

Julho de 2013
Publicação periódica de difusão científica e tecnológica editada pelo Instituto Mato-grossense do Algodão (IMAMT) e dirigida a profissionais envolvidos com o cultivo e beneficiamento do algodão.

Diretor executivo
Álvaro Salles

Contato
www.imamt.com.br

Email
imamt@imamt.com.br

Tiragem
4000 exemplares

(1) Pesquisadores do Instituto Mato-grossense do Algodão (IMAMT), Primavera do Leste-MT. E-mail: daniellethomazoni@imamt.com.br

(2) Prof. Dr. Entomologista, Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa-MG.

(3) Prof. Dr. Entomologista, Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Dourados-MS.

(4) Protocolo de Notificação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento n. 70570.000355 /2013-2

Helicoverpa armigera: perigo iminente aos cultivos de algodão, soja e milho do estado de Mato Grosso

Danielle Thomazoni¹, Miguel Ferreira Soria¹, Eliseu José Guedes Pereira², Paulo Eduardo Degrande³

1. Identificação da espécie ocorrente, fatores bioecológicos e comportamentais da praga relacionados às condições do Mato Grosso

A divulgação da identificação da espécie *Helicoverpa armigera* (Hübner)* nos cultivos de algodão, soja e milho na Bahia, Mato Grosso, Paraná e Distrito Federal, e nos cultivos de algodão da região Sul do MT, plantas tiguera de soja na Bahia e cultivo de soja no Estado de Goiás (CZEPAK et al., 2013), tem sido foco de discussão e preocupação. Até então, suspeitava-se que a espécie de *Helicoverpa* spp. ocorrente no Brasil, principalmente nos cultivos de milho, era *Helicoverpa zea* (Boddie), como relatado inicialmente em algodoeiros no oeste da Bahia na safra de 2011/2012, através da sobrevivência de lagartas desta espécie em híbridos de milho Bt expressando as toxinas Cry1F e/ou Cry1Ab que se dispersaram para os algodoeiros circunvizinhos, causando grandes prejuízos. Em maio deste ano, o IMAMT, em parceria com pesquisadores do CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation), agência pública australiana de pesquisa e extensão que atua no setor agrícola, confirmou a nível molecular, via DNA mitocondrial, que mariposas e lagartas de *Helicoverpa* spp. coletadas na região de Primavera do Leste e Pedra Preta (Serra da Petrovina) eram da espécie *H. armigera*. De acordo com o estudo, já submetido para publicação na comunidade científica, a análise revelou que os espécimes coletados apresentaram descendência de duas linhagens de *H. armigera* que ocorrem em diferentes



Helicoverpa spp. em maçã de algodoeiro. Primavera do Leste, MT. Maio, 2013. Foto: IMAMT.

partes do Velho Mundo (Europa, África, Ásia e Oceania).

A invasão de *H. armigera* no Brasil poderá resultar em profundas mudanças bioecológicas de espécies da mesma família dessa praga, por exemplo, promovendo alterações no status de populações e composição genética de *H. zea* e *Heliothis virescens* (F.) ocorrentes no Brasil, favo-

* Protocolo de Notificação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento n. 70570.000355 /2013-2

recendo a evolução da resistência da praga à inseticidas e variedades Bt pela hibridação, introgressão gênica e heterose resultante do cruzamento entre as espécies, impactando a economia e a sociedade brasileira de forma significativa, visto que será necessário o desenvolvimento de um plano efetivo de manejo integrado da praga, que englobe estratégias de manejo da resistência e táticas de controle, como inseticidas e variedades Bt.

No mundo, relata-se a ocorrência de 18 espécies de *Helicoverpa* spp. distribuídas entre os continentes, das quais quatro são consideradas de maior importância econômica: *H. zea* (de ocorrência comum nos Estados Unidos e Brasil), *H. punctigera* (Wallengren) (endêmica da Austrália), *H. assulta* (Guenée) (de ocorrência comum na Índia) e *H. armigera*, que apresenta ampla distribuição mundial, ocorrendo em países da Ásia (como Índia e China), África, Europa e Oceania (Austrália). Atualmente a espécie *H. gelotopoeon* (Dyar), de ocorrência em países da América Latina (como Chile e Argentina), observada de forma significativa na safra de soja de 2009/2010 na Argentina, também tem sido foco de discussão na identificação das espécies do gênero *Helicoverpa* ocorrentes no Brasil. Dessa maneira, este material utilizará o termo *Helicoverpa* spp., que faz referência à possibilidade de ocorrência de mais de uma espécie da praga no agroecossistema.

A importância da correta identificação

da espécie de *Helicoverpa* spp. ocorrente afeta diretamente as decisões de controle e avaliação da eficácia das tecnologias Bt cultivadas, além dos inseticidas químicos e biológicos que poderão ser utilizados visando o controle dessa praga. Por esse motivo, a identificação da espécie de *Helicoverpa* spp. deve ser realizada regionalmente, devido ao padrão de migração e dispersão da praga entre as culturas consideradas hospedeiras, tais como o algodão, a soja e o milho.

