algodoeiro é de interesse para o manejo da praga. Levantamento feito por Mata *et al.* (2012) revelam que 208 espécies de 54 famílias de plantas foram observadas em floração durante a entressafra na região do Distrito Federal. As famílias mais ricas em espécies foram Fabaceae (39 espécies), Asteraceae (27),

Malpighiaceae (15), Rubiaceae (10) e Lamiaceae (9). Entre as espécies avaliadas, 12 apresentaram mais de 50 indivíduos floridos e concentraram 45% de todas as plantas registradas em flor.

Foram elas: *Miconia ferruginata* DC. (180 - Melastomataceae); *Rhynchospora albiceps* Kunth (149 - Cyperaceae); *Dalechampia caperonioides* Baill. (123 - Euphorbiaceae); *Davilla elliptica* A. St.-Hil. (103 - Dilleniaceae); *Mitracarpus hirtus* (L.) DC. (79 - Rubiaceae); Peixoto acf. Goiana C.E. Anderson (75 - Malpighiaceae); *Hyptis lythroides* Pohl ex Benth. (74 - Lamiaceae); *Emilia sonchifolia* (L.) DC. ex Wight (70 - Asteraceae); *Hymenaea stigonocarpa* Mart. Ex Hayne (59 - Fabaceae); *Hypenia brachystachys* (Pohl ex Benth.) Harley (52 - Lamiaceae); *Ruellia incompta* Lindau (51 - Acanthaceae) e *Turnera lamiifolia* Cambess (50 - Turneraceae).

Apesar de esse período de floração variar entre anos e regiões, estudos sobre a atratividade dessas flores para o bicudo podem ser úteis no entendimento da dinâmica populacional do inseto na entressafra.

### 3.2. Plantas cultivadas como hospedeiras e cultivos-armadilha

Se o pólen e néctar de plantas cultivadas forem nutricionalmente adequados, permitindo a sobrevivência e atraindo adultos do bicudo, essas plantas poderiam servir como cultivos-armadilha, auxiliando no manejo dessa praga. Assim, estudos exploratórios sobre o papel de plantas cultivadas como provedoras desses recursos foram desenvolvidos como parte da estratégia de manejo da praga.

Oito espécies de plantas cultivadas foram selecionadas a partir de informações da literatura para avaliação do potencial delas como cultura-armadilha: erva-doce (*Foeniculum vulgare* Mill.), margaridão (*Tithonia diversifolia* Gray), mamona (*Ricinus communis* L.), crotalária (*Crotalaria juncea* L.), feijão-guandu (*Cajanus cajan* L. Hunth), quiabo (*Abelmoschus esculentus* L. Moench), hibisco (*Hibiscus rosa-sinensis* L.) e sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench).

Essas culturas apresentam importância econômica, são produzidas na região central do Brasil, são de fácil trato cultural e manutenção, além de poderem ser cultivadas entre julho e novembro (entressafra do algodão). Algumas dessas plantas são utilizadas

como ornamentais e medicamentos (erva-doce, flor de hibisco e margaridão), biocombustíveis (sorgo, mamona), alimentação humana e animal (quiabo, feijão-guandu, sorgo e margaridão) ou como adubo verde (margaridão, crotalária). Além disso, todas elas atingem a maturidade fenológica dentro de 120 dias, apresentando flores no período que corresponde à fase vegetativa na cultura do algodão e, portanto, servindo possivelmente como fonte alternativa de alimento para a sobrevivência do bicudo.

A maior parte das plantas pré-selecionadas não atendeu ao critério de adequação nutricional para a sobrevivência do inseto, já que 90% dos adultos não sobreviveram por mais de 10 dias alimentando-se das flores dessas espécies de plantas. As exceções foram apenas o hibisco e o quiabo. A longevidade média dos bicudos foi significativamente maior apenas quando eles se alimentavam de flores de hibisco ( $166,6 \pm 74,4$ ), quiabo ( $34,7 \pm 28,9$ ) e botões de algodão ( $126,72 \pm 49,34$ ) (Figura 2).

A semelhança morfológica, associada a substâncias químicas comuns à família Malvaceae, aparentemente contribui para preferência dos adultos do bicudo no uso dessas plantas como fonte de alimento (Figura 3).

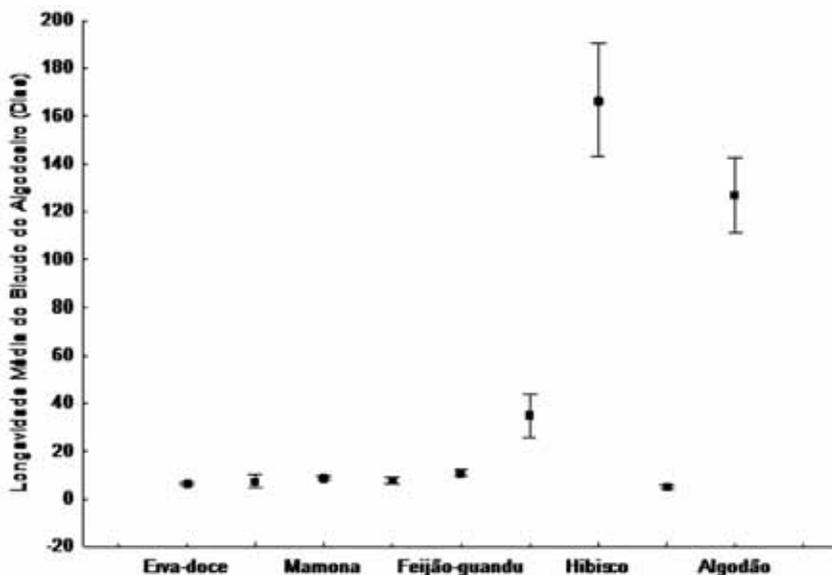


Figura 2. Longevidade média de adultos do bicudo-do-algodoeiro quando flores de diferentes plantas foram oferecidas



Figura 3. Similaridade de flores de diferentes espécies de malváceas usadas por adultos do bicudo-do-algodoeiro como alimento: A) algodão, B) quiabo, C) vinagreira e D) hibisco

#### 4. Ecologia para o manejo do bicudo

Ressaltamos que, embora o bicudo somente complete seu ciclo de vida e se reproduza em plantas da tribo *Gossypiae* da Família *Malvaceae* e que não existam no Brasil populações dessas espécies capazes de manter e multiplicar populações relevantes do ponto de vista de manejo da praga, plantas espontâneas e tigueras podem ser observadas em beiras de estradas vicinais de áreas de produção do algodoeiro, em cultivos posteriores à cultura do algodoeiro (milho, sorgo, soja etc.), ou em áreas abandonadas, área de pousio e rotação ou em locais onde a destruição de restos culturais foi feita de forma deficiente. Esses espaços servem como áreas de refúgio e multiplicação das populações de bicudo, que podem ter o número de gerações aumentado e seu potencial de dano multiplicado em safras consecutivas. Dessa forma, a destruição de plantas espontâneas e soqueiras do algodoeiro em períodos fixados por lei pode ser considerada como a iniciativa básica e primordial para o plano de supressão do bicudo, o que inclui ainda

as ações de monitoramento visual e por feromônio, aplicações sequenciais de inseticidas (Degrande *et al.*, 2009).

Apesar de os surtos populacionais do bicudo estarem associados à expansão agrícola, sua ocorrência na América do Sul é reconhecida antes mesmo do cultivo extensivo de algodão na região (Scataglini *et al.*, 2000). A disponibilidade de espécies de malváceas como plantas hospedeiras e as condições climáticas adequadas teriam influenciado diretamente a distribuição do bicudo e sua dispersão natural para áreas tropicais e subtropicais da América do Sul (Burke, 1986).

## Referências bibliográficas

ARZALUZ, I. O.; JONES, R. W. Ecology and phenology of the boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) on an unusual wild host, *Hibiscus pernambucensis*, in southeastern Mexico. **Journal of Economic Entomology**, n. 94, p. 1405-1412, 2001.

BARBOSA, S.; BRAGA SOBRINHO, R.; LUKEFAHR, M. J.; BENGOLA, O. G. **Relatório sobre ocorrência do bicudo do algodoeiro, *Anthonomus grandis* Boheman, “bollweevil” no Brasil e recomendações para sua erradicação.** Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1983. 12 p. (EMBRAPA-CNPA. Documentos, 21).

BARROSO P. A. V.; FREIRE, E. C.; AMARAL J. A. B.; SILVA M. T. **Zonas de exclusão de algodoeiros transgênicos para preservação de espécies de *Gossypium* nativas ou naturalizadas.** Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 2005. 7 p. (EMBRAPA-CNPA. Comunicado Técnico, 242).

BENEDICT, J. H.; D. A. WOLFENBARGER, V. M. BRYANT JR.; GEORGE, M. Pollen ingested by boll weevils (Coleoptera: Curculionidae) in southern Texas and Northeastern Mexico. **J. Econ. Entom.** 84: 126-131. 1991.

BODEGAS VALERA P.R.; FLORES GARCÍA, R.; DE COSS FLORES, M.E. **Aspectos de interés sobre las hospederas alternantes del picudo del algodón *A. grandis* y avances en la investigación respectiva en el Soconusco, Chiapas, México.** Centro de Investigaciones Ecológicas del Sureste. OEA CONACYT. Tapachulas, Chiapas, México. Boletín de Información 3, 1977, 14 p.

BOTTREL, D.G. The boll weevil as keypest. In: Conference on Boll Weevil suppression, management and elimination technology. Memphis, EUA, 1974. **Proceedings...s.i.**, US Dep. Agric. 1976. P.5-8. (US Dep. Agric. ARS, 71).

BRAGA SOBRINHO, R. B.; LUKEFAHR, M. J. **Bicudo (*Anthonomus grandis* Boheman): nova ameaça à cotonicultura brasileira; biologia e controle**. Documentos, 22. CNPA, Campina Grande. 1983. 32 p.

BRANDÃO, M.; LACA-BUENDÍA, J. P. **Plantas hospedeiras do bicudo do algodoeiro em Minas Gerais**. Belo Horizonte: EPAMIG, 1985. 39p. (Boletim Técnico, n.21).

BURKE, H. R.; CLARK, W. E.; CATE, J. R. & FRYXELL, P. A. Origin and dispersal of the boll weevil. **Bulletin of the Entomological Society of America**, v. 32, p. 228-238, 1986.

BUSOLI, A. C.; SOARES, J. J.; LARA, F. M. **O bicudo do algodoeiro e seu manejo**. Jaboticabal: Funep, 1994. 32p. (Boletim, 5).

CHAUDHRY, M. R. **Cotton Research: World situation**. International cotton advisory committee. 2006. 10 p.

CLARK, W. E.; BURKE, H. R. A new neotropical species of *Anthonomus* (Coleoptera: Curculionidae) associated with *Bombacopsis-quinata* (bombacaceae). **Proceedings of the Entomological Society of Washington**, v. 88, p. 320-327, 1986.

CONAB. Séries Históricas. Algodão: safras 1976/77 a 2012/13, Brasil. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t>. Acesso em: 15 dez 2013.

CONAB. Consolidação do plantio safra agrícola 2001/2012. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 03 fev. 2012.

CROSS, W. H.; LUKEFAHR, M. J.; FRYXELL, P. A.; BURKE, H. R. Host plants of the boll weevil. **Environmental Entomology**, v. 4, n. 1, p. 19-26, 1975.

CUADRADO, G. *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) en la zona central y suroeste de Misiones, Argentina: polen como fuente alimenticia y su relación con el estado fisiológico en insectos adultos. **Neotropical Entomology**, n. 31, p. 121-132, 2002.

DEGRANDE, P. E.; SILVA, M. A. DE O.; MIRANDA, J. E.; SILVA, M. S. DA; SANTOS, W. J. DOS. Áreas piloto de supressão do bicudo do algodoeiro (*Anthonomus grandis*) no estado de Goiás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 7., 2009, Foz do Iguaçu. Sustentabilidade da cotonicultura brasileira e expansão dos mercados: **anais**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2009. p. 305-312.

EITEN G. Vegetação do cerrado, p.9-65. In Pinto M N (org) **Cerrado - caracterização, ocupação e perspectivas**. Brasília, Universidade de Brasília, 1994. 134p.

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

FRYXELL, P. A. **The natural history of cotton tribe** s.l., Texas A&M Univ. Press, 1982. 245p.

FRYXELL, P. A.; LUKEFAHR, M. J. Hampeas chlecht: possible primary host of cotton boll weevil. **Science**, v. 155, n. 3769, p. 1568-1569, 1967.

GABRIEL, D. Longevidade do Bicudo-do-algodoeiro *Anthonomus grandis* Boh. criado em hospedeiras alternativas no laboratório. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 69, n. 3, p. 69-76, jul./set., 2002.

GUERRA, A. A.; GARCIA, R. D.; TAMAYO, J. A. Physiological activity of the boll weevil during the fall and winter in subtropical areas of the Rio Grande Valley of Texas. **Journal of Economic Entomology**, v. 75, n. 1, p. 11-15, 1982.

HARDEE, D. D.; JONES, G. D.; ADAMS, L. C. Emergence, movement, and host plants of boll weevils (Coleoptera :Curculionidae) in the Delta of Mississippi. **Journal of Economic Entomology**, v. 92, n. 1, p. 130-139, 1999.

JONES G. D. Entomopalynology. Movement & dispersal Research. 1995. <http://www.inhs.uiuc.edu/cee/movement/moreres.html>, acesso em 06/02/2010.

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

JONES, R. W. Pollen feeding by the boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) following cotton harvest in east central Texas. **Southwest. Entomol.** 23: 419-429. 1997.

JONES, R. W., J. R. CATE, E. MARTÍNEZ HERNÁNDEZ; TREVIÑO NAVARRO R. Host and seasonal activity of the boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) in tropical and sub-tropical habitats of Northeastern Mexico. **Journal of Economic Entomology**, 85:74-82. 1992.

JONES, R. W., J. R. CATE, E. MARTÍNEZ HERNÁNDEZ; SALGADO SOSA E. Pollen feeding and survival of the weevil (Coleoptera: Curculionidae) on selected plant species in Northeastern Mexico. **Environ. Entomol.** 22: 99-108. 1993.

JONES, G. D.; COPPEDGE J. R. Pollen feeding by overwintering boll weevils. Beltwide cotton conference. **Abstracts**. College Station, USDA-ARS TX 2:, 1996, 976-977.

JONES, G. D.; COPPEDGE, J. R. Foraging resources of boll weevils (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 92, p. 860-869, 1999.

LEWIS, D. K.; SPURGEON, D.; SAPPINGTON, T. W.; KEELEY, L. L. A hexamerin protein, AgSP-1, is associated with diapause in the boll weevil. **Journal of Insect Physiology**, v. 48, p. 887-901, 2002.

LUKEFAHR, M. J.; BARBOSA, S.; BRAGA SOBRINHO, R. Plantas hospedeiras do bicudo com referencia especial a flora brasileira. In: BARBOSA, S.; LUKEFAHR, M. J.; BRAGA SOBRINHO, R., ed. **O bicudo do algodoeiro**. Brasília: EMBRAPA-DDT, 1986. p. 275-285 (Documentos, 4).

MARENGO LOZADA, R. M., L. A. ÁLVAREZ; W. H. WHITCOMB. El picudo mejicano del algodón (*Anthonomus grandis* Boh.). **El desafío para la producción algodонера en el Paraguay**. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Miscelanea Nº 118. Asunción Paraguay. 1987. 91p.

MARENGO LOZADA, R. M.; W. H. WHITCOMB. **Hospederas alternantes del picudo mejicano del algodonero (*Anthonomus grandis* Boh.)**. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Asunción, Paraguay, 1993. 40 p.

MARTIN, F. W. Okra, potential multiple-purpose crop for the temperate zones and tropics. **Economic Botany**, v. 36, n. 3, p. 340-345, 1982.

NEVES, R. C. S.; SHOWLER, A. T.; PINTO, E. S.; BASTOS, C. S. & TORRES, J. B. Reducing boll weevil populations by clipping terminal buds and removing abscised fruiting bodies. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.146, n.2, p.276-285, 2013.

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

RAMALHO, F. S.; GONZAGA, J. V.; SILVA, J. R. B. Método para determinação das causas de mortalidade natural do bicudo-do-algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 28, n. 8, p. 877-887, 1993.

RIBEIRO, P. A.; SUJII, E. R.; DINIZ, I. R.; DE MEDEIROS, M. A.; SALGADO-LABOURIAU, M. L.; BRANCO, M. C.; PIRES, C. S. S.; FONTES, E. M. G. Alternative food sources and overwintering feeding behavior of the bollweevil, *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) under the tropical conditions of central Brazil. **Neotropical Entomology**, vol. 39, n. 1, p. 28-34, 2010.

RUMMEL, D. R., J.R. WHITE; G. R. PRUITT. A wild feeding host of the boll weevils in west Texas. **Southwest. Entomol.** 3:171-175. 1978.

RUMMEL, D. R. & CURRY, G. L. Dinâmica populacional e níveis de dano. In: S. BARBOSA., M. J., LUKEFAHR; R. B. SOBRINHO (eds.). **O bicudo-do-algodoeiro**. Departamento de Difusão de Tecnologia, EMBRAPA. Brasília. 1986. p. 201-220.

SCATAGLINI, M. A; CONFALONIERI, V. A. & LANTERI, A. A. Dispersal of the cotton boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) in South America: evidence of RAPD analysis. **Genetica**, v. 108, n. 2, p. 127-36, 2000.

SHOWLER, A. T. Roles of host plants in boll weevil range expansion beyond tropical mesoamerica. **American Entomologist**, v. 55, n. 4, p. 234-242, 2009.

SHOWLER, A. T.; ABRIGO, V. Common subtropical and tropical nonpollen food sources of the boll weevil (Coleoptera: Curculionidae). **Environmental Entomology**, n. 36, p. 99-104, 2007.

STADLER, T.; BUTELER, M. Migration and dispersal of *Anthonomus grandis* (Coleoptera: Curculionidae) in South America. **Revista de la Sociedad Entomológica Argentina** 66(3-4): 205-217. 2007.

WARNER, R. E.; SMITH JR., C. E. Boll weevil found in pre-Columbian cotton from Mexico. **Science** 162: 911-12. 1968.

## CAPÍTULO 4

# Medidas estratégicas de controle do bicudo-do-algodoeiro (*Anthonomus grandis* Boh., 1843)

**Walter Jorge dos Santos**  
Instituto Agronômico do Paraná

Há 32 anos, o bicudo (*Anthonomus grandis*) está presente nas lavouras de algodão do Brasil. Nos primeiros 20 anos, a praga exerceu significativa influência no afastamento de grande parte dos cotonicultores da atividade das regiões Sul, Sudeste e Nordeste, e, como consequência, as regiões tradicionalmente produtoras sofreram sérios problemas socioeconômicos. Na época, a falta de visão e entendimento por parte das lideranças e alguns segmentos sociais a respeito do potencial enorme de prejuízos que o inseto representava para todos os segmentos econômicos envolvidos com a cultura do algodão impediu que ações possíveis para uma erradicação efetiva fossem conduzidas a tempo.

Quando da entrada do bicudo no Brasil, o algodão era produzido por milhares de produtores, que não estavam preparados para enfrentar uma praga da envergadura do bicudo. As dificuldades na obtenção de informações técnicas, falta de recursos, baixos níveis tecnológicos, entre outros fatores, determinaram a descontinuidade desses produtores na atividade algodoeira. E assim o bicudo foi avançando e causan-

do grandes prejuízos em todas as áreas produtoras do Brasil. Historicamente, em todos os países em que o bicudo infestou o algodão, houve sérios problemas socioeconômicos, além de desequilíbrios ambientais provocados pela utilização excessiva de inseticidas. E, como nesses outros países, o bicudo confirmou ser nas lavouras brasileiras uma praga de grande importância econômica, por conta de sua rápida capacidade reprodutiva e de destruição.

O potencial reprodutivo do bicudo é muito elevado. Considerando-se, por hipótese, que, no início da produção de botões florais, exista uma população de 20 bicudos por hectare e que haja um incremento de dez vezes por geração, durante cinco gerações essa área poderá produzir cerca de 2 milhões de adultos (Martin *et al.*, 1987). Os níveis de infestação crescem rapidamente, e os prejuízos podem alcançar valores próximos a 90% da produção, adicionando a eles os custos diretos e indiretos com o controle da praga. O bicudo é um problema tão sério que os americanos, após um século de convivência com ele, tomaram a decisão de erradicá-lo do país. O programa de erradicação do bicudo nos Estados Unidos começou em 1983, com o envolvimento de toda cadeia produtiva e, até 2006, a praga foi erradicada em quase 12,9 milhões de acres de algodão, significando 80% da área, e com a expectativa de completar 100% em 2009 (El-Lissy & Grefenstette, 2006). Maiores detalhes sobre a erradicação do bicudo nos Estados Unidos são fornecidos no capítulo nº 6.

## 1. Descrição e biologia

O adulto do bicudo é um besouro que mede entre 3 e 8 mm de comprimento e entre 2 e 3 mm de largura. No comprimento está incluído o bico, que compreende 50% do tamanho do inseto. Na extremidade do bico, encontram-se as peças bucais e, lateralmente ao bico, estão inseridas as antenas. A cor dos adultos varia de marrom-avermelhado, para os recém-emersos, e castanho-escuro, para os envelhecidos. Os olhos e o bico são escuros; o corpo é recoberto com pequenos pelos finos, levemente dourados, conferindo ao inseto uma aparência penugenta. Como característica diferencial entre os besouros da família dos Curculionídeos,

os adultos do bicudo apresentam nas tíbias do primeiro par de patas duas esporas, uma maior que a outra. Os fêmeas das patas medianas e posteriores só possuem uma espora. Quando perturbados, os adultos contraem suas patas e deixam-se cair, fingindo-se de mortos. Ovos, larvas e pupas são encontrados no interior dos botões florais e maçãs; as fêmeas colocam por período aproximado de 21 dias, em média, 150 ovos, sendo, geralmente, um ovo por botão floral, e preferem depositar seus ovos em botões com cerca de 0,6 cm de diâmetro. As fêmeas introduzem o bico no interior do botão floral e alimentam-se dos grãos de pólen das anteras para que os ovos se desenvolvam dentro dos ovários. Após a postura, a fêmea recobre o orifício com uma espécie de cera, com aspecto de verruga, facilmente reconhecível pelo tato (rolha do bicudo). A disponibilidade de botões florais, temperatura, umidade relativa e luminosidade são fatores que interferem na abundância da postura. Com maior frequência, os orifícios de postura estão localizados na parte basal dos botões, enquanto que os de alimentação, na parte apical desses órgãos. A fêmea pode viver entre 30 e 40 dias durante a safra, colocando entre 3 e 10 ovos por dia. As brácteas dos botões florais atacados tornam-se amareladas e abrem-se. Após a eclosão e início do processo de alimentação da larva, ocorre a abscisão dos botões florais que, a seguir, caem ao solo contendo as larvas, que continuam seu desenvolvimento. Quando sob condições de baixa umidade, altas temperaturas e incidência da luz solar, o botão floral caído ao solo estará exposto a desidratação e dessecação, o que determinará taxas elevadas de mortalidade das larvas do bicudo.

As larvas são brancas, enrugadas, ápodas, encurvadas em forma de C, e, quando crescidas, apresentam entre 5 e 7 mm de comprimento. As larvas passam por três instares de crescimento, os quais duram, em média, dois, dois e quatro dias, respectivamente. As larvas desenvolvidas transformam-se em pupas, nas quais é possível observar os vestígios dos diferentes membros do corpo dos futuros besouros, como os olhos e o bico. O período pupal pode durar entre 4 e 6 dias. O adulto recém-formado permanece alguns dias (1-3) no interior das estruturas, em repouso, antes de emergir. A sexagem entre machos e fêmeas é geralmente realizada pela

observação das genitálias. As características morfológicas do bico — que nas fêmeas é liso e brilhante, enquanto que nos machos aparecem sulcos longitudinais entre a base e a inserção das antenas — também podem mostrar diferenças entre os sexos da espécie. O ciclo de vida de ovo a adulto transcorre em aproximadamente 19 dias, podendo ocorrer cinco gerações por safra. As melhores condições ambientais para reprodução e desenvolvimento do bicudo seriam temperaturas próximas de 27°C e umidade relativa por volta de 60%. Períodos climáticos com baixa umidade sempre serão desfavoráveis, principalmente para as formas imaturas do inseto. Os atributos biológicos que caracterizam o bicudo como praga importante são: alto potencial de reprodução, ocorrência de gerações múltiplas, elevada mobilidade e alta tolerância a seus inimigos naturais (Bradey, 1978). Sob condições favoráveis para o inseto, a população do bicudo pode crescer a taxas entre 5 e 10 vezes por geração.

O bicudo é um inseto de hábito diurno, apresentando atividades mais frequentes nas horas de maior incidência de luz, isto é, entre as 9h e as 17h. O pólen das flores de algodão é o alimento preferido pelo adulto. Os botões florais são perfurados com o bico ou rostro, alcançando o pólen das anteras. Os adultos, vivendo cerca de 40 dias, danificam quantidade elevada de botões florais para oviposição e também para a alimentação. É importante considerar que botões florais e flores danificados serão estruturas perdidas. Quando o florescimento vai diminuindo, o bicudo passa atacar as maçãs em desenvolvimento, que poderão conter diversas larvas e pupas. As pequenas maçãs atacadas caem ao solo, enquanto que as maiores permanecerem nas plantas, originando os carimãs danificados. Os adultos provenientes de larvas desenvolvidas no interior das maçãs são geralmente mais aptos a sobreviverem durante a entressafra.

No estabelecimento das lavouras, as plantas recém-emergentes exercem atração aos bicudos sobreviventes de entressafra. Os adultos, ao penetrarem em uma lavoura, pouco se movimentam e geralmente permanecem próximos dos locais onde iniciaram as infestações, alimentando-se e ovipositando nos botões florais. As primeiras dispersões nas lavouras podem estender-se nas proximidades das áreas de refúgio. A pe-

netração do bicudo ocorre gradativamente em uma nova área de plantio através de caminhamentos e voos curtos a partir dos refúgios. O ataque começa pelas bordaduras e, inicialmente, os adultos alimentam-se das partes vegetativas das plantas (folhas, pecíolos, gemas de crescimento e brotações terminais), enquanto aguardam o surgimento dos botões florais, que aparecem a partir dos 30 dias, para a maioria das variedades. A presença de botões florais estimula maior movimentação do inseto na área cultivada, e a alimentação dos machos nos botões proporciona a emissão de feromônios, que aceleram os processos de colonização e posterior reprodução dos insetos. A dispersão inicial dos adultos em um talhão geralmente ocorre de planta a planta, de linha a linha e por meio de voos curtos.

Durante o período reprodutivo do algodão, as populações do bicudo vão se multiplicando, podendo chegar a centenas de milhares de adultos por hectare, que são forçados a deixarem as áreas cultivadas buscando outros campos de algodão e refúgios alternativos para atravessarem o período de entressafra. Em sua movimentação, o bicudo pode atingir longas distâncias, podendo chegar a até 104 km (Frisbie *et al.*, 1983).

Na fase de maturação da cultura, os adultos alimentam-se vorazmente nos botões florais, acumulando reservas de gordura que favorecem sua sobrevivência durante a entressafra. Ao final da safra, os adultos migram para áreas de refúgio, permanentemente vegetadas (matas, cerrados, capinzais etc.) existentes nas proximidades das lavouras. Nestes locais de abrigo, os besouros permanecem com seu metabolismo fisiológico reduzido, alimentando-se esporadicamente de grãos de pólen de diferentes espécies vegetais. Nos Estados Unidos, os adultos do bicudo entram em diapausa, caracterizada como um estado fisiológico de repouso, podendo sobreviver por mais de 130 dias. A diapausa é induzida, dentre outros fatores, por fotoperíodos curtos (11 horas) e temperaturas noturnas próximas de 10°C. No Brasil, sob condições ambientais desfavoráveis, o bicudo poderia entrar em um tipo de diapausa facultativa, não verdadeira ou completa. As pequenas maçãs formadas no final do ciclo do algodão, quando ovipositadas, desenvolvem todas as fases de vida do inseto, e os adultos permanecem em seu interior. Essas pequenas estru-

turas transformam-se em cápsulas retentoras de bicudo, não se abrem e não são colhidas, podendo cair ou ficarem presas nas plantas, liberando gradativamente os adultos do bicudo. A taxa de sobrevivência dos adultos nas áreas de refúgio dependerá das condições ambientais (umidade, temperatura e alimento) e da ação de inimigos naturais (fungos, predadores e parasitas). Mas sempre sobreviverá uma quantidade de besouros, geralmente proporcional às infestações anteriores, e suficiente para reinfestar as safras seguintes.

O pleno desenvolvimento das fases de vida do bicudo ocorre em botões forais, flores e frutos (maçãs) em plantas da tribo *Gossypieae* dentro da família *Malvaceae* (Cross *et al.*, 1975). No Brasil, são conhecidos os gêneros *Gossypium*, *Cienfuegosia* e *Thespesia*.

## 2. Danos

Como os botões florais e maçãs são utilizados pelo bicudo para alimentação e reprodução, os danos provocados pela praga são proporcionais à grande capacidade reprodutiva da espécie. No interior de flores completamente abertas, os adultos alimentam-se de grãos de pólen e pétalas, podendo realizar posturas nas anteras. As pétalas dos botões florais desenvolvidos e prestes a abrir, e que contêm larvas, permanecem presas à base, resultando na formação de botões com aspecto de balão.

Sob populações iniciais baixas, geralmente ocorrem escapes favorecendo a formação das primeiras estruturas frutíferas, mas, sob forte pressão populacional, maiores serão os prejuízos à produção. De um modo geral, após elevado ataque do bicudo, e sob condições climáticas favoráveis, as plantas de algodão recuperam-se, mas, quase sempre, esses novos botões florais emitidos serão fortemente atacados e destruídos pela praga. As lavouras ou faixas que receberam grandes infestações apresentam as plantas com portes elevados, com poucos capulhos no terço inferior e, geralmente, são desprovidas de capulhos na parte mediana e superior. Quando as infestações são grandes, as plantas de algodão, ao final do ciclo, mostram-se vigorosas, com porte elevado, mas com poucas maçãs viáveis.

### **3. Medidas para o controle do bicudo**

#### **3.1. Controle cultural**

No Brasil, após três décadas, o bicudo certamente já sincronizou sua biologia e comportamento com os fatores climáticos, os ambientes, a fenologia das cultivares e as práticas culturais. Portanto, o bicudo está adaptado e estabelecido e faz parte dos ambientes agrícolas onde o algodão está inserido nos sistemas de cultivos executados regionalmente. As condições climáticas e os modelos agrícolas praticados com o algodoeiro têm favorecido a permanência e o crescimento da praga, o que pode caracterizar o bicudo como uma praga residente nas lavouras de algodão. As táticas de controle cultural recomendadas são fundamentais e devem ser executadas criteriosamente para o equacionamento da problemática representada pelo inseto.

#### **3.2. Semeadura concentrada**

A semeadura concentrada por fazenda, áreas próximas ou região, em até 30-40 dias, reduz a movimentação do inseto, que vai passando sucessivamente dos talhões com plantas mais velhas para aqueles com plantas mais novas. A maior uniformidade de plantio entre áreas próximas faz com que a disponibilidade de botões florais e maçãs ocorram de forma simultânea nos campos daquela localidade, diminuindo as populações e facilitando o controle, ao mesmo tempo, entre as lavouras vizinhas. A prática dessa medida evitará que um determinado talhão ou lavoura produza bicudos para as demais áreas.

#### **3.3. Cultivares e condução das lavouras.**

As cultivares deverão ser aquelas recomendadas regionalmente, originadas de sementes fiscalizadas e com qualidades agrônomicas muito boas. As cultivares de ciclo curto a médio, com frutificação mais concentrada, favorecem o manejo da praga. O prolongamento do ciclo vegetativo ocasionado, muitas vezes, por condições climáticas desfavoráveis, quase

sempre coincidirá com elevadas infestações de bicudo que oneram os custos e, geralmente, ocasionarão sérios prejuízos.

Plantio, espaçamento, densidade e porte das plantas são fatores que, quando adequadamente considerados, poderão até mesmo favorecer o manejo das pragas e, dentre elas, o próprio bicudo. Mecanismos de resistência relacionados a caracteres morfológicos como folhas avermelhadas, bráctea “frego”, folha “okra”, androceu reduzido, pubescência acentuada, reduzem parcialmente os danos do bicudo nas plantas de algodão. Mas não existem cultivares comerciais que expressam esses caracteres, por não haver boa correspondência com fatores agronômicos ligados à produtividade. A tecnologia trouxe avanços extraordinários para o controle de pragas por meio do algodão-Bt, resistente às lagartas, disponível para os agricultores em diversas cultivares. Mas, infelizmente, ainda não existe algodão resistente ao bicudo. Contudo, há estudos com proteínas Bt (*Bacillus thuringiensis*) em busca de resistência ao inseto por meio de plantas geneticamente modificadas, mas as pesquisas estão ainda em fase inicial. Assim sendo, aderir ao combate coletivo do bicudo é uma medida sábia, pois, com a redução efetiva da população do inseto, os riscos serão minimizados, e, certamente, os produtores poderão ser de fato beneficiados com as vantagens econômicas do algodão-Bt, resistente às lagartas.

As boas práticas culturais, quando executadas na condução das lavouras, quase sempre são garantia de boas produtividades. Altas densidades e plantas com porte elevado são barreiras físicas que oferecem dificuldades para um controle mais efetivo do bicudo. Os reguladores de crescimento alteram a arquitetura das plantas de algodão, tornando-as mais compactas, permitindo o aumento da população, melhorando a eficiência das aplicações de inseticidas e a penetração de luz, e contribuindo para uma abertura mais rápida e uniforme dos frutos (Reddy *et al.*, 1990).

#### **3.4. Destruição de restos culturais do algodão e vazio sanitário**

Nas condições tropicais brasileiras, a destruição de soqueiras e tigueras são as medidas mais importantes para a redução populacional do bicudo e, conseqüentemente, para

a continuidade e viabilização econômica da cultura do algodão. Os restos culturais e as plantas involuntárias de algodão favorecem a manutenção e a reprodução do bicudo em meio aos sistemas agrícolas praticados regionalmente. A destruição da soqueira deve ser entendida como uma tarefa coletiva e fundamental para a diminuição dos danos provocados pelo bicudo, devendo ser assumida como uma prática obrigatória e amparada por lei.

A manutenção de um período de entressafra estabelecido regionalmente, com ausência de plantas de algodão, é fator preponderante para a redução efetiva de pragas e doenças nas áreas cultivadas. A observação estrita de um vazio sanitário é de importância fundamental para a diminuição da sobrevivência e interrupção dos processos reprodutivos do bicudo. Nos locais onde a cultura está estabelecida, a planta de algodão é praticamente o hospedeiro obrigatório para a reprodução do inseto. Portanto, não havendo da planta de algodão no local durante a entressafra, o crescimento populacional pode ser interrompido. Pois a escassez alimentar apropriada, e acrescentada por fatores ambientais desfavoráveis ao inseto nesse período, resultará em uma sobra muito menor de indivíduos para infestar o próximo plantio.

Tradicionalmente, as soqueiras são destruídas mecanicamente por meio de roçadas mais gradeação ou aração. Nestes últimos anos, surgiram mais de uma dezena de equipamentos para tal função, dotados de lâminas, discos de corte, acessórios diversos e apresentando características técnicas e operacionais próprias, que sinalizam soluções mais adequadas ao problema das soqueiras. Em complementação às roçadas, estão sendo avaliadas e praticadas modalidades de uso dos herbicidas 2,4-D e glyphosate, aplicados de forma isolada ou adicionados, em uma ou duas aplicações, antes ou após as roçadas. A baixa umidade relativa prevalecente nesse período afeta a brotação das plantas e limita a ação plena desses herbicidas. A resistência comum ao glyphosate nas culturas da soja, milho e algodão, está acrescentando dificuldades e limitando as opções de controle das tigueras e socas.

A presença de restos de algodão — como fibras, sementes e, principalmente, soqueiras e tigueras — estimula a permanência do inseto na área, o que dificulta o manejo futuro da

praga. Os restos culturais de algodão nas áreas reterão grande parte dos adultos, que permanecerão refugiados no talhão durante a entressafra. Nessas condições, esses talhões serão futuros fornecedores de bicudo para todo o entorno. Nas sucessões ou rotações, as tigueras de algodão podem permanecer vegetando livremente nos talhões com soja ou milho. As tigueras geralmente emergem primeiro e, como plantas invasoras, são mantenedoras, reprodutoras e fornecedoras de bicudo para as lavouras de algodão das proximidades; elas precisam ser rapidamente eliminadas no estabelecimento das culturas de soja ou milho. Deve-se evitar o plantio de milho após a cultura do algodão, devido às maiores dificuldades na destruição das soqueiras e tigueras.

A destruição mecânica das socas tem se mostrado mais adequada, enquanto que, nas aplicações químicas, ocorre sempre um índice significativo de rebrota. Não há métodos perfeitos, pois fatores como umidade do solo, mais o operacional, determinam a qualidade da destruição das socas, havendo necessidade de repasses posteriores.

### **3.5. Controle químico**

O bicudo já esta presente na maioria das lavouras de algodão do Brasil. Nessas condições, a praga deverá ser combatida por meio de aplicações de inseticidas. É importante considerar que o besouro é a única fase de vida do inseto exposta à ação dos inseticidas, que são as principais armas para o controle do bicudo. Os adultos permanecem a maior parte do tempo na parte mediana do dossel das plantas e sob as brácteas dos botões florais para alimentação e postura, tornando-os alvos de difícil alcance para a ação de contato dos inseticidas aplicados. De um modo geral, a maior exposição dos besouros ocorre nas horas mais ensolaradas e quentes do dia, período não muito favorável às aplicações de inseticidas. As formulações dos inseticidas podem diferenciá-los quanto ao controle dos adultos, principalmente quando estão em trânsito no interior das plantas. As formulações oleosas (UBV e BVO), pó, SC e EW, oferecem melhores resultados de controle da praga. Vários grupos químicos de inseticidas poderão ser aplicados alternadamente, como: organofosforados

(paratiom metil, malathion, fenitrothion, etofenproxi, carbo-sulfan, etc.), e piretroides (betacyflutrin, zetacypermetrin, es-fenvalerate, bifenthrin, deltametrin, alfacipermetrina, etc.).

O malathion na formulação ULV foi o principal inseticida usado nos programas de erradicação do bicudo nos Estados Unidos. **Ultra baixo volume (ULV ou UBV) é o nome que se dá a aplicações de defensivos em volumes abaixo de 5 litros por hectare em forma pura ou diluídos em um veículo oleoso.** A eficácia do malathion ULV aplicado por aviões nas lavouras de algodão para o controle do bicudo foi demonstrada por Burgess, 1965, e Cleveland *et al.*, 1966. Os ensaios de campo realizados em San Angelo, Texas, confirmou eficácia superior de malathion ULV para controle de bicudo quando comparado a outros inseticidas (England *et al.*, 1997). No programa do Texas, o malathion ULV demonstrou superioridade na eficácia em comparação a outros inseticidas para o controle do bicudo. As aplicações de malathion ULV como a principal ferramenta de erradicação do programa resultaram em uma redução consistente e significativa do bicudo em cada zona de erradicação no Texas. Além da sua eficácia, a formulação do Malathion ULV maximizou o rendimento operacional dos aviões, aumentando o número de acres tratados por carga, e também reduziu o tempo de deslocamento entre os aeroportos e as lavouras, quando comparado às aplicações à base de água, fossem elas aéreas ou terrestres. A utilização de ULV resultou em uma economia substancial nos custos de aplicações (El-Lissy & Kiser, 2000). Considerando a experiência americana, será necessário ajustar a tecnologia de UBV para o combate ao bicudo nas condições brasileiras. Estão sendo validadas aplicações aéreas e terrestres nas formulações UBV e BVO, respectivamente, com resultados preliminares bastante promissores para o controle do bicudo, em algumas lavouras de algodão no Brasil.

### **3.6. Medidas complementares**

O preparo antecipado do solo em talhões tradicionalmente infestados pelo bicudo incorpora os restos culturais do algodão e provoca um efeito “desalojador” dos adultos remanescentes na área, que saem em busca de refúgios. As operações

de aração e gradagem reduzem parcialmente a população por mortalidade e minimizam o efeito de foco que esses talhões exercem nas lavouras. Essas operações restabelecem o hábito da praga em iniciar os ataques pelas bordaduras, facilitando as ações de manejo. A utilização de cultivares precoces com frutificação mais concentrada e apresentando características agronômicas favoráveis pode reduzir as densidades populacionais do inseto. A catação e destruição de botões florais atacados e caídos sobre o solo entre 55 e 75 dias nas reboleiras iniciais, existentes principalmente nas bordaduras, certamente será um fator de redução da primeira geração do bicudo na área. Ao final da safra, o estabelecimento de soqueiras-isca brotadas e localizadas em faixas próximas aos pontos de saída do inseto da área, cuja função será atrair e concentrar os adultos para o combate continuado, determinará significativa mortalidade dos adultos emigrantes. Essas faixas deverão ser destruídas dentro do prazo legal para cada região. Os tubos mata-bicudos contendo feromônio “glandulare”, instalados nos entornos e nas rotas de entrada e saída do bicudo nas lavouras, antes da semeadura e após a colheita, reduzem por mortalidade as populações de adultos em trânsito das lavouras para os refúgios e vice-versa, beneficiando a safra atual e a próxima safra. A adoção e prática dessas medidas complementares determinarão fortes reduções populacionais do bicudo para a safra em andamento e, principalmente, para as safras seguintes.

### **3.7. Controle biológico**

São conhecidos diversos agentes de controle biológico do bicudo, mas as populações dos inimigos naturais crescem com as densidades populacionais do bicudo, isto é, quando as lavouras já sofreram grandes prejuízos provocados pela praga. Pierce *et al.* (1912) listaram 49 espécies de insetos e ácaros (29 parasitas e 20 predadores) que atacam principalmente as formas imaturas do bicudo. A formiga *Solenopsis invicta* é conhecida como predadora de larvas de bicudo. No Brasil, o parasitismo mais relevante é atribuído aos parasitoides *Catolaccus grandis* e *Bracon vulgaris*, que atacam as larvas do bicudo ainda no interior dos botões florais. Estudos realiza-

dos por Summy *et al.*, 1993, com a liberação de *Catolaccus grandis* no Texas, resultaram em alta mortalidade de larvas (84,4%) e pupas (81,0%), com baixo índice de danos (0,3%) no local de soltura quando comparados à área sem controle (90,5%). Diversos estudos com fungos, como a *Beauveria bassiana*, obtiveram resultados alentadores em condições controladas, mas com muitas limitações quando aplicados a campo. Não são conhecidos programas de controle biológico abrangentes e bem-sucedidos para o bicudo, nos diversos países onde o inseto se fez presente.

#### **4. Planos estratégicos para o controle do bicudo**

Os produtores brasileiros estão conscientes da importância que o bicudo representa para a continuidade sustentada da atividade algodoeira. Estão surgindo iniciativas de modelos regionais de controle do bicudo, em que as associações de produtores como, por exemplo, a Ampa através do IMAmt, estão procurando estabelecer programas práticos e efetivos para controlar e baixar a população da praga. A execução desses planos baseia-se em ações coletivas, buscando participação e adesão dos produtores para a uniformização dos procedimentos. O bicudo é uma praga comum às coletividades produtoras vizinhas e, portanto, as ações de combate deverão ser também coletivas. A coordenação e o gerenciamento das ações por um órgão como o IMAmt, mais a adesão e a cooperação dos agricultores, juntamente com os seus colaboradores, serão a chave para o sucesso do plano de controle efetivo do bicudo em Mato Grosso. O projeto estabelece três polos de atuação distribuídos nas regiões – Sul, Norte e Centro-Norte, Noroeste – nas quais serão desenvolvidas todas as ações propostas para o combate ao bicudo.

Para as áreas infestadas pelo bicudo, estes programas estão estruturados em medidas técnicas fundamentais como: semeadura concentrada por região, em até 30-40 dias; aplicações de inseticidas nas bordaduras (30 m) a partir da 2ª folha expandida até a fase de primeira maçã firme, a intervalos de 5-7 dias; três aplicações de inseticidas a partir do surgimento dos primeiros e pequenos botões florais, a intervalos de 5-7 dias; monitoramento constante da lavoura, vistoriando 250

botões florais/talhão (1 botão/planta), adotando como nível de controle até 5% de botões florais atacados pelo bicudo; e três ou mais aplicações de inseticidas quando for identificado o primeiro capulho aberto; e destruição das soqueiras logo após a colheita, como a lei determina. As armadilhas contendo feromônio (glandlure), sintetizado industrialmente, são usadas para quantificar, por meio da captura de adultos, a população imigrante do bicudo nas lavouras.

As armadilhas são determinantes para o sucesso dos planos e deverão ser instaladas no perímetro dos talhões a intervalos de 200 m, 50 dias antes da semeadura e permanecendo nove semanas para determinar o índice denominado BAS = bicudos/armadilha/semana. Os índices de captura são sugeridos como referenciais para as tomadas de decisão de controle do bicudo. Esses índices de captura encontrados através do BAS indicarão o número de aplicações quando do surgimento dos primeiros botões florais da seguinte forma: mais de 2 BAS (três aplicações), entre 1 e 2 BAS (duas aplicações), de 0 a 1 BAS (uma aplicação), e zero BAS (nenhuma aplicação).

O registro e a análise das operações, práticas culturais e ocorrências significativas de cada talhão ao longo das safras, é muito importante no planejamento estratégico para o controle do bicudo. O inseto memoriza o lugar de origem, podendo retornar para dar início às próximas gerações. A elaboração de um histórico da área para consulta favorece a tomada de medidas assertivas para o controle da praga. Nos talhões isentos de restos culturais de algodão, os adultos do bicudo entram geralmente pelas bordaduras, comportamento que favorece o controle localizado. Na sucessão algodão/soja/algodão, deve-se observar um período mínimo de cinco meses com ausência de plantas de algodão entre as duas safras naquele mesmo talhão. Na repetição de algodão sobre algodão, não se pode permitir a existência de plantas provenientes da safra anterior. Pois, nessas condições, os riscos de ocorrência de desastres fitossanitários provocados pelo bicudo e outras pragas, doenças e nematoides, de forma generalizada em toda a área, são praticamente certos. A existência de talhões de algodão com diferenças de idades das plantas superiores a 30 dias transforma o talhão com plantas mais velhas em fornecedor de bicudo para os demais das vizinhanças. O monitoramento por meio de armadilhas contendo feromônio e

os levantamentos a campo são fundamentais para estabelecerem-se as medidas de controle mais eficazes para os diferentes talhões, que deverão ser considerados como fornecedores e/ou receptores de bicudo. Quando estão próximos, os talhões com algodão safra serão fornecedores naturais de bicudo para os talhões de segunda safra. A predominância regional do plantio do algodão de segunda safra poderá ser um fator favorável para a redução populacional da praga no local. A adoção de aplicações de inseticidas nas formulações em UBV e BVO deverá contribuir significativamente para maior sucesso no combate ao bicudo nos sistemas de produção em que a cultura de algodão esteja inserida.

## Referências Bibliográficas

BURGESS, E. D. Control of boll weevil with technical malathion applied by aircraft. **J. Econ. Entomol.** 58:414-415.1965.

BRADLEY, J. R.; PHILLIPS, J. R. Biology and population dynamics. In: **The boll weevil management strategies.** s.l., s. ed. 1978 p. 15-22. (Arkansas Agric. Exp. South Coop. Ser. Bull., 228).

CLEVELAND, T. C.; SCOTT, W. P.; DAVICH, T. B.; PARENIA-JR, C. R. Control of the boll weevil on cotton with ultra low volume (undiluted) technical malathion. **J. Econ.Entomol.**, 9:973-76. 1966.

CROSS, W.H.; LUKEFAHR, M.J.; FRYXELL, P.A.; BURKE, H.R. Host plant of the boll weevil. **Environ. Entomol.**, 4(1): 19-26, 1975.

EL-LISSY,O; GREFENSTETTE, W.J. Progress of boll weevil eradication in the U.S., 2005. Beltwide Cotton Conferences, **Proc.** San Antonio, Texas, January 3 - 6, 2006, p.1266-1276.

EL-LISSY; KISER, D.; PATTON, L.; FRISBIE, R.; FUCHS, T.; RUMMEL, D.; PARKER, R., DIPPEL, D., COPPEDGE, J. R.; CARTER, F.; BOSTON, J.; HAYES, J. Boll Weevil Eradication Update-Texas, 1999. **Proc.** Beltwide Cotton Production and Research Conf. National Cotton Council of America. San Antonio, TX . 2000, p.1076-1083.

EL-LISSY, O.; KISER, K. The use of Malathion ULV in Texas Boll Weevil eradication Programs. **Proceedings** of the Beltwide Cotton Conference, Volume 2, 2000, p.1069-1071. National Cotton Council, Memphis TN.

ENGLAND, M.; MINZENMAYER, R.; SANSONE, C. Impact of selected insecticides on boll weevil and natural enemies. **Proc.** Beltwide Cotton Production and Research Conf., National Cotton Council of America. New Orleans, LA. 1997, p.989-993.

FRISBIE, R. E.; PHILLIPS, J. R.; LAMBERT, W. R. A.; JACKSON, H. B. Opportunities for improving cotton insect management programs and some constraints on beltwide implementation. In RIDEWAY, E.P.; LLOYD, E. P.; CROSS, W. H. **Cotton insect management with special reference to the boll weevil.** Washington, USDA, 1983, 591 p. (Agriculture handbook, 589).

MARTIN, D. F.; BARBOSA, S.; CAMPANHOLA, C. **Observações preliminares e comentários sobre o bicudo do algodoeiro, no estado de São Paulo.** EMBRAPA-CNPDA, 1987. 21p. (EMBRAPA-CNPDA. Circular técnica, 1).

PIERCE, W. D.; CUSHMAN, R. A.; HOOD, C. E.; HUNTER, W. D. **The insect enemies of the cotton boll weevil.** USDA, Bureau of entomology, Bulletin n. 100, 1912.

REDDY, V. R.; BAKER, D. N.; HODGES, H. F. Temperature and mepiquat chloride on cotton canopy and development. **Agronomy Journal**, Madison, v. 82, n. 2, p. 190-195, May/Apr., 1990.

SUMMY, K. R.; MORALES-RAMOS, J. A.; KING, E. G.; SCOTT, A. W. Suppression of boll weevil infestations by augmentative releases of *Catolaccus grandis*. **Proceedings** Beltwide Cotton conferences, National Cotton Council, Memphis TN, pp. 1993, 908-909.

## CAPÍTULO 5

# Métodos usados no Manejo Integrado do bicudo-do-algodoeiro

## CAPÍTULO 5.1

# Controle etológico do bicudo-do-algodoeiro

**Sandra Maria Morais Rodrigues**

Embrapa Algodão

**José Ednilson Miranda**

Embrapa Algodão

O comportamento de um inseto pode ser definido como a forma pela qual ele se ajusta e interage com todo o ambiente. Esse comportamento engloba as relações com membros de sua própria espécie, com membros de outras espécies e com o ambiente físico (Matthews & Matthews, 2010).

### **1. Como se dá a comunicação entre os insetos?**

As relações entre insetos de uma mesma espécie (intraespecífica) ou de espécies diferentes (interespecífica) são esta-

belecidas pela comunicação, que consiste na transmissão de sinais químicos captados pelo olfato. Os órgãos do olfato responsáveis pela detecção desses sinais são os receptores químicos localizados nos palpos maxilares, palpos labiais e antenas; sendo que a maior concentração está nas antenas. Os insetos são altamente dependentes do olfato para poderem desempenhar atividades como localizar presas, selecionar plantas para abrigo e alimento, selecionar locais para oviposição, fazer a corte, acasalar e defender-se.

É possível observar em alguns insetos, principalmente mariposas, o dimorfismo sexual da antena. Os machos apresentam antenas bipectinadas e com área de superfície várias vezes maior que a área da superfície das antenas filiformes das fêmeas. Isso está relacionado à necessidade do macho em ter relativamente mais sensilas para encontrar sua parceira. Segundo Lima e Della Lucia (2001), essas diferenças geralmente não estão presentes ou são pequenas nos insetos que vivem gregariamente ou que usam órgãos auditivos ou visuais para a orientação sexual.

De acordo com Todd e Baker (1997), os animais vertebrados e invertebrados decodificam a informação presente no odor quebrando-a em porções dentro de órgãos receptores e reorganizando-a em centros mais elevados do cérebro. Os au-

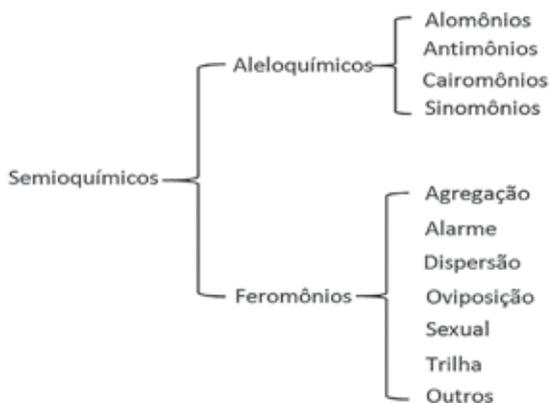


Figura 1. Tipos de semioquímicos produzidos pelos insetos. Adaptado de Vilela e Della Lucia (1987)

tores também relatam que, no caso dos invertebrados, as moléculas do odor são interceptadas por pelos cuticulares nas antenas; com cada componente da mistura do odor podendo ser reconhecido por um tipo específico de neurônio sensorial presente nas antenas. As substâncias químicas usadas na comunicação dos insetos são denominadas de semioquímicos que quer dizer “sinais químicos” (Nordlund & Lewis, 1976). Os semioquímicos podem ser divididos em aleloquímicos, que são usados nas relações interespecíficas, e feromônios, que são usados nas relações intraespecíficas (*Figura 1*). Por sua vez, os aleloquímicos se dividem em alomônios, que favorecem o emissor, mas não favorecem o receptor, e são substâncias de defesa; antimônios, que são substâncias produzidas por uma espécie e recebida por outra, com prejuízo às duas; cairomônios, que beneficiam a espécie receptora do estímulo; e sinomônios, que são produzidos por uma espécie e recebidos por outra, com benefício às duas (Vilela & Della Lucia, 1987; Gallo *et al.*, 2002).

## 2. Tipos de feromônios e suas ações sobre os insetos

O termo feromônio foi proposto e definido por Karlson e Lüscher (1959) como “substância secretada por um indivíduo para o exterior e recebida por um segundo indivíduo da mesma espécie provocando uma reação específica ou um processo de desenvolvimento fisiológico definido”. Os feromônios não devem ser confundidos com hormônios, os quais atuam no interior do indivíduo como um mensageiro entre órgãos e tecidos; enquanto os feromônios são mensageiros entre indivíduos de uma mesma espécie (Vilela & Della Lucia, 1987). Além disso, os feromônios atuam em sistemas biológicos muito específicos, não matam os organismos-alvo, possuem forma química simples, são biodegradáveis e empregados em quantidades muito pequenas (Vilela & Della Lucia, 1987; Vilela, 1992).

Os principais tipos de feromônios são:

- feromônios de alarme - são sinalizadores de perigo ou ameaça.
- feromônios de dispersão - atuam para manter um espaço mínimo para sobrevivência e para antiagregação.
- feromônios sexuais - são para atrair o sexo oposto e, quando sintetizados, podem ser utilizados em técnicas de con-

trole de pragas.

- feromônios de agregação - agem na manutenção da sociedade de insetos, colonização de novos habitats e agregação antes do acasalamento, ou seja, é um feromônio que serve para proteção, reprodução, alimentação ou uma combinação destas ações.

Quando a comunidade científica constatou a importância dos estímulos químicos no desempenho das atividades fundamentais da vida dos insetos, novas perspectivas descortinaram-se no âmbito do manejo e da regulação das populações de insetos-praga por meio dos feromônios. No final da década de 1950, foi sintetizado o primeiro feromônio sexual, o do bicho-da-seda (*Bombyx mori*) (Butenandt *et al.*, 1959 apud Bento, 2001).

### **3. Desenvolvimento do feromônio sintético e de armadilhas para o bicudo-do-algodoeiro (*Anthonomus grandis* Boheman) nos Estados Unidos**

Em decorrência da importância do bicudo-do-algodoeiro para a cotonicultura americana, grandes esforços de pesquisa, especialmente no aspecto da comunicação química, foram direcionados para essa praga e, já na década de 1960, o bicudo foi o primeiro curculionídeo a ter o feromônio estudado (Ambroggi *et al.*, 2009). Informações importantes foram obtidas, como, por exemplo, a constatação de que o macho excreta o feromônio com as fezes após alimentar-se de botões florais ou maçãs pequenas; ficou evidente que as fêmeas reagem ao feromônio produzido pelo macho, tanto em condições de laboratório (Keller *et al.*, 1964) como em condições de campo (Cross *et al.*, 1969). Ainda nessa década, ocorreu o isolamento, a identificação e a síntese de quatro compostos específicos do feromônio produzidos pelos machos do bicudo do algodoeiro, praga-chave da cultura. Esses compostos são dois álcoois, (+)-cis-2-isopropenil-1-metil-ciclobutano-etanol e (Z)-3,3-dimetilcicloexilideno-etanol, e dois aldeídos, (E)-3,3-dimetilcicloexilideno-acetaldeído e (Z)-3,3-dimetilcicloexilideno-acetaldeído (Tumlinson *et al.*, 1969), que posteriormente foi denominado de “grandlure” (Hardee *et al.*, 1972). De acordo com Tumlinson *et al.* (1969), o feromônio formado por esses

compostos atraiu fêmeas nos testes de laboratório, funcionando como feromônio sexual, mas, quando testado em condições de campo, atraiu fêmeas e machos, funcionando como feromônio de agregação. Essa constatação também foi feita por Hardee *et al.* (1969).

O passo seguinte foi desenvolver polímeros que distribuíssem gradativamente o “grandlure” e que pudessem ser utilizados como aditivos (Leggett, 1986). O polímero que se destacou foi o polietileno glicol (PEG) (McKibben *et al.*, 1974). Após esta descoberta, diversos testes foram feitos com o intuito de obter-se um dispositivo cuja vida útil fosse a maior possível. Foram testados chumaços de algodão dentário e filtros de cigarro, mas estes duraram uma semana (Hardee *et al.*, 1972). Depois, uma empresa criou uma formulação de gel polimerizado que foi eficiente por duas semanas (Hardee *et al.*, 1974). Até que se chegou a um dispositivo feito com uma placa de plástico laminado, que teve longa duração e era de baixo custo (Hardee *et al.*, 1975).

Tão importante quanto um distribuidor de feromônio eficiente é uma armadilha prática e, também, eficiente. Assim, foram desenvolvidos diversos tipos de armadilhas para serem usadas com o “grandlure”, como os modelos “Legget”, “In-Field”, “Story”, “Hardee” e “Hercon” (Leggett & Cross, 1971; Mitchell & Hardee, 1974; Hardee, 1976; Dickerson *et al.*, 1981; Dickerson, 1986; Plato, 2001).

Ao longo do tempo, comprovou-se que a utilização de feromônios sexuais no Manejo Integrado de Pragas (MIP) proporciona vantagens por não apresentar riscos de intoxicação para o homem e para os animais domésticos, não apresentar resíduos tóxicos e evitar desequilíbrios biológicos. Essa ferramenta é eficiente tanto no monitoramento de entressafra para correlação com o nível populacional do inseto na safra, bem como na detecção do início de sua colonização no plantio, auxiliando na determinação da época adequada de controle (Santos, 1999; Degrande *et al.*, 2004). As armadilhas iscadas com feromônios permitem o monitoramento de áreas relativamente grandes, identificando a presença de espécies de insetos-praga, indicando ao agricultor o momento correto do uso de inseticidas, sejam biológicos ou químicos, o que minimiza o seu uso desnecessário, principalmente do inseticida químico, trazendo benefícios econômicos e ambientais ao agricultor e à sociedade.

#### 4. Estudos com armadilhas e feromônios no Brasil

O conhecimento e a utilização de feromônios para o monitoramento e controle de insetos-praga, no Brasil, começaram a partir da década de 1970. O “gossyplure” foi o primeiro feromônio sintético utilizado, sendo específico para o monitoramento da lagarta-rosada (*Pectinophora gossypiella*) na cultura do algodoeiro. Já na década seguinte, após a introdução no Brasil do *A. grandis*, diversas pesquisas começaram a desenvolver-se no país, com diferentes tipos de armadilhas e dispositivos de liberação do feromônio “grandlure” visando determinar quais seriam os mais adequados para monitorar as infestações em plantios de algodão.

A eficiência da armadilha com feromônio pode ser influenciada por muitos fatores, como forma, cor, localização, competição com bicudos machos, fatores climáticos, fenologia da planta, condições fisiológicas do bicudo, formulação, concentração e ritmo de liberação do “grandlure” (Rodrigues & Miranda, 2007).

Aquino *et al.* (1986) estudaram a eficiência de armadilhas do tipo “Hardee”, novas e usadas, na captura do bicudo e observaram que a armadilha “Hardee”, captura mais fêmeas de *A. grandis* que machos; que a armadilha de feromônio usada é tão eficiente quanto a nova; e que a armadilha captura outros artrópodes além do bicudo. Os autores sugeriram que o orifício de entrada do cone da armadilha seja periodicamente limpo, pois as aranhas costumam alojar-se ali e tecer teias, o que interfere na entrada de insetos e, conseqüentemente, reduz a eficiência da armadilha.

Melo *et al.* (1987) testaram em campo armadilhas tipo “Hardee”, “Hercon” e “IAC/Embrapa” e, de acordo com os resultados obtidos, inferiram que a armadilha modelo IAC/Embrapa é eficiente na captura dos adultos de bicudo, independentemente do tipo de formulação de “grandlure” usada. Já Silva (2003) avaliou a eficiência de captura de quatro tipos de armadilhas, a “Hardee” modificada pela Embrapa, a “USDA” comercializada pela Plato, a “USDA” comercializada pela TNT e a “USDA” comercializada pela Bio Controle. De acordo com os resultados obtidos, o autor inferiu que a armadilha “Hardee” modificada pela Embrapa-CNPA é a mais eficiente na captu-

ra de adultos do bicudo-do-algodoeiro e dentre os modelos de armadilha “USDA”, a mais eficiente na captura de adultos do bicudo é a armadilha produzida e comercializada pela Plato.

Com relação ao melhor dispositivo para liberar o feromônio “grandlure”, Melo *et al.* (1987) estudaram os tipos “sanduíche”, “capilar” e “bastonete” e concluíram que os dois primeiros são os mais eficientes para atrair os adultos de *A. grandis*.

Outra informação indispensável para o produtor é conhecer a qualidade do feromônio utilizado, pois esta é fator decisivo no sucesso do monitoramento pelo método comportamental do bicudo-do-algodoeiro. Diversas pesquisas foram feitas com o intuito de comparar a eficiência de atração entre as três marcas de feromônio disponíveis comercialmente no Brasil e, segundo os autores, a marca Plato apresentou os melhores resultados de captura de insetos (Silva *et al.*, 2006; Vivan & Locatelli, 2007; Andrade Júnior, 2009). Já Klesener *et al.* (2010) relatam que 63 dias após o uso do feromônio ISCALURE BW/60, disponibilizado uma única vez, o resultado foi semelhante ao feromônio Plato, que foi trocado quatro vezes (cada 14 dias).

(Foto: Sandra M. M. Rodrigues)



Figura 2. Armadilha usada para monitoramento de bicudo

## 5. Emprego de armadilhas com feromônios

As armadilhas com feromônios têm sido amplamente utilizadas em programas de detecção, monitoramento populacional da praga e controle do inseto em vários estados que cultivam o algodoeiro (*Figura 2*) (Braga Sobrinho & Lukefahr, 1983; Gabriel, 1984; Fernandes *et al.*, 2001; Degrande, 2009; Miranda *et al.*, 2013; Azambuja & Degrande, 2014).

Quando se faz opção pelo uso de feromônios, é fundamental conhecer os aspectos ecológicos e comportamentais do inseto, pois, assim, será possível interpretar adequadamente os dados oriundos das armadilhas (Lima & Della Lucia, 2001), além de determinar como a população está distribuída na área, se existem focos, ou, ainda, por onde os insetos estão chegando à lavoura.

Sabe-se que o bicudo ataca na fase reprodutiva do algodoeiro perfurando os botões florais para alimentar-se e/ou ovipositar, provocando a queda de botões, flores e maçãs novas. Quando não há mais estruturas reprodutivas adequadas, o que coincide com o fim do ciclo da cultura, o inseto abandona as áreas cultivadas com algodoeiro e dirige-se a áreas de refúgio, que lhe servirão de abrigo durante a entressafra. Nesses ambientes, os insetos reduzem o metabolismo e alimentam-se esporadicamente de grãos de pólen de diferentes espécies vegetais (Santos, 1989; Ribeiro *et al.*, 2010; Macedo *et al.* 2014). Ao começar a nova safra agrícola, os bicudos sobreviventes da entressafra são atraídos e direcionam-se para as bordaduras, passando a alimentar-se das partes vegetativas até o surgimento dos primeiros botões florais (Santos, 1999). As fêmeas, ao saírem dos abrigos, são atraídas pelos feromônios dos machos e, após a cópula, alimentam-se por aproximadamente três a cinco dias com pólen antes de iniciarem a oviposição, pois precisam desse substrato para desenvolver seus ovos (Fenton, 1952; Leggett, 1986; Showler, 2004). É preciso, portanto, conhecer o tamanho da população que sobreviveu à entressafra e que, conseqüentemente, influenciará na taxa de crescimento populacional na próxima safra. E a forma de o produtor obter essa informação é por meio do armadilhamento na entressafra.

## Armadilhamento na entressafra

Para a obtenção do índice populacional de bicudo presente na área a ser cultivada com algodoeiro, as armadilhas com feromônios devem ser instaladas e mantidas ao longo de todo o perímetro da área em intervalos entre 150 e 300 m entre si e devem ser inspecionadas semanalmente por um período de nove semanas antes da semeadura da nova lavoura de algodão. A reposição do feromônio deve ser feita cada 14 dias ou de acordo com a recomendação do fabricante, observando-se o prazo de validade. Durante o período de entressafra não haverá competição com semioquímicos emitidos pelas plantas de algodoeiro, os quais são mais atrativos que os feromônios sintéticos instalados nas armadilhas. As capturas darão ideia da intensidade de infestação de bicudos naquele talhão; posteriormente, os dados de captura auxiliarão na definição do número de pulverizações de inseticidas que serão feitas por ocasião do início do florescimento da nova lavoura, momento em que comprovadamente os insetos migram do refúgio para a área plantada com o algodoeiro (Miranda *et al.*, 2013).

Os primeiros trabalhos feitos com o intuito de correlacionar o número de insetos capturados com danos na lavoura foram de Rummel *et al.* (1980). Esses autores realizaram estudos para determinar se armadilhas com “grandlure” poderiam ser usadas para prever a necessidade de medidas de controle contra as populações de *A. grandis* oriundos das áreas de refúgio, no Texas (Estados Unidos). Os autores concluíram que havia correlação positiva entre o número médio de bicudos capturados por armadilha por campo de algodão com

Tabela 1. Índice de captura de bicudo na armadilha e decisão a ser tomada

Índice de armadilha (IA)	Decisão
< 1 bicudo	Não é preciso fazer controle na lavoura
1,1 a 2,4 bicudos	O controle só é justificado se a inspeção no campo indicar a presença de adultos ou botões danificados
≥ 2,5 bicudos	O controle é justificado

(Fonte: Rummel *et al.*; 1980)

o porcentual de oviposição nos botões florais que se desenvolviam na cultura e, com esses dados, criaram o “índice de armadilha” (IA) (*Tabela 1*), no qual definiram a partir de quantos insetos coletados por semana era necessário efetuar medidas de controle contra a população migrante da entressafra.

Benedict *et al.* (1985) também avaliaram no Texas o uso do índice de captura de bicudo proposto por Rummel *et al.* (1980) (*Tabela 1*) como ferramenta para prever a necessidade ou não de entrar com medidas de controle. As armadilhas foram instaladas quando o algodoeiro emitiu a primeira folha verdadeira (V1) e retiradas quando havia menos de um terço de botões florais emitidos, o que correspondeu a seis semanas de captura. Os autores relatam que há confiabilidade na ferramenta e que esta pode ser usada para amostrar baixas densidades populacionais de bicudos que entraram em diapausa.

Os índices de captura foram avaliados para lugares com características diferentes do cenário brasileiro. Assim, adequações quanto ao número de insetos capturados e na decisão de controle foram sugeridas por vários técnicos brasileiros (Bastos *et al.*, 2005). Na entressafra, armadilhas com feromônio são instaladas com intervalos que variam de 150 a 300 metros e 60 dias antes da semeadura. As armadilhas devem ser dispostas nas periferias dos talhões que serão cultivados com algodão. De acordo com o nível médio de infestação de bicudos capturados por armadilha, ter-se-á o “índice de bicudo por armadilha por semana” (BAS) que classifica o talhão ou área em cores (*Tabela 2*) (Bastos *et al.*, 2005; Rodrigues & Ohl, 2007; Soria & Degrande, 2012; Lima Júnior *et al.*, 2013).

Tabela 2. Índice de captura de bicudo por armadilha, cor do talhão e decisão a ser tomada

Índice de bicudo por armadilha por semana (BAS)	Cor do talhão	Decisão <sup>1</sup>
0	Verde	Não pulverizar
> 0 e ≤ 1	Azul	Uma pulverização
≥ 1 e ≤ 2	Amarelo	Duas pulverizações
> 2	Vermelho	Três pulverizações

<sup>1</sup>Pulverizar no primeiro botão floral (B1) com intervalo de cinco dias

## **Armadilhamento em áreas de supressão**

Em algumas áreas, denominadas áreas de supressão, armadilhas e feromônios permanecem na lavoura durante o ano todo, a intervalos de 130 m entre si (em linha reta), ao redor da lavoura e dos refúgios naturais adjacentes. Nestas áreas, por meio das armadilhas, a população do bicudo é monitorada na área e seu número serve de base para tomada de decisão de controle químico, juntamente com o monitoramento visual durante a safra.

## **Armadilhamento em zona tampão**

Na zona tampão (áreas adjacentes e estradas de acesso às propriedades) a instalação de armadilhas é feita em intervalos de 200 m em extensão de 5.000 m. Os resultados servem de suporte para o monitoramento da flutuação populacional do inseto, a classificação das áreas de acordo com o nível de infestação e a tomada de decisão de controle químico (*Figura 3*).

## **6. Dispositivo “atrain-e-mata” no controle do bicudo**

Em qualquer programa de MIP, a racionalização do número de pulverizações com inseticidas, e sua substituição, quando possível, por outros métodos alternativos de controle, é vital para o sucesso do manejo sustentável de uma praga.

No caso do bicudo, a redução de populações usando métodos de controle etológico destaca-se como uma opção capaz de minimizar os danos que os insetos vêm causando à cultura do algodão, sem provocar danos ao meio ambiente.

O tubo mata-bicudo (TMB<sup>®</sup>) é um dispositivo de controle etológico localizado e específico da praga, considerada, por estas características, como uma tecnologia apropriada aos conceitos de MIP (Santos, 1996). O TMB<sup>®</sup> é um dispositivo atrai-e-mata que é instalado nos perímetros da lavoura para o controle específico do bicudo; ele é um sistema que incorpora o uso de feromônio “grandlure” e revestimentos que contêm um inseticida e um estimulante de alimentação impregnados em um tubo biodegradável de coloração amarelada, também atrativa ao inseto (*Figura 4*) (Plato *et al.*, 2001). O TMB<sup>®</sup> foi registrado nos Estados Unidos da América (EUA) em 1992 e

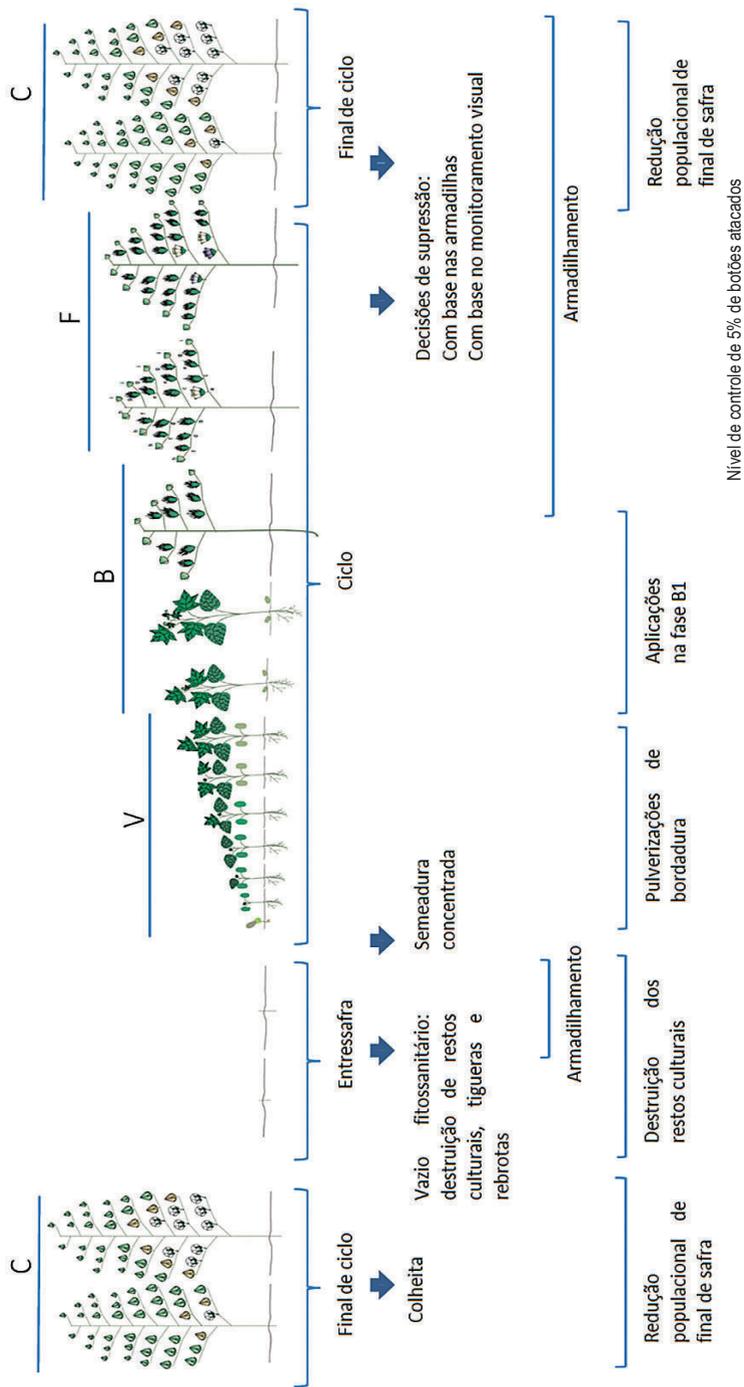


Figura 3. Medidas de controle e supressão populacional do bicudo ao longo do ano agrícola no Cerrado brasileiro. Extraído de Miranda et al. (2013)

tem sido utilizado como uma alternativa para o controle do inseto em vários países.

Em experimento para avaliar o efeito atrativo e letal do TMB<sup>®</sup> contra o bicudo, Villavaso *et al.* (1993) verificaram que o TMB<sup>®</sup> impregnado com malathion apresentou maior eficiência de controle (48,6%) do que TMB<sup>®</sup> sem o inseticida, demonstrando o efeito tóxico do produto contra o inseto.

Castilho *et al.* (2004) comprovaram a eficiência de tubos mata-bicudo em reduzir populações remanescentes do inseto em períodos de entressafra. Da mesma forma, Vivan (2009) verificou que áreas onde estes tubos foram instalados apresentaram menor população que áreas sem os dispositivos.

Uma vez que os insetos atraídos pelos dispositivos TMB<sup>®</sup> nem sempre morrem aderidos a eles, a aplicação de cola aumenta significativamente o número de insetos registrados nos tubos. Neves (2010) comprovou que o uso de cola em dispositivo tubular contendo “glandlure” registrou 10,5 vezes mais bicudos do que em armadilhas com o feromônio.

(Fotos: Sandra M. M. Rodrigues)



**Figura 4.** Tubo mata-bicudo (TMB<sup>®</sup>) (A) e bicudos capturados pelo TMB<sup>®</sup>(B)

Villavaso *et al.* (1993) afirmam que os feromônios à disposição nos TMB<sup>®</sup> têm quatro vezes maior efeito atrativo do que as armadilhas com feromônios. Isto ocorre devido à maior concentração de “grandlure” presente naquele dispositivo (Spurgeon *et al.*, 1998). Por isso, como metodologia de emprego do controle etológico via TMB<sup>®</sup>, recomenda-se no primeiro ano instalar os dispositivos na área total do perímetro (bordadura) da lavoura antiga em intervalos de 150 metros entre si, em dois momentos: primeira instalação após desfolha e segunda instalação após colheita. Os TMB<sup>®</sup> têm vida útil média de 55-60 dias, então o primeiro lote não precisa ser retirado para a colocação do segundo, mas este deve ser colocado entre os tubos do primeiro lote. Os tubos ficarão por até 60 dias após a colheita, e as armadilhas com feromônios vêm em seguida, a partir de 60 dias antes da semeadura. Na lavoura nova, apenas uma instalação dos tubos na área total do perímetro cerca de 30 dias antes da semeadura (os tubos atrairão os insetos do refúgio entre esta data e o início do florescimento). Do segundo ano em diante, uma vez conhecida a rota de movimentação dos bicudos nas lavouras, com base nas leituras do ano anterior, os tubos deverão ser doravante instalados apenas nas faixas que coincidem com a rota de migração dos insetos. As armadilhas que mais coletaram bicudos na saída da lavoura antiga e entrada da lavoura normalmente coincidem com áreas de refúgio (vegetação natural) do local. Nestas áreas críticas, pode-se diminuir o intervalo entre tubos e, conseqüentemente, aumentando-se o número.

É importante lembrar que o feromônio contido nos tubos compete com o feromônio das armadilhas quando distam menos de 50 metros entre si (Rodrigues *et al.*, 2008); nas áreas críticas de rota de bicudos em que há tubos muito próximos, as leituras nas armadilhas estarão, portanto, subestimadas, neste caso, o ideal é evitar coincidir o período de presença de tubos com o período de armadilhamento de entressafra.

Na Argentina, um plano nacional de controle do bicudo tem sido executado com vistas a conter a migração dos insetos de áreas cultivadas com algodão no Paraguai para o nordeste daquele país, por meio de armadilhas de feromônios, tubos mata-bicudos e destruição de restos culturais (Plato *et al.*, 2001).

Na Colômbia, foi utilizado por vários anos um sistema de monitoramento das áreas com algodão e o controle do bicudo feito com o uso de tubos mata-bicudos (Gonzales *et al.*, 2003). De acordo com estes autores, as armadilhas permitem a tomada de decisão oportuna quando é verificado o aumento da população do inseto, atuando como indicadores da eficiência de controle. Em paralelo, os tubos mata-bicudo servem como instrumentos de redução populacional de entressafra.

No Paraguai, onde as infestações de bicudo têm promovido graduais decréscimos na área plantada desde a década de 1990, seja por seus danos diretos, seja pelo aumento do custo de produção, foi implementado um plano de combate à praga com o uso de armadilhas, tubos mata-bicudo, destruição de restos culturais e controle químico no período de florescimento (Plato *et al.*, 2001).

No Brasil, considerando-se as grandes extensões de área cultivada com algodoeiro do Cerrado, estes dispositivos são aliados no manejo integrado do bicudo, o qual é complementado com as diversas medidas de controle químico e cultural utilizadas no período de safra (Miranda *et al.*, 2013). Atualmente, oito projetos estaduais de controle do bicudo utilizam o controle etológico entre suas ferramentas (IBA, 2014).

Em áreas de pequenos produtores do Nordeste do Brasil, Miranda e Silva (2005) verificaram que o uso de TMB<sup>®</sup> como uma das estratégias de controle do inseto favoreceu a redução do número de aplicações de inseticidas. De acordo com os autores, nestas áreas de agricultura familiar, os dispositivos “atrain-e-mata” foram eficientes mesmo quando instalados no período de cultivo, mas, principalmente, após a destruição dos restos culturais.

## **7. Considerações finais**

Uma vez que o bicudo é um inseto capaz de causar grandes prejuízos à cotonicultura, é preciso fazer-se um planejamento de manejo que integre diversas medidas de controle, como o legislativo, o etológico, o cultural e o químico. Todas estas medidas de controle devem ser efetuadas não só durante a safra agrícola, mas na pré-safra e na pós-safra. De acordo com o que foi exposto neste capítulo, o uso do controle etológico por meio de ar-

madilhas com feromônio e de dispositivos “atrai-e-mata” é uma ferramenta imprescindível na luta pela redução populacional do bicudo e, conseqüentemente, na redução dos danos causados por essa praga durante a safra agrícola seguinte. Também é importante ressaltar que o manejo visando o controle do bicudo deve ser regionalizado e não pontual, exigindo ação conjunta de todos os produtores de algodão da região. A consciência coletiva é o ponto fundamental para o sucesso do combate à praga. Caso não haja uma execução conjunta dessas ações, no prazo de poucos anos, a cultura poderá tornar-se economicamente inviável no Estado de Mato Grosso, assim como ocorreu em outros estados do Brasil devido ao elevado potencial de dano do bicudo.

## Referências bibliográficas

AMBROGI, B. G.; VIDAL, D. M.; ZARBIN, P. H. G.; ROSADO-NETO, G. H. Feromônios de agregação em Curculionidae (Insecta: Coleoptera) e sua implicação taxonômica. **Química Nova**, v.32, v.8, p.2151-2158, 2009.

ANDRADE JÚNIOR, E. R. Avaliação da eficiência dos feromônios de bicudo em condições de campo. Relatório de final de projeto- 2008-2009. Disponível em: <http://imamt.com.br/system/anexos/arquivos/70/original/05%20Ferom%C3%B4nio%20Bicudo.pdf?1307131099> . Acessado em 20/11/2014.

AQUINO, I. S.; RAMALHO, F. de S.; JESUS, F. M. M.; GUEVARA, L. C. Eficiência de armadilhas de feromônio novas e usadas na captura do bicudo-do-algodoeiro. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, 21(8):817-821, ago. 1986.

AZAMBUJA, R.; DEGRANDE, P. E. **Trinta anos do bicudo-do-algodoeiro no Brasil**. Arquivos do Instituto Biológico (Online), 2014. s/p.

BASTOS, C. S.; PEREIRA, M. J. B.; TAKIZAWA, E. K.; OHL, G. A.; AQUINO, V. R de. **Bicudo do algodoeiro: identificação, biologia, amostragem e táticas de controle**. Campina Grande: Embrapa CNPA, 2005. 31p. (Embrapa CNPA, Circular Técnica, 79).

BENEDICT, J. H.; URBAN, T. C.; GEORGE, D. M.; SEGERS, J. C.; ANDERSON, D. J.; McWHORTER, G. M.; ZUMMO, G. R. Pheromone Trap Thresholds for Management of Overwintered Boll Weevils (Coleoptera: Curculionidae). **J Econ. Entomol.** 78: 169-171. 1985.

BENTO, J. M. S.; VILELA, E. F.; DELLA LUCIA, T. M. C. Considerações sobre a história do estudo e emprego de feromônios no Brasil. In: VILELA, E. F.; DELLA LUCIA, T. M. C. (eds.). **Feromônio de insetos: Biologia, química e emprego no manejo de pragas**. 2ª ed. Ribeirão Preto: Holos, 2001. Cap. 18, p. 147-150.

BRAGA SOBRINHO, R.; LUKEFAHR, M. J. **Bicudo (*Anthonomus grandis*, Boheman): Nova ameaça à cotonicultura brasileira: Biologia e Controle**. Campina Grande: Embrapa-CNPA, 1983. 32p. (Embrapa-CNPA. Documentos, 22).

CASTILHO, R. C.; MIRANDA, J. E.; SILVA, C. A. D. Efeito do tubo mata bicudo na redução populacional do bicudo *Anthonomus grandis* no período da entressafra. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 20, 2004. Gramado, RS. **Resumos**. Gramado: SEB, 2004. p.556.

CROSS, W. H.; HARDEE, D. D.; NICHOLS, F.; MITCHELL, H. C; MITCHELL, E. B.; HUDDLESTON, P. M.; TUMLINSON, J. H. Attraction of female boll weevils to traps baited with male or extract of males. **J. Econ. Entomol.**, 62: 154-161. 1969.

DEGRANDE, P. E.; SANTOS, W. J.; SILVA, A. F. C. P. Programa nacional contra o bicudo. **Cultivar Grandes Culturas**, Pelotas, n.68, p.08-10, 2004.

DEGRANDE, P. E.; SILVA, M. A. O. E.; MIRANDA, J. E.; SILVA, M. S.; SANTOS, W. J. dos. Áreas-piloto de supressão do bicudo do algodoeiro (*Anthonomus grandis*) no Estado de Goiás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 7.; 2009, Foz do Iguaçu, PR. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2009. p.305-312.

DICKERSON, W. A. Boll Weevil Trap. U.S. **Patent** No. 4.611.425. 1986.

DICKERSON, W. A.; MCKIBBEN, G. H.; LLOYD, E. P.; KEARNEY, J.F.; LAM JÚNIOR, I.; ROSS, H. W. Field evaluation of a modified, in-field boll weevil trap. **J. Econ. Entomol.**, 74(3):280-2, 1981.

FENTON, F.A. **Field crop insects**. Macmillan. New York. NY. 1952, 405p.

FERNANDES, W. D.; CARVALHO, S. L.; HABIB, M. Between-Season attraction of Cotton boll weevil, *Anthonomus grandis* Boh. (Coleoptera: Curculionidae) adults by its aggregation pheromone. **Scientia Agricola**, v.58, n.2, p.229-234, 2001.

GABRIEL, D. Levantamento da população do bicudo do algodoeiro *Anthonomus grandis* Boheman, 1843 (Coleoptera: Curculionidae) na entressafra utilizando-se armadilhas com feromônio. **O Biológico**, v.50, n.11, p. 247-261, 1984.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; DE BAPTISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIN, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMO-TO, C. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ. 2002, 920p.

GONZÁLEZ, V. L. VILLAREAL, N. V.; ROJANO, E. A.; BLANCO, M. Resultados de la red de monitoreo del picudo del algodón ( *Anthonomus grandis* Boh.) en zonas algodonerías colombianas, año 2002. **Revista Asiava**, v. 60, p.10-12. 2003.

HARDEE, D. D.; Boll Weevil Trap. U.S. **Patent No.** 3.987.577. 1976.

HARDEE, D. D.; CROSS, W. H.; MITCHELL, E. B. Male boll weevils are more attractive than cotton plants to boll weevils. **J. Econ. Entomol.** v. 62, p. 165-169. 1969.

HARDEE, D. D.; GRAVES, T. M.; MCKIBBEN, G. H.; JOHNSON, W. L.; GUELDNER, R. C.; OLSEN, C. M. A slow-release formulation of grandlure, the synthetic pheromone of the boll weevil. **J. Econ. Entomol.** v. 67, p. 44- 46, 1974.

HARDEE, D. D.; MCKIBBEN, G. H.; GUELDNER, R. C.; MITCHELL, E. B.; TUMLINSON, J. H.; CROSS, W. H. Boll weevils in nature response to grandlure; a synthetic pheromone. **J. Econ. Entomol.** 65: 97-100. 1972

HARDEE, D. D.; MCKIBBEN, G. H.; HUDDLESTON, P. M. Grandlure for boll weevils: Controlled release with a laminated plastic dispenser. **J. Econ. Entomol.** 68: 477-479. 1975.

HARDEE, D. D.; WILSON, N. M.; MITCHELL, E. B.; HUDDLESTON, P. M. Fractures affecting activity of grandlure, the pheromone of the boll weevil, in laboratory bioassays. **J. Econ. Entomol.** 64: 1454-1456. 1971.

INSTITUTO BRASILEIRO DO ALGODÃO. Relatório de Gestão – 1º semestre de 2014. 69p. Disponível em <http://www.iba-br.com>. Último acesso em 23/12/2014.

KARLSON, P.; LÜSCHER, M. Pheromones (ectohormones) in insects. **Ann. Rev. Entomol.** 4: 49-65. 1959.

KELLER, J. C.; MITCHELL, E. B.; MCKIBBEN, G.; DAVICH, T. B. A sex attractant for female boll weevils from males. **J. Econ. Entomol.** v. 57: 609-610. 1964.

KLESENER, D. F.; BORGES, R.; GARCIA, G. V.; AZEVEDO, P. A. Z.; BARBOSA, L. V.; GONÇALVES, M. W. Avaliação da eficiência e durabilidade do atrativo Iscalure BW/60 para monitoramento do bicudo do algodoeiro *Anthonomus grandis* (Bohemian) (Coleoptera: Curculionidae) na cultura do algodão. In: Congresso Brasileiro de Entomologia, 23, 2010, Natal, RN. **Resumos**. Natal: SEB, 2010.

LEGGETT, J. E.; CROSS, W. H. A new trap for capturing boll weevils. U.S. Dept. of Agri., **Coop. Econ. Insect Report**. v. 2, p. 773-774. 1971.

LEGGETT, J. E. Uso de armadilhas de feromônio para levantamento e detecção e controle do bicudo. In: BARBOSA, S.; LUKEFAHR, M. J.; BRAGA SOBRINHO, R. B. eds. **O bicudo do algodoeiro**. Brasília, EMBRAPA-DDT. 1986, p. 145-158. (EMBRAPA-DDT. Documentos, 4).

LIMA, E. R.; DELLA LUCIA, T. M. C. Biodinâmica dos feromônios. In: VILELA, E.F.; DELLA LUCIA, T.M.C. (eds.). **Feromônio de insetos: Biologia, química e emprego no manejo de pragas**. 2ª ed. Ribeirão Preto: Holos, 2001. Cap. 2, p. 13-26.

LIMA JR., I. S. de; DEGRANDE, P. E.; MIRANDA, J. E.; SANTOS, W. J. Evaluation of the boll weevil *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) suppression program in the state of Goiás, Brazil. **Neotropical Entomol.** v.42: 82-88. 2013.

MACEDO J. A. de; SILVA, G. dos S.; TEIXEIRA, F. V.; SANTOS, SANTOS, F. de A. R.; OLIVEIRA, P. P.; RIBEIRO, E. B.; MOREIRA, A. A.; CASTELLANI, M. A. Fontes alternativas de alimento do bicudo-do-algodoeiro (Coleoptera: Curculionidae) no Semiárido da Bahia. In: Congresso Brasileiro de Entomologia, 25, 2014, Goiânia, GO, **Resumos**. Goiânia: SEB, 2014. Disponível em: <http://www.cbe2014.com.br/anais/resumos/resumo-1586.pdf>. Acesso em: 20/11/2014.

MATTHEWS, R. W., MATTHEWS, J. R. The History and Scope of Insect Behavior. In: MATTHEWS, R. W., MATTHEWS, J. R. **Insect Behavior**. 2 ed. Springer. 2010, cap. 1, pg 1-44. 514p.

MCKIBBEN, G. H.; DAVICH, T. B.; GUELDNER, R. C.; HARDEE, D. D.; HEDIN, P. A. Polymeric compositions for attracting cotton boll weevils. U.S. **Patent No.** 3.803.303. 1974.

MELO, A. B. P. de; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L. Comparação de armadilhas e formulações de grandlure para coleta do bicudo do algodoeiro. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, 22(9110):917-921, set./out. 1987.

MIRANDA, J. E.; DE BORTOLI, S. A.; VACARI, A. M.; RODRIGUES, S. M. M. Bicudo-do-algodoeiro: ações de controle e supressão populacional em Goiás. In.: BUSOLI, A. C.; ALENCAR, J. R. C. C.; FRAGA, D. F.; SOUZA, L. A.; SOUZA, B. H. S.; GRIGOLLI, J. F. J. **Tópicos em entomologia agrícola – VI**. Jaboticabal: Maria de Lourdes Brandel, 2013. p.47-56.

MIRANDA, J. E.; SILVA, C. A. D. Behavioral control of the cotton boll weevil, *Anthonomus grandis* (Coleoptera: Curculionidae), in Northeast Brazil. **Boletín de Sanidad Vegetal – Plagas**, v.31, p.509-515. 2005.

MITCHELL, E. B.; HARDEE, D. D.. Infield traps: a new concept in survey and suppression of low populations of boll weevils. **J. Econ. Entomol.** 67: 506-508. 1974.

NEVES, R. C. S. Adequação de práticas culturais para o manejo de pragas do algodoeiro. 2010. **Dissertação** (Mestrado em Entomologia Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2010. 99p.

NORDLUND, D. A.; LEWIS, W. J. Terminology of chemical-releasing stimuli in intraspecific and interspecific interactions. **J. Chem. Ecol.** 2:211-220. 1976.

PLATO, J. C. New and improved cotton boll weevil trap for use in IPM, prevention, suppression, and eradication programs, pp. 1184–1185. In: DUGGER, P. and RICHTER, D. [Eds.], **Proceedings** of the Beltwide Cotton Conference, National Cotton Council, Memphis, TN. 2001.

PLATO, T. A.; PLATO, J. C.; PLATO, J. S.; PLATO, S. E. Results of the BWACT in boll weevil control, prevention, suppression and eradication programs in the Americas. **Proceedings** of the Beltwide Cotton Conferences. National Cotton Council, Memphis, TN. 2001.

RIBEIRO, P. A., SUJII, E. R., DINIZ, I. R., MEDEIROS, M. A., SALGADO-LABOURIAU, M. L., BRANCO, M. C., PIRES, C. S. S., and FONTES, E. M. G. Alternative food sources and overwintering feeding behavior of the boll weevil, *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) under the tropical conditions of Central Brazil. **Neotropical Entomol.** 39:28–34, 2010.

RODRIGUES, S. M.; MIRANDA, J. E. Detectado pelo cheiro. **Cultivar grandes culturas**, n.32, p.28-30, 2007.

RODRIGUES, S. M. M.; OHL, G. A. Controle do bicudo em algodão. **Cultivar grandes culturas**, v. 9, p. 6 - 8, 01 mar. 2007.

RODRIGUES, S. M. M.; MIRANDA, J. E.; MENEZES, V. L. Influência da presença do Tubo Mata-Bicudo (TMB) na captura de bicudo do algodoeiro em armadilhas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 22, 2008, Uberlândia, MG. **Resumos**. Uberlândia: SEB, 2008.

RUMMEL, D. R.; WHITE, J. R.; CARROLL, S. C.; PRUITT, G. R. Pheromone trap index system for predicting need for overwintered boll weevil control. **J. Econ. Entomol.** v. 73, p. 806- 810. 1980.

SANTOS, W. J. **Recomendações técnicas para a convivência com o bicudo do algodoeiro (*Anthonomus grandis*, Boheman, 1843)**, no Estado do Paraná. Londrina: IAPAR, 1989. 20 p. (IAPAR, Circular, 64).

SANTOS, W. J. Avaliação do uso de feromônio sexual em dispositivos para atração, captura e controle do bicudo, *Anthonomus grandis*, Boh., 1843, na cultura do algodoeiro. In: Integrated Pest Management of the Cotton Boll Weevil in Argentina, Brazil and Paraguay. Workshop **Proceedings**. 1996, p.184-194.

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

SHOWLER, A. T. Influence of Cotton Fruit Stages as Food Sources on Boll Weevil (Coleoptera: Curculionidae) Fecundity and Oviposition. **J. Econ. Entomol.** 97:1330-1334. 2004.

SILVA, C. A. D. da. Eficiência de diferentes tipos e modelos de armadilhas de feromônio na captura de adultos do bicudo-do-algodoeiro. In: IV CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 2003, Goiânia. **Anais** do IV Congresso Brasileiro de Algodão, 2003. [http://www.cnpa.embrapa.br/produutos/algodao/publicacoes/trabalhos\\_cba4/070.pdf](http://www.cnpa.embrapa.br/produutos/algodao/publicacoes/trabalhos_cba4/070.pdf)

SILVA, T. N.; PIRES, M. P.; MIRANDA, J. E.; SILVA, M. A. de O. Eficiência de feromônios de atração sexual na captura do bicudo do algodoeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 21, 2006, Recife, PE. **Resumos**. Recife: SEB, 2006. <http://www.seb.org.br/eventos/CBE/XXICBE/resumos/resumos/R1363-2.html>.

SORIA, M. F.; DEGRANDE, P. E. Manejo integrado de pragas. In: BELOT, J. L. (Org.) **Manual de Boas práticas de manejo do Algodoeiro em Mato Grosso**. Cuiabá-MT: Casa da Árvore, 2012, v. 1, cap. 16, p. 126-149.

SPURGEON, S. D.; RAULSTON, J. R.; CANTU, R. V.; COPPEDGE, J. R. Competitive interactions and relative attractancy of boll weevil pheromone traps and bait sticks.1998, pp.1158-1161. **Proceedings** of the Beltwide Cotton Conferences. National Cotton Council. Memphis, TN.

TODD, J. L.; BAKER, T. C. The cutting edge of insect olfaction. **Amer. Entomol.** 43: 174-182. 1997.

TUMLINSON, J. H., HARDEE, D. D.; R. C. GUELDNER, A. C.; THOMPSON, P. A.; HEDIN J. P. MINYARD. Sex pheromones produced by male boll weevils: isolation, identification, and synthesis. **Science**. 166: 1010-1012. 1969.

VILLAVASO, E. J.; MCKIBBEN, G. J.; SMITH, J. W. Comparing boll weevil bait sticks to pheromone traps. 1993, pp. 926-927. **Proceedings** of the Beltwide Cotton Conferences. National Cotton Council, Memphis, TN.

VILELA, E. F. Adoção de feromônios no manejo integrado de pragas. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, 27 S/N: 315-318, 1992.

VILELA, E. F.; DELLA LUCIA, T. M. C. **Feromônios de insetos: biologia, química e emprego no manejo de pragas.** Viçosa, Imprensa Universitária, 155p. 1987.

VIVAN, L. M. Impacto do tubo mata-bicudo sobre populações de bicudo nos refúgios no período de entressafra no estado do Mato Grosso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 7, 2009, Foz do Iguaçu, PR. **Anais.** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2009. p.658-664.

VIVAN, L. M.; LOCATELLI, O. M. Comparação da eficiência de diferentes marcas de feromônio na atração do bicudo do algodoeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 6, 2007, Uberlândia. **Resumos** do VI Congresso de Algodão. Campina, SP: Esfera, 2007. v. 1. p. 24-24.

## CAPÍTULO 5.2

# Controle cultural como método de convivência com as pragas do algodoeiro

**Jorge Braz Torres**

Universidade Federal Rural de Pernambuco

**Lucia M. Vivan**

Fundação Mato Grosso

**Cristina Schetino Bastos**

Universidade de Brasília

**Eduardo Moreira Barros**

Instituto Mato-grossense do Algodão

O algodoeiro é hospedeiro de muitos insetos herbívoros, especialmente no Brasil, o que resulta em um grande número de espécies que podem tornar-se praga dependendo da região e do sistema de cultivo. Dentre elas destacam-se as brocas de raízes e hastes (*Chalcodermus*, *Eutinobothrus* e *Conotrachelus*), percevejo-de-raízes (*Scaptocoris*), lagartas da fase inicial como lagarta-rosca (*Agrotis*) e lagarta-elasma (*Elasmopalpus*), tripes (*Frankliniella*, *Thrips*, *Caliothrips*), pulgões (*Aphis* e *Myzus*), mosca-branca (*Bemisia*), lagartas desfolhadoras (*Alabama*, *Chrysodeixis*, *Spodoptera*), lagartas desfolhadoras que atacam estruturas reprodutivas (*Heliothis*, *Helicoverpa*, *Spodoptera*), bicudo-do-algodoeiro (*Anthonomus grandis*) besouros desfo-

lhadores (*Costalimaita*, *Diabrotica*), lagarta exclusiva de maçãs (*Pectinophora*), cochonilhas farinhentas (*Phenacoccus* e *Ferrisia*), ácaros (*Tetranychus* e *Polyphagotarsonemus*), percevejos de folhas (*Gargaphia*) e de sementes e maçãs (*Horciasoides*, *Dysdercus*, *Nezara*, *Euschistus*, *Leptoglossus* etc). Isto apenas apresentando os gêneros que incluem diferentes espécies de importância para o algodoeiro. Outros grupos podem apresentar ocorrência esporádica ou surtos localizados como pragas generalistas de solo e época de plantio, como os corós, cupins, larvas de crisomelídeos, formigas-cortadeiras etc.