A ocorrência e o aumento de populações de *Helicoverpa* spp., agravado agora pela invasão de *H. armigera* – espécie extremamente polífaga, podem ser explicados por algumas características bioecológicas e comportamentais da praga que, somadas às condições ambientais de cada região, como longos períodos de seca, promovem a migração e dispersão da espécie entre os diferentes sistemas de cultivo na busca de alimento e abrigo para reprodução e continuidade da espécie. Nesse sentido, acredita-se que, com o cultivo dos híbridos de milho geneticamente modificados resistentes a lepidópteros-praga, em especial a tecnologia Herculex®, que expressa a toxina de *Bacillus thuringiensis* Berliner (Bt) Cry1F; inicialmente verificou-se eficiência de controle satisfatória de lagartas de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), popularmente conhecida por lagarta-do-cartucho-do-milho, reduzindo a população de *S. frugiperda* e promovendo a ocupação do seu nicho (lugar) por lagartas de

Helicoverpa spp. em maçã de algodoeiro. Primavera do Leste, MT. Maio, 2013. Foto: IMAMt.



Helicoverpa spp., que não são controladas satisfatoriamente pela toxina Cry1F expressa nesse milho Bt. Com a eventual sobrevivência de *Helicoverpa* spp. nos híbridos de milho Bt (Cry1Ab e/ou Cry1F) e consequente aumento populacional dessa praga, somando-se a possibilidade de cultivo de culturas lado a lado ou em sequência no MT, como milho, soja, algodão e culturas de cobertura, como por exemplo o milheto, essa praga possui alimento e abrigo disponível o ano inteiro, o que pode elevar *Helicoverpa* spp. à condição de praga de importância primária e de comum ocorrência nas três principais culturas anuais do MT. A ‘explosão’ populacional de *Helicoverpa* spp., com danos significativos em algodoeiros na região oeste da Bahia na safra 2011/2012 e na safra atual, pode ser atribuída também ao fato de a fase de pupa dessa praga, que ocorre no solo, ter sua sobrevivência favorecida pelo longo período de veranico (seca) experimentado – condição ambiental em que a atividade de entomopatógenos (vírus, bactérias e fungos) é muito reduzida, criando condições ótimas para a emergência de adultos do solo, que, após se acasalarem, ovipositavam nas plantas de algodão em pleno florescimento cultivadas ao lado da cultura de milho, promovendo o estabelecimento e, conseqüentemente, danos e prejuízos de *Helicoverpa* spp. nos algodoeiros.

No Estado do MT, a intensidade e o prolongamento do período de chuvas observado na safra 2011/2012, assim como na safra atual (2012/2013), possivelmente favoreceu o controle das pupas de *Helicoverpa* spp. no solo e também de lagartas por entomopatógenos, beneficiados pela elevada umidade relativa, tornando a incidência e o ataque de *Helicoverpa* spp. nos algodoeiros do MT não tão significativos quanto o observado na Bahia. No MT, embora tenha sido constatada a infestação de lagarta das maçãs *Heliopsis virescens* (F.) em soja já a partir do estágio vegetativo V1 (primeiros plantios), possivelmente favorecida pelo período de veranico ocorrido nos meses de setembro e outubro, a confirmação para saber se a espécie *H. virescens* não se tratava de *Helicoverpa* spp. geralmente não era realizada. Contudo, em algumas áreas foi possível verificar a ocorrência de ambas as espécies (populações mistas) em soja, assim como se constatou em algodão na presente safra (2012/2013), porém com níveis de infestação variáveis entre as espécies.

Contudo, populações de *Helicoverpa* spp., no final desta safra 2012/2013 (início de entressafra), agora estão sendo observadas em culturas de cobertura, como milheto, crotalária, estilosantes e algumas espécies de braquiária, além de culturas de segunda safra (safrinha) que estão entrando em fase de maturação, como é o caso de algumas lavouras de feijão e girassol. Esse fenômeno, conhecido como ‘ponte biológica’ ou ‘ponte verde’ nos agroecossistemas do

Cerrado, é responsável por favorecer e manter o desenvolvimento populacional de algumas espécies de pragas (especialmente as polífagas) no período de entressafra em culturas/hospedeiros de baixa importância econômica cultivadas no final da safra ou entressafra, normalmente utilizadas para o manejo e conservação do solo, aumentando o nível populacional da praga na safra seguinte.

2. Lagartas versus mariposas: identificação para tomada de decisão de controle

Verifica-se atualmente no MT a ocorrência e estabelecimento de populações mistas de duas lagartas que atacam estruturas vegetativas (ramos e folhas) e reprodutivas (botões florais, flores e frutos) de algodoeiro e soja: *Helicoverpa* spp. e *Heliopsis virescens* (lagarta das maçãs). A proporção de lagartas de *Helicoverpa* spp. e de *H. virescens* nas lavouras pode variar de uma região para outra, mas, em geral, as duas espécies podem estar ocorrendo simultaneamente nas lavouras. Cabe destacar que populações mistas de lagartas do gênero *Helicoverpa* também ocorrem em cultivos algodoeiros de outros países, como é o caso da Austrália, em que é possível encontrar, em uma mesma lavoura, lagartas de *H. armigera* e *H. punctigera*.