A questão deste complexo de pragas do algodoeiro é uma situação recorrente no Brasil e que demanda decisões proativas, e não apenas aquelas de caráter emergencial, como foi feito nas tentativas desordenadas de resolver os problemas quando da constatação do bicudo-do-algodoeiro, na década de 1980, da mosca-branca, na década de 1990 e, nesta década, da lagarta *Helicoverpa armigera*. Decisões proativas são aquelas que buscam antecipar o problema e promover a adoção de medidas para prevenir a sua ocorrência e/ou, de maneira planejada, minimizar e conviver com o problema. Desta forma, o método de controle cultural, com raras exceções, reúne práticas, na sua maioria, de caráter proativo por meio do planejamento do cultivo empregando práticas que visam reduzir a colonização pelas pragas e que, posteriormente, retardam seu crescimento populacional, atuando, desta maneira, para que a população da praga não atinja níveis que ocasionem perdas econômicas.

Assim, a situação atual da cotonicultura nacional exige um alto nível de conhecimento entomológico por cotonicultores e profissionais e o comprometimento de todo o segmento da cadeia produtiva para termos sucesso no manejo integrado de pragas e, conseqüentemente, sucesso no manejo desta cultura. Assim, o lucro ou prejuízo obtido em cada ano agrícola dependerá principalmente da eficiência do profissional durante a execução do manejo na cultura, visando a redução das perdas ocasionadas por pragas.

O controle cultural consiste na adoção de diversas práticas agronômicas que alteram o ambiente de cultivo e, normalmente, com ação preventiva. Ele pode ser definido como a manipulação das diversas práticas de cultivo para modificar o ambiente do agroecossistema, e torná-lo desfavorável ao de-

envolvimento das pragas e, ao mesmo tempo, favorável ao desenvolvimento de seus inimigos naturais. O controle cultural baseia-se no baixo custo requerido para sua implementação, sendo, na maioria das vezes, desnecessários gastos adicionais por tratar-se simplesmente de pequenas modificações nas práticas agrônômicas (Coopel & Mertins, 1977).

O controle cultural, desta forma, inclui práticas que vão da escolha da cultivar e planejamento da época e do local de plantio, da decisão sobre a densidade e espaçamento de plantas e boas práticas agrônômicas — como preparo adequado do solo ou cultivo direto sobre a palha — até práticas de condução da cultura, como a coleta de estruturas atacadas ou época/ modo de realização da colheita, e que tenham consequências sobre os surtos populacionais das pragas (Summy & King, 1992). A adoção dessas práticas culturais de controle integradas a outros métodos de controle, como a resistência de plantas (convencional ou por transgenia), conservação do controle biológico natural e a adoção de um programa preciso de monitoramento da lavoura resulta em inúmeros benefícios, entre eles a redução no uso de inseticidas. Um monitoramento preciso de pragas na lavoura permitirá uma tomada de decisão do uso de controle, o que inclui o controle químico somente quando a população da praga-alvo atingir densidade que corresponda ao nível de controle. Este monitoramento no agroecossistema algodoeiro não deve restringir-se ao período de cultivo, mas se estender durante toda a entressafra. Assim, práticas de controle cultural, como escolha da área, época de plantio, a aração ou não do solo podem ser adotadas visando prevenir e reduzir às populações das pragas. Estas medidas proativas contribuem para que o programa de manejo integrado tenha sucesso, minimizando perdas e o número de pulverizações.

Embora não sejam caracterizadas como prática de controle, práticas proativas podem auxiliar no monitoramento de pragas e, conseqüentemente, no manejo como um todo. Um exemplo dessa afirmação é a utilização da cultura-armadilha, que pode ser empregada tanto com o propósito de atração e controle localizado de pragas quanto para a geração de informações sobre pragas que infestam determinado agroecossistema. Além disso, o monitoramento em si é crucial para a decisão de emprego das práticas curativas de controle, como também para as de-

cisões de aplicação de reguladores de crescimento de plantas, de qual espécie de planta vai compor as faixas de bordadura e se será adotado o plantio direto ou o convencional. O monitoramento, portanto, é parte fundamental de um programa de manejo integrado de pragas, independentemente do método de controle a ser adotado.

Em 1892, logo após a introdução do bicudo-do-algodoeiro nos Estados Unidos, produtores observaram que as cultivares de reprodução tardia (ciclo longo) sofriam mais perdas com o ataque desta praga, bem como as cultivares plantadas próximas às áreas de vegetação nativa (Walker & Smith, 1996). Destas observações, duas práticas foram posteriormente testadas, concluindo-se que, com cultivares com frutificação precoce e vigorosa e o cultivo em local onde o bicudo não possui áreas para passar a entressafra, a produção foi substancialmente superior. Se a infestação da praga em certas lavouras sofre influência da prática adotada pelo produtor, ela pode, então, ser alterada ou cancelada. Desta maneira, surge a opção de alteração nas práticas adotadas, com intuito de manipular o ambiente de cultivo, de modo a torná-lo menos favorável às pragas.

Posteriormente, várias práticas culturais foram testadas, surgindo então o controle cultural de pragas do algodoeiro. As práticas, embora possam desfavorecer as populações das pragas em geral, são, em sua maioria, seletivas ou direcionadas para as pragas-chave, tais como o bicudo-do-algodoeiro, a lagarta-rosada, e incluem outras práticas que, indiretamente, afetam outras pragas secundárias.

De maneira geral, as práticas de controle cultural aplicadas ao manejo de pragas do algodoeiro podem ser representadas conforme a *Figura 1*.



## 1. Práticas de planejamento antes do plantio

### 1.1. Escolha da semente/cultivar

Atualmente, empresas públicas e privadas, bem como fundações e associações de produtores, executam pesquisas voltadas para a seleção de cultivares mais produtivas e adaptadas a uma dada região de cultivo. A utilização de sementes de qualidade e certificadas agrega benefícios agronômicos relativos ao potencial produtivo da planta e redução dos riscos de uso de sementes contendo pragas, como pupas de lagarta-rosada e doenças.

Atualmente, há um anseio para que haja maior disponibilidade de cultivares geneticamente modificadas que incorporem resistência a pragas a serem indicadas para cada região. Essa situação deve permitir melhor escolha de cultivares pelos produtores e todo um planejamento de plantio, incluindo área de refúgio, monitoramento de pragas e utilização do controle químico. Vale salientar que cultivares de alto potencial produtivo devem estar disponíveis tanto na forma geneticamente modificada com resistência a pragas e a herbicidas como, também, cultivares convencionais não modificadas para permitir o cultivo do refúgio tanto quanto as áreas cultivadas com cultivares com resistência.

As cultivares comerciais, mesmo quando não apresentam características de resistência às pragas, mas são selecionadas para uma condição edafoclimática específica, produzirão plantas mais vigorosas e produtivas. Cultivares ambientalmente mais adaptadas tendem a ser mais tolerantes ao ataque de pragas que as demais, em igualdade de condições, por apresentarem maiores rendimentos, minimizando as perdas pelo ataque. Assim, entre as diversas cultivares recomendadas para o cultivo em uma dada região, aquelas que apresentam precocidade de frutificação e maturação devem ser priorizadas. Apesar de todo o programa ser voltado ao bicudo-do-algodoeiro, a maturação precoce também minimiza perdas ocasionadas por outras pragas, como a lagarta-rosada e a lagarta-das-maçãs e, possivelmente, de percevejos que se dispersam de lavouras adjacentes, especialmente da soja, ao final de safra. A situação de percevejos Pentatomidae, historicamente importante praga da soja, tem-se tornado problema para o algodoeiro.

O plantio de cultivares precoces deve ser integrado ao plantio em época com condições climáticas que favoreçam o crescimento inicial das plantas e permitam a obtenção dos capulhos nos baixeiros antes que a infestação de pragas ocorra, evitando o ataque. Além disso, com a maturação e a colheita ocorrendo precocemente, o período de vazio sanitário é ampliado.

A precocidade na frutificação e na maturação pode ser obtida por meio da seleção de cultivares precoces, mas também pode ser estimulada com o manejo da densidade de plantio, o uso de reguladores de crescimento de plantas, o manejo de irrigação (quando realizada) e a poda apical. O cultivo adensado resulta em finalização antecipada da lavoura, com maior número de estruturas reprodutivas do baixeiro por área. A interrupção da irrigação no momento correto também favorece a finalização. Similarmente, o uso de reguladores de crescimento ou o emprego da poda apical para a interrupção do crescimento vegetativo em cultivos convencionais ou em pequenas áreas de agricultura familiar, respectivamente, são maneiras de obter-se precocidade e uniformidade da maturação (Neves *et al.*, 2010; 2013).

## 1.2. Preparo do solo

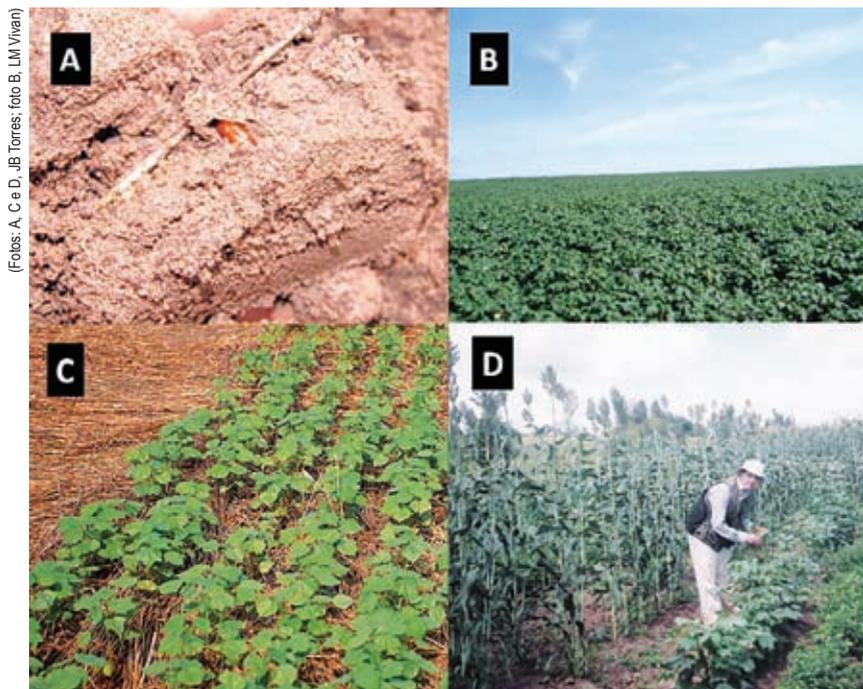
O preparo do solo por meio de aração e gradagem pode favorecer o manejo de pragas por destruição ou exposição destas à radiação solar e aos inimigos naturais, em especial de fases que residem no solo, principalmente pupas de lepidópteros e pragas que ali vivem. A aração após a colheita ou com 30-40 dias antecedendo o plantio é recomendada para áreas de risco de infestações com lepidópteros que passam a fase de pupa no solo (*Figura 2A*), em especial em áreas que apresentam infestações na fase de colheita, bem como para dispersar bicudos remanescentes na área. Desta maneira, o complexo de lagartas que atacam as maçãs (*Spodoptera*, *Heliothis*, *Helicoverpa* e *Pectinophora*) será atingido pela prática. No entanto, o plantio direto na palhada é uma prática considerada conservacionista em vários aspectos, incluindo a conservação dos inimigos naturais. Portanto, a aração deve ser priorizada em áreas em que o monitoramento indique risco de ataque de pragas que estão associadas ao solo e não deve tornar-se uma prática generalizada como método de controle, algo que seria considerado um retrocesso para o sistema de cultivo já estabelecido e tido como bem-sucedido pelas vantagens comparativas que tem em relação ao cultivo convencional. A aração após a colheita do algodão proporciona significativa mortalidade de pupas de *Heliothis virescens*, *Helicoverpa zea* e de *Pectinophora gossypiella*, que vão passar a entressafra no solo (Watson *et al.*, 1978; Schneider, 2003). De forma similar, a aração após a colheita do algodão ou com boa antecedência ao plantio do algodão, realizada a 10 cm de profundidade, resulta na redução da emergência de adultos com significativo impacto sobre a população de *Helicoverpa armigera* (Wu & Guo, 1997; Farrell, 2007). Esta prática também deve ser adotada após a colheita de outras culturas hospedeiras, desde que infestadas na fase final do ciclo. Novamente, a aração deverá ser priorizada apenas em áreas de alto risco, ou seja, em áreas com infestação dessas pragas constatada na fase final da lavoura. A priorização do manejo pela aração apenas em áreas com histórico de infestação visa garantir que haja manutenção da cobertura vegetal do solo em casos em que não exista planejamento de cultivo subsequente e que o gasto com a operação seja justificado.

### 1.3. Data / época de plantio / seleção da área

O plantio antecipado e homogêneo em áreas sem limitação de umidade e temperatura do solo resulta em melhor desenvolvimento da planta, frutificação e maturação antes de as pragas atingirem populações grandes. A depender do período disponível para o cultivo, a data de plantio pode ser antecipada ou retardada. Embora o plantio antecipado ou tardio possa ser adotado, é importante que a época de plantio seja homogênea na região para evitar o trânsito de pragas entre lavouras adjacentes com diferentes fases de desenvolvimento fenológico. A antecipação do plantio tem como objetivo antecipar a frutificação, o que condiciona escape no tempo do ataque das pragas. Do mesmo modo, o plantio tardio busca obter escape temporal de pragas. No entanto, ele é recomendado como forma de prolongar o vazio sanitário em áreas que não possuem cultivo de algodão próximo, fazendo com que as pragas especialistas do algodão fiquem sem alimento por ocasião do seu aparecimento (saída de áreas de refúgios, migração etc.). O plantio tardio, no entanto, exige conhecimento preciso da dinâmica da praga na região para não correr o risco de ter populações grandes de pragas chegando às lavouras plantadas tardiamente, oriundas de outras lavouras plantadas antecipadamente ou provenientes da multiplicação dentro da própria lavoura. Assim, a decisão de plantio tardio deve ser bem planejada, e a decisão da melhor época deve ser definida regionalmente, de forma a desfavorecer a ocorrência de pragas oligófagas como o bicudo-do-algodoeiro e o curuquerê-do-algodoeiro, que não terão alimento disponível para seu estabelecimento. Por outro lado, é importante considerar o problema potencial com as pragas polífagas, que podem gerar grandes populações de migrantes para o algodão cultivado tardiamente, como também para as outras culturas que serão implantadas após o algodão. Desta maneira, o plantio tardio é um risco do ponto de vista do complexo de pragas do algodoeiro com hábito alimentar polífono e de ocorrência comum em várias culturas (ex.: mosca-branca, percevejos e lagartas de maçãs), atualmente cultivadas simultaneamente ou em sucessão no Brasil.

Atrasar ou adiantar o plantio não onera os custos de produção e, ao contrário, pode resultar em aumento dos lucros, quando há garantias de manutenção de produtividade e que resulta em

redução das perdas ocasionadas por pragas. Atrasar o plantio de forma regional, evitando lavouras próximas a áreas de reservas e plantio adensado são práticas que precisam ser testadas localmente. A dimensão de área de Cerrado com peculiaridades em relação ao início do período chuvoso, qualidade de solo, entre outras características do ambiente, como vegetação nativa no entorno das lavouras, não nos permite generalizar as recomendações. As recomendações relativas à época de plantio, cultivares selecionadas ou preferidas para cultivo, fertilização e longevidade do vazio sanitário são práticas determinadas regionalmente.



Fotos: A, C e D, JB Torres; foto B, LM Vivian

Figura 2. Pupa de *Noctuidae* formada no solo (A), plantio adensado criando microclima com pouca insolação na parte baixa das plantas (B), plantio antecipada de bordadura (C), e plantio de bordadura de sorgo (D)

#### 1.4. População de plantas (espaçamento / densidade de plantio)

Conforme mencionado anteriormente, o aumento da densidade de plantas por unidade de área antecipa a frutificação e,

assim, favorece a precocidade. No entanto, a redução excessiva do espaçamento entre linhas pode criar um microclima favorável à ocorrência de patógenos e a sobrevivência de pragas nas estruturas reprodutivas infestadas e caídas ao solo; além de dificultar a boa cobertura da planta pela pulverização (*Figura 2B*). O aumento do espaçamento entre linhas em regiões áridas pode favorecer a mortalidade de pragas em desenvolvimento no interior das estruturas caídas ao solo devido ao ressecamento. No entanto, se o regime de precipitação for regular e considerando que as estruturas atacadas caem predominantemente sob o dossel das plantas, a umidade elevada do solo retarda o ressecamento, resultando na manutenção da sobrevivência da praga, independentemente do espaçamento entre linhas e até mesmo da região. Além disso, em solos menos férteis é recomendado aumentar a densidade de plantas por área. As plantas de algodão conduzidas em maior densidade produzem número menor de capulhos, mas estes capulhos produzidos na fase inicial da fenologia da planta escapam do ataque de pragas, o que resulta em maior produção por área. Desta forma, nos plantios superadensados, a frutificação e maturação são antecipadas, mesmo em cultivares não selecionadas para este fim e mesmo com número menor de capulhos produzidos por planta, a produtividade pode ser compensada pelo maior número de capulhos colhidos por área e pelo fato de esses serem mais pesados (baixeiros) quando a lavoura for bem conduzida. A técnica de cultivo do algodão superadensado, no entanto, requer mais experiência para certificar que outras pragas ou doenças não serão favorecidas pelo microclima criado no dossel das plantas. Por exemplo, Scott e Adams (1994) observaram maiores densidades populacionais de lagartas das maçãs em áreas com plantio superadensado. De modo geral, qualquer prática que antecipe a frutificação e a maturação do algodoeiro resultará em benefícios ao manejo de pragas devido à redução da exposição da planta, em especial das estruturas reprodutivas, ao ataque das pragas.

Em relação à produção do algodoeiro do Estado de Mato Grosso, as observações a campo mostram que os plantios realizados precocemente (dezembro) requerem espaçamentos maiores (90 cm entrelinhas) e menor densidade de plantas. Isso advém do fato que a alta umidade no período de formação e maturação das maçãs do baixeiro favorece o apodrecimento

de maçãs pela maior incidência de doenças nessas condições, ocasionando redução da produtividade. Já no plantio realizado na segunda safra (de meados de janeiro a fevereiro) é possível ter um espaçamento menor nas entrelinhas e maior densidade de plantas, porque as primeiras maçãs serão formadas e vão se desenvolver com condição de ambiente mais seco, não tendo, assim, o problema de apodrecimento. Portanto, considerando a diversidade de ambientes em que se cultiva o algodoeiro e variações climáticas ocasionando mudanças nas datas de plantio, o cultivo do algodão superadensado ainda é uma incógnita.

### **1.5. Cultura-armadilha**

O plantio antecipado de uma faixa de algodão na bordadura da área comercial tem a finalidade, dentre outras, de fornecer estimativas antecipadas sobre a ocorrência de pragas e doenças na lavoura, deficiência nutricional, desenvolvimento da lavoura e outras finalidades (*Figura 2C*). Desta maneira, a recomendação do uso de plantas-armadilha para a constatação do bicudo-do-algodoeiro já havia sido recomendada desde 1901 (Mally, 1901). O plantio antecipado ou o uso de uma cultivar precoce na bordadura atrai e agrega as pragas, que podem ser controladas antes que se dispersem para a área total, sendo essa recomendação válida não somente para o bicudo-do-algodoeiro, como também para outras pragas que atacam o algodoeiro. Desta prática, aliada ao conhecimento do comportamento de colonização da lavoura pelo bicudo-do-algodoeiro, a qual ocorre pelas bordas da lavoura, surgiu à recomendação de pulverização sistemática da bordadura para minimizar as infestações da praga na lavoura de algodão. A cultura-armadilha ocupa uma área bem menor em comparação à área total cultivada e, normalmente, é colonizada primeiro, podendo, portanto, receber monitoramento e tratamento intensivo com menor custo e impacto ambiental. Além do monitoramento e controle do bicudo na cultura-armadilha a partir da emissão de botões florais, a formação de maçãs, posteriormente, permitirá o monitoramento das lagartas das maçãs e dos percevejos, bem como o controle localizado destes.

A cultura-armadilha, quando empregada no contexto do MIP, pode contribuir para redução significativa nas densidades populacionais do bicudo-do-algodoeiro. A cultivar de fibra

branca BRS Aroeira, utilizada como “cultura armadilha” em cultivos de algodoeiro colorido de maneira integrada à adoção de outras medidas de controle (coleta massal com armadilhas contendo feromônio e controle com formulação oleosa a base de nim), contribuiu para a redução significativa em cerca de 50% na densidade da praga. Todavia, as medidas de manejo empregadas não foram suficientes para manter a densidade do bicudo-do-algodoeiro abaixo do nível de controle. Entretanto, ao reduzir a densidade em 50% no controle integrado em relação à adoção das medidas isoladas, reduziram-se a população remanescente a ser manejada e o esforço de controle.

A prática da cultura-armadilha também pode ser adotada utilizando outras culturas que não o algodoeiro, especialmente quando o cultivo do algodão é antecipado e, nesse caso, visa manejar lagartas de *Heliothinae* (*Heliothis* e *Helicoverpa*). Faixas de bordadura com sorgo (*Figura 2D*), milho, soja, girassol, grão-de-bico e feijão-guandu, entre outras, são empregadas para o controle da população de primeira geração de *H. armigera*. No entanto, a emergência de adultos provenientes de pupas que passarão a entressafra nas áreas do cultivo que antecedem as áreas de algodão precisa ser coincidente com a fase suscetível da cultura-armadilha e, portanto, deve levar em conta a fenologia da cultura-armadilha nas condições brasileiras, a fim de que o cultivo seja atrativo à oviposição da mariposa, por ocasião de sua emergência. Por exemplo, milho e sorgo (*Figura 2D*) são mais atrativos na época do pendoamento, assim, devem ser semeados para que a emergência de adultos ou a época de maior colonização da lavoura coincida com esta fase da cultura-armadilha. Estas informações poderão ser geradas a partir dos estudos de monitoramento da dinâmica de adultos na região, empregando armadilhas de feromônio ou luminosas, por exemplo. Estes dados não somente subsidiarão a adoção correta da cultura-armadilha, como também auxiliarão outras práticas de controle, como o momento de liberação de parasitoide de ovos.

## 1.6. Manipulação ambiental

Por manipulação ambiental entendem-se as decisões voltadas a formar a paisagem de culturas no ambiente. Assim, a decisão de empregar a rotação de culturas, planejar as culturas que antecederão o algodoeiro ou que farão parte do consórcio e o cultivo

de barreiras vegetais são práticas que podem ser adotadas em diferentes escalas, independentemente se o sistema de cultivo do algodão é empresarial ou familiar (*Figura 3A*). A composição da paisagem com diferentes culturas e tendo o algodoeiro como cultura principal visa tornar o ambiente menos favorável às pragas do algodoeiro e mais favorável aos inimigos naturais dessas pragas. O ambiente pode ser menos favorável às pragas por meio do manejo da diversidade de espécies vegetais que o compõem e que não sejam hospedeiras dessas pragas. Essa medida é particularmente útil para o manejo de espécies-praga monófagas ou de espécies polífagas, cujas espécies vegetais que compõem o ambiente não sejam hospedeiras de pragas que atacam a cultura principal. Por outro lado, o ambiente mais diversificado torna-se favorável aos inimigos naturais, uma vez que este ambiente pode incrementar o abrigo e a disponibilidade espacial e temporal da fonte alimentar não baseada na presa — pólen e néctar.

Dentro desta prática, pode-se adotar o plantio de faixas de diferentes culturas na área ou faixas de culturas nas bordas (culturas atrativas/armadilha). A prática de cultivo de diferentes espécies em faixas pode ser aplicada independentemente do sistema de cultivo, desde que seja planejada de forma que as faixas atendam às dimensões dos implementos utilizados, tais como pulverizadores e colheitadeiras de larga escala.

No caso do cultivo no Cerrado, culturas de expressão econômica para a região devem ser priorizadas, incluindo soja, milho, girassol, sorgo e outras. Mesmo que essas culturas se constituam em fontes de pragas polífagas para a cultura do algodão, por esta possuir fenologia tardia comparada às culturas que compõem a paisagem. Assim, a composição de faixas no entorno da lavoura pode ser aplicada na forma de cultura-armadilha. No caso da agricultura familiar, nos moldes como é realizada no Semiárido, culturas como o milho, feijões, gergelim, amendoim e outras podem ser utilizadas.

Assim como apresentado nos itens cultura-armadilha e manipulação ambiental, ressaltamos que a escolha de culturas para compor a paisagem, ou mesmo a adoção de uma cultura que exerça preferência à praga, auxiliará no manejo. Apesar de muitas pragas do algodoeiro serem polífagas e migrarem entre os cultivos, elas apresentam alguma preferência por determinada planta hospedeira e/ou mesmo estágio dessa planta. A partir desse

conhecimento sobre o comportamento da praga frente às espécies vegetais, o termo “push-pull” (repelir-atrair) foi adotado no manejo de pragas (Cook *et al.*, 2007), no contexto da repelência/não preferência e atratividade/cultura-armadilha. Considerando as pragas-chave do algodoeiro no Brasil, adultos de *H. armigera* preferem, entre outras plantas cultivadas e não cultivadas, plantas de sorgo na fase de florescimento/formação de grãos, quiabo, grão-de-bico e etc., a plantas de algodoeiro (Duraimurugan & Regupathy, 2005). De maneira geral, plantas hospedeiras de *H. armigera* durante a fase de florescimento/frutificação são preferidas pelos adultos, o que resulta em concentração de adultos nessas plantas e, conseqüentemente, maior oviposição.

Assim, a composição da paisagem com faixas de plantas preferidas com plantio escalonado para florescimento em duas ou mais épocas poderá retirar adultos da lavoura de algodão e facilitar o controle nessas faixas, com uso de inseticidas químicos ou biológicos. Embora ainda necessitando de estudos para validação em nossas condições, as faixas de culturas podem ser estabelecidas com culturas de valor econômico, porém de ciclo mais curto, como soja, sorgo, grão-de-bico, etc., em relação ao algodoeiro.

(Fotos: A e B, JB Torres; C e D, LM Vivian)

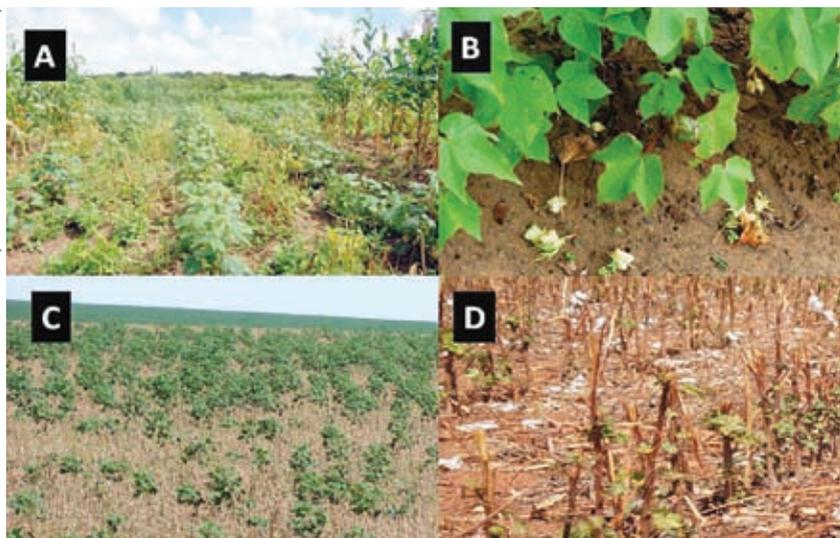


Figura 3. Plantio consorciado do algodão em agricultura familiar (A), botões florais atacados caídos ao solo para serem retirados (B), plantas tigueiras de algodão em plantio de soja na época da colheita (C) e rebrota de algodão após colheita (D)

O algodoeiro na fase de florescimento é mais atrativo ao bicudo-do-algodoeiro, sendo então adotado o plantio de uma bordadura antecipada como cultura-armadilha para atrair os indivíduos colonizando a lavoura, permitindo seu manejo (catação de estruturas caídas ao solo, pulverizações, etc. ) em área menor antes da infestação de toda a lavoura.

## **2. Práticas durante a safra**

Durante o desenvolvimento da lavoura, as práticas culturais adotadas possuem, basicamente, características de ação curativa sobre a população de pragas. Desta maneira, podemos destacar a destruição das partes atacadas, manejo de plantas invasoras e o uso de reguladores de crescimento.

### **2.1. Catação e destruição de partes atacadas**

A coleta e destruição de estruturas reprodutivas do algodoeiro atacadas caídas ao solo (*Figura 3B*) foi uma das primeiras práticas consideradas fundamentais para a convivência com o bicudo-do-algodoeiro no início de 1900 (Burt *et al.*, 1969). A catação e destruição dessas partes são recomendadas para pequenas glebas, sendo eficientes em áreas de até 5 ha e/ou nas faixas de bordadura de áreas maiores. Esta prática visa reduzir a produção de bicudos de segunda geração dentro da lavoura. Assim, a partir da constatação da entrada desta praga via observação de sinais de alimentação e oviposição em botões florais de plantas das fileiras de bordadura, atenção deve ser dada à subsequente queda de botões florais atacados, os quais devem ser eliminados. A catação das estruturas caídas ao solo em áreas de algodão do Semiárido, seguida de poda apical por ocasião da abertura do primeiro capulho, resulta em redução de 13-20% do ataque do bicudo-do-algodoeiro (Neves *et al.*, 2013). Em condições de confinamento, a coleta semanal das estruturas caídas aliada à poda apical resultou em 63% e 79% de redução na população final do bicudo-do-algodoeiro após 56 dias da infestação (Neves *et al.*, 2013).

### **2.2. Manejo de plantas invasoras e tigueras**

A planta de algodão possui característica de desenvolvimen-

to inicial pouco competitivo com as plantas invasoras. Nos 60 dias iniciais (Salgado *et al.*, 2002), a cultura é pouco competitiva e não deve sofrer competição com as plantas invasoras. Plantas daninhas, especialmente aquelas que toleram o sombreamento durante o desenvolvimento do algodoeiro e o retomam e reproduzem-se por ocasião da maturação do algodoeiro, podem tornar-se problemas para a colheita com sementes e folhas com a pluma. Além do que, as plantas daninhas podem servir como reservatório de muitas pragas, incluindo ácaros, pulgões e mosca-branca. Logo, o entorno das lavouras ou os restos culturais de outras lavouras próximas devem ser manejados para não servirem como fonte de pragas.

Entre as diversas plantas hospedeiras de pragas, espécies de caruru (*Amaranthus*), por exemplo, podem hospedar lagartas como *Spodoptera* e *Helicoverpa*; o leiteiro (*Euphorbia*), por sua vez, pode abrigar percevejos pentatomídeos. Essas espécies posteriormente se movem para as plantas de algodão com maçãs, e, em especial, as lagartas, quando em estádios mais avançados, não são facilmente controladas, por localizarem-se no interior de maçãs da parte baixa das plantas e serem menos suscetíveis aos inseticidas sintéticos recomendados para seu controle e às toxinas Bt.

Assim, o manejo de plantas daninhas, com especial atenção às espécies propícias a serem selecionadas para resistência quando se cultiva o algodão RR (“roundup ready”); isto é, resistente ao glifosato), deve ser cuidadosamente planejado e executado.

Além das plantas não cultivadas, será importante monitorar e controlar espécies de plantas cultivadas (“tigueras”) em outros cultivos antecessores ou naqueles realizados em sucessão (*Figura 3C*). Com a expansão dos cultivos com plantas RR, tiguera de algodão em meio a outras culturas vão manter na área pragas como o bicudo-do-algodoeiro, a lagarta-rosada, a mosca-branca e outras. Já as tiguera de milho, soja, sorgo e outras espécies que ocorrem no meio do algodão podem atrair e favorecer o desenvolvimento de lagartas das maçãs (*Spodoptera*, *Heliothis* e *Helicoverpa*). Assim, o manejo de restos culturais, em especial rebrotas de algodão durante o vazio sanitário e nas culturas em sucessão, tem sido um grande desafio para o agricultor (*Figura 3D*). Tanto que, durante o IX Con-

gresso Brasileiro de Algodão, realizado em Brasília, em 2013, a destruição de soqueira e a incidência de pragas como a lagarta de *Helicoverpa armigera* e o bicudo-do-algodoeiro foram os temas mais abordados.

### **2.3. Reguladores de crescimento/maturadores**

A utilização de hormônios reguladores de crescimento apresenta potencial na redução populacional de pragas pela alteração de características do hospedeiro, que influenciam, indiretamente, a densidade populacional de pragas. Um bom monitoramento da lavoura e a aplicação de reguladores de crescimento em áreas com crescimento excessivo da planta de algodão favorecem a frutificação homogênea e a formação de dossel, que vão facilitar as demais práticas culturais, incluindo o monitoramento e a pulverização direcionada ao controle de pragas que atacam as partes baixas das plantas (ex.: lagarta das maçãs e percevejos). Além disso, por homogeneizar a frutificação, ainda têm impacto na maturação das plantas, favorecendo a precocidade.

Quando empregados na forma de condicionar a lavoura para a colheita (maturadores e desfolhantes), contribuem para a redução da contaminação do produto final com folhas e outras estruturas não comercializáveis, além de eliminar o que seria foco de infestação tardia de pragas sugadoras, como os ponteiros verdes. Essas pragas, quando presentes nas folhas que não contribuirão mais para a produção das plantas, podem afetar a qualidade da fibra, pois eliminam o resíduo açucarado de sua alimentação (honeydew) sobre ela. Esse resíduo reduz a resistência da fibra e favorece o aparecimento de fumagina, que deprecia a qualidade da fibra. Adicionalmente, a aplicação de desfolhante para facilitar a colheita resulta em eliminação das estruturas reprodutivas não comercializáveis do topo da planta, que servem de alimento e sítio de reprodução de pragas como o bicudo-do-algodoeiro e lagarta-rosada.

### **2.4. Fertilização equilibrada**

Em busca de máxima produção, são adotadas adubações pesadas que visam obter plantas maiores e mais produtivas. A

produção é reflexo do número de capulhos abertos por planta e não do tamanho desta. Assim, a adubação não deve favorecer o crescimento excessivo das plantas, mas buscar obter maior frutificação precoce e capulhos mais pesados. Níveis excessivos de nitrogênio resultam em crescimento exagerado, favorecendo tanto o ataque das pragas desfolhadoras e sugadoras quanto o do bicudo-do-algodoeiro. Além disso, adubações pesadas não acompanhadas de irrigação ou precipitação contribuem para desbalancear o potencial hídrico na zona radicular, com desdobramentos sobre a fisiologia da planta, que passa a degradar proteínas, tornando-se mais atrativa a sugadores (ácaros, pulgões, cochonilhas, tripes e mosca-branca).

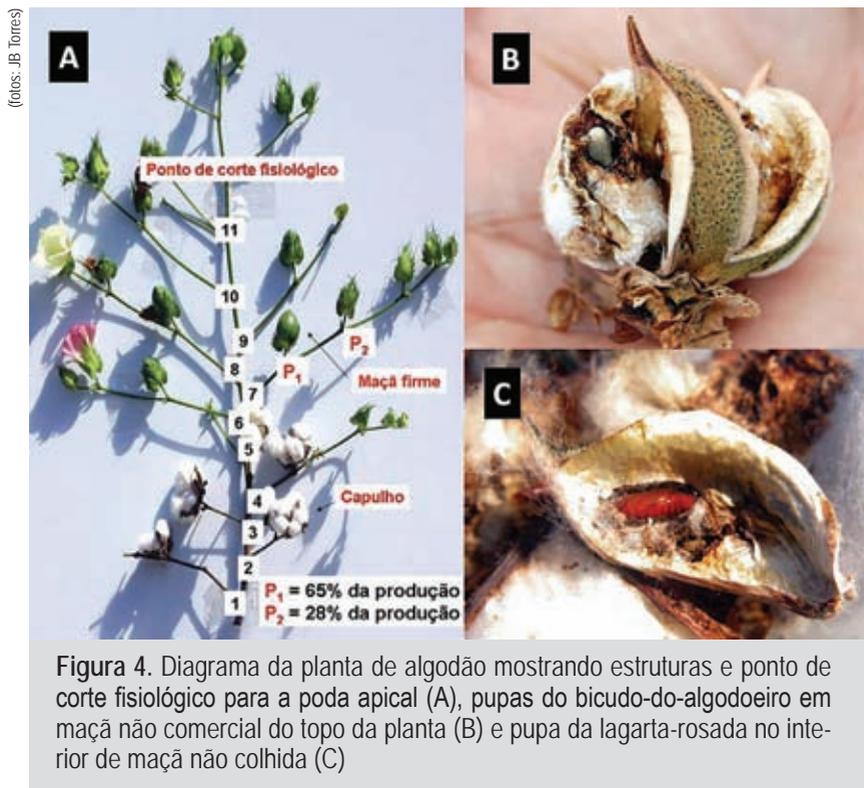
Certas espécies de insetos apresentam taxas de crescimento e consumo — e eficiência de utilização de alimento — variáveis em função dos teores de nutrientes contidos nas plantas, especialmente o nitrogênio (Panizzi & Parra, 1991) e quando a aplicação deste macronutriente no solo é suficiente para aumentar seu nível na planta, um aumento na alimentação e crescimento populacional do inseto é esperado (Vries & Delver, 1979; Vince *et al.*, 1981, Archer *et al.*, 1982; Oliveira *et al.*, 2014). Por outro lado, o aumento do consumo pelo inseto implica na sua maior permanência sobre o hospedeiro, havendo maior exposição aos inimigos naturais (Slansky Júnior & Sciber, 1985).

Desta forma, a utilização correta do solo, baseada em recomendações técnicas de preparo e adubação, constitui-se em ferramenta indispensável para manutenção da sua fertilidade e estrutura, contribuindo diretamente para formação de plantas vigorosas e, portanto, menos vulneráveis ao ataque de pragas.

## 2.5. Poda apical

A poda das partes terminais dos ramos monopodiais e simpodiais do algodoeiro contendo folhas, botões florais e maçãs pequenas na fase final não é prática nova (*Figura 4A*). Esta medida vem sendo estudada em várias regiões do mundo onde é possível sua utilização, uma vez que é largamente dependente de mão de obra para execução. Esta prática pode ser considerada viável para pequenas áreas de agricultura familiar e orgânica em substituição aos desseccantes sintéticos empregados na fase de finalização da lavoura. A poda contribui ainda para

a retirada das partes não comerciais da planta, especialmente botões e maçãs que são usados por pragas como o bicudo-do-algodoeiro (*Figura 4B*) e lagarta-rosada (*Figura 4C*) para se desenvolverem. A retirada dos ponteiros pode também uniformizar a abertura de capulhos. O material retirado pode ser coletado e fornecido como alimento ao gado. Nas condições do Semiárido, o momento da poda deverá coincidir com o ponto de corte fisiológico da planta, que usualmente ocorre quando da abertura dos capulhos baixeiros (Neves *et al.*, 2010; 2013).



A eliminação do meristema apical favorece também a precocidade e contribui para redução em uma ou mais pulverizações, além de favorecer a distribuição de assimilados para a abertura dos capulhos (Kim & Oosterhuis, 1998). Entretanto, como forma de controle de pragas, esta prática tem sido pouco

estudada. A maioria dos trabalhos já realizados focou-se nos efeitos da poda sobre o crescimento e o desenvolvimento da planta, com destaque para as características da produção e/ou qualidade da fibra produzida. No entanto, algumas publicações relatam efeitos favoráveis desta prática na redução de infestação de *H. armigera* (Sundaramurthy, 2002; Renou *et al.*, 2011), *A. gossypii* (Ekukole, 1992; Deguine *et al.*, 2000) e *Spodoptera littoralis* (Naguib & Nasrkattab, 1978). A explicação para tal fato seria a redução na atratividade das plantas e/ou supressão dos sítios de oviposição (Sundaramurthy, 2002) ou de desenvolvimento do inseto (Deguine *et al.*, 2000).

A eliminação do meristema apical foi praticada no passado, na África, quando as variedades difundidas eram vigorosas, mas foi abandonada com a difusão de variedades de menor porte. Não obstante, esta prática ainda faz parte das medidas de manejo integrado das pragas do algodão na Índia (Sundaramurthy, 2002) e no Vietnã. Além disso, a poda apical retira botões e maçãs não produtivos e o ponteiro das plantas, que funcionam como sítio de oviposição e alimentação de pragas. Em sete dos 12 testes realizados por Sundaramurthy (2002), a prática da poda contribuiu para reduzir em 56% a densidade de lagartas de *H. armigera* e em 71% a de lagartas de outras espécies.

### **3. Práticas após a colheita**

#### **3.1. Destruição dos restos culturais**

A destruição dos restos culturais foi uma das primeiras práticas de controle cultural recomendadas para a convivência com o bicudo-do-algodoeiro (Howard, 1896). Até hoje, é uma prática destinada a reduzir a população desta praga e da lagarta-rosada, com potencial de passar o período de entressafra nas estruturas remanescentes ou rebrotas das plantas. Devido à importância da destruição dos restos culturais no manejo de pragas do algodoeiro, ela tem sido implementada com suporte legislativo em várias regiões do Brasil como prática proativa acoplada ao vazio sanitário. Com o aparecimento de novas pragas, como as cochonilhas, que podem passar a entressafra em rebrotas de algodão, essas plantas devem ser dessecadas com

o uso de herbicidas e não somente com a destruição das estruturas reprodutivas. Talhão com rebrota permanecendo até a época do plantio apresentou 83,3% de plantas de algodão infestadas aos 30 dias de idade e com média de 6,9 cochonilhas de *Phenacoccus solenopsis* por planta, enquanto talhões que tiveram a rebrota destruída antes do plantio resultaram em 16,7% de plantas infestadas e com média de 0,89 cochonilha por planta. Isto porque plantas daninhas também hospedam esta cochonilha e apresentaram infestação.

O calendário regional de plantio e destruição de soqueiras, quando definido, deve ser sancionado por legislação, pois complementará o vazio sanitário, que é fundamental para a redução da densidade populacional de várias pragas do algodoeiro.

### **3.2. Limpeza de implementos agrícolas**

A agricultura em larga escala é cada vez mais dependente de maquinário de grande valor, que, às vezes, é alugado ou vem por meio de associação de produtores. Desta maneira, a limpeza das máquinas após o término da atividade e antes do seu deslocamento para a próxima propriedade deve ser regra para evitar o transporte de sementes infectadas com doenças e fases imóveis dos insetos, como ovos e pupas.

### **3.3. Aração após a colheita**

A aração realizada logo após a colheita, deixando o solo limpo, deve ser recomendada apenas em área com alto risco de infestação por lagartas Heliethinae, devendo ser realizada no final do ciclo da cultura antecedente. Esta aração também auxiliará na eliminação de possíveis rebrotas de algodão, que favorecem a ocorrência contínua de pragas como cochonilha do algodão, bicudo e outras. Este procedimento será, ainda, de maior contribuição para a redução da população de pragas quando ocorrer alta umidade do solo no período de entressafra (inverno chuvoso).

### **3.4. Rotação de culturas**

A monocultura, ou mesmo o sistema contínuo de sucessão do tipo algodão-algodão, tende a provocar a degradação física,

química e biológica do solo e a queda da produtividade das culturas. Segundo Root (1973), os pesquisadores que procuram técnicas ecológicas para o controle de pragas preveem a restauração da diversidade de plantas na agricultura. Estes esperam que a introdução de uma diversidade selecionada aos sistemas de cultivo promova a integração de algumas propriedades estáveis das comunidades naturais aos agroecossistemas. Lentz e Hanks (2005) e Tillmanet *et al.* (2004) trazem dados sobre os efeitos negativos ou positivos sobre as pragas locais ou inimigos naturais em função do sistema de cultivo.

As vantagens da rotação de culturas são inúmeras. Além de proporcionar a produção diversificada de alimentos e outros produtos agrícolas, se adotada e conduzida de modo adequado e por um período suficientemente longo, essa prática melhora as características físicas, químicas e biológicas do solo; auxilia no controle de plantas daninhas, doenças e pragas; repõe matéria orgânica e protege o solo da ação dos agentes climáticos e ajuda a viabilização do Sistema de Semeadura Direta e dos seus efeitos benéficos sobre a produção agropecuária e sobre o ambiente como um todo. O uso frequente de rotação de culturas proporciona ainda a morte de pragas por inanição e estimula a competição intraespecífica das pragas pela busca do alimento preferido (McNew, 1972; Silva *et al.*, 1997).

A escolha da cobertura vegetal do solo deve, sempre que possível, ser feita no sentido de obter-se grande quantidade de biomassa. Plantas forrageiras, gramíneas e leguminosas, anuais ou semiperenes, são apropriadas para essa finalidade. Além disso, deve ser dada preferência a plantas fixadoras de nitrogênio, com sistema radicular profundo e abundante, para promover a reciclagem de nutrientes.

Como abordado neste texto, várias práticas de caráter agrônomo com intuito obter plantas mais vigorosas e mais produtivas e práticas de conservação de solo e do ambiente podem ser consideradas importantes por trazer contribuição ao manejo de pragas do algodoeiro. Além disso, essas práticas devem ser entendidas como proativas, pois não se espera que elas controlem a praga, já que, na verdade, o ideal é que elas, por não serem curativas, em sua maioria, fossem adotadas de forma preventiva. É importante enfatizar que essas práticas serão mais eficientes se adotadas em consonância com as demais

práticas e de forma regional, pois os insetos e ácaros não são problemas de falta de sorte de apenas um produtor.

A ecologia e o comportamento da praga que resulta na definição aproximada da sua dinâmica populacional regional são de fundamental importância para o sucesso da adoção dessas práticas recomendadas. Por exemplo, o plantio precoce ou tardio, a cultura armadilha, a liberação de inimigos naturais na modalidade inoculativa e outras somente funcionarão apropriadamente se soubermos da dinâmica populacional das pragas ou da praga-alvo na região. No contexto, o MIP é o uso em consonância dessas práticas, que vão resultar no sucesso do programa com um todo.

Em conclusão, deve ficar claro ao produtor que as práticas recomendadas no método de controle cultural podem ser consideradas como sendo um conjunto de práticas agronômicas mais eficientes se adotadas em consonância às demais práticas e de forma regional, pois insetos e ácaros não são problemas de apenas um produtor. As práticas também possuem a função de manipular o ambiente, tornando-o menos favorável às pragas e que deve ser considerado além das divisas de lavouras e propriedades, pois insetos não reconhecem tais limites. Por terem efeito predominantemente preventivo à eficácia da adoção de uma ou mais dessas práticas culturais, não é facilmente medida como para outras práticas curativas, quando se quantifica a redução da infestação após a adoção ou a redução de perdas de produção após sua adoção.

## Referências bibliográficas

ARCHER, T. L.; ONKEN, A. B.; MATHESON, R. L.; BYNUM JUNIOR, E. D. Nitrogen fertilizer influence on greenbug (Homoptera: Aphididae) dynamics and damage to sorghum. **Journal Economic Entomology**, v.75, p.695-698, 1982.

BURT, E. C.; LLOYD, E.; SMITH, D. B. Control of the boll weevil mechanically destroying fallen infested cotton squares. **Journal of Economic Entomology**, v.62, n. 4, p. 862-865, 1969.

COOK, S. M.; ZEYAU, R. K.; PICKETT, J. A. The use of push-pull strategies in integrated pest management. **Annual Review of Entomology**, v. 52, p. 375-400, 2007.

COOPEL, H. C.; MERTINS, J. W. Environmental manipulations and cultural practices. In: **Biological insect pest suppression**. Berlin: Springer-Verlag, 1977. p.182-197.

DEGUINE, J. P.; GOZE, E.; LECLANT, F. 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. **International Journal of Pest Management**, v.46, n. 1, p.85-89, 2000.

DURAIMURUGAN, P.; REGUPATHY, A. Push-pull Strategy with Trap Crops, Neem and Nuclear Polyhedrosis Virus for Insecticide Resistance Management in *Helicoverpa armigera* (Hubner) in Cotton. **American Journal of Applied Sciences**, v. 2, n. 6, p. 1042-1048, 2005.

FARRELL T. **Cotton Pest Management Guide 2007–2008**. New South Wales Department of Primary Industries, Orange, Australia, 2007, 142 p.

HOWARD, L. O. **Insects affecting cotton plant**. USDA Experiment Station Bulletin 33, 1896.

KIM, M.; OOSTERHUIS, D. M. Effect of upper-canopy square removal before and after NAWF=5 plus 350 heat units on carbon partitioning from upper-canopy leaves to bolls lower in the canopy. In OOSTERHUIS, D.M. (Ed.). **Cotton research meeting and summaries**. Agric. Exp. Sta., University of Arkansas. Special Report n.188, 1998. p.174-176.

LENTZ, G.; HANKS, B. A. Impact of tillage systems on Thrips populations. Bel-twide Cotton Conferences, **Abstract**; New Orleans, 2005. p. 1811-1813.

McNEW, G. L. Concept of pest management. In: **Pest control strategies for the future**. Washington: Division Biological Agriculture, National Academy of Sciences, 1972. p.119-133.

NAGUIB, M., NASR KATTAB, A. Effect of cutting the terminal shoots (topping) of cotton plants on the population density of egg-masses of the cotton leafworm, *Spodoptera littoralis* (Boisd.) and on the cotton yield. **Agricultural Research Review**, v.56, p. 9-15, 1978.

NEVES, R. C. S., TORRES, J. B., SILVA, M. N. S. Época apropriada para a poda apical do algodoeiro para o controle de pragas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.12, p.1342-1350, 2010.

NEVES, R. C. S.; SHOWLER, A. T., PINTO, É. S., BASTOS, C. S.; TORRES, J. B.. Reducing boll weevil populations by clipping terminal buds and removing abscised fruiting bodies. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.146, p.276-285, 2013.

MALLY, F. W. **The Mexican cotton boll weevil**. USDA Farmers' Bulletin 130, 1901.

PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas. In: PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. **Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas**. São Paulo: Manole, 1991. p. 359.

RENOU, A.; TÉRÉTA, I.; TOGOLA, M. Manual topping decreases bollworm infestations in cotton cultivation in Mali. **Crop Protection**, v. 30, p. 1370-1375, 2011.

ROOT, E. P. Organization of a plant-arthropod association in simple and diverse habitats: the fauna of collards (*Brassica oleracea*). **Ecological Monograph**, v. 43, p. 95-124, 1973.

SALGADO, T. P.; ALVES, P. L. C. A.; MATTOS, E. D.; MARTINS, J. F.; HERNANDEZ, D. D. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura do algodoeiro (*Gossypium hirsutum*). **Planta Daninha**, v.20, n.3, p.373-379, 2002.

SCHNEIDER, J. C. Overwintering of *Heliothis virescens* (F.) and *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae) in cotton fields of northeast Mississippi. **Journal of Economic Entomology**, v. 96, n. 5, p. 1433-1447, 2003.

SCOTT, W. P.; ADAMS, D. A. The effects of row spacing on cotton pest populations and yield. In: Beltwide Cotton Conferences **Proceedings**, 1994. p.910-911.

SILVA, C. A. D.; RAMALHO, F. S.; ALMEIDA, R. P. **Manejo integrado de pragas do algodoeiro**. Campina Grande: EMBRAPA-CNPQ, 1997. (Folder).

SLANSKY JÚNIOR, F.; SCRIBER, J. M. Food consumption and utilization. In KERKUT, G. A.; GILBERT, L. I. eds. **Comprehensive insect physiology, biochemistry, and pharmacology**. Oxford: Pergamon, v. 4, 1985. p.87-163.

SUMMY, K. R., KING, E. G. Cultural control of cotton insects pest in the United States. **Crop Protection**, v. 11, p. 307-319, 1992.

SUNDARAMURTHY, V. T. The integrated insect management system and its effects on the environment and productivity of cotton. **Outlook on Agriculture**, v. 31, n. 2, p. 95-105, 2002.

TILLMAN, G.; SCHOMBERG, H.; SHARAD P. M. B.; LACHNICHT, S.; TIMPER, P.; OLSON, D. Influence of cover crops on insect pests and predators in conservation tillage cotton. **Biol. and Microbiol. Control**, v, 97, n. 4, p. 1217-1232, 2004.

VINCE, S. W.; VALIELA, I.; TEAL, J. M. An experimental study of the structure of herbivorous insect communities in a salt marsh. **Ecology**, v.62, p.1662-1678, 1981.

VRIE, M. V. de; DELVER, P. Nitrogen fertilization of fruit trees and its consequence for the development of *Panonychus ulmi* populations and the growth of fruit trees. **Recent Advances Acarology**, v.1, p.23-30, 1979.

WALKER, J. K., SMITH, C. W.. Cultural control. In **Cotton insects and mites: characterization and management**. The Cotton Foundation Publisher, Book Series no. 3, 1996.

WATSON, T. F.; CARASSO, M.; LANGSTON, D. T.; JACKSON, E. B.; FULLERTON, D. G. Pink Bollworm suppression through crop termination. **Journal of Economic Entomology**, v. 71, n.4, p. 638-641, 1978.

WU, K.; GUO, Y. On the cold hardiness of cotton bollworm, *Helicoverpa armigera*. **Acta Ecologica Sinica**, v.17, p. 298-302, 1997.

## CAPÍTULO 5.3

# Controle químico do bicudo-do-algodoeiro, *Anthonomus grandis*, Boheman (Coleoptera: Curculionidae)

**Geraldo Papa**

Unesp - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

**Fernando Juari Celoto**

Unesp - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

### Introdução

O bicudo-do-algodoeiro, *Anthonomus grandis* Boheman, é considerado uma das principais pragas do algodoeiro, pelos danos causados e pela dificuldade de controle. O bicudo foi relatado no Brasil pela primeira vez em 1983, atacando botões florais de lavouras de algodão localizadas nos arredores do Aeroporto de Viracopos, na região de Campinas (Habib & Fernandes, 1983). Atualmente está presente em todas as regiões produtoras (Azambuja, 2014).

Características como diapausa, ciclo biológico curto, alta capacidade reprodutiva e comportamento do inseto, tornam o controle da praga bastante difícil, sendo necessária a

implantação de programas de manejo integrado que tornem possível a convivência com a praga. O ataque normalmente se inicia a partir dos 40 dias após a emergência das plantas, com o aparecimento dos primeiros botões florais, iniciando-se pelas bordaduras, onde os insetos da primeira geração vão se distribuindo por toda a cultura, caracterizando uma infestação das bordas para o centro da lavoura (Santos, 2002).

Por conta das características bioecológicas do bicudo, é importante considerar ações regionais, com uso de táticas empregadas em conjunto para minimizar os danos provocados pela praga. As estratégias básicas de manejo do bicudo preconizadas pelos programas de controle baseiam-se em medidas que, adotadas em conjunto por todos os produtores de uma região, têm por objetivo eliminar a primeira geração da praga regionalmente. Dentre as estratégias, a aplicação de inseticida ao final da safra, juntamente com o desfolhante, visa diminuir a população para a próxima safra; eliminar soqueiras e tiguerras, seguindo a legislação; concentrar épocas de semeadura em 40 dias em macrorregiões produtoras; aplicar inseticidas nas bordaduras, a partir do primeiro botão floral e aplicações em área total quando for atingido o nível de controle.

## **Histórico do controle químico do bicudo**

Na década de 1920, nos Estados Unidos, os pesquisadores já haviam desenvolvido um sistema de manejo baseado principalmente em conceitos de ecologia aplicada, com uso de cultura-armadilha, destruição de restos de cultura e limpeza das áreas que pudessem servir como local de diapausa dos insetos. Com a descoberta do arseniato de cálcio para o controle do bicudo entre 1930 e 1940, desencadeou-se a ocorrência de surtos de pragas como a lagarta-das-maçãs, *Heliothis virescens*, e do pulgão, *Aphis gossypii*. Em 1943, resultados de pesquisas atestaram que o uso abusivo do arseniato de cálcio para o controle do bicudo destruía as populações de inimigos naturais e era o fator desencadeador dos surtos daquelas pragas. Assim, foram introduzidos os conceitos de amostragem e nível de controle, que passaram a ser utilizados pelos agricultores norte-americanos, levando à disseminação dos conceitos de Manejo Integrado de Pragas (MIP), a partir da década de

1970. A introdução dos inseticidas orgânicos sintéticos, após a Segunda Guerra Mundial, provocou uma revolução e um otimismo exagerado na área do controle de pragas, na qual o uso abusivo desses compostos levou a uma série de desequilíbrios, pois os agricultores deixaram de lado as técnicas baseadas em ecologia aplicada e passaram a usar calendários de aplicação. Após os organoclorados, surgiram os compostos organofosforados e carbamatos, que foram também largamente utilizados, inclusive em misturas com os clorados. Começaram, então, os casos de ressurgência, emergência de novas pragas, inclusive ácaros que eram desconhecidos na cultura do algodão. Cerca de cinco anos após a adoção dos inseticidas do grupo dos organoclorados nas lavouras algodoeiras, os mesmos inseticidas não controlavam mais bicudo, curuquerê-do-algodoeiro e pulgão, que se tornaram resistentes. Não se atribuiu importância a esse fenômeno até a constatação de resistência a inseticidas do grupo dos organoclorados em populações de bicudo oriundas da Luisiana, em 1955. No caso do bicudo, a principal mudança ocorrida em decorrência da constatação de resistência foi o aumento no uso de misturas de inseticidas ou a substituição total dos organoclorados pelos organofosforados. Cabe ressaltar que nunca houve detecção de linhagens resistentes do bicudo-do-algodoeiro a inseticidas do grupo dos organofosforados, sendo que esse é o motivo pelo qual representantes dessa classe de inseticidas ainda são largamente empregados no manejo da praga até hoje. Em 1978, foram introduzidos os inseticidas do grupo dos piretroides, que permitiram controlar com eficiência diversas pragas (Bastos *et al.*, 2005).

## **Controle químico**

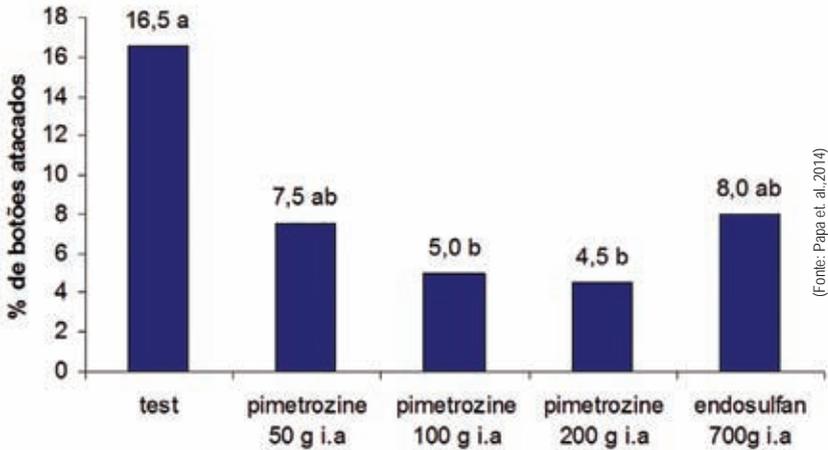
Em torno de 50% dos custos com inseticidas utilizados na cultura do algodoeiro é direcionado para o controle do bicudo, com pulverizações voltadas para o controle dos adultos, pois larvas e pupas desenvolvem-se dentro das estruturas reprodutivas, o que dificulta o contato com o produto. Estes são fatores que contribuem para reduzir a eficiência do controle químico e aumentar o número de aplicações. O algodoeiro é suscetível à perda de estruturas reprodutivas pelo ataque do bicudo por um longo período, o que requer monitoramento intenso e ação

de controle (Specht *et al.*, 2013).

Os inseticidas piretroides, aplicados isoladamente ou em misturas (*Tabela 2*), são os mais utilizados no controle químico do bicudo e contribuíram fundamentalmente para a viabilidade da cultura algodoeira desde que a praga foi introduzida no Brasil, em 1983. Entretanto, considerando que o uso de piretroides na lavoura algodoeira, pode ocasionar desequilíbrios nas populações de ácaros-praga por conta da repelência provocada nas populações dos ácaros-predadores e do aumento populacional de pulgões e moscas-brancas. Assim, a utilização deste grupo de inseticidas nos primeiros 80 dias de idade das lavouras pode desencadear a necessidade de realização de controle adicional para essas pragas. Baseado neste fato, a maior parte dos programas de manejo de pragas do algodoeiro não recomenda a utilização de piretroides antes dos 80 dias após a emergência das plantas. O produtor também deve considerar o complexo de pragas existentes na lavoura no momento da aplicação para optar por um inseticida mais adequado ao controle.

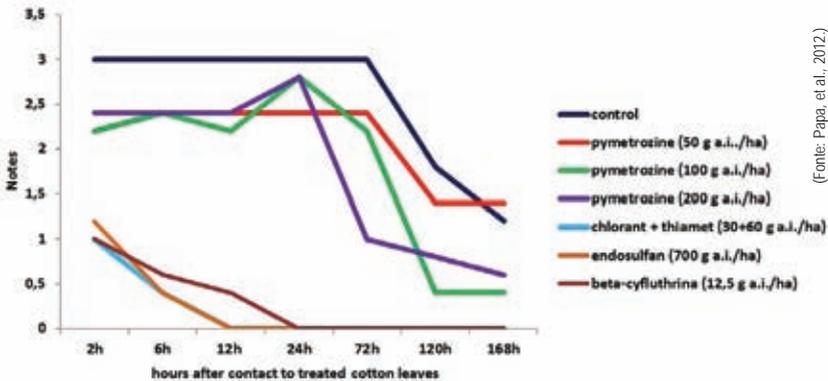
A aplicação na fase de primeiro botão floral pode proporcionar redução da primeira geração do bicudo, com intervalos de cinco dias. Outra medida é a proteção da carga produtiva com aplicações de inseticidas na fase em que ocorre a abertura do primeiro capulho, com intervalo de sete dias (Vivan, 2010).

Os inseticidas mais utilizados na fase inicial do controle da praga são os organofosforados e carbamatos, enquanto que após os 80 dias de idade do algodoeiro, os piretroides são mais utilizados. Recentemente, um inseticida do grupo dos bloqueadores seletivos de alimentação (pimetrozina) foi registrado para o controle do bicudo. A pimetrozina provoca descoordenação motora dos adultos, impedindo sua locomoção normal (*Figura 2*) e, conseqüentemente, reduzindo a reprodução e os danos nas plantas (*Figura 1*) e tornando os bicudos mais vulneráveis ao ataque de inimigos naturais, pela queda constante de adultos ao solo. A pimetrozina pode ser utilizada em rotação com os demais inseticidas registrados para o controle do bicudo em algodão.



(Fonte: Papa et al., 2014)

Figura 1. Efeito do inseticida Pimetrozine no controle do bicudo, *Anthonomus grandis*, em algodão. Porcentagem de botões atacados aos cinco dias após a quarta aplicação



(Fonte: Papa et al., 2012)

Figura 2. Notas médias do comportamento de locomoção de adultos do bicudo-do-algodoeiro, *Anthonomus grandis*, após caminhar por uma hora em folhas de algodão tratadas com inseticidas (notas: 0-bicudo morto; 1- bicudo com abdome voltado para cima e com pouco movimento de pernas; 2-bicudo com pouco movimento e sem coordenação; 3- bicudo com caminhar normal)

## Situação atual do controle químico do bicudo

As mudanças em curso na agricultura brasileira com plantios sucessivos e/ou concomitantes, embora proporcionem aumento de produção e otimização do uso do solo, favorecem a reprodução das pragas por conta da constante oferta de hospedeiros e a constante dispersão dos insetos de um cultivo para o outro. Com isso, a intensidade de ataque e a ocorrência de pragas têm aumentado e dificultado o controle; a solução está calcada quase que exclusivamente no controle químico. Assim, as pragas podem desenvolver resistência aos inseticidas, dificultando o controle e obrigando o agricultor a mudar de defensivo, aumentar a dose ou até mesmo misturar ou usar inseticidas mais tóxicos. Diante deste cenário, fica evidente que a cotonicultura moderna não será sustentável se não houver alternativas mais racionais para um manejo fitossanitário adequado, associando medidas culturais, biológicas, resistência genética e o uso de defensivos com perfil toxicológico favorável seja ao ambiente, seja aos consumidores e aplicadores de defensivos químicos.

No caso do bicudo, que se adaptou e se expandiu praticamente para todas as regiões produtoras com aumento significativo das infestações, o controle químico tem sido colocado à prova pelos produtores com algumas queixas de redução da eficiência, principalmente dos piretroides. Como o bicudo fica protegido nas plantas pelas brácteas que envolvem os botões florais, a principal forma de contaminação é via penetração pelos tarsos, por ocasião do caminhar dos adultos nas plantas, quando passam de um botão para outro. Assim, se a densidade de gotas nas folhas for insuficiente para a contaminação via tarso, haverá falhas de controle. A diminuição exagerada nos volumes de aplicação, principalmente nas pulverizações aéreas, embora proporcione melhor rendimento operacional, pode levar à densidade insuficiente de gotas em folhas, pedúnculos e ramos do algodoeiro para proporcionar a morte dos adultos, mesmo considerando que a dose/concentração do ingrediente ativo na área esteja garantida.

Pesquisas desenvolvidas recentemente no Laboratório de Manejo de Pragas da Unesp de Ilha Solteira/SP (Papa & Zanardi Jr., 2015, dados não publicados) evidenciam que os inseticidas mais utilizados para o controle do bicudo são eficientes na mortalidade de adultos em intoxicação via tarso (*Tabela 1*),

ou seja, quando os insetos caminham em folhas tratadas (*Figura 3*). Entretanto, são necessários mais estudos que possam verificar possíveis casos de desenvolvimento de populações resistentes ou a necessidade de ajustes em doses.

**Tabela 1.** Efeito de inseticidas, por meio de contaminação via tarso, no controle do bicudo-do-algodoeiro. Tratamentos, doses e porcentagem de eficiência de mortalidade 36 horas após exposição. Ilha Solteira/SP, 2015

	Tratamentos	Dose (g do i.a./ha)	%E
1.	betaciflutrina	12,5g	90
2.	betaciflutrina + imidacloprido	100	80
3.	lambdacialotria + tiametoxan	26,5	100
4.	lambdacialotria + tiametoxan	31,8	100
5.	fipronil	78	100
6.	zetacipermetrina	60	100
7.	lambdacialotrina	30	80
8.	metomil	322,5	50
9.	malathion	1000	100
10.	carbosulfano	700	70
11.	etofenproxi	105	90
12.	bifentrina	60	100
13.	tiametoxam + clorantraniliprole	50	100
14.	tiametoxam + clorantraniliprole	60	90
15.	pimetrozina	200	80
16.	Testemunha	--	--

(Fonte: Papa & Zanardi Jr, 2015 (dados não publicados))

(Fonte: Papa & Zanardi Jr, 2015, dados não publicados)



**Figura 3.** Metodologia utilizada nos testes de caminamento de adultos do bicudo em folhas tratadas com inseticidas

**Tabela 2.** Inseticidas registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento para controle do Bicudo do algodoeiro

Grupo químico	Nome técnico	Nome comercial	Dose
Álcool alifático	grandlure	Bio Bicudo Iscaleure BW 10 Luterape BW 10	1 armadilha a cada 4 ha
Antranilamida + neonicotinoide	clorantranilprole + tiametoxam	Volian Flexi	200 – 250 mL
Antranilamida + piretroide	clorantranilprole + lambda-cialotrina	Ampligo	300 – 400 mL
Éter difenílico	etofenproxi	Safety Trebun 100 SC	250 – 500 mL 500 – 750 mL
Fenilpirazol	etiprole	Curbix 200 SC	400 – 500 mL
Inorgânico precursor de fosfina	fosfeto de alumínio	Gastoxin Gastoxin-B 57 Gastoxin-S Phostek	Expurgo 2 pastilhas / m <sup>3</sup>
Metilcarbamato de benzofuramida	carbosulfano	Marshal Star	1000 mL
Metilcarbamato de oxima	metomil	Bazuka 216 SL Lannate Express Methomex 215 SL Rotashock	795 mL 800 mL 800 mL 800 mL
Neonicotinoide	tiametoxam	Adage 700 WS Cruiser 700 WS	300 g 300 g
Organofosforado	malationa	Malathion Prentiss Malathion UL Cheminova Malathion 1000 EC Cheminova	2 – 4 L 1000 mL 1 – 2 L
	metidationa	Supracid 400 EC Supration 400 EC	800 – 1800 mL 1000 mL
	parationa-metilica	Paracap 450 CS	1000 mL
Pirazol	fipronil	Fipronil Nortox 800 WG Klap Singular BR	100 g 375 mL 130 mL

Grupo químico	Nome técnico	Nome comercial	Dose
Piretroide	alfa-cipermetrina	Fastac 100 SC	300 mL
	beta ciflutrina	Bulldock 125 SC	80 – 100 mL
	beta ciflutrina + imidacloprido	Connect	750 – 1000 mL
	beta cipermetrina	Akito Optix	500 mL
	bifentrina	Bistar 100 EC Brigade 100 EC Capture 100 EC Capture 400 EC Talstar 100 EC	200 – 250 mL  150 mL 500 mL
	bifentrina + cipermetrina	Ametista	100 – 200 mL
	bifentrina + zeta-cipermetrina	Hero	100 – 200 mL
	cipermetrina	Arrivo 200 EC BRITBR Cipermetrina 250 EC CCAB Cipermetrina Nortox 250 EC Cipertrin Commanche 200 EC Cytrin 250 EC Galgotrin Perito	200 - 250 mL
	deltametrina	Decis Ultra 100 EC Decis 25 EC Decis 200 SC Dominador	100 mL 400 mL 50 mL 150 – 250 mL
	esfenvalerato	Sumidan 150 SC Sumidan 25 EC	165 – 200 mL 1000 mL
	fentrotiona	Sumithion UBV Sumithion 500EC	800 mL 1500 mL
	fenpropratrina	Danimen 300 EC Meothrin 300 Sumirody 300	350 – 400 mL
	gama-cialotrina	Fentrol Nexide Stallion 150 CS Stallion 60 CS	150 – 250 mL 70 – 100 mL 70 – 100 mL 180 – 250 mL

Piretroide	lambda-cialotrina	Ares 250 CS Brasão Judoka Kaiso Karate Zeon 250 CS Karate Zeon 50 CS Lambda-cialotrina CCAB 50 EC Lecar Toreg 50 EC Trinca Trinca Caps	60 mL 300 mL 300 mL 60 mL 60 mL 300 mL 300 mL 300 mL 300 mL 300 mL 60 mL
	zeta-cipermetrina	Fury 180 EW Fury 200 EW Mustang 350 EC	160 mL 200 – 250 mL 200 mL
Piretroide + metilcarbamato de benzofuranila	bifentrina + carbosulfano	Talisman	1000 mL

## Referências bibliográficas

AGUILLERA, L. A.; BOTTAN, A. J. Avaliação de inseticidas para o controle do bicudo do algodoeiro (*Anthonomus grandis*). Campo Verde, 2005. 12p. Disponível em: <[http://antigo.facual.org.br/pesquisa/arquivos/PROJETO\\_DE\\_BICUDO\\_RELATORIO\\_FINAL.pdf](http://antigo.facual.org.br/pesquisa/arquivos/PROJETO_DE_BICUDO_RELATORIO_FINAL.pdf)>

AZAMBUJA, R.; DEGRANDE, P. E. Trinta anos do bicudo-do-algodoeiro no Brasil. Arquivos. Inst. Biol., São Paulo. Disponível em : <<http://www.scielo.br/pdf/aib/2014nahead/1808-1657-aib-1808-1657000012013.pdf>>

BASTOS, C. S.; PEREIRA, M. J. B.; TAKIZAWA, E. K.; OHL, G.; AQUINO, V. R. de. **Bicudo do algodoeiro: Identificação, Biologia, Amostragem e Táticas de controle.** EMBRAPA: Campina Grande. 2005. 31p. (Circular Técnica).

BARROS, R., NOGUEIRA, R., SORIA, M. F., DEGRANDE, P. E. **Controle químico do bicudo do algodoeiro.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 2003, Goiânia, CD-ROM.

BARROS, R.; SILVA, R. L.; CORDELLINI, M. H.; ARAMAKI, P.; DEGRANDE, P. E. **Eficiência do thiametoxam 250 WG em bateria de aplicações no controle do bicudo-do-algodoeiro.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 5, 2005, Salvador, BA. *Resumos.* Salvador: Embrapa Algodão, 2005. CD-ROM.

BELLETINI, S. *et al.* Diferentes inseticidas e doses no controle do bicudo do algodoeiro *Anthonomus grandis* Boheman, 1843. In: XXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA. Disponível em: <[http://www.seb.org.br/cbe2012/trabalhos/961/961\\_1.pdf](http://www.seb.org.br/cbe2012/trabalhos/961/961_1.pdf)>

BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, D. M. P. **O agronegócio do algodão no Brasil**. Brasília: EMBRAPA. (2ª ed.). 2008, 570 p.

DAVICH, T. B. The boll weevil – lookin’ for a home. In: ADAMS, J. (Ed.). **Insect potpourri: adventures in entomology**. Gainesville: Sandhill Crane, 1992. p.186-191.

DEGRANDE, P. E.; CARVALHO, E.; BRENDA, C. E. Oeste baiano contra o bicudo. **Cultivar Grandes Culturas**, Pelotas, n.30, p.08- 12, 2001.

FACUAL – FUNDO DE APOIO A CULTURA DO ALGODÃO. **Algodão: Pesquisas e Resultados Para o Campo**. Cuiabá, 2006, 390p.

HABIB, M. E. M.; FERNANDES, W. D. *Anthonomus grandis* Boheman (Curculionidae) já está na lavoura algodoeira do Brasil. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v.58, n.1-2, p.74, 1983.

PAPA, G.; CELOTO, F. J.; NANUCI, R. L.; MONTORO, V. B.; ZANARDI JÚNIOR, J. A.; STROPA, R. K. Activity of the selective feeding blocker insecticide (pimetrozine) on the control of the boll weevil, *Anthonomus grandis*, in cotton. In: 2012 Beltwide Cotton Conferences, 2012, Orlando. **Abstract**, 2012 Beltwide Cotton Conferences. Orlando, 2012. v. 1. p. 838-842.

PAPA, G.; CELOTO, F. J.; MONTORO, V. B.; ZANARDI JÚNIOR, J. A.; BARBOSA, E. V. C. Effect of pymetrozine on square protection and emergence of adults of the boll weevil, *Anthonomus grandis*, in cotton. In: 2014 BELTWISE COTTON CONFERENCES, 2014, New Orleans. **Abstract**, Beltwide Cotton Conferences, 2014. v. 1. p. 758-761.

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

SANTOS, W. J. Bicudo e brocas no algodão. **Cultivar Grandes Culturas**, Pelotas, n.36, p.12-16, 2002.

SANTOS, R. L.; NEVES, R. C. S.; COLARES, F.; TORRES, J. B. Parasitoides do bicudo *Anthonomus grandis* e predadores residentes em algodoeiro pulverizado com caulim. **Semina**, V.34, P.3463-3474, 2013.

SILVA, C. A. Supressão do bicudo em algodoeiro. **Cultivar Grandes Culturas**, Pelotas, n.154, p.8-9, 2012.

SPECHT, A.; SOZA-GÓMEZ, D. R.; PAULA-MORAES, S. V.; YANO, S. A. Identificação morfológica e molecular de *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) e ampliação de seu registro de ocorrência no Brasil. **Pesq. Agropecu. Bras.** v.48, p.689-692, 2013.

VIVAN, L. Fitossanidade – Algodão. **Revista A Granja**. 2010.

## CAPÍTULO 5.4

# O controle biológico do bicudo-do-algodoeiro

**Francisco de Sousa Ramalho**

Embrapa Algodão

**José Bruno Malaquias**

Embrapa Algodão

## Introdução

Uma das estratégias de manejo do bicudo — *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) (*Figura 1*) — é o controle biológico, que consiste na utilização de inimigos naturais por meio da manipulação de hospedeiros da praga, meio ambiente e seus entomopatógenos (fungos, bactérias e vírus), predadores

(Foto: F. S. Ramalho)



**Figura 1.** Adulto do bicudo, (*Anthonomus grandis* Boheman)

e parasitoides, tornando-os mais efetivos contra a praga.

Entomopatógenos, predadores e parasitoides são importantes no controle de pragas em qualquer parte do mundo, entretanto, nos trópicos, eles são bem mais importantes (Whitcomb, 1953).

Do ponto de vista ecológico, o controle biológico é uma parte do controle natural e que pode ser definido como a regulação de um organismo dentro de certos limites por qualquer combinação de fatores naturais, classificados como abióticos e bióticos.

Em programas de manejo do bicudo, o controle biológico natural, ou seja, aquele que ocorre sem a interferência do homem, assume uma importância de grande relevância do ponto de vista econômico, ecológico e social. Entretanto, o aplicado também tem muito valor e engloba a introdução e a manipulação de inimigos naturais pelo homem, visando à redução dos danos que poderão ser causados pelo bicudo a níveis toleráveis.

No Brasil, programas de controle do bicudo que visem a liberação e/ou conservação de inimigos naturais nativos nos agroecossistemas são bastante promissores ecológica e economicamente, pois os ecossistemas brasileiros têm um rico complexo de inimigos naturais. O bicudo é atacado por um grupo diverso de inimigos naturais.

Pesquisadores brasileiros têm mostrado a importância ecológica e econômica de se utilizar parasitoides e predadores como uma estratégia para reduzir populações de bicudo (Ramalho *et al.*, 1986; Araújo *et al.*, 1991, Ramalho & Wanderley, 1996; Araújo *et al.*, 1999; Ramalho *et al.*, 2000; Ramalho & Dias, 2003). Assim sendo, propõe-se aqui apresentar informações a respeito do controle biológico natural e aplicado do bicudo *A. grandis* nos agroecossistemas do algodoeiro do Brasil.

## **1. Prospecção de inimigos naturais do bicudo**

Com a introdução do bicudo no Brasil, em 1983, pesquisadores brasileiros iniciaram o trabalho de prospecção de inimigos naturais (entomopatógenos, predadores e parasitoides) nos diferentes agroecossistemas do algodoeiro do Brasil. Esses estudos geraram bastantes informações, que nos levaram a acreditar no potencial desses organismos como agentes de

controle biológico dessa praga.

Apesar de serem importantes agentes reguladores de populações de pragas do algodão, pouco se conhece a respeito dos entomopatógenos do bicudo que ocorrem naturalmente nos agroecossistemas do Brasil. Entretanto, Ramalho *et al.* (1993) encontraram larvas de bicudo atacadas por um vírus na Região Nordeste.

A maioria das pesquisas utilizando entomopatógenos contra o bicudo, no Brasil, foi feita com o fungo *Beauveria bassiana* (Bals.-Criv.) Vuill. (*Figura 2*), cuja ocorrência em condições naturais tem sido registrada com certa frequência, enzooticamente ou provocando epizootias (Andrade *et al.*, 1984; Camargo *et al.*, 1984; Pierozzi Júnior & Habib, 1993). Por sua vez, estudos têm sido realizados sobre a suscetibilidade do bicudo (McLaughlin, 1962; Camargo *et al.*, 1985), a viabilidade dos esporos (Batista Filho & Cardelli, 1986) e a eficiência (Gutierrez, 1986; Coutinho & Oliveira, 1991; Almeida & Diniz, 1997; Silva, 2001) a outros fungos entomopatogênicos. O impacto de *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin nas populações do bicudo (*Figura 3*) foi reportado por Jamarillo & Alves (1986),

(Fotos: F. S. Ramalho)



**Figura 2.** Bicudo adulto parasitado por *Beauveria bassiana* (Bals.-Criv.) Vuill. (Almeida *et al.*, 2008)



**Figura 3.** Bicudo adulto parasitado por *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin (Almeida *et al.*, 2008)

Oliveira (1991), Almeida & Diniz (1997) e Almeida (1998).

De acordo com Pierozzi (1989), a bactéria *Serratia marcescens* Bizio e o fungo *Isaria* sp., algumas vezes, causam mortalidade do bicudo em campos de algodão na Região Sudeste. Acredita-se que o uso de feromônios com entomopatógenos pode ser, para o cotonicultor, uma ferramenta que poderá ser utilizada para reduzir as populações do bicudo (Coutinho & Cavalcante, 1988).

Cientistas começaram recentemente a entender o papel desempenhado pelos predadores nos ecossistemas agrícolas, bem como os impactos que ocorrem quando esses predadores são eliminados dos sistemas agrícolas. Portanto, apresentaremos novas evidências que mostram a importância dos predadores dentro da cadeia alimentar dos agroecossistemas do algodoeiro. Estudos conduzidos no Brasil relataram a ocorrência de 13 espécies de parasitoides (*Tabela 1*) e dez espécies de predadores (*Tabela 2*) de *A. grandis* (Ramalho & Wanderley, 1996). Dentre os principais fatores bióticos de mortalidade natural, as espécies *Catolaccus grandis* (Burks) (Hymenoptera: Pteromalidae) (*Figuras 4 a 7*) e *Bracon vulgaris* Ashmead (Hymenoptera: Braconidae) (Ramalho *et al.*, 1993) (*Figuras 8 a 11*) são as que têm maior impacto na redução de populações dessa praga (Ramalho & Wanderley, 1996). A espécie *C. grandis* está sincronizada com a ocorrência do bicudo atacando os botões florais; já a espécie *B. vulgaris*, com o bicudo atacando as maçãs. Todavia, devemos lembrar que todas as espécies de predadores e parasitoides encontradas naturalmente nos agroecossistemas do algodoeiro deverão ser preservadas e utilizadas contra o bicudo, como controle biológico natural. O sucesso desse vai depender da utilização de práticas agrícolas ecologicamente vantajosas, isto é, aquelas que beneficiem os inimigos naturais e prejudiquem a praga.

**Tabela 1.** Parasitoides do bicudo na América do Sul (Ramalho & Wanderley, 1996)

Parasitoides	Famílias	Países	Referências
<i>Bracon kirkpatrick</i>	Braconidae	Colômbia	Álvarez (1990)
<i>Bracon mellitor</i>	Braconidae	Brasil	Araújo <i>et al.</i> (1991)
<i>Bracon vestitica</i>	Braconidae	Venezuela	Cross & Chesnut (1971)
<i>Bracon</i> spp.	Braconidae	Brasil	Pierozzi (1989)
<i>Bracon</i> spp.	Braconidae	Brasil	Ramalho <i>et al.</i> (1986)
<i>Bracon vulgaris</i>	Braconidae	Brasil	Ramalho & Gonzaga (1990)
<i>Urosigalphus rubicorporis</i>	Braconidae	Brasil	Ramalho & Gonzaga (1990)
<i>Catolaccus grandis</i>	Pteromalidae	Brasil/Colômbia	Ramalho <i>et al.</i> (1986); Álvarez (1990)
<i>Catolaccus hunteri</i>	Pteromalidae	Brasil/Colômbia	Ramalho <i>et al.</i> (1986); Álvarez (1990)
<i>Heterospilus</i> spp.	Pteromalidae	Colômbia	Álvarez (1990)
<i>Protolaccus</i> spp.	Pteromalidae	Colômbia	Álvarez (1990)
<i>Eupelmus cushmani</i>	Eupelmidae	Brasil	Pierozzi (1989)
<i>Eupelmus</i> sp.	Eupelmidae	Brasil	Ramalho & Gonzaga (1990)
<i>Eurytoma</i> sp.	Eurytomidae	Brasil	Ramalho & Gonzaga (1990)
<i>Hyalomyodes brasiliensis</i>	Tachinidae	Brasil	Pierozzi (1989)
Não identificado	Ichneumonidae	Brasil	Araújo <i>et al.</i> (1991)
Não identificado	Bethylidae	Brasil	Ramalho & Gonzaga (1990)

**Tabela 2.** Predadores do bicudo na América do Sul (Ramalho & Wanderley, 1996)

Predadores	Famílias	Países	Referências
<i>Comptonotus sericeiventris</i>	Formicidae	Brasil	Pierozzi (1989)
<i>Solenopsis</i> spp.	Formicidae	Brazil	Pierozzi (1989)
<i>Latrodectus geometricus</i>	Theridiidae	Brasil	Pierozzi (1989)
<i>Solenopsis geminata</i>	Formicidae	Brasil	Ramalho & Silva (1993)
<i>Crematogaster</i> spp.	Formicidae	Brasil	Ramalho & Silva (1993)
<i>Pheidole</i> spp.	Formicidae	Brasil/Venezuela	Marengo <i>et al.</i> (1987); Ramalho & Silva (1993)
<i>Brachygastra lecheguana</i>	Vespidae	Brasil	Soares & Lara (1994)
<i>Conomyrma</i> sp.	Formicidae	Brasil	Dado não publicado
<i>Euborellia annulipes</i>	Anisolabidae	Brasil	Lemos <i>et al.</i> (2003)
<i>Neivamyrmex</i> sp.	Formicidae	Colômbia	Dado não publicado

Esses agentes de controle biológico natural contribuem para o controle do bicudo nos diferentes agroecossistemas do algodoeiro, alimentando-se externamente das formas imaturas (larvas e pupas) de *A. grandis*; daí eles serem chamados de ectoparasitoides.

Sabe-se que no Brasil ocorrem duas espécies de parasitoides

des que poderão ser usadas com sucesso contra o bicudo: *C. grandis* (Figura 4) e *B. vulgaris* (Figura 8). Estudos conduzidos por Morales-Ramos e King (1991) e Ramalho *et al.* (1998) mostraram que a fêmea de *C. grandis* tem grande capacidade de busca, conseguindo localizar e parasitar as larvas do bicudo dentro dos botões florais, mesmo quando submetida a baixas densidades do hospedeiro. Tais características indicam que esse parasitoide é um excelente candidato para ser usado em liberações inundativas contra o *A. grandis* nos agroecossistemas de algodoeiro herbáceo do Brasil (Ramalho *et al.*, 1998).

## 2. Controle biológico natural do bicudo

O controle biológico natural é aquele que ocorre pela ação constante de agentes biológicos nativos (entomopatógenos, predadores e/ou parasitoides) contra a praga. Esse controle é chamado natural porque ocorre sem a intervenção direta do homem na manipulação dos organismos benéficos; podendo o cotonicultor preservá-los e, muitas vezes, incrementar sua ação contra a praga por meio de tomadas de decisões (rotação de culturas, consórcio de diferentes espécies vegetais, arquitetura de plantas, espaçamento, área de refúgio constituída especialmente de plantas nativas), que serão benéficas para a ação dos inimigos naturais.

A conservação de inimigos naturais nos ecossistemas agrícolas, especialmente visando ao controle do bicudo, envolve a manipulação do próprio ecossistema a fim de garantir sobrevivência, reprodução, fecundidade, longevidade e o comportamento desses agentes de controle, proporcionando a supressão das populações da praga.

Nos agroecossistemas do algodoeiro do Brasil ocorre, às vezes, em determinada fase de desenvolvimento da cultura, uma relação de equilíbrio do bicudo e seus agentes de controle natural biótico (parasitoides, predadores e/ou entomopatógenos) e abióticos (alta temperatura e baixa umidade do solo). Todavia, essa relação de equilíbrio poderá ser quebrada no momento em que o cotonicultor tomar uma decisão incorreta, como, por exemplo, aplicações de determinados inseticidas químicos contra o bicudo. Tal decisão causará desequilíbrios biológicos por causa da ação direta desses inseticidas contra os inimigos

naturais (predadores e/ou parasitoides) do bicudo, causando a morte desses agentes de controle, e também da indireta, por causa do fato de os predadores e parasitoides necessitarem de presas e hospedeiros, respectivamente, para sobreviver e reproduzir-se no agroecossistema.

Portanto, para se ter sucesso com o controle biológico natural do bicudo, é necessário que o cotonicultor utilize práticas agrícolas que sejam favoráveis aos inimigos naturais e desfavoráveis à praga. Ademais, o cotonicultor poderá melhorar significativamente a eficiência do controle biológico natural do bicudo com a utilização do controle biológico aplicado. De acordo com Ramalho e Wanderley (1996), as mortalidades naturais do bicudo no Agreste da Paraíba em 1989 e 1990, em virtude de fatores bióticos (predação, parasitismo e doença) e abióticos (dessecação de larvas, pupa e/ou adulto pré-emergente), foram 32% e 39%, respectivamente, com parasitismo abaixo de 10%. Entretanto, quando foi utilizado o controle biológico aplicado por meio de liberações inundativas do parasitoide *C. grandis*, o parasitismo foi acima de 80% (Ramalho *et al.*, 2000). Portanto, o controle biológico aplicado do bicudo no Brasil com a utilização de parasitoides (*C. grandis* e *B. vulgaris*), oriundos de sua produção automatizada em laboratório e com liberações inundativas periódicas de controle nos agroecossistemas do algodoeiro, mostra-se técnica e logisticamente viável.

### **3. Controle biológico aplicado do bicudo**

#### **3.1. Caracterização e modo de ação dos parasitoides *C. grandis* e *B. vulgaris***

As fêmeas de *C. grandis* (Figura 4) preferem parasitar larvas de bicudo que se encontram em botões caídos ao solo, isto é, larvas de 3<sup>o</sup> instar. Por outro lado, as fêmeas de *B. vulgaris* (Figura 8) preferem parasitar larvas do bicudo, quando as maçãs atacadas ainda se encontram na planta (Ramalho & Wanderley, 1996).

#### ***Catolaccus grandis* (Burks) (Hymenoptera: Pteromalidae)**

De acordo com Ramalho *et al.* (1998), a ação de *C. grandis*



Figura 4.- Fêmea adulta de *Catolaccus grandis* (Burks), parasitoide do bicudo

nas populações do bicudo dá-se por meio da paralisação e/ou parasitismo. Paralisação é um tipo de ataque em que a fêmea de *C. grandis* imobiliza a larva do bicudo (Figura 4), através da injeção de toxinas no corpo do hospedeiro, mas não realiza postura sobre a larva ou nas paredes internas do botão floral, mas, algumas vezes, se alimenta da hemolinfa da larva e, geralmente, causa a morte do hospedeiro. De acordo com Ramalho *et al.* (1998), 1.200 larvas e 810 pupas do bicudo paralisadas morreram em virtude da ação da toxina injetada pelas fêmeas do parasitoide. O parasitismo ocorre pela ação direta da larva no hospedeiro. Isso mostra que apenas a introdução de toxinas pela fêmea no interior da larva do bicudo é suficiente para causar-lhe a morte. Então, a ação de *C. grandis* como agente regulador de populações do bicudo não se deve somente ao ectoparasitismo das larvas, mas também à ação parasítica das fêmeas adultas através da introdução de toxinas no interior do hospedeiro, levando-o à morte. No caso de parasitismo, a fêmea introduz seu ovipositor (Figura 4) no botão floral até penetrar a larva do bicudo, injetando toxinas no corpo do hospedeiro. Em seguida, a fêmea do parasitoide realiza a postura, colocando um ou mais ovos (Figura 5) sobre a larva do bicudo e/ou paredes internas do botão floral, e, com o passar do tempo, ocorre a eclosão das larvas. As larvas recém-eclodidas (Figura 6) começam a alimentar-se da parte externa do hos-

pedeiro (ectoparasitoide), causando-lhe a morte. A fêmea do parasitoide produz um tubo de alimentação, que é secretado pelas paredes do ovipositor após a retirada de dentro do hospedeiro, deixando formado esse tubo que conecta o hospedeiro ao exterior do botão floral. Logo após a retirada do ovipositor de dentro do hospedeiro, a fêmea de *C. grandis* alimenta-se do líquido exsudado pela parte terminal externa do tubo.

(Foto: F. S. Ramalho)



Figura 5. Ovos de *Catolaccus grandis* (Burks), parasitoide do bicudo

O número de ataques das fêmeas de *C. grandis* varia em função da temperatura ambiente, atingindo o ótimo a 30°C. Conforme a temperatura ultrapassa os 30°C, o número de ataques realizados pelas fêmeas do parasitoide é reduzido; o mesmo ocorre com a paralisação do hospedeiro. Entretanto, no caso de parasitismo, ocorre o inverso, conforme aumenta a temperatura, aumenta também o número de hospedeiros parasitados, isto é, 57 (a 20°C) e 89 (a 30°C) larvas parasitadas. Cada fêmea desse parasitoide ataca 4 e 6 larvas de *A. grandis* por dia e oviposita em média 1 e 8 ovos por dia, a 20°C e 30°C, respectivamente. Todavia, o número de ovos produzidos e ataques realizados pelas fêmeas variam em função da temperatura e da sua idade.

Os ovos desse parasitoide (*Figura 5*) apresentam-se oblongos, brancos e translúcidos, medindo de 0,61 mm a 0,92 mm

e recobertos por pequeníssimos espinhos, exceto na sua parte posterior e final, onde apresenta uma substância adesiva para a fixação à larva de seu hospedeiro (Wanderley & Ramalho, 1996). As durações dos períodos embrionários de fêmeas e machos são de 0,50 a 1,96 dia. À temperatura constante de 38°C, os ovos do parasitoide perdem água e não ocorrem eclosões de larvas. A larva (*Figura 6*) ao eclodir apresenta 13 segmentos e comprimento de 0,63 mm a 0,92 mm; sua eclosão ocorre por orifício feito pelo par de mandíbulas, extremamente afiadas, localizado na parte posterior do córion. A larva alimenta-se sobre o hospedeiro (ectoparasitoide), mas nunca no mesmo local. O tempo de desenvolvimento das larvas que dão origem a machos varia de 3 a 11 dias, e o das fêmeas, de 2 a 11. O canibalismo desse parasitoide ocorre na fase larval, a partir do primeiro ínstar. O início da formação de pupas (*Figura 7*) que dão origem a machos ocorre de 0,29 a 3,00 dias após a quarta ecdise, e, naquelas que dão origem a fêmeas, ocorre de 0,24 a 3,46 dias após a quarta ecdise. A larva cessa de alimentar-se na fase de pré-pupa, quando se desprende do hospedeiro, deixando-o completamente destruído. A pupa recém-formada apresenta coloração branca e comprimento de 2 mm a 4 mm. Logo após esse período, a cabeça torna-se preta, e a pupa adquire uma coloração marrom-avermelhada, com tendência a escurecer até, finalmente, tornar-se completamente preta (*Figura 7*).

(Foto: F. S. Ramalho)



**Figura 6.** Larva de *Catolaccus grandis* (Burks), parasitoide do bicudo

É nessa fase que se verifica o dimorfismo sexual.

Na sua fase adulta (*Figura 4*), as fêmeas de *C. grandis* apresentam-se maiores que os machos, com o abdômen longo e afinado na extremidade, em forma de cunha. Macho e fêmea apresentam comprimentos de 2 mm a 3 mm e de 3 mm a 5 mm, respectivamente. Os machos apresentam coloração preta, com uma área transparente no pequeno abdômen. Os olhos do adulto de *C. grandis* mostram-se vermelhos e brilhantes sob a luz, e o fêmur, castanho-amarelado, características que, de acordo com Johnson *et al.* (1973), diferenciam essa espécie das outras, principalmente de *Heterolaccus hunteri* (Crawford) (Hymenoptera: Pteromalidae).

As durações da fase de pupa e do período de ovo à emergência de machos adultos de *C. grandis*, independentemente da temperatura, são inferiores às das fêmeas adultas. A velocidade de desenvolvimento de cada parasitoide, fase e forma jovem de *C. grandis*, varia de acordo com a temperatura, e, por conseguinte, com a região e a época do ano. Portanto, a temperatura exerce um papel importante na determinação do número de gerações desse parasitoide. O bicudo não é mais tolerante que *C. grandis* a altas temperaturas. De acordo com Bachelier *et al.* (1975) e Sharpe e Hu (1980), o bicudo alimentado com botões florais e submetido à temperatura de 34°C começa a ter estresse no desenvolvimento. Logo, as velocidades

(Foto: F. S. Ramalho)



Figura 7. Pupa de *Catolaccus grandis* (Burks), parasitoide do bicudo

de desenvolvimento de *A. grandis* (Figura 1) são idênticas às de *C. grandis* (Figura 4), quando submetidos às mesmas temperaturas (Bachelier *et al.*, 1975). Isso sugere que *C. grandis* e *A. grandis* têm adaptações fisiológicas aos mesmos limites de temperaturas. Quando o bicudo se alimenta de maçãs, no entanto, a velocidade de desenvolvimento diminui (Sharpe & Hu, 1980). Portanto, o bicudo é mais vulnerável a parasitismo quando se alimenta de maçãs.

Em relação a *Catolaccus grandis* quando exposto a 20°C e 25°C, os machos (20°C, 57 dias; 25°C, 52 dias) vivem mais que as fêmeas (20°C, 47 dias; 25°C, 45 dias); entretanto, quando a 30°C, as fêmeas (19 dias) vivem mais que os machos (16 dias). Os períodos de oviposição e alta fecundidade de *C. grandis* decrescem à medida que as fêmeas são expostas a temperaturas mais elevadas. Já para as fêmeas expostas a 20°C, 25°C e 30°C, os períodos de alta fecundidade começam quando atingem 11, 4 e 4 dias, e terminam aos 46, 30 e 19 dias de idade, com durações de 36, 27 e 16 dias, respectivamente (Ramalho *et al.*, 1998). Os declínios de fecundidade das fêmeas de *C. grandis* submetidas a 20°C, 25°C e 30°C começaram quando elas alcançaram, respectivamente, 47, 31 e 20 dias de idade e terminaram com a morte. Por conseguinte, existe uma tendência de o aumento da temperatura antecipar o início do declínio de fecundidade das fêmeas do parasitoide. As fêmeas de *C. grandis* produzem durante toda a sua vida uma média de 75, 173 e 254 ovos por fêmea, respectivamente, a 20°C, 25°C e 30°C. Do total de ovos produzidos por fêmea a 20°C, 25°C e 30°C, uma média de 70, 128 e 218, respectivamente, chega a produzir larvas.

Os valores de reprodução de fêmeas de *C. grandis* foram estimados por Ramalho *et al.* (1998), os quais afirmaram que as informações referentes aos valores de reprodução das fêmeas do parasitoide, quando se encontram em diferentes faixas de idade e temperaturas, são importantes em programas de controle biológico. Essas informações permitem que se decida em que idade das fêmeas se deve liberá-las nos agroecossistemas do algodoeiro, visando à redução das populações do bicudo sob determinadas condições climáticas. Para as temperaturas de 20°C e 25°C, os valores de reprodução máximos correspondem a fêmeas adultas de *A. grandis* com aproximadamente

sete dias de idade; enquanto que a 30°C, o valor de reprodução máximo corresponde a fêmeas adultas recém-emergidas de *C. grandis*. De acordo com Ramalho *et al.* (1998), em programas de controle biológico do bicudo com uso de liberações inoculativas — nos quais as reduções das populações do bicudo são obtidas por meio de progênes das populações liberadas do parasitoide, a idade ideal de *C. grandis* para fins de liberações deve ser aquela com o mais alto valor de reprodução, isto é, a 20°C ou 25°C, fêmeas adultas com aproximadamente uma semana de idade, e a 30°C, fêmeas adultas recém-emersas. No caso do uso deliberações inundativas, a idade ideal para liberações das fêmeas adultas de *C. grandis* deve ser aquela em que ocorre alta capacidade de ataque, isto é, entre 4 e 41 dias (a 20°C), 4 e 32 dias (a 25°C) e 3 e 20 dias (a 30°C) de idade.

### ***Bracon vulgaris* Ashmead (Hymenoptera: Braconidae)**

Esse braconídeo é um ectoparasitoide do bicudo e sua ocorrência no agroecossistema do algodoeiro está sincronizada com o surgimento de maçãs atacadas pelo bicudo na cultura.

Os adultos de *B. vulgaris* são de cor amarelada, medindo os machos e as fêmeas, respectivamente, 2,86 mm e 3,29 mm de comprimento (Wanderley *et al.*, 2007).

A fêmea (*Figura 8*), ao localizar a maçã atacada pelo bicudo, introduz o ovipositor na maçã até atingir a larva, injetando toxinas no hospedeiro, as quais imediatamente paralisam a larva. Em seguida, ela oviposita um ou mais ovos (*Figura 9*) sobre a larva e/ou nas paredes internas da maçã.

Os ovos de *B. vulgaris* (*Figura 9*) medem cerca de 1 mm de comprimento, apresentando-se alongados, com uma das extremidades arredondada e com diâmetro maior que a extremidade oposta, que se apresenta pontiaguda. Os ovos são de cor branca, translúcidos e aderem ao corpo da larva hospedeira pela extremidade mais fina, pela ação de uma substância adesiva proveniente da fêmea do parasitoide, ou ficam aderidos às paredes internas da maçã. Na fase de ovo, o parasitoide suporta bem as variações de temperatura, no intervalo entre 18°C e 35°C. Todavia, a 38°C, ocorre o ressecamento de ovos, o que impede a eclosão de larvas. A duração da fase de ovo varia de 0,66 (a 35°C) a 1,90 dia (a 18°C). As larvas recém-eclodidas do parasitoide (*Figura 10*) são

(Foto: F. S. Ramalho)



**Figura 8.** Fêmea adulta de *Bracon vulgaris* Ashmead, parasitoide do bicudo

de cor branca e ativas, medindo logo após a eclosão 0,86 mm de comprimento, e apresentam 11 segmentos. Elas eclodem por orifícios feitos no ovo, utilizando as mandíbulas, e imediatamente passam a alimentar-se, externamente, do hospedeiro, inserindo as mandíbulas através da cutícula, chegando a consumir quase que totalmente a larva, sem, no entanto, penetrar o corpo (ectoparasitoide) em nenhum momento (Wanderley *et al.*, 2007).