Diante disso, características peculiares de cada espécie devem ser consideradas no momento da identificação em campo para correta tomada de decisão de controle, especialmente quando da aplicação de inseticidas, resultando em controle eficaz da espécie alvo em questão, uma vez que *Helicoverpa* spp. é mais tolerante. *Helicoverpa* spp. e *H. virescens* pertencem, ambas, à família Noctuidae e subfamília Heliiothinae e, por isso, apresentam algumas características morfológicas em comum, especialmente na fase larval, podendo resultar em confundimento no momento da identificação em campo pelos monitores de pragas. O padrão de coloração das lagartas é variável em ambas as espécies de acordo com a idade da lagarta, tipo e qualidade do alimento (planta hospedeira) e condições ambientais, sendo, portanto uma característica que pouco auxilia na identificação.

Observações comportamentais em campo, tanto em soja quanto em algodão, evidenciaram que as lagartas de *Helicoverpa* spp. são mais agressivas, destrutivas e difíceis de serem controladas do que as lagartas de *H. virescens*. Além disso, a mariposa (adulto) de *Helicoverpa* spp. geralmente coloca seus ovos tanto em folhas (brotações) mais novas quanto em folhas e ramos mais velhos do algodoeiro, não apresentando preferência por partes da planta para ovipositar, enquanto que adultos de *H. virescens* preferem as brotações/folhas do ponteiro mais jovens para oviposição. Por serem mais ágeis e agressivas, as lagartas de *Helicoverpa* spp. alimentam-se de todas as estruturas da

Figura 1.
Lagarta de
Helicoverpa
spp. predando
lagarta de *C.*
inclusens (falsa-
medideira).
Foto: Miguel F.
Soria.



planta de algodão de forma desordenada, sem ter padrão de ataque na planta, ao contrário de *H. virescens*, que ataca o algodoeiro do ponteiro para o baixeiro da planta. Lagartas de *Helicoverpa* spp. realizam predação intra- e interespecífica, isto é, alimentam-se de lagartas da mesma espécie (canibalismo) e de outras espécies de lagartas, fato observado em soja e algodão no MT, como a competição com lagartas falsa-medideira (*Chrysodeixis inclusens*) (Walker) (Figura 1), que pode promover o aumento e estabelecimento de *Helicoverpa* spp. devido à eliminação de seus competidores por alimento na cultura.

Diante deste cenário, e sabendo da dificuldade do monitor de pragas identificar em campo se a lagarta encontrada (normalmente pequena – até 5-7 mm) é *Helicoverpa* spp. ou *H. virescens* pelo padrão de espinhos e microespinhos no 2º ou 8º segmento abdominal ('gomo') do corpo da lagarta (Figura 2), o IMAmt sugere a detecção do adulto (mariposa) pela utilização de armadilhas luminosas instaladas em locais estratégicos dentro da lavoura – nas adjacências (bordaduras) das lavouras de algodão circundadas por lavouras de milho (Figura 3A), podendo este método ser associado ao uso de armadilhas iscadas com feromônios de cada espécie, se disponível no mercado, como as do tipo 'delta'.

Assim que escurece, a armadilha luminosa atrai as mariposas que estarão voando para se alimentar, acasalar e/ou ovipositar dentro ou nas proximidades da lavoura, aprisionando as mesmas na armadilha. Isso possibilita que o monitor e/ou responsável pela propriedade verifique no dia seguinte a proporção de mariposas capturadas de cada espécie, confirmando aquela ocorrente, já que a identificação através dos adultos é bastante simples, pelo padrão de asas (Figura 2-A1 e B1 e Figura 3B).

A identificação da praga ocorrente *H.*

virescens ou *Helicoverpa* spp. pela mariposa, bem como sua quantificação, auxilia a tomada de decisão de controle a ser usada, e proporciona um "alerta" ao produtor, de que possivelmente dentro de 1 a 3 dias alguma infestação (presença de ovos e lagartas pequenas) da praga poderá ocorrer nos talhões próximos à(s) armadilha(s). Com isso, poderá ser intensificado o monitoramento e, de acordo com o nível de controle atingido, realizado o uso de inseticidas químicos e/ou biológicos, dentro do momento ("timing") mais adequado (necessário), obtendo-se maior eficiência de controle. Normalmente, essa eficiência é obtida quando o alvo da aplicação são lagartas pequenas. Dessa forma, o uso da armadilha luminosa torna-se uma ferramenta proativa de monitoramento e tomada de decisão de controle de *Helicoverpa* spp., ao lado da contagem de ovos sobre as plantas, possibilitando estimar a dimensão da área que poderá sofrer algum impacto negativo pelo ataque da praga. Além disso, contribui para verificar a eficácia de algodoeiros Bt