(Foto: F. S. Ramalho)



**Figura 9.** Ovos de *Bracon vulgaris* Ashmead, parasitoide do bicudo

A fase larval de *B. vulgaris* apresenta quatro instares e sua duração varia de dois (a 35°C) a oito dias (a 18°C). Não ocorre canibalismo entre larvas e ovos desse parasitoide. Ao final do quarto instar, a larva deixa de alimentar-se, então se afasta do hospedeiro e inicia a construção de um casulo (*Figura 11*), dentro do qual permanece durante toda a fase de pupa (*Figura 11*). Essa fase de abandono do hospedeiro e construção do casulo caracteriza a fase de pré-pupa. Nas temperaturas extremas, a larva apresenta dificuldades de tecer o casulo, não conseguindo fazê-lo algumas vezes, e passando à fase de pupa, sem construí-lo ou chegando a morrer antes de pupar. O final da fase de pré-pupa caracteriza-se pela completa construção do casulo, de cor branca com formação cotonosa, medindo 4 mm de comprimento. A pupa apresenta-se inicialmente branca, evoluindo para uma coloração amarelada. Para os casulos que dão origem, abrindo-os cuidadosamente, pode-se notar o ovipositor, de coloração escura e dobrado sobre a face ventral do abdômen, medindo 2 mm de comprimento. A duração da fase de pupa varia de 6 (a 35 oC) a 22 dias (a 18 oC). Em cada larva hospedeira, geralmente, desenvolve-se mais de um espécime do parasitoide. Nesse caso, os casulos são formados juntos um ao outro, podendo acontecer de ficarem distanciados um do outro. De acordo com Wanderley (1998), a formação de casulos agregados provavelmente é uma estratégia de defesa da espécie. A duração de desenvolvimento da forma imatura (de ovo a emergência de adultos) de *B. vulgaris* varia de 9 (a 35°C) a 33 dias (a 18°C).

(Foto: F. S. Ramalho)



Figura 10. Larvas de *Bracon vulgaris* Ashmead, parasitoide do bicudo



Figura 11. Pupas de *Bracon vulgaris* Ashmead, parasitoide do bicudo

O número médio de larvas parasitadas por fêmea de *B. vulgaris* a 25°C (72 larvas) é maior do que a 20°C (31 larvas) e 30°C (25 larvas) (Ramalho *et al.*, 2011). Isso se dá por causa das larvas hospedeiras expostas a 25°C apresentarem uma maior movimentação do que a 20°C ou 30°C. O período médio de oviposição desse braconídeo a 25°C (30 dias) é mais longo do que a 30°C (14 dias). Isto provavelmente vem do fato de que com o aumento da temperatura ocorre uma maturação mais rápida dos órgãos sexuais das fêmeas do parasitoide, reduzindo o período de oviposição, assim como provoca um estímulo para maior movimentação do hospedeiro. Portanto, acredita-se que a 30°C ocorra uma antecipação do impacto de *B. vulgaris* sobre as populações do bicudo (Ramalho *et al.*, 2011).

De acordo com Ramalho *et al.* (2011), o período de alta fecundidade de *B. vulgaris* tende a decrescer à medida que ele é exposto a temperaturas mais elevadas. Para fêmeas expostas a 20°C, 25°C ou 30°C, os períodos de alta fecundidade começam no momento em que elas atingem 11, 9 ou 3 dias, e terminam aos 28, 27 ou 14 dias de idade, com durações de 17, 18 ou 11 dias, respectivamente. Os declínios de fecundidade das fêmeas de *B. vulgaris* expostas a 20°C, 25°C ou 30°C começam quando são atingidos 29, 28 ou 15 dias de idade, respectivamente, e terminam com a morte. Existe uma tendência de o aumento da temperatura antecipar o início do declínio de fecundidade das fêmeas desse braconídeo. As fêmeas do parasitoide produ-

zem mais ovos quando são expostas a 25°C (125 ovos) do que a 20°C (43 ovos) ou 30°C (50 ovos). À medida que a temperatura aumenta, ocorre um aumento no número de ovos por larva hospedeira (a 20°C, 1,39 ovo; a 25°C, 1,75 ovo; e a 30°C, 1,96 ovo), todavia, a longevidade de fêmeas decresce (a 20°C, 43 dias; a 25°C, 41 dias; e a 30°C, 21 dias). Assim, acredita-se que o aumento da temperatura contribua para acelerar o metabolismo de *B. vulgaris*, modificando o comportamento das fêmeas, que passam a depositar maior quantidade de ovos em uma mesma larva paralisada, reduzindo, portanto, o gasto de energia (Ramalho *et al.*, 2011). Quando a fêmea do parasitoide seleciona um hospedeiro, ocorre um gasto de tempo e energia na paralisação até este que esteja pronto para receber o primeiro ovo. Se a fêmea deposita dois ou mais ovos em um mesmo hospedeiro, ocorre certa economia de tempo e energia que seriam dispensados no processo de paralisação.

Em programas de controle biológico do bicudo, é extremamente necessário que se tenha informações referentes aos valores de reprodução das fêmeas do parasitoide *B. vulgaris* quando se encontram em diferentes faixas de idade e temperaturas. Esse conhecimento será importante para que se possa decidir em que idade se deve liberar as fêmeas nos agroecossistemas do algodoeiro, visando à redução das populações do bicudo sob determinadas condições climáticas.

Nos programas de controle biológico que se valem de liberações inoculativas do parasitoide *B. vulgaris* — em que as reduções das populações do bicudo são obtidas por meio de progênies das populações liberadas do parasitoide —, a idade ideal de fêmeas de *B. vulgaris* para tais fins nos agroecossistemas refere-se a fêmeas adultas com 5 dias de idade (a 25°C ou 30°C) ou a fêmeas adultas com 20 dias de idade (a 20°C). No caso de utilizar liberações inundativas de *B. vulgaris*, sugere-se fazer as liberações de fêmeas adultas com 8 a 31 dias (a 20°C), 4 a 29 dias (a 25°C) e 3 a 14 dias (a 30°C) de idade.

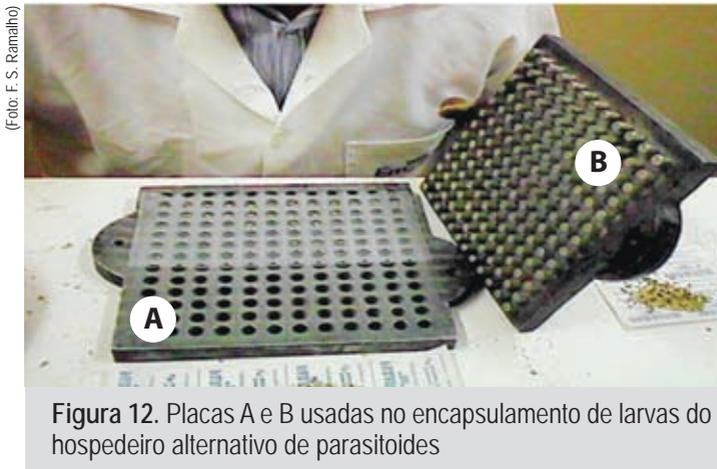
### **3.2. Produção de parasitoides *C. grandis* e *B. vulgaris* em laboratório**

A utilização de parasitoides como agentes de controle biológico aplicado contra o bicudo está diretamente ligada a sua

produção em laboratório.

A produção comercial e economicamente viável de parasitoides deverá ser a principal meta desse tipo de programa de controle do bicudo.

A metodologia de criação dos parasitoides *C. grandis* e *B. vulgaris* é aquela adotada por Wanderley e Ramalho (1996), Ramalho *et al.* (2000), Ramalho e Dias (2003), Wanderley *et al.* (2007), Ramalho *et al.* (2009) e Ramalho *et al.* (2011). Tal metodologia consiste em colocar folha de parafilme ou filme de cera de abelha (Aquino *et al.*, 2000) sobre uma placa de alumínio (20 cm x 20 cm x 1 cm), toda perfurada com orifícios de 0,80 cm de diâmetro com 1,00 cm de profundidade (placa A) (Figura 12). Em seguida, outra placa de alumínio, com as mesmas dimensões (placa B) (Figura 12), apresentando pinos de alumínio com 0,88 cm de altura e diâmetro de 0,67 cm, é colocada sobre a placa A e pressionada, formando celas. Logo após, a placa B é removida e o parafilme ou filme de cera de abelha é deixado sobre a placa A.



Antes de serem encapsuladas, as larvas do hospedeiro alternativo são submetidas a um processo de desinfecção com hipoclorito de sódio a 10%, durante 10 minutos (Figura 13).



Figura 13. Larvas do hospedeiro alternativo submetidas ao processo de desinfecção com hipoclorito de sódio

Dentro de cada cela são colocadas duas larvas de último ínstar da broca da-batata-doce *Euscepes postfasciatus* (Fairmaire) (Coleoptera: Curculionidae) (Ramalho *et al.*, 2000) (Figura 14). Uma vez preenchidas todas as celas, outra folha de parafilme ou filme de cera de abelha não prensada é estendida sobre a primeira, e, com o auxílio de uma carretilha, as celas são fechadas, passando-se a carretilha entre as celas (Figura 15) em todos os sentidos. As larvas encapsuladas do hospedeiro alternativo são levadas para as caixas de criação (Figura 16), onde ficam expostas a fêmeas grávidas do parasitoide (Figura 17) por um período de 24 horas. Nas caixas com *C. grandis*, as larvas encapsuladas são colocadas e fixadas na parte inferior da caixa (Figura 17), enquanto nas com *B. vulgaris*, as larvas encapsuladas são fixadas na parte superior da caixa de criação (Ramalho *et al.*, 2007). Cada 24 horas, as caixas recebem larvas para serem parasitadas por adultos recém-emergidos do parasitoide. As caixas de criação são de acrílico transparente, medindo 40 cm x 40 cm x 25 cm, com duas aberturas circulares localizadas em um dos lados, para permitir a manipulação (Figura 16). A essas aberturas são presas duas luvas de tecido, com 40 cm de comprimento por 25 cm de diâmetro, as quais impedem que os parasitoides adultos escapem da caixa. Dois tubos de vidro contendo água destilada e tampados cada um com um chumaço de algodão são colocados em cada caixa para manter a umidade elevada no interior da cai-

xa e fornecer água aos parasitoides. Diariamente, mel de abelha é oferecido aos parasitoides adultos em pequenas gotas, distribuídas nas paredes da caixa de criação e entre as celas moldadas do parafilme ou filme de cera de abelha, utilizando-se uma seringa descartável. Em intervalos de 24 horas, as larvas parasitadas são retiradas da caixa de criação e colocadas em potes plásticos, onde ocorre a emergência de adultos do parasitoide. À medida que os adultos do parasitoide vão emergindo, procede-se a retirada deles dos potes plásticos usando-se uma bomba de sucção (*Figura 18*). Alguns desses adultos são utilizados para produção em laboratório e outros são usados para liberação em campo, visando ao controle do bicudo.

(Foto: F. S. Ramalho)



**Figura 14.** Processo de encapsulamento de larvas do hospedeiro alternativo

(Foto: F. S. Ramalho)



**Figura 15.** Processo de utilização da carretilha para fechamento das celas, isto é, aderência de uma película a outra



Figura 16. Caixas de acrílico utilizadas na criação dos parasitoides *C. grandis* e *B. vulgaris*

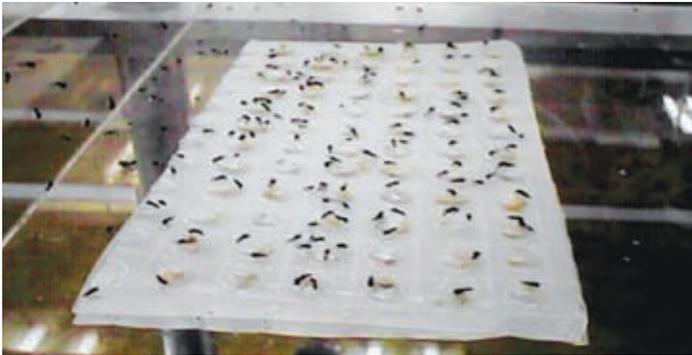


Figura 17. Larvas do hospedeiro alternativo sendo parasitadas por fêmeas do parasitoides *C. grandis*



Figura 18. Processo de coleta de adultos dos parasitoides do bicudo emergidos nos potes de plástico, usando-se bomba de sucção

## 4. Considerações e conclusões

É de fundamental importância que o empresário do algodão, antes de tudo, esteja consciente de que, para a implementação de programas do manejo de pragas na região do Cerrado do Brasil com o uso da estratégia de controle biológico, não se pode pensar no manejo de determinada espécie de praga de uma cultura, mas, sim, no manejo de um sistema agrícola constituído de várias culturas (soja, milho, algodão, etc.). Assim sendo, é necessário que os empresários das culturas que compõem o sistema agrícola do Cerrado do Brasil, de maneira conjunta, invistam seus esforços em programas de controle biológico como estratégia principal para o manejo das pragas dessas culturas. Essa ação irá garantir ao Cerrado do Brasil uma agricultura sustentável.

A ocorrência de inimigos naturais nos agroecossistemas do algodoeiro no Brasil é útil na redução de populações do bicudo, sem afetar as relações ecológicas de outros organismos. Os inimigos naturais são um componente biológico de programas de manejo do bicudo e estão aptos a serem aplicados em todo Brasil.

O controle biológico do bicudo por meio da conservação de seus inimigos naturais é pouco usado no país. Todavia, para o melhoramento desta tática, é necessário gerar mais conhecimentos sobre as variáveis (rotação de culturas, consórcio de diferentes espécies vegetais, arquitetura de plantas, densidade de plantio, área de refúgio constituída especialmente de plantas nativas, interações tróficas, cadeia alimentar), que poderão contribuir para o aumento populacional de parasitoides, predadores e entomopatógenos do bicudo que ocorrem naturalmente nos agroecossistemas de algodoeiros do Brasil. Os estudos deverão ser implementados e conduzidos durante um período bastante longo e de maneira intensiva por pesquisadores do país em cooperação com seus pares de países da América do Sul que tenham interesse no controle biológico do bicudo. Esses estudos irão fornecer a base do conhecimento que será fundamental para o desenvolvimento de táticas de manejo de *A. grandis*, sem afetar os agroecossistemas do algodoeiro e, assim, garantir ao Brasil uma cotoicultura sustentável.

Para viabilizar o controle biológico aplicado do bicudo, é urgente que sejam feitos investimentos na automação da produção desses agentes de controle; só assim será possível produzir quantidade suficiente de parasitoides para atender à demanda da área plantada de algodão do Brasil.

Existe uma necessidade urgente para implantação de programas de controle biológico das principais pragas das culturas (soja, milho e algodão) que compõem o sistema agrícola do Cerrado. Entretanto, para que isso se torne uma realidade, é necessário investimento pesado na instalação de várias biofábricas para produção de inimigos naturais em grande escala que atenda à demanda da região.

## Referências bibliográficas

ALMEIDA, R. P. **Seletividade de inseticidas ao fungo entomopatogênico *Metarrhizium anisopliae* (Merch.) Sorokin**. Campina Grande: Embrapa – CNPA, 1998. 3p. (Embrapa – CNPA. Circular Técnica, 19).

ALMEIDA, R. P.; SILVA, C. A. D.; RAMALHO, F. S. Manejo integrado de pragas do algodoeiro no Brasil. In: Beltrão N. E. M.; Azevedo D. M. P. (eds.) **O agronegócio do algodão no Brasil**. Embrapa Informação Tecnológica: Brasília, 2008. p.1034-1098.

ALMEIDA, R.; DINIZ, M. S. Eficiência de fungos entomopatogênicos no controle do bicudo do algodoeiro *Anthonomus grandis* Boheman, 1843 (Coleoptera: Curculionidae). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 1, Fortaleza, Algodão Irrigado – **Anais**. Campina Grande: Embrapa – CNPA, 1997. p.233-236.

ALVAREZ, G. A. Bases técnicas para el cultivo de algodón en Colômbia. **Boletim Nacional Departamento del Experimentación** 2, 1990. p. 5-63.

ANDRADE, C. F. S.; POEROZZI JR.; HABIB, M. E. M. Ocorrência natural de doenças infecciosas em populações do “bicudo” *Anthonomus grandis* Boheman, 1843. In: Congresso Brasileiro de Entomologia, 9. **Resumos**. Londrina, 1984. p.154.

AQUINO, I.S.; RAMALHO, F. S.; PAYTON, M. R.; EIKENBARY, R. D. Waxfilm (Pat. Pend.): an alternative film for rearing parasitoids of *Anthonomus grandis* (Col., Curculionidae). **Journal of applied Entomology** 124, 2000. p. 387-390.

ARAÚJO, L. H. A.; BRAGA SOBRINHO, R.; MESQUITA, C. K.; ALMEIDA R. P. Observações sobre alguns parasitoides do bicudo do algodoeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 13. **Anais**. Recife, 1991. p.574.

ARAÚJO, L. H. A.; BRAGA SOBRINHO, R.; QUEIROZ, M. F. Aspectos biológicos de adultos de um parasitóide do bicudo do algodoeiro. **Scientia Agricola** 56, p. 765-768, 1999.

BACHELER, J. S.; JONES, J. W.; BRADLEY JR.; BOWEN, H. D. The effect of temperature on development and mortality of boll weevil immature stages. **Environmental Entomology** 4, p. 808-810, 1975.

BATISTA FILHO, A.; CARDELLI, M. A. Viabilidade dos esporos de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuillemin isolados do bicudo do algodoeiro (*Anthonomus grandis* Boheman), obtidos em diferentes meios de cultura e armazenados a diferentes temperaturas. **O Biológico** 52, p. 57-59, 1986.

CAMARGO, L. M. P. C. A.; BATISTA FILHO; CRUZ, B. P. B. Ocorrência do fungo *Beauveria* sp. patogênico ao "bicudo" do algodoeiro (*Anthonomus grandis* Boheman) na região de Campinas, Estado de São Paulo. **O Biológico** 50, p. 65-68, 1984.

CAMARGO, L. M. P. C. A.; BATISTA FILHO; CRUZ, B. P. B. Suscetibilidade do "bicudo" do algodoeiro (*Anthonomus grandis* Boheman) à ação dos fungos *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin e *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin. **O Biológico** 51, p. 205-208, 1985.

COUTINHO, J. L. B.; CAVALCANTI, V. A. L. B. Utilização do fungo *Beauveria bassiana*, no controle biológico do bicudo-do-algodoeiro em Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 23, p. 455-461, 1988.

COUTINHO, J. L. B.; OLIVEIRA, J. V. Patogenicidade do isolado I-149Bb de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. a adultos de *Anthonomus grandis* (Coleoptera: Curculionidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil** 20, p. 199-207, 1991.

CROSS, W. H.; CHESNUT, T. L. Arthropod parasites of the boll weevil, *Anthonomus grandis*: An annotated list. **Annals of the Entomological Society of America** 64, p. 516-527, 1975.

GUTIERREZ, G. S. Bioecologia de *Anthonomus grandis* Boheman, 1843 (Coleoptera: Curculionidae) e seu controle com *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. ESALQ/USP: Piracicaba, 1986. 107p. (**Dissertação** de Mestrado).

JAMARILLO, C. B. L.; ALVES, S. B. Patogenicidade de *Metarhizium anisopliae* (Merch.) Sorok. Isolado SPL-255 ao bicudo do algodoeiro, *Anthonomus grandis* Boh. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 10. **Resumos** .... Rio de Janeiro, 1986. p.451.

JOHNSON, W. L.; CROSS, W. H.; MCGOVERN, W. L.; MITCHELL, H. C. Biology of *Heterolaccus grandis* in a laboratory culture and its potential as an introduced parasite of the boll weevil in the United States. **Environmental Entomology** 2, p. 112-118, 1973.

LEMOS, W. P.; RAMALHO, F. S.; ZANUNCIO, J. C. Age-dependent fecundity and life-fertility tables for *Euborellia annulipes* (Lucas) (Dermaptera: Anisolabididae) a cotton boll weevil predator in laboratory studies with an artificial diet. **Environmental Entomology** 32, p. 592-601, 2003.

MARENGO, R. M. L.; ÁLVAREZ, L. A.; WHITCOMB, W. H. **El picudo mejicano del algodónero, *Anthonomus grandis* Boh.: El desafío para la producción algodonera en el Paraguai.** Publicacion Miscelanea nº. 18. MAG do Paraguai, 1987.

MCLAUGHLIN, R. E. Infectivity tests with *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin on *Anthonomus grandis* Boheman. **Journal Insect Pathology** 1, p. 386-388, 1962.

MORALES-RAMOS, J. A.; KING, E. G. Evaluation of *Catolaccus grandis* (Burks) as a biological control agent against the cotton boll weevil. In: **Proceedings of Beltwide Cotton Conferences.** National Cotton Council of America, v. 2. Memphis, 1991. p. 724.

OLIVEIRA, C. D. Virulência de mutantes morfológicos e auxotróficos de *Metarhizium anisopliae* ao bicudo do algodoeiro (*Anthonomus grandis* Boheman). UFPB, 1991. 86p. (**Dissertação** de Mestrado).

PIEROZZI JÚNIOR, I. Análise e aplicabilidade do complexo ecológico de *Anthonomus grandis* Boheman, 1843 (Coleoptera: Curculionidae) na região de Campinas, SP. UNICAMP, 1989. (**Tese** de Doutorado).

PIEROZZI JÚNIOR I.; HABIB, M. E. M. Identificação de fatores de mortalidade natural dos estágios imaturos de *Anthonomus grandis* Boh. (Coleoptera: Curculionidae), na região de Campinas, São Paulo. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil** 22, p. 326-329, 1993.

RAMALHO, F. S.; DIAS, J. M. Efeitos de hospedeiros alternativos na biologia de *Catolaccus grandis* (Burks) (Hymenoptera: Pteromalidae), parasitóide de *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae). **Neotropical Entomology** 32(2), p. 305-310, 2003.

RAMALHO, F. S.; GONZAGA, J. V.; SILVA, J. R. B. Métodos para determinação das causas de mortalidade natural do bicudo-do-algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 28, p. 877-887, 1993.

RAMALHO, F. S.; GONZAGA, J. V. Parasitoides do bicudo-do-algodoeiro, *Anthonomus grandis* (Coleoptera: Curculionidae). In: REUNIÃO NACIONAL DO ALGODÃO, 6. **Resumos**. Embrapa-CNPq, 1990. p. 63.

RAMALHO, F. S.; JESUS, F. M. M.; BLEICHER, E. Himenópteros parasitos do bicudo-do-algodoeiro, *Anthonomus grandis* Boheman. In: REUNIÃO NACIONAL DO ALGODÃO, 4. **Resumos**. Embrapa-CNPq, 1986. p. 97.

RAMALHO, F. S.; MEDEIROS, R. S.; LEMOS, W. P.; WANDERLEY, P. A.; DIAS, J. M.; ZANUNCIO, J. C. Evaluation of *Catolaccus grandis* (Burks) (Hym., Pteromalidae) as a biological control agent against cotton boll weevil. **Journal of Applied Entomology** 124, p. 359-364, 2000.

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

RAMALHO, F. S.; SILVA, A. M. C.; ZANUNCIO, J. C.; SERRÃO, J. E. Competition between *Catolaccus grandis* (Hymenoptera: Pteromalidae) and *Bracon vulgaris* (Hymenoptera: Braconidae), parasitoids of the boll weevil. **Brazilian Archives of Biology and Technology** 50, p. 371-378, 2007.

RAMALHO, F. S.; WANDERLEY, P. A. Ecology and management of the boll weevil in South american cotton. **American Entomologist** 42, p. 41-47, 1996.

RAMALHO, F. S.; WANDERLEY, P. A.; MALAQUIAS, J. B.; FERNANDES, F. S.; NASCIMENTO, A. R. B.; ZANUNCIO, J. C. Effect of temperature on the reproduction of *Bracon vulgaris* Ashmead (Hymenoptera: Braconidae), a parasitoid of the cotton boll weevil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências** 83, p. 1021-1029, 2011.

RAMALHO, F. S.; WANDERLEY, P. A.; MALAQUIAS, J. B.; RODRIGUES, K. C. V.; SOUZA, J. V. S.; ZANUNCIO, J. C. Temperature-dependent development rates of *Bracon vulgaris*, a parasitoid of boll weevil. **Phytoparasitica** 37, p. 17-25, 2009.

RAMALHO, F. S.; WANDERLEY, P. A.; MEZZOMO, J. A. Influência da temperatura na fecundidade e ataque de *Catolaccus grandis* (Burks) (Hymenoptera, Pteromalidae), parasitoide do bicudo-do-algodoeiro, *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera, Curculionidae). **Revista Brasileira de Entomologia** 42, p. 285-293, 1998.

SHARPE, P. J. H.; HU, L. C. Reaction kinetics of nutrition-dependent poikilothermic development. **Journal Theoretical Biology** 82, p. 317-333, 1980.

SILVA, C. A. D. Seleção de isolados de *Beauveria bassiana* patogênicos ao bicudo-do-algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 36, p. 243-247, 2001.

SOARES, J. J. S.; LARA, F. M. Predação de *Anthonomus grandis* Boh. por *Brachygastra lecheguana* (Latreille) (Hymenoptera: Vespidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil** 23, p. 135-136, 1994.

WANDERLEY, P. A.; RAMALHO, F. S. Biologia e exigências térmicas de *Catalaccus grandis*, parasitoide do bicudo do algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 31, p. 237-247, 1996.

WANDERLEY, P. A. Biologia e exigências térmicas de *Bracon vulgaris* Ashmead (Hymenoptera: Braconidae), parasitoide do bicudo-do-algodoeiro (*Anthonomus grandis* Boheman) (Coleoptera: Curculionidae). UFRPE, 1998. (**Dissertação** de Mestrado).

WANDERLEY, P. A., BOIÇA JÚNIOR, A. L.; RAMALHO, F. S. Influência de Cultivares de batata-doce resistentes e suscetíveis a *Euscepes postfasciatus* Fairmaire (Coleoptera: Curculionidae) sobre o parasitismo, sobrevivência e a biologia de *Catolaccus grandis* (Burks) (Hymenoptera: Pteromalidae). **Neotropical Entomology** 32, p. 139-143, 2003.

WANDERLEY, P. A.; RAMALHO, F. S.; ZANUNCIO, J. C.; LEITE, G. L. D. Thermal requirements and development of *Bracon vulgaris*, a parasitoid of the cotton boll weevil. **Phytoparasitica** 35, p. 336-345, 2007.

WHITCOMB, W. H. **The control of field crop pests in Venezuela**. Serviço Shell para Agricultura, Shell Caribbean Petroleum Corporation. Cagua/Venezuela, 1953.

## CAPÍTULO 5.5

# Uso da transgenia para controle do bicudo-do-algodoeiro

**Rose Monnerat**

Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

**Roseane Cavalcanti dos Santos**

Embrapa Algodão

**Liziane Maria Lima**

Embrapa Algodão

**Morganna Pollyne Nóbrega Pinheiro**

Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

**Carliane Rebeca Coelho da Silva**

Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

**Carlos Marcelo Soares**

Instituto Mato-grossense do Algodão

## O problema bicudo

Introduzido no início da década de 1980, o bicudo (*Anthonomus grandis* Boheman, 1843) (Coleoptera: Curculionidae) é uma das principais pragas que atacam a cultura do algodoeiro no Brasil e nas Américas (Silvie *et al.*, 2013). Trata-se de um inseto fitófago, que apresenta metamorfose completa, elevado dinamismo

populacional e potencial de dano por usar estruturas reprodutivas para alimentação e oviposição (Santos *et al.*, 2002).

Na Região Centro-Oeste, especificamente no Estado de Mato Grosso, o controle do bicudo é realizado principalmente com inseticidas químicos, sendo necessárias entre 10 e 15 aplicações para manter as populações do inseto sob controle. O atraso na decisão de controle ou procedimentos inadequados pode comprometer até 70% da produção das fibras. Na safra 2013/2014, o custo de produção sofreu acréscimo de US\$ 100 a US\$ 150 por hectare e, em algumas zonas produtoras, foram necessárias até 25 aplicações de inseticidas (Canal Rural, 2014).

Todo esse impacto na cultura deve-se às estratégias que o inseto desenvolveu, que o tornou uma praga de difícil controle. Segundo entomologistas brasileiros e estrangeiros, trata-se de uma das pragas mais dinâmicas de que se tem conhecimento. O ataque começa pelas bordas das lavouras e é pouco perceptível. Durante um ciclo de cultivo do algodoeiro podem ocorrer de 5 a 6 ciclos do bicudo. O período de ataque ao cultivo estende-se dos 30 aos 130 dias, e o período crítico de ataque do inseto ocorre 50 a 90 dias após a emergência das plantas (Silvie *et al.*, 2013).

O bicudo tem preferência por estruturas reprodutivas, alimentando-se principalmente de botões florais jovens, por serem tenros. As brácteas servem como proteção; o orifício de alimentação é um dos sinais deixados na lavoura que denuncia a presença da praga (Gallo *et al.*, 2002). Além dos danos provocados pela alimentação, os botões florais também são usados pelas fêmeas para oviposição. Outras estruturas, como maçãs e flores, também podem ser usadas, porém, em menor escala (Santos *et al.*, 2003).

Para ovipositar, a fêmea abre uma punctura onde deposita apenas um ovo, recobrando-o com uma substância cerosa que ela mesma produz. Essa característica permite distinguir o local da postura dos orifícios de alimentação, que permanecem abertos. Usualmente, são realizadas em torno de 6 posturas por dia, e uma fêmea pode colocar até 300 ovos. Decorridos de 2 a 4 dias, ocorre a eclosão das larvas, que se alimentarão do botão por um período de 4 a 12 dias, ao fim dos quais se inicia a fase de pupa, que dura de 2 a 6 dias (Silvie *et al.*, 2013). Os

adultos emergem do botão floral ou das maçãs, copulam e dão início a um novo ciclo (*Figura 1*). Os botões florais contendo os ovos e insetos em desenvolvimento são abortados, e as maçãs novas caem no solo entre 5 a 10 dias depois da postura dos ovos ou ficam sujeitas à podridão (Ramalho & Jesus, 1996).

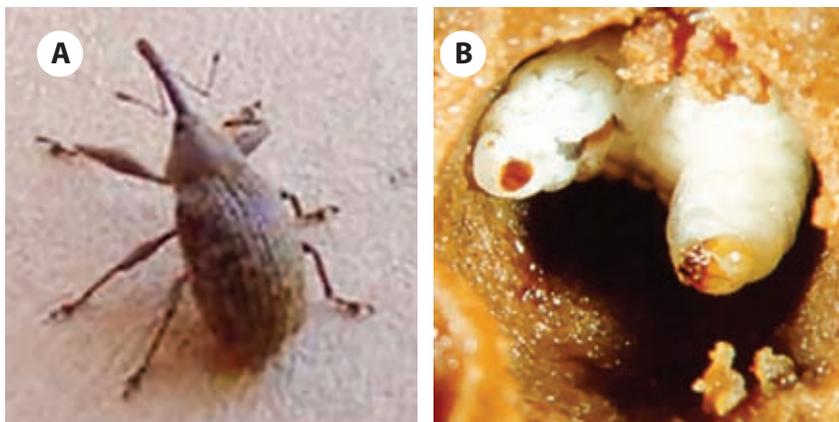


Figura 1. Bicudo-do-algodoeiro: (a) adulto, (b) larva

Levando-se em consideração os hábitos, a biologia e o potencial destrutivo do bicudo, novas abordagens devem ser estabelecidas, com objetivo de reduzir as perdas econômicas.

Neste contexto, a transgenia surge como alternativa, partindo-se da premissa de que genes exógenos poderiam ser transferidos de forma direta ou indireta para o genoma do algodão. Com relação ao bicudo-do-algodoeiro, várias pesquisas encontram-se em andamento, com resultados expressivos, demonstrando a integração de genes da família Cry em cultivares melhoradas de algodão, desenvolvidas pela Embrapa (Silva, 2014). Outros trabalhos envolvendo isolamento de biomoléculas potencialmente tóxicas contra esse coleóptero, tais como inibidores de proteases, inibidores de  $\alpha$ -amilases e colesterol oxidase, que têm demonstrado perspectivas de uso para controle do inseto pela transgenia.

## Genes disponíveis para transformação de plantas de algodão

### a) Colesterol oxidase

Colesterol oxidase (Coase) é uma enzima com propriedade inseticida, conhecida por ser potencialmente tóxica a algumas espécies de coleópteros e lepidópteros. A enzima, produzida por alguns actinomicetos, atua sobre o colesterol na posição  $3\beta$ -hidroxil para formar  $\beta_4$ -cholestenone e  $H_2O_2$ , cujos produtos são as duas possíveis causas da degradação da membrana. Segundo Gottlieb (1977), a substituição do produto da reação pelo colesterol e a reação dos componentes da membrana com o  $H_2O_2$  produzido pela reação da Coase são as duas possíveis causas da degradação da membrana.

O colesterol é um importante componente no metabolismo dos insetos. No caso do bicudo, as larvas requerem pelo menos 20 mg de colesterol /100g da dieta para terem desenvolvimento normal. A deficiência resulta em redução na postura e na eclosão seguida de morte das larvas. Purcell *et al.* (1993) estudaram o efeito da Coase em larvas neonatas do bicudo e verificaram que, em baixas doses, ocorre rompimento da membrana e posterior morte de larvas do 2º estágio. Greenplate *et al.* (1995) afirmam que a Coase afeta a fertilidade e viabilidade de ovos, podendo constituir-se em alternativa para controle do bicudo pela transgenia. Em estudos desenvolvidos por pesquisadores da Embrapa Algodão e da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Santos *et al.* (2002) confirmaram o efeito da Coase na redução da oviposição, eclosão e no aumento da mortalidade das larvas do bicudo. Os autores verificaram que na dosagem de 53  $\mu\text{g/ml}$  a eclosão e viabilidade das larvas foram inibidas em 50%, com elevados danos às membranas epiteliais do intestino médio do inseto (*Figura 2*).

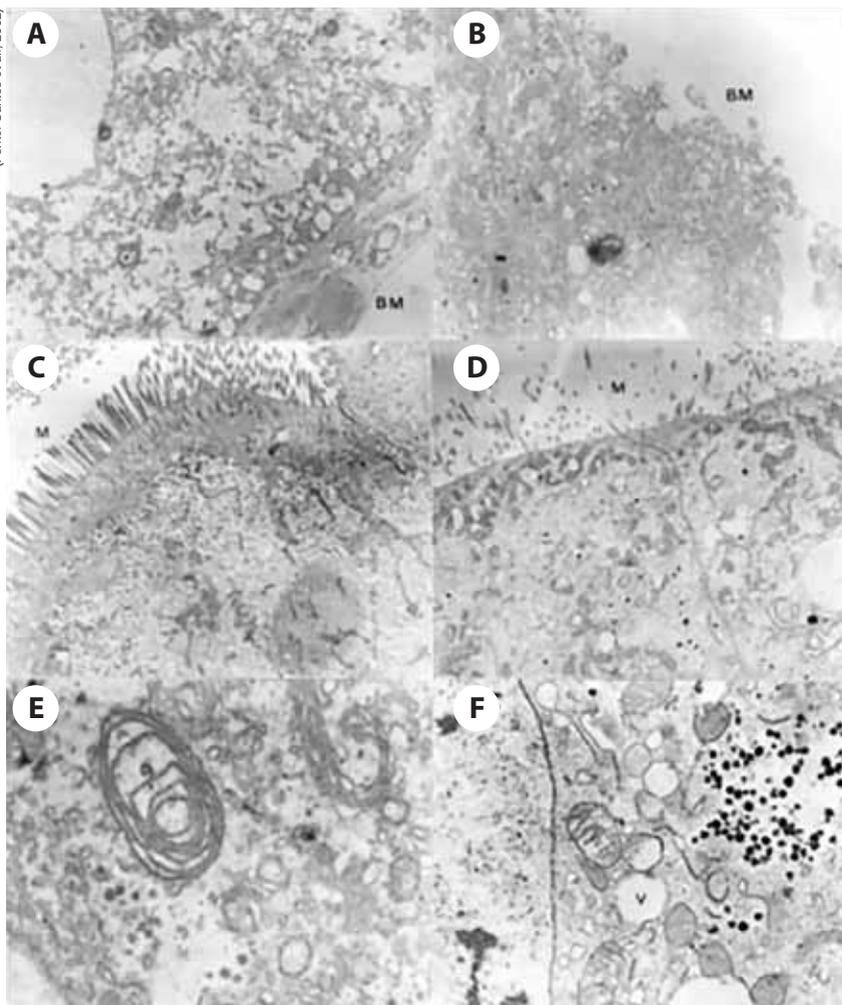


Figura 2. Seções do intestino médio do bicudo do algodoeiro vistas por microscopia eletrônica de transmissão. BM - membrana basal, M - microvilosidades, V - vacúolos. Controle: A, C e E- ampliação: 9.500X, 6.900X e 17.500X, respectivamente); tratamento: insetos alimentados com dieta artificial contendo 53 µg/ml de Coase (B, D e F: ampliação 9.200X, 7.500X e 18.500X, respectivamente)

Ainda no estudo de Santos *et al.* (2002), os autores informaram que a queda de botões florais foi reduzida em 60% quando ovos inoculados em botões jovens foram imersos em solução de Coase a 53 µg/mL. Nos adultos, a enzima provocou cerca de 50% de redução na produção de ovos, além de interferir na eclosão das larvas. Um detalhe da inibição de crescimento das larvas em função da bioatividade da enzima é encontrada na *Figura 3*.



(Fonte: Santos *et al.*, 2002)

Figura 3. Larvas do bicudo do algodoeiro (segundo e terceiro estádios) alimentadas em dieta artificial contendo Coase. Controle à esquerda; tratamento à direita. Ampliação: 49 x

Essa mesma equipe iniciou os trabalhos de isolamento do gene a partir de cepas de *Streptomyces*, para uso posterior em trabalhos visando resistência a inseto pela transgenia.

### **b) Toxinas de *Bacillus thuringiensis***

Descoberta no início do século XX, a bactéria *Bacillus thuringiensis* (Bt) passou a ser bastante estudada por microbiologistas e entomologistas a partir de sua propriedade entomopatogênica. É um micro-organismo de ocorrência cosmopolita e que pode ser encontrado em vários substratos, tais como solo, água, superfícies de plantas, insetos mortos e grãos armazenados (Monnerat *et al.*, 2009; Palma *et al.*, 2014).

Essa bactéria foi isolada em 1901, no Japão, pelo bacteriologista Ishiwata, que descobriu ser ela a responsável pela mortalidade de larvas do bicho-da-seda, *Bombyx mori* (Lepidoptera: Bombycidae) (Ishiwata, 1901). Berliner (1911), na Alemanha, descreveu a mesma bactéria, isolada de larvas mortas de *Anagasta kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae), a traça-da-farinha, e a chamou *B. thuringiensis*, em homenagem ao Estado da Turíngia (Thüringen), na Alemanha, onde foram coletadas as lagartas. Em 1915, este mesmo autor notou a presença de inclusões parasporais nas células de *B. thuringiensis*, que são as responsáveis pela atividade tóxica. Essas inclusões proteicas cristalinas são produzidas durante o processo de esporulação e conhecidas por  $\delta$ -endotoxinas ou toxinas Cyt e Cry (*Figura 4*).

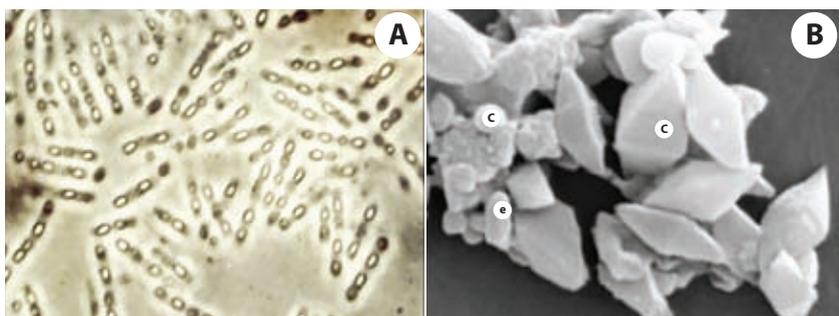


Figura 4. - Morfologia de *B. thuringiensis*. A – microscopia de contraste de fases de *B. thuringiensis* (1.000X). B – microscopia eletrônica de varredura de *B. thuringiensis* mostrando: (c) cristais; (e) esporo (15.000X)

Inicialmente, acreditava-se que esta bactéria era tóxica apenas para larvas de lepidópteros, mais tarde, nos anos 1960, foi isolada uma estirpe de *Bt* subsp. *kurstaki*, chamada HD-1 (Dulmage, 1970) que apresentou uma toxicidade de 2 a 200 vezes superior às estirpes normalmente utilizadas nos produtos comerciais. A partir de então, a procura por outras estirpes possuidoras de novas toxinas foi estimulada, e, em 1977, Goldberg e Margalit isolaram uma estirpe eficaz contra dípteros (Goldberg & Margalit, 1977) e, alguns anos mais tar-

de, em 1983, outra estirpe foi identificada como patogênica a coleópteros (Krieg *et al.*, 1983). Atualmente, são conhecidas estirpes tóxicas a insetos das ordens Diptera, Coleoptera, Himenoptera, Homoptera e Ortoptera, e ainda para algumas espécies de nematoides, protozoários e ácaros (Weiser, 1986; Edwards *et al.*, 1988).

Estima-se que existam mais de 50 mil estirpes de *B. thuringiensis* em coleções espalhadas pelo mundo e mais de 750 genes codificadores dessas toxinas estão descritos. As proteínas codificadas por eles estão classificadas em 70 grupos (Cry1, Cry2,.....Cry70), que por sua vez estão divididos em classes e subclasses de acordo com a identidade das proteínas (Cry1Aa, Cry1Ab, etc.) (Crickmore *et al.*, 2014).

Essa bactéria pode ser utilizada de duas formas: na forma selvagem, como ingrediente ativo para a síntese de biopesticidas e como fonte de genes para serem introduzidos em plantas, conhecidas popularmente como plantas Bt.

As vantagens de utilização de toxinas Bt incluem a alta especificidade aos organismos-alvo, a inocuidade aos seres humanos, vertebrados e plantas e o efeito não poluente ao meio ambiente (Whiteley & Schnepf, 1986; OMS, 1987).

Os sintomas observados a partir do momento em que as larvas de insetos suscetíveis ingerem os cristais e esporos de *B. thuringiensis* são: perda do apetite e o abandono do alimento, paralisia do intestino, vômito, diarreia, paralisia total e, finalmente, a morte (Aronson *et al.*, 1986). As larvas infectadas por *B. thuringiensis* perdem sua agilidade, e o tegumento adquire tonalidade marrom-escuro. Após a morte, a larva apresenta cor negra característica das infecções provocadas por este microrganismo (Habib & Andrade, 1998).

O mecanismo de ação das proteínas Cry de *B. thuringiensis* envolve vários passos: ingestão da toxina, processamento das toxinas, ligação das toxinas ao receptor, inserção da membrana, agregação, formação do poro, citólise e morte do inseto (*Figura 5*).

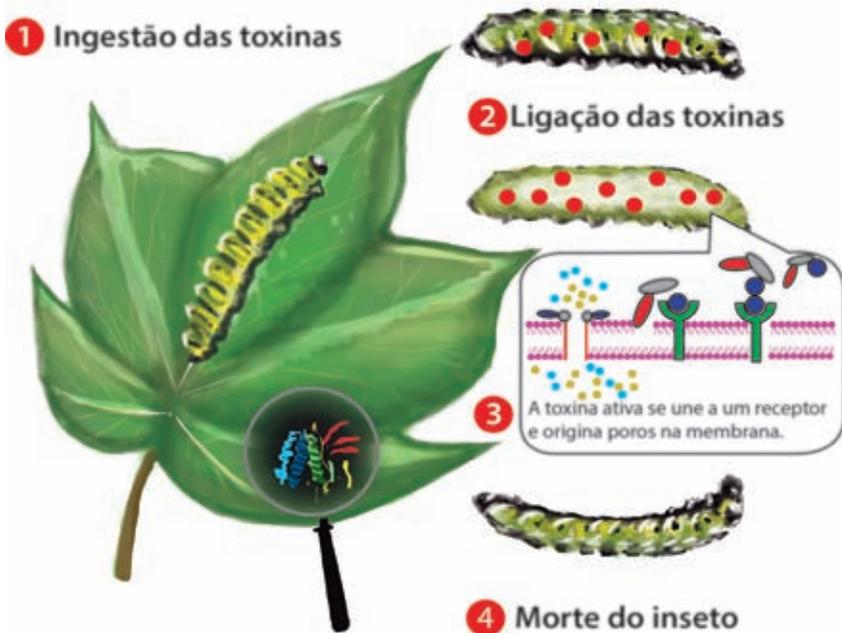


Figura 5. Modo de ação das toxinas de Bt

A união aos sítios receptores é uma etapa determinante da especificidade das  $\delta$ -endotoxinas, motivo pelo qual diversos grupos de pesquisa têm-se dedicado ao entendimento desse processo (Pietrantonio & Gill, 1996; Belfiore *et al.*, 1994; Soberón *et al.*, 2007). Em geral, quatro receptores proteicos têm sido descritos como possíveis moléculas para ligação das proteínas Cry aos intestinos dos insetos susceptíveis: uma proteína do tipo caderina (CADR), uma aminopeptidase-N ancorada a glicosilfosfatidil-inositol (GPI), uma fosfatase alcalina ancorada a glicosilfosfatidil-inositol (GPI), e um glicoconjugado de 270 kDa (Gómez *et al.*, 2007; Bravo *et al.*, 2007). Outros experimentos têm mostrado que glicolípídeos também podem estar envolvidos como moléculas receptoras em alguns insetos e nematoides (Gómez *et al.*, 2007).

Produtos biológicos à base de Bt começaram a ser utilizados em controle biológico em 1938, quando uma formulação bastante rudimentar à base desta bactéria, a sporeína, foi produzi-

da na França (Weiser, 1986). A partir dos anos 1950, diversos países, como Rússia, Checoslováquia, França, Alemanha e Estados Unidos começaram a produzir industrialmente inseticidas biológicos à base de Bt (Weiser, 1986). Para controle de insetos, o uso de Bt representa uma opção de grande impacto ecológico, porquanto a bactéria não é tóxica à planta nem ao homem. Alguns insetos lepidópteros são efetivamente controlados por meio de pulverização com produtos formulados à base de estirpes de Bt, beneficiando lavouras de algodão, soja, feijão, milho entre outras. A limitação da utilização desses produtos ocorre em função do hábito do inseto, que precisa ingerir a toxina para morrer. Assim, insetos de hábito endofítico não ingerem o produto e ficam protegidos da ação da bactéria.

Uma maior abrangência dos benefícios de Bt na agricultura ocorreu a partir da década de 1980, com o advento da tecnologia das lavouras geneticamente modificadas (GM), as quais, por conter gene(s) cry inseridos no genoma, passaram a ter proteção mais duradora a insetos-alvo, mais especificamente lepidópteros.

Uma das grandes vantagens associadas às plantas GM que possuem o gene cry é que as proteínas apresentam ação seletiva a grupos de insetos, além de não serem poluentes ao meio ambiente, são inócuas aos mamíferos e vertebrados e não possuem toxicidade sobre as plantas (Beltz *et al.*, 2000; Glare & O'Callaghan, 2000). Vários trabalhos na literatura informam que lavouras GM que contêm gene cry demandam menor uso de pesticidas, que são altamente danosos ao meio ambiente (Silva, 2014; Martins *et al.*, 2008).

A vantagem da tecnologia reside no fato de a proteína ser expressa apenas em tecidos específicos da planta de interesse, ficando retida no interior deles. Dependendo da estratégia utilizada nos trabalhos de transformação, a proteína Cry pode ser produzida continuamente pela planta ou ativada quando se fizer necessário. A ação persiste durante todo ciclo, o que possibilita menor custo com inseticidas sintéticos (Jouanin *et al.*, 1998; Schnepf *et al.*, 1998; Azevedo, 1998).

Em 1981, foi desenvolvido o primeiro transgene contendo o gene cry (Schnepf & Whitley, 1981). A partir daí, outras plantas transgênicas expressando proteínas de Bt (Cry1Ab e Cry1Ac) foram desenvolvidas, como tomate (Fischhoff *et al.*, 1987) e

tabaco (Vaeck *et al.*, 1987), ambas em 1987, com ação contra insetos da Ordem Lepidoptera. Em algodão, os trabalhos foram conduzidos por Perlak *et al.* (1990), nos EUA, usando os genes cry1Ab ou cry1Ac para controle de *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) e *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae). A primeira cultivar comercial foi desenvolvida pela Monsanto, denominada Bollgard I, e liberada para comercialização nos EUA e na Austrália em 1996/1997. A cultivar contém o gene cry1Ac (Perlak *et al.*, 1991) que controla as lagartas-do-capulho, da maçã e a rosada. Em 2002, a Monsanto liberou a Bollgard II, que contém duas toxinas (Cry1Ac e Cry2Ab), fato que confere maior proteção contra demais lagartas do algodoeiro (Olsen & Darly, 2000; Gore *et al.*, 2001). A Dow AgroSciences desenvolveu a WideStrike, comercializada no Brasil em 2009, que contém as proteínas Cry1Ac e Cry1F, tóxicas a *H. virescens*, *H. zea*, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), *Alabama argillacea* (Lepidoptera: Noctuidae), *Pectiniphora gossypiella* (Lepidoptera: Gelechiidae), *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae), *Spodoptera eridania* (Lepidoptera: Noctuidae), *Pseudoplusia includens* (Lepidoptera: Noctuidae) e *Trichoplusia ni* (Lepidoptera: Noctuidae). A Bayer CropScience desenvolveu a Bt TwinLink, que contém as proteínas Cry1Ab e Cry2Ae, tóxicas a *H. virescens*, *P. gossypiella*, *Helicoverpa* e *A. argillacea*. Numa combinação de dois diferentes genes oriundos de Bt, a Monsanto desenvolveu a Bollgard III que combina os genes da Bollgard II com o COT102 (Vip3Aa19) da Syngenta, protegendo as plantas contra *A. argillacea*, *H. virescens*, *P. gossypiella*, *Helicoverpa* spp., *Spodoptera* spp. e *T. ni*.

A primeira liberação comercial de plantas Bt no Brasil foi do algodão expressando a toxina Cry1Ab, em 2005. A partir de 2007, diversos eventos de milho expressando toxinas Bt foram liberados para comercialização. Essas plantas expressam de um a três genes de proteínas Bt (Cry1Ab, Cry1Ac, Cry1A.105, Cry1F, Cry2Ab2, Cry3Bb1 e Cry35Ab1) (CTNBio, 2014; Monnerat *et al.*, 2015). Segundo dados do Serviço Internacional para a Aquisição de Aplicações em Agrobiotecnologia (ISAAA), uma organização pró-biotecnologia, no Brasil, a área cultivada com sementes geneticamente modificadas de soja, milho e algodão em 2013 foi de 40,3 milhões de hecta-

res, colocando-o como o segundo país no cultivo de plantas transgênicas no mundo (James, 2014).

A Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia (Cenargen) conta com uma coleção de 2,5 mil cepas de *B. thuringiensis*, da qual foram selecionadas estirpes altamente tóxicas aos insetos da ordem Diptera, *Culex quinquefasciatus* (Monnerat *et al.*, 2004) e *Aedes aegypti* (Monnerat *et al.*, 2005), Lepidoptera, *Plutella xylostella*, *Anticarsia gemmatalis* e *S. frugiperda* (Monnerat *et al.*, 2007) e Coleoptera, *A. grandis* (Martins *et al.*, 2007).

A empresa mantém uma criação massiça do bicudo-do-algodoeiro em laboratório para produzir insetos saudáveis que serão utilizados em ensaios (Figura 6) para prospectar novas estirpes e encontrar proteínas tóxicas, cujos genes poderão ser utilizados para a transformação do algodão, tornando-o resistente aos ataques do inseto.

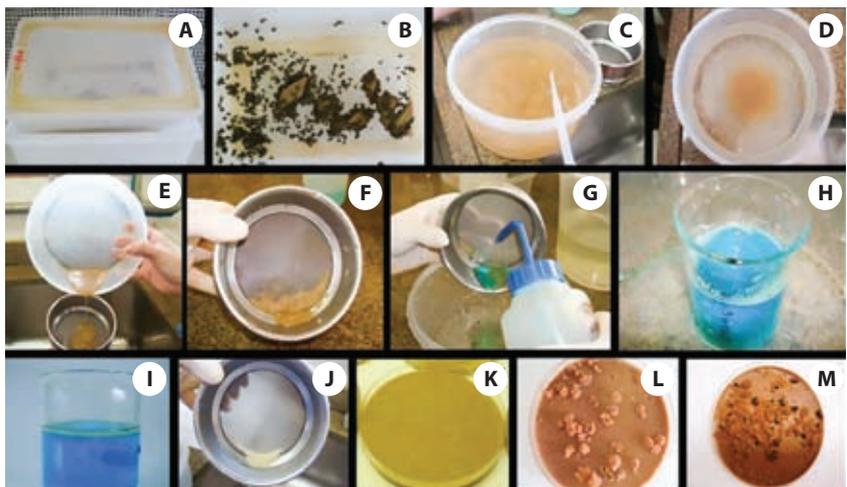


Figura 6. Ilustração da criação de *A. grandis*. A: gaiola onde os insetos adultos são criados, mostrando o compartimento superior onde ficam os insetos e o compartimento inferior onde são depositados os ovos e as fezes; B: Detalhe mostrando os adultos sendo criados em dieta artificial; C,D,E,F: Procedimento inicial de lavagem e separação dos ovos que estão misturados às fezes; G, H, I: Procedimento de lavagem dos ovos com sulfato de cobre; J: Detalhe mostrando os ovos separados das fezes prontos para serem distribuídos em placas contendo dieta artificial; K: Placa contendo dieta artificial onde os ovos são distribuídos; L: Após alguns dias é possível visualizar os casulos formados pelas larvas e pupas de *A. grandis*; M: Placa com insetos adultos

Até o momento, três genes mostraram-se altamente promissores para serem utilizados na transformação do algodão. O primeiro pertencente ao grupo Cry1Ia, é derivado da estirpe de *B. thuringiensis* S1451. Foi isolado, caracterizado e expresso em Baculovírus visando à análise da atividade inseticida da proteína recombinante expressa para o bicudo-do-algodoeiro e para lagarta-do-cartucho-do-milho. As baixas doses letais obtidas indicaram que este é um gene bastante promissor para a construção de uma nova cultivar de algodão, que poderá ser resistente a ambos os insetos (Martins *et al.*, 2008). O segundo gene, Cry10Aa, é encontrado comumente em estirpes de *B. thuringiensis* subsp. *israelensis* que possui várias proteínas com atividade tóxica para diversos insetos da ordem Diptera, entre elas estão a Cry4Aa, Cry4Ba, Cry10Aa, Cry11Aa, Cyt1Aa e Cyt2Ba (Ben-Dov *et al.*, 1999; Guerchicoff *et al.*, 1997; Berry *et al.*, 2002; Monnerat *et al.*, 2014). Este gene codifica uma protoxina de 78 kDa que é clivada em uma toxina ativa de 60 kDa (Thorne *et al.*, 1986). A proteína Cry10 teve sua atividade relatada para insetos lepidópteros (Vassal *et al.*, 1993) e, há poucos anos, foi informada a atividade contra *Hypothenemus hampei* (broca-do-café) (Coleoptera: Scolytidae) (Méndez-López *et al.*, 2003). A proteína recombinante Cry10Aa produzida pelo baculovírus recombinante vSynCry10Aa foi descrita com atividade para larvas neonatas de *A. grandis* (Aguiar, 2007; Aguiar *et al.*, 2012), com uma dose letal inferior e estatisticamente distinta da obtida por Martins *et al.* (2008) para a proteína Cry1Ia. As construções contendo esses dois genes estão patenteadas pela Embrapa.

O gene cry1B foi clonado e sequenciado pela primeira vez em 1988 por Brizzard e Whiteley (1988), porém ainda sem descrição da atividade. Os estudos de Hofte e Whitley (1989) revelaram que esta era uma proteína de 140 kDa, possuía alta homologia com a porção C-terminal de proteínas da família Cry1 e que sua porção N-terminal (tóxica) alinhava-se com a mesma porção de proteínas da família Cry3 (Bradley *et al.*, 1995). Estes estudos comparativos sugeriram que a proteína teria atividade para insetos das ordens Lepidoptera e Coleoptera. Bradley *et al.* (1995) mostraram que esta proteína possui atividade contra os lepidópteros *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae), *Artogeia rapae* (Lepidoptera: Pie-

ridae), *P. xylostella* e *T. ni* (alta atividade) e para os coleópteros *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae) (baixa atividade) e *Chrysomela scripta* (Coleoptera: Chrysomelidae) (média atividade) em ensaios seletivos. Martins *et al.* (2007) demonstraram que esta proteína é tóxica a *A. grandis* sendo bastante promissora para o seu controle.

Uma parceria recente, firmada em 2013 entre o Cenargen e o Instituto Mato-grossense do Algodão (IMAmt), tem propiciado mais rapidez na varredura do banco, e cerca de 30 novas estirpes tóxicas ao bicudo foram identificadas e estão sendo estudadas.

## **Genes de inibidores de proteases**

Os inibidores de protease de plantas, incluindo os de proteinases serínicas (inibidores de tripsina, inibidores de quimotripsina, inibidores de elastase pancreática e os inibidores de elastase de neutrófilos) e os de proteinases cisteínicas (família fitocistatina) constituem um grupo de famílias de proteínas bastante estudado em relação a seu papel fisiológico nas plantas e é considerado como potencial bioinseticida, biofungicida e biobactericida (Lima & Morais, 2013; Kidrič *et al.*, 2014). Esses inibidores são encontrados em vários tecidos, como sementes e outros órgãos de armazenamento, e são eficazes para proteger as plantas contra ataques de insetos herbívoros, pela sua capacidade de interferir na atividade proteolítica do trato digestivo destes (Tohidfar & Khosravi, 2015), causando redução do conteúdo de aminoácidos fundamentais para seu crescimento e o desenvolvimento (Nanasahe *et al.*, 2008).

Os inibidores de proteases têm sido considerados bons candidatos para serem usados sozinhos ou piramidados com toxinas Cry para a geração de plantas transgênicas resistentes a insetos. Contudo, é importante considerar que os insetos possuem diferentes classes de enzimas proteolíticas (serino, cisteíno, ácido aspártico e metalo-proteinases) responsáveis pela digestão e quando um inibidor específico é detectado, o inseto pode ativar as outras classes de proteases. Isso depende do tipo de inseto, tendo em vista que os herbívoros possuem mecanismos de digestão diferentes (Bolter & Jongasma, 1997). Outro ponto a ser considerado é a presença de proteases em diversos processos biológicos (in-

cluindo a planta transgênica), o que pode levar a eventuais efeitos em organismos não-alvo, (Schlüter *et al.*, 2010). No entanto, vários trabalhos já demonstraram que a expressão heteróloga de inibidores de proteases não afeta significativamente as plantas, podendo ser usada para solucionar problemas na agricultura (Van der Vyver *et al.*, 2003; Michaud *et al.*, 2005; Mosolov & Valueva, 2008).

Existem vários relatos do potencial efetivo dos inibidores de proteases em plantas transgênicas para proteção contra insetos herbívoros (Schlüter *et al.*, 2010). Inibidores de proteinases serínica e cisteínica têm sido utilizados em várias culturas transgênicas, como tabaco (Charity *et al.*, 2005), batata (Gatehouse *et al.*, 1997; Khadeeva *et al.*, 2009), arroz (Alfonso-Rubí *et al.*, 2003; Vila *et al.*, 2005), banana (Atkinson *et al.*, 2004), *Arabidopsis* (Urwin *et al.*, 2000), dentre outras. Em larga escala, os chineses desenvolveram linhagens de algodão transgênico coexpressando uma toxina Cry (Cry1Ac) e um inibidor de protease de feijão-caupi (CpTI). A linhagem mais conhecida é a SGK 321 que foi adotada por longos anos naquele país (Gatehouse, 2011), além de linhagens de arroz transgênico também expressando Bt/CpTI (Qiu, 2008).

## **Métodos de transformação de plantas de algodão**

Até antes da década de 1980, os principais métodos adotados para modificar o ideotipo de uma planta eram realizados por meio do melhoramento clássico. Tal estratégia, adotada até os dias atuais, tem promovido o desenvolvimento de várias cultivares, beneficiando não apenas o agricultor, mas os vários segmentos da cadeia produtiva. O fator limitante para o uso do melhoramento clássico, contudo, é a possibilidade de ultrapassar os limites dos fatores herdáveis, os quais só podem ser utilizados se estiverem presentes no germoplasma utilizado. Tal barreira foi ultrapassada com o advento da tecnologia de DNA recombinante, que possibilitou transferir fatores genéticos endógenos ou exógenos, independentemente da hierarquia do reino a qual pertence o genoma doador, permitindo a geração de novas cultivares para atender as macrodemandas do agronegócio internacional.

Os métodos utilizados para geração de lavouras GM são

classificados como diretos — que provocam modificações nas paredes e membranas celulares para introdução de DNA exógeno, através de processos físicos (eletroporação, biobalística e eletrofusão de protoplasto) (Finer & Mc Mullen, 1990; Rajasekaran *et al.*, 2000), ou químicos (via polietilenoglicol/PEG) (Gould & Magallanes-Cedeno, 1991) — e indiretos — que além de provocarem modificações, requerem a utilização de um vetor biológico para a introdução do DNA na planta (Zapata *et al.*, 1999). Nesse aspecto, o método mais conhecido é o via *Agrobacterium*, embora tenha limitação para culturas recalcitrantes, como o algodoeiro (Birch, 1997). A despeito disso, os métodos mais adotados são via *Agrobacterium* e biobalística.

A transformação por *Agrobacterium* utiliza-se da capacidade natural que este micro-organismo apresenta de transferir parte de seu DNA para plantas hospedeiras, sendo este posteriormente integrado e expresso (Hohn, 1992; Zapata *et al.*, 1999). Apresenta maior precisão de transferência, possibilitando a integração de um menor número de cópias do transgene.

A espécie mais utilizada nos procedimentos de transformação é *A. tumefaciens*, que provoca tumores nas raízes, denominados galha da coroa. A parte da bactéria utilizada na transformação é um plasmídeo indutor de tumor denominado Ti, que é incorporado às células das plantas hospedeiras por um processo infeccioso, que leva a produção de hormônios vegetais e opinas. A técnica consiste em um cocultivo com a bactéria e explantes, em que elas infectam o tecido vegetal, iniciando o processo de transferência da sequência gênica desejada. Em seguida, o tecido é regenerado em meio de cultivo, *in vitro*, contendo antibiótico para a eliminação da *Agrobacterium* e um agente seletivo para identificar as células transformadas, as quais são posteriormente aclimatadas (Jouanin *et al.*, 1993; Gelvin, 2000).

O método de biobalística é mais oneroso, porém bastante utilizado. Utiliza micropartículas (1,0 a 1,5  $\mu\text{m}$ ) de ouro ou tungstênio que são aceleradas com o auxílio de um aparelho de pressão (1.000-1.200 psi) por ar comprimido (hélio) a altas velocidades (superiores a 1.500 km/h) para carrear e introduzir ácidos nucleicos, transpondo a parede celular e a membrana citoplasmática, sem comprometer a viabilidade (Finer *et al.*, 1992). A eficiência da técnica depende do tamanho das micropartículas, da

resistência ao vácuo, da força de propulsão e da uniformidade na superfície do tecido alvo (Milki *et al.*, 1993).

Outra técnica bastante utilizada por cientistas chineses é a de microinjeção, que se baseia na introdução do DNA exógeno na planta receptora por meio do canal do tubo polínico ou pelo ovário (Zhou *et al.*, 1983). O procedimento tem início após a polinização, quando as células da nucela formam um canal que permite a passagem do tubo polínico até o saco embrionário. O DNA exógeno é introduzido com auxílio de uma microsseringa e alcança o ovário, integrando-se às células zigóticas, já fertilizadas, mas não divididas (*Figura 7*).

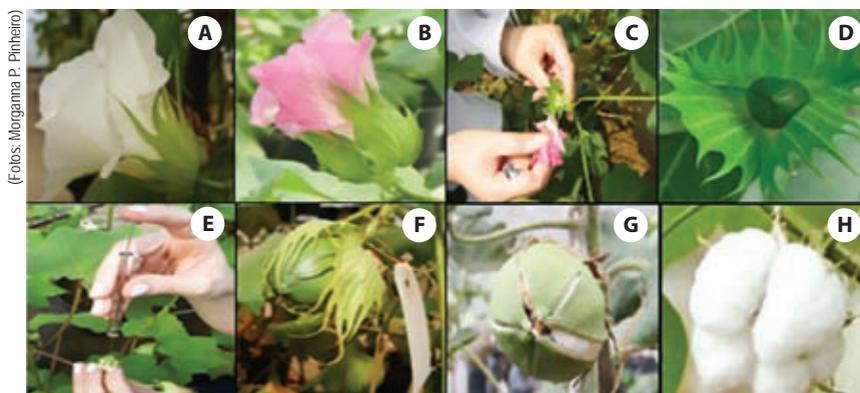


Figura 7. - A) flor do algodão antes da autofecundação; B) mudança da coloração da flor para rosa, indicando a fecundação; C) retirada das pétalas; D) maçã na fase da microinjeção; E) realização da microinjeção; F) identificação da maçã microinjetada; G) maturação da maçã; H) obtenção do capulho

O processo de transformação ocorre porque as células ainda não apresentam parede celular, apenas protoplastos. Dessa forma, o gene de interesse pode ser integrado ao genoma da cultivar receptora, gerando sementes transformadas sem a necessidade de passar por um sistema de regeneração. A grande vantagem desse método é o custo e o fato de ser desnecessária a regeneração de plantas.

## Outras tecnologias disponíveis

Uma nova abordagem ao controle de pragas envolve a liberação de insetos modificados para controlar suas contrapartes selvagens. A tecnologia transgênica tem permitido o desenvolvimento de insetos portadores de uma característica repressível e auto-limitante (Thomas *et al.*, 2000). O método consiste em criar os insetos em dieta contendo tetraciclina ou seus análogos, o que permite que apenas os machos sobrevivam. Esses machos liberados a campo irão competir com os selvagens pelo acasalamento com as fêmeas. Como a progênie deste acasalamento é dependente de tetraciclina ou de seus análogos, substâncias que não são encontradas na natureza, a prole (machos e fêmeas) não é capaz de sobreviver até a idade adulta. Essa abordagem possibilita controlar populações de pragas-alvo em níveis mais baixos do que é possível por meio de métodos convencionais. O efeito também é altamente específico em espécies, oferecendo uma ferramenta de controle de pragas ambientalmente sustentável.

O inseto transgênico mais próximo de ser posto à disposição para uso comercial é uma raça do mosquito *Aedes aegypti*, chamada 'OX513A'. *A. aegypti* é o vetor predominante de dengue e *chikungunya*. OX513A foi projetada com um traço bissexo limitante, a triagem de sexo é realizada manualmente para liberações só de machos, cuja progênie não é capaz de sobreviver até a idade adulta. Os ensaios de campo com OX513A nas ilhas Cayman (Harris *et al.*, 2011; 2012), Brasil e Panamá (N. Morrison, comunicação pessoal) demonstraram a capacidade da raça OX513A em causar reduções acentuadas das populações locais de *A. aegypti*, excedendo os níveis de supressão alcançável por abordagens convencionais.

Para as áreas agrícola e pecuária, as características autolimitantes foram desenvolvidas para *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) conhecida como a mosca-do-mediterrâneo (Gong *et al.*, 2005; Fu *et al.*, 2007; Schetelig *et al.*, 2007; 2009), *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae), mosca-da-azeitona, (Ant *et al.*, 2012), *Lucilia cuprina* (Diptera: Calliphoridae), mosca-australiana-das-ovelhas, (Li *et al.*, 2014; Scott, 2014), *P. gossypiella*, lagarta-rosada (Morrison *et al.*, 2012; Jin *et al.*, 2013) e *P. xylostella*, traça-das-crucíferas, (Jin *et al.*, 2013). Ensaios em casa de vegetação foram conduzidos com a mosca-do-me-

diterrâneo (Leftwich *et al.*, 2014), a mosca-da-azeitona (Ant *et al.*, 2012) e a traça-das-crucíferas (N. Morrison, comunicação pessoal). Nesses estudos, as liberações de machos de raças de transgênicas causaram rápido declínio das populações-alvo. Ensaios de campo com estas raças serão conduzidos num futuro próximo (N. Morrison, comunicação pessoal).

Entre 1971-1973, um grande experimento de campo foi realizado em mais de 20 mil acres no Mississippi, EUA (Mc Gibben *et al.*, 2001). Usando inseticidas e TIE (machos e fêmeas liberadas), a população do bicudo foi erradicada em 203 de 236 campos. Com novas liberações, essa redução poderia ter sido ainda mais acentuada, mas o experimento foi interrompido. Em experimentos posteriores, liberações de machos e fêmeas estéreis foram realizadas em campos com 48 insetos nativos por acre e a forte supressão da praga foi novamente demonstrada. Em 1978-1980, um novo experimento de erradicação do bicudo foi iniciado, que incorporou o uso de armadilhas, TIE e pulverização foliar ocasional do regulador de crescimento de insetos, diflubenzuron (Sikorowski, 1984) sobre uma área de tratamento de 20 mil acres de algodão. No final do ensaio, apenas 15 bicudos foram capturados na zona de erradicação (a maioria de um único local). Estes ensaios utilizando uma abordagem de controle com base em acasalamento demonstraram que o inseto pode ser criado em grande quantidade, e que, no campo, as populações podem ser reduzidas a níveis muito baixos. Dois grandes obstáculos para TIE foram a falta de métodos de triagem de sexo para liberar grandes grupos apenas de machos e o fato de a esterilização por radiação ter um impacto negativo sobre o desempenho do inseto (Mc Gibben *et al.*, 2001).

Visto que o controle do bicudo está baseado em inseticidas cuja efetividade é limitada e que variedades de algodão transgênico expressando proteínas inseticidas ainda estão por chegar ao mercado, as tecnologias transgênicas acima descritas apresentam-se como uma ferramenta interessante para auxiliar na mitigação dos danos, proporcionando uma opção de controle altamente eficaz, reduzindo a população do bicudo a níveis muito baixos e, ao mesmo tempo, diminuindo a dependência de pulverizações de inseticidas.

## Referências bibliográficas

AGUIAR, R. W. S. **Estudo da toxicidade de proteínas Cry recombinantes de *Bacillus thuringiensis*, utilizando o sistema de expressão baseado em baculovírus e células de inseto**. UnB: Brasília, 2007. 130 p. Tese Doutorado.

AGUIAR, R.; SOARES, E.; MONNERAT, R. Cry10Aa Protein is Highly Toxic to *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae), an Important Insect Pest in Brazilian Cotton Crop Fields. **Bt Research**, vol. 3, p. 20-28, 2012.

ALFONSO-RUBÍ, J.; ORTEGO, F.; CASTAÑERA, P.; CARBONERO, P.; DÍAZ, I. Transgenic expression of trypsin inhibitor CMe from barley in indica and *Japonica* rice, confers resistance to the rice weevil *Sitophilus oryzae*. **Transg. Res.** 12, p. 23-31, 2003.

ANT, T.; KOUKIDOU, M.; REMPOULAKIS, P.; GONG, H. F.; ECONOMOPOULOS, A.; VONTAS, J.; ALPHEY, L. Control of the olive fruit fly using genetics-enhanced sterile insect technique. **BMC Biol** 10, p. 51, 2012. (doi:10.1186/1741-7007-10-51).

ARONSON, A. I.; BECKMAN, W.; DUNN, P. *Bacillus thuringiensis* and related insect pathogens. **Microbiol. Rev.** 50, p.1-24, 1986.

ATKINSON, H. J.; GRIMWOOD, S.; JOHNSTON, K.; GREEN, J. Prototype demonstration of transgenic resistance to the nematode *Radopholus similis* conferred on banana by a cystatin. **Transg. Res.** 13(2), p. 135-142, 2004.

AZEVEDO, J. L. Engenharia genética aplicada ao controle microbiano de insetos. In: ALVES, S. B. (Ed.) **Controle microbiano de insetos**. 2 ed. rev. aum. Piracicaba: FEALQ, 1998. p. 239-267.

BELFIORE, C. J.; VADLAMUDI, R. K.; OSMAN, Y. A.; BULLA JR., L. A. A specific binding protein from *Tenebrio molitor* for the insecticidal toxin of *Bacillus thuringiensis* subsp. *Tenebrionis*. **Biochem. Biophys. Res. Commun.** 200, p. 359-364, 1994.

BELTZ, F. S.; HAMMOUND, B. G.; FUCHS, R. L. Safety and advantages of *Bacillus thuringiensis*-protected plants to control insect pests. **Regulatory Toxicology and Pharmacology**, 32, p. 156-173, 2000.

BEN-DOV, E.; WANG, O.; ZARITSKY, A.; MANASHEROB, R.; BARAK, Z.; SCHNEIDER, B.; KHAMRAEV, A.; BAIZHANOV, M.; GLUPOV, V.; MARGALITH, Y. Multiplex PCR screening to detect *cry9* genes in *Bacillus thuringiensis* strains. **Appl. Environ. Microbiol.** 65(8), p. 3714-3716, 1999.

BERLINER, E. Eber die schlafsucht der mehlmottenraupe. (Ephesis kuehniella Zell.) undihren Erreger *Bacillus thuringiensis*, n. sp. **Zeitschrift fuer Angewandte Entomologie**, 2, p.29-56, 1911.

BERRY, C.; O'NEIL, S.; BEN-DOV, E.; JONES, A. F.; MURPHY, L.; QUAIL, M. A.; HOLDEN, M. T.; HARRIS, D.; ZARITSKY, A.; PARKHILL, J. Complete sequence and organization of pBtoxis, the toxin-coding plasmid of *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis*. **Appl. Environ. Microbiol.** 68, p. 5082–5095, 2002.

BOLTER, C.; JONGSMA, M. A. The adaptation of insects to plant protease inhibitors. **J. Insec. Physiol** 43, p.885-895, 1997.

BRADLEY, D.; HARKEY, M. A.; KIM, M.-K.; BREVER, D.; BAUER, L. The insecticidal Cry1B protein of *Bacillus thuringiensis* spp. *thuringiensis* has dual specificity to coleopteran and lepidopteran larvae. **J. Invertebr. Pathol** 65, p. 162-173, 1995.

BRAVO, A.; GILL, S.; SOBERÓN, M. Mode of action of *Bacillus thuringiensis* Cry and Cyt toxins and their potential for insect control. **Toxicon** 49, p. 423-435, 2007.

BRIZZARD, B. L.; WHITELEY, H. R. Nucleotide sequence of an additional crystal protein gene cloned from *Bacillus thuringiensis* subsp. *thuringiensis*. **Nucl. Acids. Res.** 16, p. 2723–2724, 1988.

CANAL RURAL, Brasil assume liderança mundial no consumo de agrotóxicos. Disponível em: <http://www.clicrbs.com.br/canalrural/jsp/default.jsp?uf=1&local=1&action=noticias&id=2375294>. Consultado em 2014.

CHARITY, J. A.; HUGHES, P.; ANDERSON, M. A.; BITTISNICH, D. J.; WHITERCROSS, M.; HIGGINS, T. J. V. Pest and disease protection conferred by expression of barley  $\beta$ -hordothionin and *Nicotiana alata* proteinase inhibitor genes in transgenic tobacco. **Funct. Plant Biol.** 32(1), p. 35–44, 2005.

CRICKMORE, N.; BAUM, J.; BRAVO, A.; LERECLUS, D.; NARVA, K.; SAMPSON, K.; SCHNEPF, E.; SUN, M.; ZEIGLER, D. R. “*Bacillus thuringiensis* toxin nomenclature”. <http://www.btnomenclature.info/>, consultado em 2014.

CTNBio, CTNBio. Aprovações comerciais. Brasília, 2009. Disponível em: [http://www.cib.org.br/ctnbio/aprovacoes\\_CTNBio\\_jan\\_2009.pdf](http://www.cib.org.br/ctnbio/aprovacoes_CTNBio_jan_2009.pdf). Consultado em 2014.

DULMAGE, H. T. Insecticidal activity of HD-1, a new isolate of *Bacillus thuringiensis* var. *alesti*. **Journal of Invertebrate Pathology**, 15, p.232-239, 1970.

EDWARDS, D. L.; PAYNE, J.; SOARES, G. G. Novel isolates of *Bacillus thuringiensis* having activity against nematodes. **European Patent Application** EP O 303 426 A2. 1988.

FINER, J. J.; VAIN, P.; JONES, M. W. Development of particle inflow gun for DNA delivery to plant cells. **Plant Cell Reports**, Berlin, 11, p. 323-328, 1992.

FINE, J. J.; MCMULLEN, M. D. Transformation of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) via particle bombardment. **Plant Cell Rep.**, 8, p.886-889, 1990.

FISCHHOFF, P. A.; BOWDISH, K. S.; PERLAK, F. J.; MARRONE, P. G.; MACCORMICK, S. M.; NIEDERMEYER, J. G.; DEAN, D. A.; KUSANO-KREZMER, K.; MEYER, E.; ROCHESTER, D. E.; ROGERS, S. G.; FRALEY, R. T. Insect tolerant transgenic tomato plant. **Biotechnology**, 5, p. 807-813, 1987.

FU, G.; CONDON, K. C.; EPTON, M. J.; GONG, P.; JIN, L.; CONDON, G. C.; MORRISON, N. I.; DAFA'ALLA, T. H.; ALPHEY, L. Female-specific insect lethality engineered using alternative splicing. **Nat Biotechnol.** 25(3), p. 353-357, 2007.

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

GATEHOUSE, A. M. R.; DAVISON, G. M.; NEWELL, C. A.; MERRYWEATHER, A.; HAMILTON, W. D. O.; BURGESS, E. P. J.; GILBERT, R. J. C.; GATEHOUSE, J. A. Transgenic potatoes with enhanced resistance to the tomato moth, *Lacanobia oleracea*: Growth room trials. **Mol. Breed.**, 3(1), p.49-63, 1997.

GATEHOUSE, J. A. Prospects for using proteinase inhibitors to protect transgenic plants against attack by herbivorous insects. **Curr. Prot. Pept. Sci.**, 12, p.409-416, 2011.

GELVIN, A. B. Agrobacterium and plant genes involved in T-DNA transfer and integration. **Annual Review of Plant Physiology and Plant molecular Biology**, 51, p.223-256, 2000.

GLARE, T. R.; O'CALLAGHAM, M. **Bacillus thuringiensis: Biology, ecology and safety**. Chicester: John Wiley, 2000. p.350.

GOLDBERG, L. J.; MARGALIT, J. A bacterial spore demonstrating rapid larvicidal activity against *Anopheles sergenti*, *Uranotaenia unguiculata*, *Culex univittatus*, *Aedes aegypti*, and *Culex pipiens*. **Mosquito news**, 37, p. 355-358, 1977.

GÓMEZ, I.; PARDO-LÓPEZ L.; MUÑOZ-GARAY, C.; FERNÁNDEZ, L.E.; PÉREZ, C.; SÁNCHEZ, J.; SOBERÓN, M.; BRAVO, A. Role of receptor interaction in the mode of action of insecticidal Cry and Cyt toxins produced by *Bacillus thuringiensis*. **Peptides**. 28, p.169-173, 2007.

GONG, P.; EPTON, M.; FU, G.; SCAIFE, S.; HISCOX, A.; CONDON, K.; CONDON, G.; MORRISON, N.; KELLY, D.; DAFAL'ALLA, T. *et al.* A dominant lethal genetic system for autocidal control of the Mediterranean fruitfly. **Nat Biotechnol** 23, p. 453-456, 2005.

GORE, J.; LEONARD, B. R.; ADAMCZYK, J. J. Survival of bollworm (Lepidoptera: Noctuidae) in Bollgard and Bollgard II cotton flower bud and flower components. **Journal of Economic Entomology**, 94(6), p. 1445-1451, 2001.

GOTTLIEB, M. H. The reactivity of human erythrocyte membrane cholesterol with a cholesterol oxidase. **Biochimica et Biophysica Acta**, Amsterdam, 466, p. 422-428, 1977.

GOULD, J. H.; MAGALLANES-CEDENO, M. M. Adaptation of cotton shoot apex culture to *Agrobacterium*-mediated transformation. **Plant Mol. Biol. Rep.** p. 1-10, 1991.

GREENPLATE, J. T.; DUCK, N. B.; PERSHING, J. C.; PURCELL, J. P. Cholesterol oxidase: an oostatic and larvicidal agent active against the cotton boll weevil, *Anthonomus grandis*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, 74, p. 253-258, 1995.

GUERCHICOFF, A.; UGALDE, R. A.; RUBINSTEIN, C. P. Identification and characterization of a previously undescribed cyt gene in *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis*. **Appl. Environ. Microbiol.** 62, p.2716–2721, 1997.

HABIB, M. E. M.; ANDRADE, C. F. S. Bactérias entomopatogênicas. In: **Controle microbiano de insetos**. Ed. Alves, S. B., FEALQ, Piracicaba, 1998. p. 383-446.

HOFTE, H.; WHITELEY, H. R. Insecticidal crystal protein of *Bacillus thuringiensis*. **Microbiological Reviews**, 53(2), p. 242-255, 1989.

HOHN, B. Exploration of *Agrobacterium tumefaciens*. In: RUSSO, V. E. A. **Development: the molecular genetic approach**. Berlin: Springer-Verlag, 1992.

ISHAWATA, S. On a kind of severe flacherie (sotto disease). **Danihon Sanshi Kaiho**, v.114, p. 1-5, 1901.

HARRIS, A.F.; NIMMO, D.; MCKEMEY, A. R.; KELLY, N.; SCAIFE, S.; DONNELLY, C. A.; BEECH, C.; PETRIE, W. D.; ALPHEY, L. Field performance of engineered male mosquitoes. **Nat Biotechnol** 29(11), p. 1034-1037, 2011.

HARRIS, A. F.; MCKEMEY, A. R.; NIMMO, D.; CURTIS, Z.; BLACK, I.; MORGAN, S. A.; OVIEDO, M. N.; LACROIX, R.; NAISH, N.; MORRISON, N. I. *et al.* Successful suppression of a field mosquito population by sustained release of engineered male mosquitoes. **Nat. Biotechnol.** 30(9), p. 828-830, 2012.

JAMES, C. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: *ISAAA Brief*, n.46, 2014. Disponível em: <[http://cib.org.br/wp-content/uploads/2015/01/ISAAA\\_Executive\\_Summary\\_Briefs\\_49\\_port.pdf](http://cib.org.br/wp-content/uploads/2015/01/ISAAA_Executive_Summary_Briefs_49_port.pdf)>. Acessado em 04 de março de 2015.

JIN, L.; WALKER, A. S.; FU, G.; HARVEY-SAMUEL, T.; DAFA'ALLA, T.; MILLES, A.; MARUBBI, T.; GRANVILLE, D.; HUMPHREY-JONES, N.; O'CONNELL, S. *et al.* Engineered female-specific lethality for control of pest Lepidoptera. **ACS Syn. Biol.** 2(3), p.160-166, 2013.

JOUANIN, L.; BRASILEIRO, A. C. M.; LEPLÉ, J. C.; PILATE, G.; CORNU, D. Genetic transformation: a short review of methods and their applications, results and perspectives for forest trees. **Annual Science Forest**, 50, p. 325-336, 1993.

JOUANIN, L.; BONADE-BOTTINO, M.; GIRARD, C.; MORROT, G.; GIBAND, M. Transgenic plants for insect resistance. **Plant Sci.**, 131, p. 1–11, 1998.

KHADEEVA, N. V.; KOCHIEVA, E. Z.; YU, M.; TCHEREDNITCHENKO, M. Y.; YU, E.; YAKOVLEVA, E. Y.; SYDORUK, K. V.; BOGUSH, V. G.; DUNAIEVSKY, Y. E.; BELOZERSKY, M. A. Use of buckwheat seed protease inhibitor gene for improvement of tobacco and potato plant resistance to biotic stress. **Biochem.** 74, p. 260–267, 2009.

KIDRIČ, M.; KOS, J.; SABOTIČ, J. Proteases and their endogenous inhibitors in the plant response to abiotic stress. **Botan. Serb.** 38 (1), p. 139-158, 2014.

KRIEG, A.; HUGER, A. M.; LANGENBROOK, G. A.; SCHNETTER, W. *Bacillus thuringiensis* var. *tenebrionis*: ein neuer gegenuber larven von Coleopteren wirksamer pathotyp. **Zeitschrift für Angewandte Entomologie** 96, p. 500–508, 1983.

LEFTWICH, P. T.; KOUKIDOU, M.; REMPOULAKIS, P.; GONG, H. F.; ZACHAROPOULOU, A.; FU, G.; CHAPMAN, T.; ECONOMOPOULOS, A.; VONTAS, J.; ALPHEY L. Genetic elimination of field-cage populations of Mediterranean fruit flies. **Proc Biol Sci** 281, p. 1792, 2014. (doi:10.1098/rspb.2014.1372).

LI, F.; WANTUCH, H. A.; LINGER, R. J.; BELIKOFF, E. J.; SCOTT, M. J. Transgenic sexing system for genetic control of the Australian sheep blow fly *Lucilia cuprina*. **Insect Biochem Mol Biol** 51, p.80-88, 2014. (doi:10.1016/j.ibmb.2014.06.001).

LIMA, L. M.; MORAIS, A. H. A. In: SANTOS, R. C.; FREIRE, R. M. M.; LIMA, L. M. **O agronegócio do amendoim no Brasil**. 2 ed. Brasília: Embrapa, 2013. p. 467-497.

MARTINS, É. S.; AGUIAR, R. W. D. S.; MARTINS, N. F.; MELATTI, V. M.; FALCÃO, R.; GOMES, A. C. M. M.; RIBEIRO, B. M.; MONNERAT, R. G. Recombinant Cry1Ia protein is highly toxic to cotton bollweevil (*Anthonomus grandis* Boheman) and fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*). **Journal of Applied Microbiology**, 104, p. 1363–1371, 2008.

MARTINS, E.; PRAÇA, L. B.; DUMAS, V. F.; SILVA-WERNECK, J. O.; SONE, E. H.; WAGA, I.; BERRY, C.; MONNERAT, R. Characterization of *Bacillus thuringiensis* isolates toxic to cotton bollweevil (*Anthonomus grandis*). **Biological Control**, 40, p. 65-68, 2007.

MCGIBBEN, G.; VILLAVASO, E.; MCGOVERN, W.; GREFENSTETTE, W. United States Department of Agriculture - research support, methods development and program implementation. In **Boll Weevil Eradication in the United States Through 1999** (eds. DICKERSON, W.; BRASHEAR, A.; BRUMLEY, J.; CARTER, F.; GREFENSTETTE, W.; HARRIS, F.). Memphis, Tennessee, USA, 2001. The Cotton Foundation Publisher.

MICHAUD, D.; ANGUENOT, R.; BRUNELLE, F. **US Patent** No. 20050055746, 2005.

MÉNDEZ-LÓPEZ, I.; BASURTO-RÍOS, R.; IBARRA, J. *Bacillus thuringiensis* serovar *israelensis* is highly toxic to the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* Ferr. (Coleoptera: Scolytidae). **FEMS Microbiol Lett**. 226, p. 73-77, 2003.

MILKI, B. L.; FOBERT, P. E.; CHAREST, P. J.; IYER, V. N. Procedure for introducing foreign DNA into plants. In: GLICK, B. R.; THOMPSON, J. E. **Methods in plant molecular biology and biotechnology**. London: CRC Press, 1993. Chap. 6, 342p.

MONNERAT, R. G.; SILVA, S.; DIAS, D.; MARTINS, E.; PRAÇA, L.; JONES, G.; SOARES, C. M.; DIAS, J. M. C. S.; BERRY, C. Screening of high toxic Brazilian *Bacillus sphaericus* strains against *Culex quinquefasciatus* and *Aedes aegypti*. **Journal of Applied Entomology** 128, p. 469-473, 2004.

MONNERAT, R. G.; DIAS, D.; SILVA, S.; MARTINS, E.; BERRY, C.; FALCÃO, R.; GOMES, A. M. M.; PRAÇA, L.; SOARES, C. M. Screening of *Bacillus thuringiensis* strains effective against mosquitoes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 40, p. 103-106, 2005.

MONNERAT, R. G.; BATISTA, A. C.; MEDEIROS, P.; MARTINS, E.; MELATTI, V. M.; PRAÇA, L. Screening of Brazilian *Bacillus thuringiensis* isolates active against *Spodoptera frugiperda*, *Plutella xylostella* and *Anticarsia gemmatilis*. **Biological Control** 41, p. 291-295, 2007.

MONNERAT, R. G.; SOARES, C. M. S.; GOMES, A. C. M.; JONES, G.; MARTINS, E.; PRAÇA, L.; BERRY, C. Translocation and insecticidal activity of *Bacillus thuringiensis* bacteria living inside of plants. **Microbial Biotechnology**, 2, p.1560-1562, 2009.

MONNERAT, R. ; PEREIRA, E. ; TELES, B. ; MARTINS, E. ; PRAÇA, L. ; QUEIROZ, P. ; SOBERON, M. ; BRAVO, A. ; RAMOS, F. ; SOARES, C. M. Synergistic activity of *Bacillus thuringiensis* toxins against *Simulium* spp. larvae. **Journal of Invertebrate Pathology**, 121, p. 70-73, 2014.

MONNERAT, R.; MARTINS, E.; MACEDO, C.; QUEIROZ, P.; PRAÇA, L.; SOARES, C. M.; MOREIRA, H.; GRISI, I.; SILVA, J.; SOBERON, M.; BRAVO, A. Evidence of field-evolved resistance of *Spodoptera frugiperda* to Bt corn expressing Cry1F in Brazil that is still sensitive to modified Bt toxins. **PLoSOne** in press. 2015.

MORRISON, N. I.; SIMMONS, G. S.; FU, G.; O'CONNELL, S.; WALKER, A. S.; DAFA'ALLA, T.; WALTERS, M.; CLAUS, J.; TANG, G.; JIN, L.; *et al.* Engineered repressible lethality for controlling the pink bollworm, a lepidopteran pest of cotton. **PLoS ONE** 7(12), e50922. 2012. (doi:10.1371/journal.pone.0050922).

MOSOLOV, V. V.; VALUEVA, T. A. Proteinase Inhibitors in Plant Biotechnology: A Review. **Appl. Biochem. Microb.**, 44(3), p. 233–240, 2008.

NANASAHE, P. C.; DOYLE, E.; FITCHES, E.; GATEHOUSE, J. A. Biochemical characterization of midgut digestive proteases from *Mamestra brassicae* (cabbage moth; Lepidoptera: Noctuidae) and effect of soybean Kunitz inhibitor (SKTI) in feeding assays. **J. Insect Physiol.** 54 (3), p. 563-572, 2008.

OLSEN, K. M.; DALY, J. C. Plant-toxin interaction in transgenic *Bt* cotton and their effects on mortality of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Economic Entomology**, 32(4), p. 1293-1299, 2000.

ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ (OMS). **Report of an Informal Consultation on the Detection, Isolation, Identification and Ecology of Biocontrol Agents of Disease Vectors**. UNDP/WORLD BANK/WHO Special Programme for Research and Training in tropical Diseases, TDR/BCV/IC-GE/87.3, 1987. 41 p.

PALMA, L.; MUÑOZ, D.; BERRY, C.; MURILLO, J.; CABALLERO, P. *Bacillus thuringiensis* toxins: an overview of their biocidal activity, **Toxins**, 6, p. 3296-3325, 2014.

PERLAK, F. J.; DEATON, R. W.; ARMSTRONG, T. A.; FUCHS, R. L.; SIMS, S. R.; GREENPLATE, J. T.; FISCHHOFF, D. A. Insect resistant cotton plants. **Bio/Technology**, 8, p. 939-943, 1990.

PERLAK, F. J.; FUCHS, K. L.; DEAN, D. A.; MCFERSON, S. L.; FISCHOFF, D. A. Modification of the coding sequence enhances plants expression of insect control protein genes. **Proceedings** of the National Academy of Sciences of the United States of America, 88, 1991, p. 3324-3328.

PIETRANTONIO, P. V.; GILL S. S. *Bacillus thuringiensis* endotoxins: action of the insect midgut. In: **Biology of the insect midgut**. LEHANE, MJ., BILLINGSLEY, PF. (Eds). London: Chapman e Hall, 1996. p. 345-372.

PURCELL, J. P.; GREENPLATE, J. T.; JENNINGS, M. G.; RYERSE, J. S.; PERSHING, J. C.; SIMS, S. R.; PRINSEN, M. J.; CORBIN, D. R.; TRAN, M.; SAMMONS, R. D.; STONARD, R. J. Cholesterol oxidase: a potent insecticidal protein active against boll weevil larvae. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, 196, p. 1406-1413, 1993.

QIU, J. Is China ready for GM rice? **Nature** 455, p. 850–852, 2008.

RAJASEKARAN, K.; HUDSPETH, R. L.; CARY, J. W.; ANDERSON, D. M.; JACKS, T. J.; STROMBERG, K.; CLEVELAND, T. E. High-frequency stable transformation of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) by particle bombardment of embryogenic cell suspension cultures. **Plant Cell Report**, 19, p. 539-545, 2000.

SANTOS, R. C.; MONNERAT, R. G.; SÁ, M. F. G.; CORDEIRO, C. M. T.; GOMES, A. C.; GANDER, E. S. Cholesterol oxidase interferes on emergence and viability of cotton boll weevil larvae. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 37(11), p. 1525-1530, 2002.

SANTOS, R. C.; MARCELLINO, L. H.; MONNERAT, R. G.; GANDER, E. S. Mechanical damage in cotton buds caused by the boll weevil. **Pesq. Agropec. Bras.**, 38(11), p. 1351-1356, 2003.

SCHETELIG, M.; HORN, C.; HANDLER, A.; WIMMER, E. Development of an embryonic lethality system in Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata*. In **Area-wide control of insect pests: from research to field implementation** (eds. VREYSEN, M.; ROBINSON, A. S.; HENDRICH, J.), 2007. pp. 85-94. Dordrecht, The Netherlands, Springer.

SCHETELIG, M.; CACERES, C.; ZACHAROPOULOU, A.; FRANZ, G.; WIMMER, E. A. Conditional embryonic lethality to improve the sterile insect technique in *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). **BMC Biol** 7, p. 4, 2009.

SCHNEPF, E.; CRICKMORE, N.; VAN RIE, J.; LERECLUS, D.; BAUM, J.; FEITELSON, J.; ZEIGLER, D. R.; DEAN, D. H. *Bacillus thuringiensis* and Its Pesticidal Crystal Proteins, **Microbiology and Molecular Biology Reviews**, p. 775-806, 1998.

SCHNEPF, E.; WHITELEY, H. R.. Cloning and expression of the *Bacillus thuringiensis* crystal protein gene in *Escherichia coli*. **Proceedings** of the National Academy of Sciences, Washington, 78, 1981. p. 2893-2897.

SCHLÜTER, U.; BENCHABANE, M.; MUNGER, A.; KIGGUNDU, A.; VORSTER, J.; GOULET, M. C.; CLOUTIER, C.; MICHAUD, D. Recombinant protease inhibitors for herbivore pest control: a multitrophic perspective. **J. Exper. Bot.**, 61(15), p. 4169–4183, 2010.

SCOTT, M. J. Development and evaluation of male-only strains of the Australian sheep blowfly, *Lucilia cuprina*. **BMC Genet** 15 Suppl 2, S3, 2014. (doi:10.1186/1471-2156-15-S2-S3).

SILVA, C. R. C. Seleção de eventos transformados de algodão resistente a insetos por meios moleculares e de imunodeteção. 2014. 97f. **Tese**, (Pós-graduação em Biotecnologia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2014.

SILVIE, P. J.; THOMAZONI, D.; SORIA, M. F.; SARAN, P. E.; BÉLOT, J. L. **Pragas e seus danos em algodão**. Primavera do Leste, MT, 2013. 184 p. (IMAmt Boletim de identificação n°1).

SIKOROWSKI, P. Pathogens and microbial contaminants: their occurrence and control. In **Boll Weevil Mass Rearing Technology** (eds. Sikorowski P., Griffin J., Roberson J., Lindig O.). Jackson, Mississippi, USA, 1984, University Press of Mississippi.

SOBERÓN, M.; PARDO-LÓPEZ, L.; LÓPEZ, I.; GÓMEZ, I.; TABASHNIK, B.; BRAVO, A. Engineering Modified Bt Toxins to Counter Insect Resistance. **Science** 318, p. 1640-1642, 2007.

TOHIDFAR, M.; KHOSRAVI, S. Transgenic crops with an improved resistance to biotic stresses. A review. **Biotechnol. Agron. Soc. Environ.** 19(1), p. 62-70, 2015.

THOMAS, D. D.; DONNELLY, C. A.; WOOD, R. J.; ALPHEY, L. S. Insect population control using a dominant, repressible, lethal genetic system. **Science** 287(5462), p. 2474-2476, 2000.

THORNE, L.; GARDUNO, F.; THOMPSON, T.; DECKER, D.; ZOUNES, M.; WILD, M.; WALFIELD, A. M.; POLLOCK, T. J. Structural similarity between the lepidoptera and diptera specific insecticidal endotoxin genes of *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* and *israelensis*. **J. Bacteriol.** 166(3), p.801-11, 1986.

URWIN, P. E.; LEVESLEY, A.; MCPHERSON, M. J.; ATKINSON, H. J. Transgenic resistance to the nematode *Rotylenchulus reniformis* conferred by *Arabidopsis thaliana* plants expressing proteinase inhibitors. **Mol. Breed.**, 6, p. 257-264, 2000.

VAECK, M.; REYNAERTS, A.; HÖFTE, H.; JANSSENS, S.; DEBEUCKLEER, M.; DEAL, C.; ZABEAU, M.; VAN MONTAGU, M.; LEEMANS, J. Transgenic plants protected from insect attack. **Nature**, 328, p. 33-37, 1987.

VAN DER VYVER, C.; SCHNEIDEREIT, J.; DRISCOLL, S.; TURNER, J.; KUNERT, K.; FOYER, C. H. Oryzacystatin I expression in transformed tobacco produces a conditional growth phenotype and enhances chilling tolerance. **Plant Biotechnol. J.**, 1(2), p.101–112, 2003.

VASSAL, J. M.; BARJAC, H. D.; FRUTOS, R.; FEDERICI, B. A. Isolation of *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis* from diseased field-collected larvae of the saturniid moth, *Hylesia metabus*, in French Guiana. **FEMS Microbiol. Lett.** 107, p.199–204, 1993.

VILA, L.; QUILIS, J.; MEYNARD, D.; BREITLER, J. C.; MARFA, V.; MURILLO, I.; VASSAL, J. M.; MESSEGUER, J.; GUIDERDONI, E.; SAN SEGUNDO, B. S. Expression of the maize proteinase inhibitor (*mpi*) gene in rice plants enhances resistance against the striped stem borer (*Chilo suppressalis*): effects on larval growth and insect gut proteinases. **Plant Biotechnol. J.**, 3(2), p. 187-202, 2005.

WEISER, J. Impact of *Bacillus thuringiensis* on applied entomology in eastern Europe and in Soviet Union. In: KRIEG, A.; HUGER, A. M. **Mitteilungsorgan der Biologischen Bundesanstalt für Land undForstwirtschaft**. Berlin-DahlemHeft 233, p.37-50, 1986.

WHITELEY, H. R.; SCHNEPF, H. E. The molecular biology of parasporal crystal body formation in *Bacillus thuringiensis*. **Annual Review of Microbiology**, 40, p. 549-576, 1986.

ZAPATA, C.; PARK S. H.; EL-ZIK, K. M.; SMITH, R. H. Transformation of a Texas cotton cultivar by using *Agrobacterium* and shoot apex. **Theoretical and Applied Genetics**, 2, p.252-256, 1999.

ZHOU, G.; WANG J.; ZENG Y.; HUANG J.; QIAN S.; LIU G. Introduction of exogenous DNA into cotton embryos. **Meth. In Enzymol.**, 101, p.433-448, 1983.

## CAPÍTULO 6

# Erradicação do bicudo-do-algodoeiro: Como o programa foi conduzido nos Estados Unidos

**Charles T. Allen**

Texas A&M Agrilife Research and Extension Center

### **Introdução - A história do programa inicial**

A ideia de que o bicudo-do-algodoeiro poderia ser erradicado do Cotton Belt dos Estados Unidos surgiu quando um programa bem-sucedido de erradicação da mosca-da-bicheira (*Cochliomyia hominivorax*) estava sendo conduzido no Sul e Sudoeste dos Estados Unidos. A mosca-da-bicheira é uma larva de mosca comedora de carne que infestou a pecuária norte-americana por muitos anos. Após um teste bem-sucedido do programa em Curaçao, foi iniciado em 1957, na Flórida, um programa baseado em fiscalização (inspeção da criação de gado e identificação das larvas de mosca) e liberação de machos estéreis das moscas-da-bicheira, posteriormente complementada pelo uso de isca adulticida. Após 25 anos e com uma eliminação bem-sucedida da mosca-da-bicheira no México, o último caso nos EUA ocorreu em 1982

(Novy, 1991). Em 1976, o impacto econômico do programa foi estimado como sendo algo entre US\$ 114 milhões e US\$ 151 milhões (Coke, 1981).

Durante 60 anos, o bicudo foi a praga mais danosa ao algodão nos Estados Unidos. As estimativas de perdas variavam de US\$ 125 milhões a US\$ 300 milhões por ano (Allen, 2008). Inúmeros autores nos anos 1950 referiam-se ao bicudo como “O inseto de 10 bilhões de dólares” (Coker, 1958).

Três componentes foram necessários para iniciar a mudança do controle dispendioso do bicudo-do-algodoeiro e para sua erradicação: 1) um grande líder e porta-voz científico; 2) um grupo forte de produtores e 3) um congresso americano atento e ativo (Loyd, 2001).

O programa de erradicação do bicudo-do-algodoeiro foi liderado por Edward Knipling. Dr. Knipling acreditava firmemente que o bicudo-do-algodoeiro podia ser erradicado (Anon, 2001). Em seu discurso de 1956, na Conferência do Cotton Beltwide, Knipling resumiu a necessidade de ampliar a pesquisa sobre controle químico, biológico e cultural, sobre a resistência da planta hospedeira e de explorar e desenvolver novas vias de controle (Knipling, 1956). Knipling trabalhou e inspirou a liderança do Departamento Americano de Agricultura (USDA)-Serviço de Pesquisa em Agricultura (ARS) e do Conselho Nacional do Algodão. Todos concordavam que um aumento substancial de fundos era necessário para financiar a pesquisa básica para erradicação do bicudo-do-algodoeiro (Shaw, 1956). Produtores, Robert Coker e J. F. MacLaurin foram os coautores de uma resolução na Conferência do “Cotton Beltwide” de 1958, que pediu o desenvolvimento de tecnologia para “eliminar o bicudo-do-algodoeiro como praga do algodão dos EUA, o mais breve possível”. A resolução foi unanimemente aprovada, e os autores foram aplaudidos de pé (Carter *et al.*, 2001). Coker testemunhou em defesa do aumento de fundos de pesquisa para a erradicação do bicudo-do-algodoeiro perante o Comitê de Agricultura da Câmara (Perkins, 1982), o que levou a uma ação do Congresso para instruir o USDA a escrever um projeto para lidar com o inseto. Um grupo de estudo terminou um projeto detalhando os recursos necessários em 1959, e, em 1960, o Congresso Americano destinou US\$ 1,1 milhão para a construção do Labo-

ratório de Pesquisa do Bicudo-do-algodoeiro do USDA-ARS (David, 1976). Em 1961, o presidente John F. Kennedy garantiu seu apoio ao esforço para erradicação do bicudo (Carter et al, 2001).

Os esforços intensos dos grupos de pesquisa federal e estaduais sobre agricultura nos oito anos seguintes resultaram no desenvolvimento de inúmeras tecnologias que seriam utilizadas futuramente, quando os programas de erradicação do bicudo fossem iniciados (Davich, 1976). Os avanços incluíram a melhora na tecnologia de aplicação de inseticida, produção de insetos, progresso no campo da tecnologia de inseto estéril (SIT), o desenvolvimento do conceito de controle de diapausa, o desenvolvimento do feromônio do bicudo-do-algodoeiro, o desenvolvimento de armadilhas para bicudo, melhorias nos inseticidas, desenvolvimento do conceito da zona-tampão, desenvolvimento dos tubos com isca inseticida, desenvolvimento ulterior do sistema de produção de ciclo curto e melhorias nos sistemas de mapeamento e armadilhamento. Os conceitos e estratégias foram testados e desenvolvidos em programas de eliminação de bicudo-do-algodoeiro em áreas amplas, que foram conduzidos por pesquisa e extensão das universidades em vários estados do Sul (Allen, 2008).

O Experimento-Piloto de Erradicação do Bicudo-do-Algodoeiro (PBWEE) foi conduzido pelo USDA e colaboradores, no Mississippi e na Luisiana entre 1971 e 1973. Esse provou que o bicudo-do-algodoeiro podia ser erradicado com tecnologia existente (Davich, 1976). Após revisão completa dos resultados do PBWEE (os quais incluíam tanto revisões positivas quanto negativas), o Conselho Nacional do Algodão recomendou que os programas de erradicação do bicudo fossem iniciados até 1975 (Coker, 1976). Após a aprovação de uma legislação apropriada em 1975 na Carolina do Norte, aprovação de um plebiscito dos produtores naquele estado em 1976 e a adoção da “Quarentena do Bicudo-do-algodoeiro” na Virgínia, em 1977, a tentativa de erradicação nacional do bicudo foi iniciada pelo USDA — Experimento de Erradicação do Bicudo-do-algodoeiro (BWET) — em 1977 e foi concluída, com sucesso, em 1980. Novamente, os resultados foram minuciosamente revisados. Contudo, o relatório do USDA concluiu que a experimentação havia sido tecnicamente e biologicamente bem-sucedida e que teve um impacto am-

biental altamente favorável (Carter *et al.*, 2001). Após o BWET, o programa de erradicação do bicudo-do-algodoeiro expandiu-se de região em região e de estado em estado, até que, por volta de 2014, todas as áreas dos EUA, exceto o Baixo Vale do Rio Grande do Texas, estavam livres do bicudo-do-algodoeiro.

## **1. Componentes essenciais da erradicação do bicudo-do-algodoeiro - políticos e financeiros**

Um número de componentes precisa estar acertado antes do início de um programa de erradicação do bicudo. Nos anos iniciais, antes da implantação de um programa de erradicação, os líderes (pesquisa, governo e produtores) devem ser capazes de expor uma visão para o programa e como se espera que esse melhore as condições econômicas e ambientais. O levantamento de fundos e o planejamento para atender as necessidades tecnológicas das operações do programa devem ser acertados. Um plano para quem for executar o programa deve ser desenvolvido para cada programa de erradicação do bicudo-do-algodoeiro (estado ou divisão de um estado). Nos EUA, alguns programas foram executados pelo USDA-APHIS (Serviço de Fiscalização de Saúde de Animais e Plantas) e outros foram executados por departamentos estaduais de agricultura. No entanto, a maioria foi realizada por fundações operadas e desenvolvidas por produtores. A aprovação de legislação foi exigida para permitir que as execuções dos programas fossem conduzidas em propriedade privada e para autorizar a coleta de fundos dos produtores para conduzir o programa. Também foi necessária a aprovação de legislação que apoiava o financiamento compartilhado de fundos estaduais e/ou federais. Os líderes devem ser capazes de traçar um plano e uma visão para o programa, a fim de convencerem outros produtores, os representantes do governo e cidadãos de que o programa deverá ser conduzido.

No programa americano, plebiscitos dos produtores foram exigidos para estabelecer as áreas de erradicação do bicudo-do-algodoeiro e determinar se as zonas entrariam nos programas de erradicação. As agências estaduais de agricultura conduziram os plebiscitos dos agricultores. Tipicamente, os plebiscitos exigiam um voto de aprovação de dois terços ou

mais dos produtores, ou voto positivo dos fazendeiros produzindo 50% ou mais da área algodoeira medida em acres em uma zona. Os produtores votantes nos plebiscitos também aprovaram a contribuição que eles pagariam para apoiar o programa. Foram desenvolvidos sistemas que garantissem que todos os produtores pagassem suas contribuições. Para atingir este objetivo, também foram exigidas a identificação, a informação de contato dos produtores e informação sobre a área de plantio de algodão. A Agência de Serviço de Fazenda do USDA compartilhou informações com as fundações, tornando essas operações viáveis.

Os produtores escolheram financiar os programas de erradicação do bicudo-do-algodoeiro e quitar as dívidas com o passar do tempo em alguns programas. Os empréstimos eram garantidos, o que distribuía os custos do programa em várias campanhas agrícolas e fornecia uma estrutura de programa que os produtores desejavam. Tanto o plano financeiro quanto o operacional foram cuidadosamente explanados aos produtores antes da execução dos plebiscitos.

## **2. Componentes essenciais da erradicação do bicudo-do-algodoeiro - organização operacional**

As entidades que operam os programas devem planejar-se para a progressão do programa de uma área para a outra. Elas devem desenvolver planos com localização estratégica dos escritórios dentro das áreas produtoras de algodão, disponibilização de veículos, computadores e equipamentos eletrônicos móveis, feromônios e armadilhas para auxiliar a realização do armadilhamento. Software de computador para manejo dos dados (definição dos tratamentos químicos, mapeamento, manutenção de registro de armadilhamento e de tratamentos dos talhões e pagamento de fornecedores e funcionários) deve ser desenvolvido. Programas de segurança, sistemas para monitoramento e proteção ambiental, seguro para membros do conselho da fundação e trabalhadores e sistemas para resolver desafios legais e políticos devem ser desenvolvidos. Contratos para serviços de tratamentos aéreos (incluindo aeroportos), sistemas de aquisição de inseticidas e de equipamentos de tratamento terrestre devem ser estabelecidos. A aplicação a

tempo das quantidades apropriadas de inseticidas é essencial. Sistemas para contratação de funcionários para treinamento e gerenciamento devem ser desenvolvidos. Os programas nos EUA usaram funcionários de período integral e temporários para armadilhamento, registro de aeroporto e outras tarefas.

Os programas dos EUA normalmente confiavam em comitês técnico-consultivos para orientação técnica. Os membros dos comitês eram selecionados entre o pessoal dos serviços de extensão e de pesquisa, federal e estaduais. A experiência no controle do bicudo-do-algodoeiro, ou na produção de algodão, foi exigida para trabalhar nos comitês.

### **3. Os componentes essenciais da erradicação do bicudo-do-algodoeiro - execução**

A atualização frequente dos produtores sobre os planos, riscos, desafios e sucessos do programa são partes essenciais da programação. Para serem eficazes, essas comunicações devem ser transparentes e incluir informações positivas e negativas. A inclusão de fontes de informação que eram independentes do programa — tais como Serviços de Extensão — faziam parte do intercâmbio de informação. Os boletins, as webpages e as reuniões informativas foram importantes para os produtores na obtenção de informação sobre o programa.

Os especialistas em monitoramento ambiental identificaram e mapearam as lavouras sensíveis — aquelas localizadas perto de escolas, hospitais, santuários da vida selvagem, apiários, asilos e outras áreas que precisavam de maior cuidado. Os locais sensíveis eram identificados e mapeados antes do início do programa e, a cada ano, eram realizadas pulverizações significativas. As pulverizações nesses locais sensíveis eram feitas ou com equipamento de solo, ou por via aérea, mas eram feitas com condições de vento de modo que nenhuma deriva desviasse a aplicação em direção ao local sensível. Papeis sensíveis a óleo são usados para assegurar que a cobertura foi eficaz nas lavouras e que a corrente de ar para os locais sensíveis não ocorreu. Amostras de água, provenientes de veículos, equipamentos e prédios e vegetação sensível eram recolhidas onde fosse necessário para assegurar que a contaminação por inseticida em áreas que não eram alvo havia sido evitada. Foram tomadas medidas para proteger o há-

bitat de plantas e animais em extinção e ameaçados, assim como em relação aos santuários da vida selvagem.

Todos os programas de erradicação do bicudo-do-algodoeiro bem-sucedidos dos EUA começaram com os programas de diapausa, que tiveram início quando o algodão atingiu a fase de cut-out, no outono. Cada lavoura de algodão era mapeada antes do cut-out e tratada semanalmente até que a safra fosse colhida e não fosse mais hospedeira. Lavouras que se tornassem hospedeiras novamente eram tratadas semanalmente, até que fossem destruídas mecanicamente, ou não fossem mais hospedeiras, pelo uso de herbicidas ou geadas.

Após o ano de diapausa, todas as lavouras de algodão eram localizadas e mapeadas logo após terem sido plantadas. As armadilhas eram colocadas nos perímetros de todos os talhões de algodão antes do primeiro botão floral. As concentrações de armadilhamento típicas no primeiro ano dos programas nos EUA variavam de uma armadilha para 1 acre a uma armadilha para 8 acres (em áreas algodoeiras maiores, com infestações iniciais de bicudo-do-algodoeiro inferiores). Comitês consultivos técnicos forneceram orientação sobre as concentrações de armadilhamento e níveis de controle em anos subsequentes do programa, baseados nas populações de bicudo-do-algodoeiro, áreas de algodão vizinhas ou próximas infestadas com bicudo e sistemas de produção/clima e suas compatibilidades com a erradicação do inseto.

As margens das lavouras adjacentes às áreas de refúgio de inverno recebiam o dobro de armadilhas, em comparação às áreas que não eram refúgio. Os sistemas de aplicação aérea/terrestre eram operacionais e os inseticidas disponíveis para tratar as lavouras quando o algodão atingisse a fase de botão floral do tamanho de uma cabeça de fósforo.

Os níveis de controle típicos para o primeiro ano depois da diapausa eram de dois bicudos capturados para 40 acres (16 ha) tratados. Os níveis eram ajustados a cada ano subsequente, tendo como base as recomendações dos comitês técnico-consultivos. Tipicamente, um bicudo capturado provocava a pulverização de 40 acres no segundo ano, e, no terceiro ano do programa, um bicudo capturado determinava a pulverização da lavoura, ou da lavoura mais as lavouras adjacentes.

Pessoas foram empregadas ou contratadas pelas funda-

ções para inspecionar as armadilhas localizadas em todas as lavouras em cada zona ativa, uma vez por semana. Os monitores coletavam informações sobre o estágio da planta e sobre a captura do bicudo, cada vez que a armadilha era inspecionada. Um código de barra era fixado em cada armadilha, que era eletronicamente escaneado para iniciar a criação do registro do armadilhamento durante cada inspeção da armadilha. Cápsulas de feromônio eram trocadas cada duas semanas e iscas inseticidas eram trocadas mensalmente. Captura de bicudo, dano à armadilha (se houvesse), estágio da planta e troca da cápsula/isca inseticida eram registrados eletronicamente, e essa informação era escrita em cada armadilha. A hora da inspeção da armadilha era registrada quando o código de barra era lido. Isso ajudava a certificar que o trabalho estava sendo conduzido honestamente e pontualmente pelos monitores.

Dentro de cada zona eram estabelecidos distritos. Dentro dos distritos, eram definidas unidades de trabalho. Inicialmente, as unidades variavam de 20 mil acres a 40 mil acres, dependendo do tamanho das lavouras, cidades ou outros obstáculos ao movimento para armadilhamento e outros fatores. Um supervisor da unidade de campo era nomeado para cada unidade de trabalho. Suas responsabilidades eram contratar e treinar monitores, mapear campos, fazer download das informações dos monitores, definir ordens de trabalho para pulverizações aéreas, assegurar que eles recebessem os pedidos de trabalho, entrar em contato com os produtores 24 horas antes da pulverização, manter os registros de aplicação de pesticidas, apresentar os registros de mapeamento, armadilhamento e tratamento aos seus supervisores e manter registros dos serviços de veículos e equipamentos. Os supervisores de distrito eram contratados para contratar, treinar e gerenciar os supervisores da unidade de campo e tomarem medidas para assegurar que o trabalho estava sendo efetivamente conduzido. Um gerente de área era contratado em cada zona para garantir que o trabalho estivesse sendo apropriadamente conduzido e para relatar às sedes e aos grupos de produtores. Mecânicos, especialistas em monitoramento ambiental, registradores de aeroporto, monitores de campo, operadores de equipamento terrestre, pessoal de escritório e

assistentes foram contratados para garantir que as operações do programa acontecessem o mais tranquilamente possível. Mudanças nos protocolos dos programas poderiam ser feitas somente com aprovações do diretor do programa. Os funcionários que alterassem o protocolo sem aprovação da chefia do programa estavam sujeitos às ações disciplinares.

De terça-feira a sábado, ordem de serviço para pulverizações aérea, incluindo mapas dos campos a serem tratados (nos quais locais sensíveis/obstáculos eram marcados), eram entregues a empresas de aviação agrícola. Isso era feito normalmente pelos “registradores de aeroporto” nos primeiros anos do programa em uma zona. Os “registradores de aeroporto” também tinham a responsabilidade de registrar as operações das empresas contratadas nos aeroportos. Os observadores de campo mantinham contato via rádio com os aplicadores e os informavam sobre as condições no campo na hora em que a aplicação era feita. Eles registravam e relatavam a velocidade do vento no campo aos pilotos e as correntes de ar fora do alvo. A pulverização dos campos quando a velocidade do vento excedia 10 milhas por hora era proibida. Todos os esforços eram feitos para pulverizar os campos eficientemente e efetivamente. As áreas com obstáculos, ou perto de locais sensíveis, podiam ser tratadas com equipamento terrestre ou com helicópteros. O protocolo exigia que cada campo tratado recebesse uma aplicação de bordadura com aplicação aérea/terrestre. Era um componente muito eficaz do programa, já que as bordas dos talhões eram normalmente os locais de colonização inicial e eram áreas com maior probabilidade de receber menos inseticida que o necessário. Os campos eram tratados no dia seguinte em que as inspeções de armadilhas indicassem a presença de bicudos, a menos que as condições climáticas ou problemas mecânicos causassem atrasos.

Todas as aeronaves que pulverizavam para os programas de erradicação tinham de ter localização de campo operando com GPS e sistemas de rastreamento. Os arquivos eletrônicos ficavam disponíveis aos supervisores de unidade de campo, que, então, verificavam a qualidade das aplicações e determinavam se as lavouras certas tinham sido pulverizadas. Os supervisores de unidade de campo estavam autorizados a exigir que os talhões que haviam sido pulverizados inadequadamente fos-

sem tratados novamente, sob responsabilidade do fornecedor.

O controle de qualidade era essencial para o sucesso do programa. Os gerentes “pregavam” bicudos mortos nas armadilhas (marcados com corante fluorescente) para garantir que os monitores estivessem inspecionando as armadilhas apropriadamente. O tempo entre as inspeções era revisado para checar e garantir a assiduidade do monitor no campo. As unidades de GPS eram usadas para rastrear as atividades e pulverizações dos operadores. Placas impregnadas de corante e fiscalização dos registros de GPS de aplicação aérea eram utilizados para garantir a qualidade das pulverizações aéreas.

Placas impregnadas de corante, amostras de superfície, de água e de folhagem eram feitas (e submetidas a um laboratório independente) para assegurar a mínima contaminação dos locais sensíveis. Iscas inseticidas e cápsulas de feromônio eram analisadas para conteúdo e pureza, por laboratórios independentes; entomologistas inspecionavam as lavouras para ver a atividade dos bicudos e pragas secundárias.

Um treinamento anual completo era exigido dos funcionários, e um treinamento semanal era conduzido em cada escritório sobre os protocolos do programa e segurança do trabalho. Manuais e vídeos de treinamento eram produzidos para educar os trabalhadores sobre como fazer seu trabalho eficientemente e com segurança.

#### **4. Supervisão do programa**

Em cada programa, o primeiro nível de controle/gerenciamento/supervisão era uma diretoria com membros eleitos das zonas do programa. Eles se reuniam em sessões abertas trimestralmente e tomavam decisões sobre recursos financeiros, compras, seguros e outros assuntos. Os comitês técnico-consultivos faziam relatos e davam recomendações à diretoria. Os comitês de Finanças, Operações e outros subcomitês da diretoria conduziam revisões detalhadas das operações e davam recomendações ou submetiam opções à diretoria. A diretoria e o programa eram inspecionados e examinados anualmente por um auditor independente e pelos departamentos estaduais de agricultura, pelo USDA-APHIS, por instituições de empréstimos, pelo Serviço Federal de Pesca e

Vida Selvagem e pela Agência de Proteção Ambiental. Os registros de pulverização de pesticidas eram inspecionados periodicamente pelos departamentos estaduais de agricultura.

## **5. Sucessos, quarentenas e redução dos programas**

Após um período de três a dez anos de funcionamento do programa (dependendo das condições e restrições nas zonas), a população do bicudo terá alcançado os níveis determinados pelos departamentos estaduais de agricultura como ‘eliminado’, ‘funcionalmente erradicado’ ou ‘erradicado’. Quando esses marcos eram atingidos, as zonas eram habilitadas para proteção de quarentena. As quarentenas controlavam os itens reguladores e exigiam que os produtores deslocassem seus equipamentos de colheita das zonas infestadas de bicudo para zonas com bicudo eliminado, funcionalmente erradicado ou erradicado, depois de limparem completamente seus equipamentos e, assim, evitar a reinfestação. Do mesmo modo, as quarentenas nacionais protegiam o progresso feito em cada estado. Multas eram aplicadas àqueles que não cumprissem com as exigências da quarentena. O Comitê Nacional Técnico-Consultivo sobre Erradicação de Bicudo-do-algodoeiro desenvolveu um plano pós-erradicação para ajudar os programas a conduzirem programas eficazes de armadilhamento pós-erradicação, a fim de protegerem os produtores de algodão da reinfestação. O plano exigia uma concentração de armadilhamento, tendo como base o risco de reinfestação, de, no mínimo, uma armadilha por seção de algodão (640 acres) se a infestação de bicudo mais próxima estivesse 200 milhas ou mais distante da zona; no mínimo uma armadilha para 160 acres se o algodão infestado por bicudo estivesse de 50 a 200 milhas distante e pelo menos uma armadilha para 40 acres se a infestação estivesse a menos de 50 milhas de distância. Conforme as concentrações das armadilhas diminuíssem, os funcionários, veículos e despesas eram reduzidos a níveis mais baixos naquela zona.

## **6. Obstáculos**

Os programas de erradicação do bicudo-do-algodoeiro podem ser conduzidos com muita eficiência em áreas onde as lavouras sejam grandes, haja poucos obstáculos para as aero-

naves, menos cidades e vilarejos e onde o risco de chuva e tempestades tropicais seja baixo e a safra de algodão termine com geadas cada ano, e os sistemas necessários e infraestrutura estejam disponíveis. Os programas exigem sistemas rodoviário e de comunicação eficientes, disponibilidade de serviços de aviação agrícola, sistemas de computador e acesso a funcionários capacitados. O programa avança muito mais devagar em áreas tropicais (falta de baixas temperaturas de final de safra), áreas de muita chuva (que restringem o movimento para e ao redor das lavouras), em áreas de cultivo de algodão rodeadas por cidades, em áreas com impacto para espécies em extinção ou ameaçadas e em zonas onde o algodão que está a 100 milhas de infestação de bicudos. Uma consideração-chave é a habilidade e o comprometimento dos fazendeiros e outros para destruir os pés de algodão e criarem um período de seis meses livre de hospedeiro durante o ano. Isso exige a eliminação da soqueira de algodão pós-colheita e a eliminação eficaz de tigueras em outros cultivos de sucessão, carregadores, pátios de algodoeiras, margens de estradas ou de ferrovias, jardins e até pastagens onde o caroço de algodão tenha sido fornecido como alimento ao gado ou até a animais silvestres. Vários comitês técnico-consultivos do bicudo-do-algodoeiro nos Estados Unidos registraram que se os programas não conseguem obter controle sobre plantas de algodão “não comercial”, a erradicação do bicudo-do-algodoeiro não é possível.

## **7. Resultados - Benefícios para a cotonicultura americana**

A combinação da erradicação do bicudo-do-algodoeiro e do algodão transgênico *Bt* tem tido uma influência muito positiva na economia e no impacto ambiental da produção de algodão nos Estados Unidos. A revisão dos dados do Relatório Anual de Perda de Algodão por Inseto da Conferência do Cotton Beltwide mostra que, de 1986 a 2000, os produtores de algodão do Texas fizeram uma média de três aplicações de inseticida para todas as pragas. Desde 2000, eles têm feito em média somente uma aplicação. Já que mais de 6 milhões de acres de algodão são cultivados a cada ano no Texas, cerca de 12 milhões de acres acumulados por ano não estão mais recebendo tratamentos com inseticida. Isso tem tido um impacto positivo sobre o manejo

integrado de pragas. Os inimigos naturais têm sido preservados e são muito mais eficazes que no passado. Os estudos econômicos sobre o impacto da erradicação no Cotton Belt dos EUA não foram conduzidos; entretanto, no Texas, durante o período de 1996 a 2012, o benefício econômico líquido da erradicação de bicudo-do-algodoeiro aos produtores de algodão foi de US\$ 2,3 bilhões (McCorkle, 2012).

## Referencias bibliográficas

ALLEN, C.T. Boll Weevil Eradication: an Areawide Pest Management Effort. In: **Areawide Pest Management – Theory and Implementation**. KOUL, O., G.W. CUPERUS, and N. ELLIOT, eds. CAB International. Wallingford, Oxfordshire, UK. 2008. pp. 467-559.

ANONYMOUS. Dedication: in memory of Dr. Robert C. Coker, Dr. Edward Knipling, and Dr. James Brazzel. In: DICKERSON, W.A., A.L. BRASHEAR, J.T. BRUMLEY, F.L. CARTER, W.J. GREFENSTETTE and F.A. HARRIS, eds. **Boll Weevil Eradication in the United States through 1999**. Reference Book Series No. 6. The Cotton Foundation. Memphis TN. 2001 pp. xxxix-xlii.

CARTER, F.L., C. NELSON, A.G. JORDAN AND J.R. SMITH. U.S. cotton declares war on boll weevil. In: DICKERSON, W.A., A.L. BRASHEAR, J.T. BRUMLEY, F.L. CARTER, W.J. GREFENSTETTE and F.A. HARRIS, eds. **Boll Weevil Eradication in the United States through 1999**. Reference Book Series No. 6. The Cotton Foundation. Memphis TN. 2001.pp. 25-54.

COCKE, J. **New advances against the screwworm**. Texas Agricultural Extension Service. Publication L-1089. College Station, TX. Texas A&M University. 1981.

COKER, R.R. The impact of the boll weevil on cotton production costs. In: **Proceedings** of the Beltwide Cotton Conference. National Cotton Council, Memphis TN. 1958. pp. 3-5.

DAVICH, T. Foreward. In: DAVICH, T.B. (ed.) Boll Weevil Suppression, Management and Elimination Technology – **Proceedings** of a Conference. US-DA-ARS-S-71. Memphis, TN. 1976.pp. i-ii.

KNIPLING E.F. Basic research for control of cotton insects tomorrow. In: **Proceedings** of the Beltwide Cotton Conference. National Cotton Council. Memphis, TN. 1956.pp. 20-21.

LOYD, E.P. Introduction . In: DICKERSON, W.A., A.L. BRASHEAR, J.T. BRUMLEY, F.L. CARTER, W.J. GREFENSTETTE and F.A. HARRIS, eds. **Boll Weevil Eradication in the United States through 1999**. Reference Book Series No. 6. The Cotton Foundation. Memphis TN. 2001. pp. 1-6.

MCCORKLE, D. **Boll Weevil Eradication Efforts Showing Significant Economic Benefits**. Texas A&M AgriLife Extension. Publication MKT- 35580. 2012. <http://www.agecoext.tamu.edu/files/2013/07/MKT35580.pdf>

NOVY, J.E. Screwworm control and eradication in the southern United States of America. In: **New World screwworm response to an emergency – La lucilie bouchère une intervention d’urgence . El gusano barrenador del Ganado repuesta a una emergencia** - 1991. BRANCKAERT, R.D.S. Ed. FAO Corporate Document Repository. 1991. <http://www.fao.org/docrep/U4220T/u4220T00.htm#Contents>

PERKINS, J.H. **Insects, Experts and the Insecticide Crisis**. 1st Edition. Plenum Press. New York. 1982.

SHAW, B.T. **Today’s research and tomorrow’s agriculture**. Presentation at the Agricultural Research Institute. Washington, D.C. August 15, 1956.

## CAPÍTULO 7

# Os trabalhos financiados e/ou conduzidos em Mato Grosso pelos produtores de algodão sobre o bicudo-do-algodoeiro

**Jean Louis Belot**

Instituto Mato-grossense do Algodão

Como relatado anteriormente, desde sua introdução no Brasil, em 1983, o bicudo-do-algodoeiro espalhou-se pelas diversas regiões algodoeiras do país. A sua presença foi constatada em 1993 em Mato Grosso, nos municípios onde o algodão era produzido em sistema de agricultura familiar.

Com a expansão do cultivo algodoeiro mecanizado nos Cerrados mato-grossenses, a praga também se alastrou, ocupando todas as regiões algodoeiras na safra 2005/06, apesar da implantação de medidas de contenção.

Desde a criação de mecanismos estaduais para incentivar o cultivo algodoeiro e a pesquisa/extensão em Mato Grosso (Programa Proalmat, Fundo Facual, IMAmt), parte dos recursos foram direcionados para ajudar o produtor a combater essa praga, para conduzir estudos destinados a melhor entendê-la e para desenvolver métodos de controle mais eficientes.

## **1. Programas estaduais de monitoramento do bicudo-do-algodoeiro, áreas livres de bicudo e erradicação de focos**

Entre 2002 e 2013, os fundos Facual, IMAmt e IBA financiaram diversos projetos conduzidos ou coordenados pelo Instituto de Defesa Agropecuária do Estado de Mato Grosso (Indea) sobre o bicudo-do-algodoeiro.

Nos primeiros anos (entre 2002 e 2006), até a totalidade da área algodoeira ser infestada por essa praga, o Indea conduziu programas de monitoramento, contenção e bloqueio do bicudo-do-algodoeiro, visando manter e ampliar as áreas livres da praga.

Em 2004, um projeto específico foi montado para tentar erradicar focos de bicudo surgidos em áreas livres e/ou zonas-tampão.

Entre 2003 e 2006, com objetivo de, entre outras coisas, valorizar a fibra produzida em áreas livres de bicudo (para permitir exportação em países livres da praga), o Facual financiou projetos de “Apoio às ações do Programa de Certificação de área livre do Bicudo-do-algodoeiro”.

Porém, apesar desses esforços, a praga conseguiu espalhar-se na totalidade das áreas algodoeiras na safra de 2005/06.

Todas essas ações envolveram a contratação de recursos humanos para tarefas específicas, como coordenação de equipe de monitores, monitores para a rede de armadilhas com feromônios, acompanhamento de operações de expurgo, eliminação de plantas de algodão germinadas às margens das rodovias, fiscalização do trânsito de produtos do algodoeiro, máquinas, equipamentos e implementos etc.

Então, a partir de 2006, o Indea focou sua atenção sobre o monitoramento e a aplicação das medidas de prevenção e sobre o controle do bicudo-do-algodoeiro nas fazendas algodoeiras, principalmente tratando da aplicação das medidas de vazio sanitário e de destruição de restos culturais.

## **2. Trabalhos dos ATR para controlar o bicudo-do-algodoeiro**

A partir de 2006, financiamentos foram direcionados pelo Facual e IMAmt a fim de estruturar uma equipe de técnicos ligados diretamente à Associação Mato-grossense dos Produtores de Algodão (Ampa) e ao IMAmt, visando dar sequencia

a ações conduzidas inicialmente pelo Indea, como o monitoramento das populações de bicudo e a eliminação do algodão na beira das estradas. A equipe dos Assistentes Técnicos Regionais (ATR), repartida nos sete núcleos de produção definidos pela Ampa (Centro, Centro-Leste, Centro-Norte, Médio-Norte, Noroeste, Norte e Sul) foi pouco a pouco tomando conta de todas essas tarefas, desenvolvendo novas atividades.

Atualmente, essa equipe de ATR conduz diversos trabalhos de controle do bicudo-do-algodoeiro.

## 2.1. Sistema de Alerta de Pragas emergentes (SAP-e)

Além de diversos lepidópteros-pragas, esse sistema inclui o bicudo-do-algodoeiro, que está sendo monitorado entre outubro e janeiro de cada ano, com armadilhas de feromônio espalhadas em 15 pontos do Estado. Esse sistema permite enviar semanalmente aos produtores a síntese das capturas em cada região, e assim saber o nível populacional da praga antes do plantio de algodão.

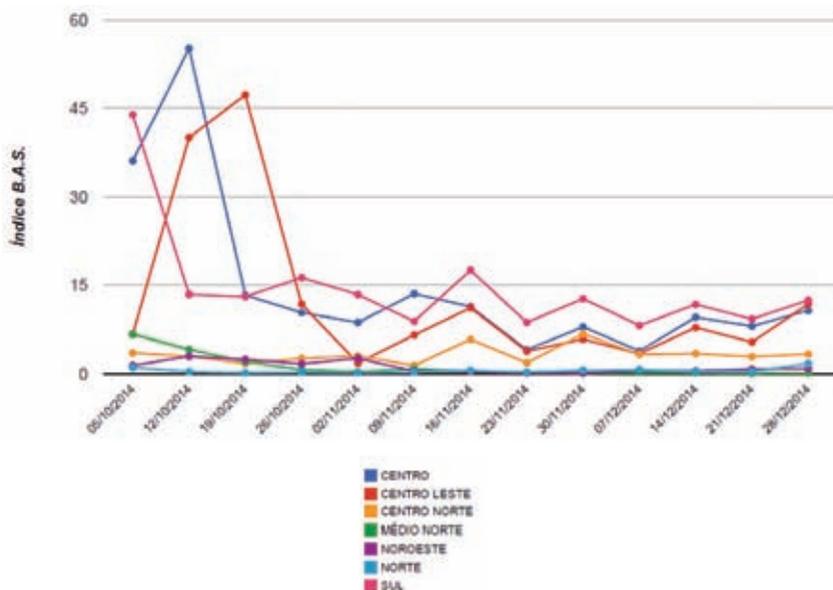


Figura 1. Exemplo de relatório semanal gerado pelo sistema SAP-e (B.A.S. : Número de bicudo por armadilha e por semana)

## 2.2. Acompanhamento das lavouras e monitoramento do bicudo-do-algodoeiro nas fazendas

Durante a safra, as equipes de ATRs do IMAmt realizam visitas periódicas nas lavouras de algodão, repassando informações e alertas aos produtores sobre situações de risco, como, por exemplo, a presença de tigueras de algodão em áreas cultivadas com soja e que podem se tornar foco de infestação de bicudo (*Figura 2*). Apoiam os diversos programas de supressão ou de controle efetivo do bicudo.



(Foto: Jean L. Bétol)

Figura 2. Plantas de algodão “tigueras” em lavoura de soja

Ao final da safra, eles informam os produtores sobre a qualidade da destruição dos restos culturais dos talhões da fazenda, a fim de que o mesmo possa tomar providências para adequar-se a legislação sobre o vazio sanitário do algodão.

## 2.3. Destruição de plantas de algodão germinadas na beira das rodovias

Os ATR são equipados com veículos especialmente modi-

ficados para poder eliminar plantas de algodão presentes na beira das rodovias, e caso não seja suficiente, essas plantas são cortadas ou arrancadas manualmente (*Figura 3*).

Essa medida é essencial para reduzir as populações de bicudo na entressafra.



(Fotos: ATR do IMAMt)

Figura 3. Destruição de algodão na beira das rodovias

### **3. Programa de supressão ou de controle efetivo do bicudo em zona algodoeira específica de Mato Grosso**

#### **3.1. O projeto piloto de “supressão” do bicudo-do-algodoeiro**

Entre 2008 e 2009, abrangendo o final da safra agrícola 2007/08 e a safra 2008/09, foi conduzido pelo IMAMt um projeto piloto de “Supressão do Bicudo-do-algodoeiro na Re-

gional Sul” de Mato Grosso.

O objetivo principal deste projeto foi reduzir o nível populacional do bicudo-do-algodoeiro regionalmente, por meio de um modelo de supressão do inseto, mantendo-o abaixo dos níveis de dano econômico, envolvendo medidas de combate rígidas, cooperativas e coletivas. Os produtores, simultaneamente, adotaram as mesmas ações estratégicas para o controle da praga. Desta forma, a implantação do projeto reduziria o uso excessivo de defensivos químicos, o que eleva os custos de produção e pode inviabilizar economicamente a cotonicultura local, além de contribuir para a minimização das contaminações ambientais decorrentes do uso dos pesticidas em excesso. Também, com o know-how adquirido, este projeto poderia gerar informações que seriam utilizadas posteriormente em outras regiões do Estado.

Segundo Vilela (2008), coordenadora desse projeto, foi possível desenvolver algumas metodologias e ferramentas para monitorar espacialmente e ao longo do tempo as populações de bicudo (*Figura 4*), confirmando que soqueiras mal destruídas e algodão no meio da soja são focos de reinfestação da praga.

Inicialmente previsto para cinco anos, esse projeto, apesar de ter mostrado resultados promissores, foi abandonado pelos produtores em função do cenário desfavorável para a cotonicultura, que tornou inviável por parte dos produtores a

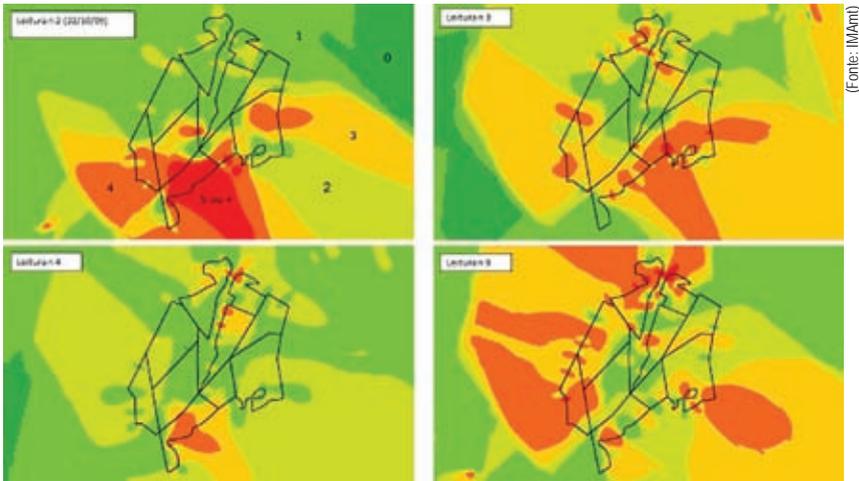


Figura 4. Mapas de monitoramento do Bicudo-do-algodoeiro (Número de bicudo capturado por armadilha e por semana)

execução de algumas ações fundamentais de supressão.

A partir de abril 2009, os trabalhos de supressão foram substituídos, para alguns produtores da região, por ações de controle rígido do bicudo. Então, o projeto piloto inicial foi abandonado.

### **3.2. O projeto de controle “efetivo” do bicudo-do-algodoeiro**

Cada vez mais, o bicudo-do-algodoeiro consolida-se como praga-chave do cultivo do algodão, ainda mais com a ampla difusão das variedades transgênicas. Para aquelas resistentes às lagartas, resultou em menor monitoramento e redução no número de aplicações de inseticidas no início do desenvolvimento da cultura. Para aquelas resistentes ao glifosato, resultaram maior dificuldade de destruição de soqueira e maior permanência de tiguerras de algodão nas lavouras de soja RR em sequência. Por conta disso, muitas regiões produtoras de MT encontram-se com níveis populacionais muito elevados de bicudo.

Assim, a partir de 2014, o IMAmt vem executando, em parceria com os produtores de algodão de algumas regiões, um projeto que visa ajudar os produtores dessas áreas a organizar-se, a fim de implementar de modo coordenado diversas medidas de manejo. A adoção dessas medidas, realizadas de maneira coletiva e permanente, resultará gradativamente na redução significativa das populações do bicudo-do-algodoeiro, facilitando, assim, o manejo da praga e gerando, conseqüentemente, redução dos custos de proteção contra o inseto.



(Fonte: ATR do IMAmt)

**Figura 5.** Reunião de coordenação dos produtores da região da Serra da Petrovina, para o projeto de controle efetivo do bicudo-do-algodoeiro

## **Ações a implementar para o controle efetivo do bicudo-do-algodoeiro (Barros, 2015)**

Levantar e mapear áreas com focos já conhecidos, que são potenciais portas de entrada e saída do bicudo, com a realização de medidas preventivas de controle nesses locais;

Diferenciar e intensificar as medidas de controle do bicudo em algodão 1<sup>a</sup> safra e algodão 2<sup>a</sup> safra existentes em uma mesma fazenda;

Monitorar e realizar um controle eficaz das tigueras e soqueiras de algodão, seja em estradas, áreas de pousio e, especialmente, no interior de culturas (p. ex.: soja);

Cada propriedade deve armadilhar e monitorar de forma sistemática as lavouras;

Utilização do software de monitoramento do IMAmt, instalado em *smartphone* ou *tablet* dos monitores das propriedades, com o intuito de gerar um banco de dados e mapeamento de áreas de maior população, facilitando as tomadas de decisões;

Treinamento de monitores, reuniões e palestras realizados pelo IMAmt ou por especialistas contratados;

Aplicação em bordadura a partir dos 25 dias após a emergência das plantas;

Aplicação em área total de acordo com monitoramento, realizações de aplicações sequenciais, quando a infestação for uniforme, e fazer, ainda, pelo menos seis aplicações após abertura do primeiro capulho;

- Utilização do Tubo Mata-Bicudo (TMB), começando na pré-colheita e mantendo-se até 30 dias antes do plantio;

- Destruição benfeita da soqueira do algodão, seja química e/ou mecânica;

- Condução de experimentos relacionados à tecnologia de aplicação;

- Trocas de informações entre produtores e equipe do IMAmt, com objetivo de validar as melhores medidas para o manejo do bicudo.

O projeto já está em andamento desde final de 2014 e com boa aceitação na região Sul; em breve, será estendido a outras regiões produtoras do MT em 2015 e 2016.

#### **4. Programas de pesquisa sobre o bicudo-do-algodoeiro**

Desde sua criação, o fundo Facual financiou diversos projetos de pesquisa com intuito de conhecer melhor a praga, ou desenvolvendo novas ferramentas de controle.

##### **4.1. Biologia do bicudo-do-algodoeiro nos cerrados de Mato Grosso**

Um dos primeiros projetos financiados pelo Facual para pesquisadores da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) foi de “Levantamento do ciclo biológico do bicudo na cultura do algodão”, que permitiu conhecer melhor o ciclo da praga nas condições ecológicas do Cerrado de Mato Grosso.

Em 2003 e 2004, o fundo Facual financiou a União das Escolas Superiores de Rondonópolis (Unir) para desenvolver trabalhos sobre a biologia do bicudo e identificação de possíveis plantas hospedeiras e predadores do bicudo-do-algodoeiro.

Resumos desses trabalhos científicos foram apresentados em diversos Congressos (Felício *et al.*, 2005; Scomparin *et al.*, 2005a; Scomparin *et al.*, 2005b).

A partir de 2004, outras instituições, como a Unic de Cuiabá e a Fundação MT de Rondonópolis receberam apoio do Facual para conduzir estudos sobre a biologia do bicudo-do-algodoeiro.

##### **4.2. Manejo integrado e controle químico do bicudo-do-algodoeiro**

Já em 2000, um dos primeiros projetos de pesquisa financiados pelo Facual foi o de “Modelagem de sistema de manejo integrado do bicudo em Mato Grosso”, executado pela Fundação MT. Nesse mesmo ano, essa instituição de pesquisa conduziu também o projeto de “Manejo e identificação de Doenças e Pragas do algodoeiro com ênfase para o bicudo”.

Foi o início dos trabalhos aplicar e adaptar às condições de cultivo dos Cerrados as técnicas de controle do bicudo desen-

volvidas em outros países ou estados do Brasil. Esses trabalhos se beneficiaram dos conhecimentos de pesquisadores da Embrapa, Iapar ou de universidades do Sul do país.

Pesquisadores da Embrapa, em conjunto com a Fundação Centro-Oeste, conduziram também trabalhos em 2005, para validar as táticas de redução da população de bicudo na entressafra.

Durante vários anos, a Fundação MT trabalhou sobre as técnicas de monitoramento do bicudo, comparando diversos tipos de armadilhas e de feromônio. Em 2008, realizou trabalhos sobre o impacto dos tubos mata-bicudo (TMB<sup>®</sup>) sobre populações de bicudo nos refúgios, durante a entressafra e safra do algodão.

No que se refere a controle químico do bicudo-do-algodoeiro, numerosos trabalhos foram conduzidos ao longo dos anos por Fundação MT, Cooperfibra, Fundação Centro-Oeste, permitindo identificar os melhores ingredientes ativos e tipos de pulverização para o controle da praga.

Preocupados com o desenvolvimento de resistência pelo inseto aos inseticidas, a Fundação MT realizou também trabalho, em 2007, sobre sensibilidade de adultos de bicudo-do-algodoeiro a inseticidas químicos.

Todos esses trabalhos, financiados pelo fundo Facual e pelo IMAmt ao longo desses 15 últimos anos, foram de suma importância para ajudar o cotonicultor Mato-grossense a controlar essa praga.

### **4.3. Uso de ferramentas de biotecnologia para controle do bicudo**

A partir de 2002, avaliando que o cotonicultor precisaria de mais ferramentas para o controle integrado da praga, o fundo Facual financiou trabalhos de diversas equipes da Embrapa Cenargen, a fim de identificar novas toxinas de *Bacillus thuringiensis* eficientes sobre o bicudo, visando sua clonagem e introgressão em plantas de algodoeiro. Parte dos recursos foi direcionada ao projeto de “Estratégias moleculares para controle do Bicudo do algodoeiro e de Lepidópteros”, coordenado pela dra. Grossi-de-Sá, do Cenargen.

No marco desses projetos e dos demais financiados por recursos da Embrapa, do CNPq ou de outros fundos algodoeiros, como o Fialgo, essa equipe desenvolveu muitos tra-

balhos, usando diferentes estratégias moleculares na prospecção de genes que codificassem proteínas com capacidade para controlar, especificamente, as pragas-alvo (neste caso, *Spodoptera frugiperda* e *Anthonomus grandis*), e posterior desenvolvimento de variedades comerciais de algodão resistentes a essas pragas.

As estratégias usadas no projeto foram as seguintes:

- Uso de biblioteca combinatória de inibidores mutantes do tipo *Phage display* para seleção de inibidores de proteinases melhorados, mais ativos e específicos para as pragas-alvo.
- Uso de biblioteca combinatória de mutantes de inibidores de  $\alpha$ -amilases, construída com técnica de DNA *shuffling*, para seleção de inibidores mutantes para as  $\alpha$ -amilases(s) das pragas-alvo.
- Uso de biblioteca combinatória de toxinas Bt (*Bacillus thuringiensis*), construída por meio das técnicas de DNA *shuffling* e *Phage display*, para seleção de toxinas mutantes para a praga-alvo.
- Uso da região-pró das proteinases como fator de inibição da proteinase digestiva cognata do inseto-alvo.

Diversas técnicas de transformação genética do algodoeiro foram usadas para obtenção de plantas transgênicas de algodão, incluindo transformação via *Agrobacterium tumefaciens* e via tubo polínico.

Vários trabalhos resultantes desse projeto ou de outros foram publicados em congressos ou revistas científicas, sendo muitos deles relativos ao controle do bicudo com inibidores de proteinase (Franco *et al.*, 2002; Dias *et al.*, 2003; Franco *et al.*, 2003; Oliveira Neto *et al.*, 2003; Figueira *et al.*, 2004; Franco *et al.*, 2004; Grossi-de-Sá *et al.*, 2004d; Oliveira Neto *et al.*, 2004a; Oliveira Neto *et al.*, 2004b; Treitler *et al.*, 2004; Calderon *et al.*, 2005; Gomes *et al.*, 2005; Dias *et al.*, 2010; Silva *et al.*, 2013) ou com toxinas de Bt (Dias *et al.*, 2000; Grossi-de-Sá *et al.*, 2004a; Grossi-de-Sá *et al.*, 2004b; Grossi-de-Sá *et al.*, 2004c; Grossi-de-Sá *et al.*, 2007; Nakasu *et al.*, 2010; Oliveira *et al.*, 2011).

Um pesquisador dessa equipe, Oliveira Neto, trabalhou muito com transformação do algodoeiro via tubo polínico (Oliveira Neto *et al.*, 2005a; Oliveira Neto *et al.*, 2005b; Oliveira Neto *et al.*, 2005c; Oliveira *et al.*, 2006; Oliveira *et al.*, 2007; Miran-

da *et al.*, 2009), método usado inicialmente com sucesso pelas equipes chinesas, mas também realizaram transformação com biobalística (Basso *et al.*, 2009; Lourenço *et al.*, 2010).

Por fim, essa equipe iniciou trabalhos com outras vias de modificações genéticas do algodoeiro, com uso de RNA interferência (Firmino *et al.*, 2013), método usado com êxito para a resistência do feijoeiro a uma virose.

A equipe da dra. Monnerat, da Embrapa Cenargen, foi envolvida nesses trabalhos sobre o bicudo-do-algodoeiro, junto com a equipe da dra. Grossi-de-Sá ou em projetos diferentes. A ampla experiência da dra. Monnerat sobre a biologia e a criação em meio artificial do bicudo-do-algodoeiro foi a base para o desenvolvimento de metodologias para realizar bioensaios e *screening* de estirpes e toxinas de *Bacillus thuringiensis* sobre o bicudo (Dias *et al.*, 1999; Dias *et al.*, 2000; Monnerat *et al.*, 2000; Nobre *et al.*, 2000; Monnerat, 2002; Santos *et al.*, 2003c; Martins *et al.*, 2004).

Realizou, entre 1999 e 2005, trabalhos sobre a eficiência de inibidores de proteases sobre o bicudo-do-algodoeiro (Oliveira Neto *et al.*, 1999; Oliveira Neto *et al.*, 2000a; Oliveira Neto *et al.*, 2000b; Santos *et al.*, 2001a e 2001b; Franco *et al.*, 2003; Franco *et al.*, 2004; Oliveira Neto *et al.*, 2004a; Oliveira Neto *et al.*, 2004b; Gomes *et al.*, 2005), e também sobre colesterol oxidase entre 2002 e 2004 (Santos *et al.*, 2002; Santos *et al.*, 2004d).

Mas o foco principal dos trabalhos dessa equipe, em parte financiados por recursos dos fundos dos produtores de Mato Grosso (Projeto Facual “Identificação, caracterização e disponibilização de estirpes de *Bacillus thuringiensis* eficazes ao controle de lepidópteros desfolhadores da cultura do algodão”) e de Goiás (Fundo Fialgo), foi a identificação de estirpes de *Bacillus thuringiensis* (provenientes do Banco de Germoplasma de *Bacillus* entomopatogênicos da Embrapa Cenargen) tóxicas para o bicudo-do-algodoeiro.

Várias estirpes foram identificadas (Martins *et al.*, 2000; Monnerat *et al.*, 2001; Martins *et al.*, 2002b; Monnerat *et al.*, 2003; Praça *et al.*, 2003; Praça *et al.*, 2004; Silva *et al.*, 2004; Martins *et al.*, 2005a; Martins *et al.*, 2007; Teixeira Corrêa *et al.*, 2012).

Em projeto diferente, também financiado pelo Facual e intitulado “Utilização de *Bacillus thuringiensis* endofíticos para controle de insetos-praga do algodoeiro”, eles tentaram desenvolver tecnologia para utilização de Bt como inoculante para proteger a planta do algodoeiro do ataque de insetos (Monnerat *et al.*, 2009a). Por enquanto, esses trabalhos não resultaram em tecnologia utilizável pelos cotonicultores.

A partir das estirpes tóxicas para o bicudo-do-algodoeiro, foram isoladas diversas toxinas cujas toxicidade e caracterização biológica e molecular foram realizadas (Martins *et al.*, 2002a; Bartz & Monnerat, 2003). Foi o caso das proteínas Cry1I (Martins *et al.*, 2008; Martins *et al.*, 2005b) e Cry10Aa (Monnerat, 2012), que foram sequenciadas, clonadas e vetores construídos e usados por equipes da dra. Santos e da dra. Grossi-de-Sá para transformar plantas de algodoeiro.

Os trabalhos ainda estão em andamento, e levará tempo para o eventual uso comercial dessas plantas.

Vale lembrar que, anteriormente, equipes da Embrapa Algodão, iniciaram trabalhos em Campina Grande/PB para obter plantas transgênicas resistentes ao bicudo. Com financiamento do Facual em 2003-2004, uma equipe coordenada pela dra. Márcia Soares Vidal tentou transformar geneticamente o algodoeiro via *Agrobacterium tumefaciens*. Eles usaram construções genéticas com genes de inibidores de proteases potencialmente eficientes sobre o bicudo. Porém, esses trabalhos não foram para frente (Vidal, 2004).

Ao mesmo tempo, a dra. Roseana Cavalcanti dos Santos, da Embrapa Algodão, trabalhou na linha dos projetos da dra. Grossi-de-Sá e da dra. Monnerat, da Embrapa Cenargen. Ela coordenou novos projetos financiados pelo fundo Fialgo (Fundo de Incentivo ao Cultivo Algodoeiro do Estado de Goiás), como os projetos “Isolamento, introdução e expressão do colesterol oxidase em plantas transgênicas de algodão para controle do bicudo do algodoeiro - 2003/2006” e “Obtenção de eventos elite de algodão contendo o gene cry1Ia para resistência a lagartas e ao bicudo-do-algodoeiro - 2006/2009”.

Com esses recursos e financiamentos de outras instituições, ela desenvolveu também trabalhos sobre a transformação ge-

nética do algodoeiro, em particular via tubo polínico (Santos *et al.*, 2004c; Santos *et al.*, 2005; Pinheiro *et al.*, 2006a; Pinheiro *et al.*, 2006b; Carvalho & Santos, 2007a; Carvalho & Santos, 2007b; Medeiros *et al.*, 2007; Pinheiro *et al.*, 2007; Pinheiro *et al.*, 2008; Lima *et al.*, 2009b).

Trabalhou inicialmente com genes de inibidores de protease (Santos *et al.*, 1999b; Santos *et al.*, 2000; Santos *et al.*, 2001a; Santos *et al.*, 2001b; Oliveira Neto *et al.*, 2003), de colesterol oxidase (Santos *et al.*, 1999a; Santos *et al.*, 2001c; Santos *et al.*, 2002; Santos *et al.*, 2003a; Santos *et al.*, 2003b; Santos *et al.*, 2004a; Santos *et al.*, 2004b; Santos *et al.*, 2004d) e genes de Bt (Monnerat *et al.*, 2003a; Monnerat *et al.*, 2003b; Monnerat *et al.*, 2009b).

Os últimos trabalhos foram realizados com o gene Cry1Ia, visando o controle de *Spodoptera frugiperda* e de *Anthonomus grandis* (Silva *et al.*, 2008a; Silva *et al.*, 2008b; Monnerat *et al.*, 2009b; Santos *et al.*, 2009; Silva *et al.*, 2009; Silva *et al.*, 2014a; Silva *et al.*, 2014b). Algumas plantas possivelmente transformadas foram obtidas, e a sua avaliação do ponto de vista molecular e de sua eficiência biológica e toxicidade sobre pragas-alvo ainda está em andamento. Atualmente, ela segue com pesquisas sobre transformação genética do algodoeiro via tubo polínico com um novo gene cry10Aa, promissor para o controle do bicudo-do-algodoeiro.

Durante esse período, trabalhou também com proteínas e genes expressos especificamente nos botões florais do algodoeiro, visando identificar promotores e construções que permitirão, no futuro, a obtenção de plantas geneticamente transformadas com expressão da toxina unicamente nos botões florais, onde o bicudo se alimenta e oviposita (Batista *et al.*, 2008; Batista *et al.*, 2009; Lima *et al.*, 2009a; Queiroz *et al.*, 2010; Batista *et al.*, 2012; Pinheiro *et al.*, 2012; Batista *et al.*, 2014).

Em 2007, o dr. Márcio, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, conduziu um projeto a fim de identificar genes expressos exclusivamente em tecidos florais (projeto: “Desenvolvimento de ferramentas biotecnológicas para o controle do bicudo-do-algodoeiro: Identificação de gene expresso exclusivamente em tecidos florais para clonagem e caracterização preliminar de promotores específicos de flor”, financiamento

Facual). Esse trabalho visa desenvolver promotores tecido-específicos, para serem usados em construções genéticas com genes letais identificados pelas equipes da Embrapa Cenargen.

Com pesquisadores da Embrapa Cenargen, publicou resultados sobre esses promotores específicos, visando construções genéticas para expressar genes de utilidade (sejam genes de inibidores de protease ou genes cry de Bt) unicamente nos órgãos frutíferos do algodoeiro (Viana *et al.*, 2011; Artico *et al.*, 2013; Artico *et al.*, 2014), para o controle do bicudo-do-algodoeiro.

## **Considerações finais**

Nesses últimos 15 anos, muitos trabalhos foram conduzidos, com apoio financeiro dos produtores (pelos fundos Facual e do IMAmt, do Fialgo), com outras fontes financiadoras, como CNPq, ou fundos próprios da Embrapa, para obter plantas de algodão geneticamente modificadas resistentes ao bicudo. Muitos “ativos” foram gerados, muitos trabalhos técnicos e científicos foram publicados.

Porém, até agora, nenhuma equipe conseguiu produzir uma planta de algodão comprovadamente transformada, com alta eficiência para o controle do bicudo, e suscetível de originar variedades comerciais resistentes ao bicudo-do-algodoeiro.

Mais investimentos serão necessários para alcançar esse objetivo, em particular para dispor de uma plataforma de transformação eficiente, de alta capacidade, capaz de transformar em rotina um número elevado de plantas, com diversas construções genéticas e de testar as mesmas para resistência ao bicudo.

O caminho ainda é longo para dispor aos produtores de algodão de Mato Grosso variedades transgênicas resistentes ao bicudo. A união dos esforços de todas as equipes de pesquisa nacionais e internacionais e investimentos importantes serão necessários para alcançar esse objetivo.

## **5. Considerações finais sobre os trabalhos realizados nos Cerrados para o controle do bicudo-do-algodoeiro**

Desde a entrada do bicudo-do-algodoeiro no estado de Mato Grosso, em 1993, os cotonicultores têm contribuído muito, do

ponto de vista financeiro, para a geração de conhecimento e para a implementação de medidas para o controle desta praga.

Muitas ações foram implementadas no Estado, para primeiro monitorar a entrada e a expansão do bicudo nas áreas algodoeiras e tentar atrasar sua entrada em áreas livres da praga. Depois de ela alastrar-se por todo o Estado, os produtores implantaram muitas ações para controlar o inseto. Porém, apesar de todos esses esforços, o *Anthonomus grandis* pode ainda ser considerado a praga-chave do cultivo algodoeiro em Mato Grosso e nos Cerrados.

Muitas pesquisas foram financiadas pelos produtores para conhecer a praga na ecologia dos Cerrados e desenvolver pesquisas para controlar melhor o bicudo-do-algodoeiro. Uma ferramenta esperada há mais de 15 anos é o algodão transgênico resistente ao bicudo. Mas fica claro, agora, que não podemos contar comercialmente com essa ferramenta, em variedades adaptadas aos cerrados, antes de 10-15 anos. E sabemos, a exemplo do que está acontecendo com as variedades transgênicas resistentes aos lepidópteros, que essa ferramenta não resolverá tudo.

Assim, o cotonicultor é obrigado a conviver com o bicudo-do-algodoeiro, porquanto as condições tropicais úmidas, a ecologia dos Cerrados e outros fatores de ordem administrativa não permitem erradicá-lo, da maneira como está sendo feito na América do Norte. Todas as ferramentas disponíveis precisam ser mobilizadas de forma integrada para poder conviver com essa praga, de modo que ela não inviabilize a produção. É lamentável que as medidas de controle biológico do bicudo-do-algodoeiro sejam ainda tão pouco usadas nas fazendas algodoeiras, já que apresentam perspectivas muito interessantes de controle quando inseridas num sistema de MIP.

Enfim, parece claramente que o controle adequado do bicudo dependerá da união de todos os produtores de cada região algodoeira, a fim de coordenar a implementação de todas as medidas de controle disponíveis. Os projetos-piloto conduzidos em diversas regiões do Brasil, e na região da Serra da Petrovina-MT em particular, precisam ser observados com atenção, para serem modelos no controle efetivo do bicudo-do-algodoeiro nas demais regiões algodoeiras.

## Referências bibliográficas

ARTICO, S.; LAMBRET-FROTTÉ, J.; NARDELI, S. M.; OLIVEIRA-NETO, O. B.; GROSSI-DE-SÁ, M. F.; ALVES-FERREIRA, M. Isolation and characterization of three new promoters from *Gossypium hirsutum* that show high activity in reproductive tissues. **Plant Molecular Biology Reporter**, v. 32, p. 630-643, 2013.

ARTICO, S.; RIBEIRO-ALVES, M.; OLIVEIRA-NETO, O. B.; DE MACEDO, L. L.; SILVEIRA, S.; GROSSI-DE-SÁ, M. F.; MARTINELLI, A. P.; ALVES-FERREIRA, M. Transcriptome analysis of *Gossypium hirsutum* flower buds infested by cotton boll weevil (*Anthonomus grandis*) larvae. **BMC Genomics**, v. 15, p. 854-878, 2014.

BARTZ, S.; MONNERAT, R. G. Caracterização bioquímica e molecular de isolados brasileiros de *Bacillus thuringiensis* contra *Anthonomus grandis*. In: PIBIC, 2003, Brasília. **Anais** do PIBIC, 2003.

BASSO, A. M. M.; ALMEIDA, F. F.; LEMOS, L. C.; MEDEIROS, R. G.; MIRANDA, V. J.; OLIVEIRA NETO, O. B.; COSTA, P. H. A.; PAULA, A. W. M.; EVANGELISTA, I. B. R.; LOURENÇO, I. T.; OLIVEIRA, R. S.; ROCHA, T. L.; SILVA, M. C. M.; GROSSI-DE-SÁ, M. F. Transformation of the SLL 705 cotton cultivar by biolistic. In: II Simpósio Brasileiro de Genética Molecular de Plantas, 2009, Armação de Búzios. **Resumos** do II Simpósio Brasileiro de Genética Molecular de Plantas, 2009.

BATISTA, V. G. L.; PINHEIRO, M. P. N.; SANTOS, R. C.; LIMA, L. M. Estabelecimento de protocolo para extração de RNA de botão floral de algodoeiro. In: Encontro de produção científica da Embrapa Algodão, 2008, Campina Grande. **Anais** Encontro de produção científica da Embrapa Algodão. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2008. p. 35-35.

BATISTA, V. G. L.; LIMA, L. M.; SANTOS, R. C.; PINHEIRO, M. P. N.; BARROS, T. F. S. Análise in silico de sequências nucleotídicas de botão floral de algodoeiro geradas a partir de uma biblioteca substrativa de cDNA. in: Encontro de produção científica da Embrapa Algodão, 2009, Campina Grande. **Anais** Encontro de produção científica da Embrapa Algodão. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2009. p. 22-22.

BATISTA, V. G. L.; PINHEIRO, M. P.; PINTO, F. S. L.; SANTOS, R. C. Estudo da expressão de genes relacionados ao botão floral do algodoeiro por meio de rt-PCR semiquantitativa. In: V Congresso Brasileiro de Mamona / II Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas & I Fórum Capixaba de Pinhão Manso, 2012, Guarapari - ES. Congresso Brasileiro de Mamona, 5; Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas, 2 & I Fórum Capixaba de Pinhão Manso, 2012, Guarapari. Desafios e Oportunidades: **Anais**, 2012. p. 35-35.

BATISTA, V. G. L.; PINHEIRO, M. P. N.; PORTO, M. S.; ROCHA, G. M. G.; MELO FILHO, P. A.; SANTOS, R. C.; LIMA, L. M. Expressão tempo-espa- cial de genes presentes em botões florais de algodoeiro. In: VI Congresso Brasileiro de Mamona, 2014, Fortaleza. Energia e Segurança Alimentar na Agricultura Familiar, **Anais**, 2014. p. 17.

CALDERON, L. A.; TELES, R. C.; FRANCO, O. L.; GROSSI-DE-SÁ, M. F.; MEDRANO, F. J.; FREITAS, S. M. Purification of a 6.5 kDa protease inhibitor from *Amazon Inga umbratica* seeds effective against serine proteases of the boll weevil, *Anthonomus grandis*. **Protein and Peptide Letters**, USA, v. 12, n.6, p. 583-587, 2005.

CARVALHO, J. M. F.; SILVA, M. M. A.; MEDEIROS, M. J. L.; SOUZA, D. M.; SANTOS, R. C. Resposta da cultivar ITA 90 II do algodão a embriogênese somática. In: VI Congresso Brasileiro do Algodão, 2007, Uberlândia. **Resu- mos** do VI Congresso Brasileiro do Algodão. Campinas: Esphera, 2007a.

CARVALHO, J. M. F.; MEDEIROS, M. J. L.; SILVA, M. M. A.; SOUZA, D. M.; SANTOS, R. C. Estabelecimento de células embriogênicas para regeneração do algodoeiro. In: VI Congresso Brasileiro do Algodão, 2007, Uberlândia. **Re- sumos** do VI Congresso Brasileiro do Algodão. Campinas: Esphera, 2007b.

DIAS, S.; SÁ, M. F. G.; OLIVEIRA NETO, O. B.; MONNERAT, R.G. Metodologia de bioensaio utilizando *Bacillus thuringiensis* contra o bicudo do algodoeiro. In: Talento Estudantil Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1999, Brasília. **Anais** do Talento Estudantil Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1999.

DIAS, S.; GROSSI-DE-SÁ, M. F.; OLIVEIRA NETO, O. B.; MONNERAT, R. G. Desenvolvimento de metodologia de bioensaio utilizando *Bacillus thu- ringiensis* contra o bicudo do algodoeiro. **Comunicado Técnico Embrapa**, Brasília, v. 42, p. 1-5, 2000.

DIAS, S. C.; FRANCO, O. L.; SILVA, F. B.; JAN Batista; MONNERAT, R. G.; GROSSI-DE-SÁ, M. F. A bifuncional inhibitor of rye (*Secale cereale*) with activi- ty toward boll weevil (*Anthonomus grandis*). In: XXXII Reunião Annual da SBBq, 2003, Caxambu-MG. **Anais** XXXII Reunião Annual da SBBq, 2003. v. E-112. p.

DIAS, S. C.; SILVA, M. C. M.; TEIXEIRA, F. R.; FIGUEIRA, E. L. Z.; OLIVEIRA- NETO, O. B.; LIMA, L. A.; FRANCO, O. L.; GROSSI-DE-SÁ, M. F. Investigation of insecticidal activity of rye  $\alpha$ -amylase inhibitor gene expressed in transgenic tobacco (*Nicotiana tabacum*) toward cotton boll weevil (*Anthonomus grandis*). **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 98, p. 39-44, 2010.

FELICIO, R. S.; SCOMPARIN, A. L. X.; OLIVEIRA, E. Biologia do bicudo-do- algodoeiro no município de Itiquira-MT. In: V Congresso Brasileiro do Algo- dão, 2005, Salvador de Bahia. **Anais** do V Congresso Brasileiro do Algodão, 2005. 5 p. CD-ROM.

FIGUEIRA, E. L. Z.; SARTO, R. P.; SILVA, M. C. M.; MARANHÃO, A. Q.; BRIGIDO, M. M.; GROSSI-DE-SÁ, M. F. Selection for novel alpha-amylase inhibitors activities against cotton boll weevil (*Anthonomus grandis*) by phage display. In: XXXIII Reunião Anual da SBBq, 2004, Caxambu- MG. **Anais** da XXXIII Reunião Anual da SBBq, 2004. v. E-80.

FIRMINO, A. A. P.; FONSECA, F. C. A.; MACEDO, L. L. P.; COELHO, R. R.; ANTONINO DE SOUZA JR., J. D.; TOGAWA, R. C.; SILVA, O. B. Jr.; PAPPAS, G. J. Jr.; SILVA, M. C. M.; ENGLER, G.; GROSSI-DE-SÁ, M. F. Transcriptome analysis in cotton boll weevil (*Anthonomus grandis*) and RNA interference in insect pests. **Plos One**, v. 8, p. e85079, 2013.

FRANCO, O. L.; RIGDEN, D. J.; MELO, F. R.; GROSSI-DE-SÁ, M. F. Plant alpha-amylase inhibitors and their interaction with insect alpha-amylases, structure, function and potential for crop protection. **European Journal of Biochemistry**, v. 269, n.2, p. 397-412, 2002.

FRANCO, O.; SANTOS, R.; BATISTA, J.; MONNERAT, R. G.; GROSSI-DE-SÁ, M. F. Effects of black-eyed pea trypsin/chymotrypsin inhibitor on proteolytic activity and on development of *Anthonomus grandis*. **Phytochemistry**, USA, v. 63, n.3, p. 343-349, 2003.

FRANCO, O.; DIAS, S.; OLIVEIRA NETO, O. B.; MONNERAT, R. G.; GROSSI-DE-SÁ, M. F. Effects of soybean kunitz trypsin inhibitor toward cotton boll weevil (*Anthonomus grandis*). **Phytochemistry**, v. 65, n.1, p. 81-89, 2004.

GOMES, A.; DIAS, S.; MELO, F.; MONNERAT, R. G.; GROSSI-DE-SÁ, M. F.; FRANCO, O. Toxicity to cotton boll weevil *Anthonomus grandis* of a trypsin inhibitor from chickpea seeds. **Comparative Biochemistry and Physiology. B, Biochemistry & Molecular Biology**, v. 140, p. 313-319, 2005.

GROSSI-DE-SÁ, M. F.; CARVALHO, M. P.; MAGALHÃES, M. T. Q.; BATISTA, J.; SILVA, S. B.; FRAGOSO, R. R.; OLIVEIRA NETO, O. B.; MONNERAT, R. G.; FIGUEIRA, E. L. Z. Molecular cloning of a new gene encoding a Cry protein effective towards cotton boll weevil, *Anthonomus grandis*. In: SIP 2004, 2004, Helsinki. Society for Invertebrate. 37th Annual Meeting, **Abstracts**, p. B26. 2004a.

GROSSI-DE-SÁ, M. F.; MAGALHÃES, M. T. Q.; BATISTA, J.; SILVA, S. M. B.; FRAGOSO, R. R.; OLIVEIRA NETO, O. B.; MONNERAT, R. G. Molecular cloning of a new crystal protein gene of a *Bacillus thuringiensis* strain highly effective against the cotton boll weevil. In: XXXIII Reunião Anual do SBBq, 2004, Caxambu -MG. **Anais** da XXXIII Reunião Anual da SBBq, v. H-37. 2004b.

GROSSI-DE-SÁ, M. F.; SILVA, M. C. M.; BRUNETTA, P. S. F.; FIGUEIRA, E. L. Z. Toxinas Cry e sua aplicação no controle do Bicudo do Algodoeiro (*Anthonomus grandis*). In: XX Congresso Brasileiro de Entomologia, 2004c, Gramado. **Anais** do XX Congresso Brasileiro de Entomologia.

GROSSI-DE-SÁ, M. F.; SILVA, M. C. M.; DEL-SARTO, R. P.; COUTINHO, M. V.; FIGUEIRA, E. L. Z. Screening of shuffled alpha-amylase inhibitors to cotton boll weevil alpha-amylases. In: SIP 2004, 2004d, Helsinki. Society for Invertebrate 37th Annual Meeting, **Abstracts**, p. MC18.

GROSSI-DE-SÁ, M. F.; QUEZADO, M.; SILVA, M. S.; DIAS, S. C.; NAKASU, E. Y.; BRUNETTA, P. S. F.; OLIVEIRA, G. R.; OLIVEIRA NETO, O. B.; SOARES, L. H. B.; AYUB, M. A. Z.; SIQUEIRA, H. A.; FIGUEIRA, E. L. Z. Susceptibility of *Anthonomus grandis* (cotton boll weevil) and *Spodoptera frugiperda* (fall armyworm) to a Cry11a-type toxin from a Brazilian *Bacillus thuringiensis* strain. **Journal of Biochemical and Molecular Toxicology**, v. 40, p. 773-782, 2007.

LIMA, L. M.; PINHEIRO, M. P.; BATISTA, V. G. L.; SOUZA, C. C. F.; SANTOS, R. C. Análise in silico do gene MADS isolado a partir de botão floral de algodoeiro. In: XII Congresso Brasileiro do Algodão, 2009, Foz de Iguaçu. XII Congresso Brasileiro do Algodão, **Anais**, 2009a. p. 197-201.

LIMA, L. M.; SOUZA, C. C. F.; PINHEIRO, M. P.; SILVA, C. R. C.; BATISTA, V. G. L.; SANTOS, M. M. S.; DUARTE NETO, J. M. W.; SANTOS, R. C. Análise molecular de plantas de algodão BRS Araçá submetidas a transformação via ovary-drip. In: XII Congresso Brasileiro do Algodão, 2009. XII Congresso Brasileiro do Algodão, **Anais**, 2009b. p. 256-261.

LOURENÇO, I. T.; BASSO, A. M. M.; MIRANDA, V. J.; OLIVEIRA NETO, O. B.; PAULA, A. W. M.; OLIVEIRA, R. S.; SILVA, M. C. M.; FRAGOSO, R. R.; ROCHA, T. L.; GROSSI-DE-SÁ, M. F. Transformation of SLL705 cotton cultivar by biolistics aiming for resistance to cotton boll weevil. In: International Cotton Genome Initiative, 2010, Austrália. **Proceedings** of International Cotton Genome Initiative, 2010. p. 88.

MARTINS, E. S. ; BONFIN, K. ; PRAÇA, L. B.; MONNERAT, R. G. Identificação de estirpes de *Bacillus thuringiensis* ativas contra o bicudo do algodoeiro. **Embrapa-Documentos**, Brasília - DF, v. 05, 2000. p. 77.

MARTINS, E.; PRAÇA, L.; MONNERAT, R. G. Caracterização bioquímica, molecular e morfológica de estirpes de *Bacillus thuringiensis* eficazes contra o bicudo do algodoeiro. In: Talento estudantil, 2002a, Brasília. **Anais** do Talento estudantil. Brasília: Embrapa.

MARTINS, E.; PRAÇA, L.; MONNERAT, R. G. Characterization of strains of *Bacillus thuringiensis* effective against boll weevil (*Anthonomus grandis* Boheman, 1843). In: XXXV Annual Meeting of the Society of Invertebrate Pathology, 2002, Foz do Iguaçu. **Proceedings** of XXXV Annual Meeting of the Society of Invertebrate Pathology, 2002b. p. 86.

MARTINS, E.; PRAÇA, L.; DUMAS, V.; MONNERAT, R. G. Desenvolvimento de metodologia de bioensaio de dose contra a bicudo-do-algodoeiro. **Comunicado Técnico** da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, v. 108, 2004, p. 8.

MARTINS, E. S.; SONE, E. H.; PRAÇA, L. B.; DUMAS, V. F.; WAGA, I. I.; GOMES, A. C. M. M.; MONNERAT, R. G. Estudo da atividade e caracterização bioquímica e molecular de estirpes de *Bacillus thuringiensis* tóxicas ao bicudo do algodoeiro (*Anthonomus grandis* Boheman, 1983). **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, v. 83, 2005a, p. 01-19.

MARTINS, E.; AGUIAR, R.; BATISTA, A. C.; MELATTI, V.; RIBEIRO, B.; MONNERAT, R. G. Estudo da atividade da proteína Cry1I expressa em células de inseto promissora para o controle do bicudo do algodoeiro e da lagarta do cartucho do milho. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento** (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia), v. 92, 2005b, p. 1-29.

MARTINS, E.; PRAÇA, L.; DUMAS, V.; SILVAWERNECK, J. O.; SONE, E.; WAGA, I.; BERRY, C.; MONNERAT, R. G. Characterization of *Bacillus thuringiensis* isolates toxic to cotton boll weevil. **Biological Control**, v. 40, p. 65-68, 2007.

MARTINS, E.; AGUIAR, R.; FALCÃO, R.; GOMES, A. C. M.; MELATTI, V.; RIBEIRO, B.; MONNERAT, R. G. Recombinant cry1Ia protein is highly toxic to cotton boll weevil *Anthonomus grandis*. **Journal of Applied Microbiology**, v. 104, p. 1363-1371, 2008.

MEDEIROS, M. J. L.; CARVALHO, J. M. F.; SILVA, M. M. A.; SANTOS, R. C. Embriogênese somática do algodão nas cultivares BRS Rubi e BRS Safira. In: Encontro de produção científica da Embrapa Algodão, 2007, Campina Grande. **Anais** Encontro de produção científica da Embrapa Algodão. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2007. p. 19-19.

MIRANDA, V. J.; BASSO, A. M. M.; OLIVEIRA, R. S.; OLIVEIRA NETO, O. B.; PAULA, A. W. M.; COSTA, P. H. A.; LOURENCO, I. T.; COUTINHO, M. V.; ROCHA, T. L.; SILVA, M. C. M.; GROSSI-DE-SÁ, M. F. Cotton transformation by pollen-tube pathway with the BTCl and Tarine genes for resistance to coleoptera insect-pest. In: II Simpósio Brasileiro de Genética Molecular de Plantas, 2009, Armação de Búzios. **Resumos** do II Simpósio Brasileiro de Genética Molecular de Plantas, 2009. p. 89.

MONNERAT, R. G.; DIAS, S.; OLIVEIRA NETO, O. B.; NOBRE, S. D. N.; SILVAWERNECK, J. O.; GROSSI-DE-SÁ, M. F. Criação massal do bicudo do algodoeiro em laboratório. **Comunicado Técnico** Embrapa, Brasília, v. 46, 2000. p. 1-4.

MONNERAT, R. G.; MARTINS, E.; BOMFIM, K.; PRAÇA, L.; SILVAWERNECK, J. O. Seleção de estirpes de *Bacillus thuringiensis* ativas contra o bicudo do algodoeiro. In: VII Simpósio de Controle Biológico, 2001, Poços de Caldas. **Anais** do VII Simpósio de Controle Biológico.

MONNERAT, R. G. Parâmetros bionômicos do bicudo-do-algodoeiro criado em dieta artificial para realização de bioensaios. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, v. 29, 2002. p. 1-12.

MONNERAT, R. G.; SANTOS, R. C. et. al. Isolamento e caracterização de estirpes de *Bacillus thuringiensis* endofíticas de algodão. **Comunicado técnico** - Série Embrapa, Brasília-DF, n.98, 2003a. p. 1-4.

MONNERAT, R. G.; SANTOS, R. C. et al. Isolamento e caracterização de estirpes de *Bacillus thuringiensis* endofíticas de algodão. In: IV Congresso Nacional de Algodão, 2003b, Goiania. **Anais** do IV Congresso Nacional de Algodão.

MONNERAT, R. G.; SOARES, C. M. S.; GOMES, A. C. M.; JONES, G.; MARTINS, E.; PRAÇA, L.; BERRY, C. Translocation and insecticidal activity of *Bacillus thuringiensis* bacteria living inside of plants. **Microb. Biotechnol.**, v. 2, p. 1560-1562, 2009a.

MONNERAT, R. G.; MARTINS, E. S.; SILVA, C. R. C.; LIMA, L. M.; ALBUQUERQUE, F. A.; SANTOS, R. C. Taxa de mortalidade de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com folhas de plantas transformadas (T0) de algodão contendo o gene cry11a. In: XII Congresso Brasileiro do Algodão, 2009. **Anais** do XII Congresso Brasileiro do Algodão, 2009b. p. 299-304.

MONNERAT, R. G. Cry10Aa Protein is highly toxic to *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae), an important insect pest in brazilian cotton crop fields. **Bt Research**, v. 3, p. 20-28, 2012.

NAKASU, E. Y.; FIRMINO, A. A. P.; DIAS, S. C.; ROCHA, T. L.; RAMOS, H. B.; OLIVEIRA, G. R.; LUCENA, W.; CARLINI, C. R.; GROSSI-DE-SÁ, M. F. Analysis of Cry8Ka5-binding proteins from *Anthonomus grandis* (Coleoptera: Curculionidae) midgut. **Journal of Invertebrate Pathology** (Print), v. 104, p. 227-230, 2010.

NOBRE, S. D. N.; DIAS, S.; SUJII, E.; MONNERAT, R. G. Bionomy of the boll weevil reared on artificial diet. In: XXI International Congress of Entomology, 2000, Foz do Iguaçu. **Anais** do XXI International Congress of Entomology, 2000.

OLIVEIRA, R. S.; OLIVEIRA NETO, O. B.; EVANGELISTA, I. B. R.; VIANA, A. A. B.; PAES, N. S.; GROSSI-DE-SÁ, M. F. Otimização da técnica de transformação de plantas de algodoeiro cv. BRS Cedro via tubo polínico. In: X Talento Estudantil, 2006, Brasília. Livro de **Resumo** dos Trabalhos do X Talento Estudantil, 2006. v. 1. p. 11-11.

OLIVEIRA, R. S.; OLIVEIRA NETO, O. B. ; EVANGELISTA, I. B. R.; Ni, W. C. ; SILVA, M. C. M.; FRAGOSO, R. R.; PAULA, A. ; PAES, N. S.; COSTA, P. H. A. ; LOURENCO, I.; ROMANO, E.; GROSSI-DE-SÁ, M. F. Transformation of brazilian cotton varieties by pollen tube pathway aiming pest control. In: I Simpósio Brasileiro de Genética Molecular de Plantas, 2007, Natal. **Resumos** do I Simpósio Brasileiro de Genética Molecular de Plantas. Natal, 2007. p. 111.

OLIVEIRA, G. R.; SILVA, M. C. M.; LUCENA, W. A.; NAKASU, E. Y. T.; FIRMINO, A. A. P.; BENEVENTI, M. A.; SOUZA, D. S. L. ; GOMES, J. E.; SOUZA, J.; RIGDEN, D. J.; RAMOS, H. B.; SOCCOL, C. R.; GROSSI-DE-SÁ, M. F. Improving Cry8Ka toxin activity towards the cotton boll weevil (*Anthonomus grandis*). **BMC Biotechnology** (Online), v. 11, p. 85, 2011.

OLIVEIRA NETO, O. B.; MONNERAT, R. G.; SÁ, M. F. G. Characterization of the proteolytic activity of *Anthonomus grandis* and isolation of cDNA encoding serine and cysteine proteinases. In: 45º Congresso Nacional de Genética, 1999. **Anais** do 45º Congresso Nacional de Genética.

OLIVEIRA NETO, O. B.; DIAS, S.; SÁ, M. F. G.; MONNERAT, R. G. Isolation of cDNAs encoding serine and cysteine proteinases from *Anthonomus grandis* (Coleoptera: curculionidae). In: 46º Congresso Nacional de Genética, 2000a, Águas de Lindoia. **Anais** do congresso.

OLIVEIRA NETO, O. B.; SÁ, M. F. G.; MONNERAT, R. G. Effects in vitro and in vivo of soybean kunitz trypsin inhibitors against boll weevil *Anthonomus grandis*. In: XXI International Congress of Entomology, 2000b, Foz do Iguaçu. **Anais** do XXI International Congress of Entomology.

OLIVEIRA NETO, O. B.; BATISTA, J.; RIGDEN, D. J.; FRANCO, O. L.; FALCÃO, R.; FRAGOSO, R. R.; MELLO, L. V.; GROSSI-DE-SÁ, M. F. Molecular cloning of alpha-amylases from Cotton Boll Weevil, *Anthonomus grandis* and structural relations to plant inhibitors: An approach to insect resistance. **Journal of Protein Chemistry**, v. 22, n.1, p. 77-87, 2003.

OLIVEIRA NETO, O. B.; BATISTA, J.; RIGDEN, D. J.; FRAGOSO, R. R.; SILVA, R. O.; GOMES, E. A.; FRANCO, O. L.; DIAS, S. C.; MONNERAT, R. G. ; GROSSI-DE-SÁ, M. F. A diverse family os serine proteinase genes expressed in cotton boll weevil (*Anthonomus grandis*): Implications for design of pest-resistant transgenic cotton plants. **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, USA, v. 34, n.9, p. 903-918, 2004a.

OLIVEIRA NETO, O. B.; JAN BATISTA; RIGDEN, D. J.; FRANCO, O. L.; FRAGOSO, R. R.; GROSSI-DE-SÁ, M. F. Molecular cloning of a cysteine proteinases cDNA from cotton boll weevil *Anthonomus grandis* (Coleoptera: Curculionidae). **Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry**, v. 68, n.6, p. 1235-1242, 2004b.

OLIVEIRA NETO, O. B.; EVANGELISTA, I. B. R.; OLIVEIRA, R. S.; VIANA, A. A. B.; PAES, N. S.; GROSSI-DE-SÁ, M. F. Transformação de plantas de algodoeiro via tubo polínico visando o controle de pragas. In: V Congresso Brasileiro de Algodão, 2005a, Salvador. **Anais** do V Congresso Brasileiro de Algodão.

OLIVEIRA NETO, O. B.; EVANGELISTA, I. B. R.; OLIVEIRA, R. S.; VIANA, A. A. B.; GROSSI-DE-SÁ, M. F. Efeito da técnica de microinjeção no abortamento de maçã de algodoeiro cv. Coker 310. In: V Congresso Brasileiro de Algodão, 2005b, Salvador. **Anais** do V Congresso Brasileiro de Algodão.

OLIVEIRA NETO, O. B.; EVANGELISTA, I. B. R.; OLIVEIRA, R. S.; VIANA, A. A. B.; GROSSI-DE-SÁ, M. F. Otimização da técnica de transformação de plantas de algodoeiro cv. Cedro via tubo polínico. In: V Congresso Brasileiro de Algodão, 2005c, Salvador. **Anais** do V Congresso Brasileiro de Algodão.

PINHEIRO, M. P. N.; ROCHA, P. D.; SANTOS, R. C.; VIDAL, M. S. Transformação de plantas com o gene reporter gus via tubo polínico. In: XVII Encontro de Genética do Nordeste, 2006a, Recife. **Anais** do XVII Encontro de Genética do Nordeste.

PINHEIRO, M. P.; SANTOS, R. C.; ARIEL, N. H. C.; VIDAL, M. S. Transformação de plantas via tubo polínico. In: Encontro de Produção Científica, 2006b, Campina Grande. **Anais** do I Encontro de Produção Científica. Campina Grande: Embrapa Algodão.

PINHEIRO, M. P. N.; SANTOS, R. C.; FILHO, P. A. M.; LIMA, L. M.; SILVA, C. R. C. Influência de fitoreguladores na eficiência de transformação de algodão via tubo polínico. In: Encontro de produção científica da Embrapa Algodão, 2007, Campina Grande. **Anais** Encontro de produção científica da Embrapa Algodão. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2007. p. 41.

PINHEIRO, M. P. N.; SILVA, C. R. C.; ARAÚJO, J. A.; MELO FILHO, P. A.; LIMA, L. M.; SANTOS, R. C. Utilização de reguladores de crescimento para auxiliar na transferência de genes via tubo polínico em algodão. In: I Workshop Internacional em Biotecnologia, 2008, Recife. **Resumos** do I Workshop Internacional em Biotecnologia. Recife: Ed. Universitária UFPE, 2008. p. 413-414.

PINHEIRO, M. P.; BATISTA, V. G. L.; MARTINS, N. F.; MELO FILHO, P. A.; SANTOS, R. C.; LIM, L. M. Prospecção de genes regulatórios e estruturais expressos em botão floral do algodoeiro (*Gossypium hirsutum*). In: V Congresso Brasileiro de Mamona / II Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas & I Fórum Capixaba de Pinhão Manso, 2012, Guarapari - ES. **Anais**, 2012. p. 41-41.

PRAÇA, L.; MARTINS, E.; MONNERAT, R. G. Prospecção de estirpes de *Bacillus thuringiensis* efetivas contra insetos da ordem Lepidoptera, Coleoptera e Diptera. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, v. 41, p. 1-34, 2003. p. 1-34.

PRAÇA, L.; MARTINS, E.; BATISTA, A. C.; MONNERAT, R. G. Prospecção de estirpes de *Bacillus thuringiensis* efetivas contra insetos da ordem Lepidoptera, Diptera e Coleoptera. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasil, v. 39, n. 1, p. 11-16, 2004.

QUEIROZ, C. M.; LIMA, L. M.; SANTOS, R. C.; BATISTA, V. G. L.; PINHEIRO, M. P. N. Identificação e validação da expressão de genes relacionadas com botão floral de algodoeiro. In: Encontro de produção científica da Embrapa Algodão, 2010, Campina Grande. **Anais** Encontro de produção científica da Embrapa Algodão. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2010. p. 19-19.

SANTOS, R. C.; GROSSI, M. F. S.; MONNERAT, R. G.; CORDEIRO, C. M. T.; GANDER, E. S. Colesterol oxidase interfere na oviposição, viabilidade de ovos e sobrevivência larval do bicudo do algodoeiro. In: V Encontro de Talento Estudantil, 2000, Brasília. V Encontro de Talento Estudantil- Livro de **Resumos**, 1999a. p. 72-73.

SANTOS, R. C.; FRANCO, O. C.; GANDER, E. S.; CORDEIRO, C. M. T.; MONNERAT, R. G.; GROSSI-DE-SÁ, M. F. Influência do SKTI, um inibidor de proteinase, na oviposição, eclosão e mortalidade de larvas do bicudo do algodoeiro. In: V Encontro de Talento Estudantil, 2000, Brasília. V Encontro de Talento Estudantil - Livro de **Resumos**, 1999b. p. 78-79.

SANTOS, R. C.; FRANCO, O. C.; ALMEIDA, R. P.; MONNERAT, R. G.; GROSSI-DE-SÁ, M. F. Influence of the soybean kunitz trypsin inhibitor on the oviposition, hatching and mortality of the cotton boll weevil. In: 46º Congresso Nacional de Genética, 2000, Águas de Lindoia, SP. **Genetics and molecular Biology**, v. 23. p. 547-548, 2000.

SANTOS, R. C.; FRANCO, O. C.; GOMES A. C. M. M.; CORDEIRO, C. M. T.; MONNERAT, R. G.; GROSSI-DE-SÁ, M. F.; FREITAS, S. M. Efeito de um inibidor de serino protease no desenvolvimento e na organização tecidual do intestino médio do bicudo do algodoeiro. In: III Congresso Brasileiro de Algodão, 2001, Campo Grande, MS. III Congresso Brasileiro de Algodão- Livro de **Resumos**, 2001a. p. 206-208.

SANTOS, R. C.; FRANCO, O. C.; MONNERAT, R. G.; *et al.* Efeito do inibidor BTCl no desenvolvimento e histologia de larvas do bicudo do algodoeiro. In: VII Simpósio de Controle Biológico, 2001, Poços de Caldas. VII Simpósio de Controle Biológico- Livro de **Resumos**. Curitiba, PR: PJ Eventos, 2001b. p. 210-210.

SANTOS, R. C. ; GROSSI-DE-SÁ, M. F. ; MONNERAT, R. G. ; GANDER, E. S. Colesterol oxidase interfere na oviposição, viabilidade do ovo e sobrevivência larval do bicudo do algodoeiro. In: III Congresso Brasileiro de Algodão, 2001, Campo Grande, MS. III Congresso Brasileiro de Algodão- Livro de **Resumos**, 2001c. p. 141-143.

SANTOS, R. C.; MONNERAT, R. G.; GROSSI-DE-SÁ, M. F.; CORDEIRO, C. M. T.; GOMES A. C. M. M.; GANDER, E. S. Cholesterol oxidase interference on the emergence and viability of cotton boll weevil larvae. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n.11, p. 1525-1530, 2002.

SANTOS, R. C.; MONNERAT, R. G.; CORDEIRO, C. M. T.; *et al.* Effects of cholesterol oxidase on reproduction and embrionic. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 7, n.2, 2003a.

SANTOS, R. C.; MARCELLINO, L. H.; GANDER, E. S. Partial cloning and characterization of a cholesterol oxidase gene from a Brazilian *Streptomyces* strain. In: 49º Congresso Nacional de Genética, 2003b, Águas de Lindoia/ SP. **Anais** do 49º Congresso Nacional de Genética.

SANTOS, R.; MONNERAT, R. G.; GANDER, E. Mechanical Damage in cotton buds caused by boll weevil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n.11, p. 1351-1355, 2003c.

SANTOS, R. C.; MARCELLINO, L. H.; GANDER, E. S. Clonagem parcial e caracterização do gene *choA* que confere resistência ao bicudo do algodoeiro. In: III Goiás Fibras, 2004a, Goiás. **Anais** do III Goiás Fibras.

SANTOS, R. C.; MONNERAT, R. G.; MARCELLINO, L. H.; GANDER, E. S. Efeito de doses crescentes de colesterol oxidase na histologia intestinal do bicudo do algodoeiro. in: I reunião anual da Soc. de Entomologia da Paraíba, 2004b, Campina Grande. **Resumos** da I Reunião Anual da Soc. de Entomologia da Paraíba.

SANTOS, R. C.; MARCELLINO, L. H.; CABRAL, G. B.; GANDER, E. S. Transformation of *Gossypium hirsutum* by use of polycati. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 28, n.2/3, p. 863-867, 2004c.

SANTOS, R.; MONNERAT, R. G.; GOMES, A. C. M.; GANDER, E. Cholesterol oxidase effects on reproduction and embryonic development of the cotton boll weevil *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae). **Rev. Bras. Oleag. Fibrós.**, v. 7, n.2, p. 693-698, 2004d.

SANTOS, R. C.; CABRAL, G. B.; MARCELLINO, L. H.; GANDER, E. S. Transformação de algodão através do uso de polication. In: V Congresso Brasileiro de Algodao, 2005, Salvador. **Anais** do V Congresso Brasileiro de Algodao.

SANTOS, R. C.; SILVA, C. R. C.; LIMA, L. M.; MELO FILHO, P. A.; MARTINS, E. S.; RAMOS, A. R.; MONNERAT, R. G. Expressão do gene cry1ia em plantas T0 de algodão oriundas da cv. BRS Antares por meio da técnica de microinjeção no ovário. In: XII Congresso Brasileiro do Algodão, 2009. **Anais** do XII Congresso Brasileiro do Algodão, 2009. p. 168-175.

SCOMPARIN, A. L. X.; FELICIO, R. S.; OLIVEIRA, E. Identificação de plantas hospedeiras do bicudo-do-algodoeiro no cerrado. In: V Congresso Brasileiro do Algodão, 2005, Salvador de Bahia. **Anais** do V Congresso Brasileiro do Algodão, 2005a. 4 p. CD-ROM.

SCOMPARIN, A. L. X.; FELICIO, R. S.; OLIVEIRA, E. Dinâmica populacional do bicudo-do-algodoeiro na região de Itiquira-MT. In: V Congresso Brasileiro do Algodão, 2005, Salvador de Bahia. **Anais** do V Congresso Brasileiro do Algodão, 2005b. 5 p. CD-ROM.

SILVA, S. B.; SILVAWERNECK, J. O.; FALCAO, R.; OLIVEIRA NETO, O. B.; SÁ, M. F. G.; BRAVO, A.; MONNERAT, R. G. Characterization of novel Brazilian *Bacillus thuringiensis* strains active against *Spodoptera frugiperda* and other insect pests. **Journal of Applied Entomology**, USA, v. 128, p. 1-6, 2004.

SILVA, C. R. C.; MONNERAT, R. G.; MELO FILHO, P.A.; MARTINS, E.; LIMA, L. M.; RAMOS, A. R.; SANTOS, R. C. Indexação via Dot-ELISA de plantas de algodão contendo o gene cry1Ia. In: VIII Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão da UFRPE, 2008a, Recife. **Anais** da VIII Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão da UFRPE.

SILVA, C. R. C.; MELO FILHO, P. A.; LIMA, L. M.; MONNERAT, R. G.; MARTINS, E. S.; LUCENA, W. A.; SANTOS, R. C. Inserção do gene cry1Ia no algodoeiro para controle de inseto via microinjeção. In: VIII Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão da UFRPE, 2008, Recife. **Anais** da VIII Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão da UFRPE.

SILVA, C. R. C.; MELO FILHO, P. A.; LIMA, L. M.; MONNERAT, R. G.; MARTINS, E. S.; SANTOS, R. C. Análise molecular e de expressão em transgenes (T0) de algodão contendo o gene cry1ia. In: XII Congresso Brasileiro do Algodão, 2009, Foz de Iguaçu. **Anais** do XII Congresso Brasileiro do Algodão, 2009. p. 221-227.

SILVA, M. C. M.; SARTO, R. P.; LUCENA, W. A.; RIGDEN, D. J.; TEIXEIRA, F. R.; BEZERRA, C. A.; ALBUQUERQUE, E. V. S.; GROSSI-DE-SÁ, M. F. Employing in vitro directed molecular evolution for the selection of  $\alpha$ -amylase variant inhibitors with activity toward cotton boll weevil enzyme. **Journal of Biotechnology**, v. 167, p. 377-385, 2013

SILVA, C. R. C.; MONNERAT, R.; MARTINS, É. S.; LIMA, L. M.; MELO FILHO, P. A.; SANTOS, R. C. Toxicidade e imunodeteção de eventos de algodão-cry11a resistentes ao bicudo do algodoeiro e a lagarta militar. In: XX Engene - Encontro de Genética do Nordeste, 2014, Campina Grande. Genética, Evolução e Melhoramento de Plantas, **Anais**, 2014a. p. 97.

SILVA, C. R. C.; MONNERAT, R. G.; LIMA, L. M.; MARTINS, E. S.; PINHEIRO, M. P. N.; MELO FILHO, P. A.; SANTOS, R. C. Inserção e expressão de um cassete linear mínimo contendo o gene cry11a em algodoeiro via microinjeção. In: XX Engene - Encontro de Genética do Nordeste, 2014, Campina Grande. Genética, Evolução e Melhoramento de Plantas, **Anais**, 2014b. p. 98.

TEIXEIRA CORRÊA, R. F.; ARDISSON-ARAÚJO, D. M. P.; MONNERAT, R. G.; RIBEIRO, B. M.; BRAVO, A. Cytotoxicity Analysis of Three *Bacillus thuringiensis* Subsp. israelensis-Endotoxins towards Insect and Mammalian Cells. **Plos One**, v. 7, p. e46121, 2012.

TREITLER, A. M. C.; SILVA, A. J. R.; GOMES, R. B.; DUARTE, D. V.; SILVA, V. L.; BERNARDO, F. A. A. F. R.; GROSSI-DE-SÁ, M. F.; BLOCH, J. R. C.; CAMARGO, J. T.; MELO, F. R. Studies of Inhibitors from *Cardiophyllum calophyllum* Seeds (Embira) Activies Against *Anthonomus grandis* (Cotton Boll Weevil) and *Spodoptera frugiperda* (Fall Armyworm) a Amylases and Proteinases. In: XXXIII Reunião Anual da SBBq, 2004, Caxambu-MG. **Anais da XXXIII Reunião Anual da SBBq**, 2004. v. E-10.

VIANA, A. A. B.; FRAGOSO, R. R.; GUIMARÃES, L. M.; PONTES, N.; OLIVEIRA NETO, O. B.; ARTICO, S.; NARDELI, S. M.; ALVES-FERREIRA, M.; BATISTA, J.; SILVA, M. C. M.; GROSSI-DE-SÁ, M. F. Isolation and functional characterization of a cotton ubiquitination-related promoter and 5'UTR that drives high levels of expression in root and flower tissues. **BMC Biotechnology** (Online), v. 11, p. 115, 2011.

VIDAL, M. S. Transformação de genótipos de algodão com genes que sintetizam inibidores de proteases. Coordenadora do Projeto- Financiamento FACUAL. **Relatório Final**. Facual-Fundaper-Embrapa, Nov. 2004, 32pp.



## Das principais pragas que atacam o algodoeiro nos cerrados, o bicudo ainda é a praga-chave

de mais difícil controle para o produtor. A situação tornou-se ainda mais complexa com o uso de variedades transgênicas, dificultando a eliminação dos restos culturais e mantendo elevadas populações da praga no sistema de cultivo. Sendo praticamente impossível erradicar essa praga nas condições tropicais do Brasil, como foi realizado nos Estados Unidos, o Brasil tem de conviver com essa praga, e o produtor de algodão tem de manejá-la de tal forma que não cause prejuízos significativos à cultura, e que esse controle seja economicamente viável.

Essa publicação faz uma revisão bibliográfica ampla sobre a biologia dessa praga nos cerrados, seus hospedeiros e os diversos métodos de controle atualmente disponíveis. Não temos dúvidas de que o sucesso do controle da praga virá da união dos produtores e da coordenação dos esforços de controle de todos eles em cada região algodoeira.



Rua Engenheiro Edgard  
Prado Arze, n 1777  
Edifício Clóves Vettorato, CPA  
Cuiabá MT - CEP: 78.049-015  
ima@imamt.com.br

## Apoio financeiro:

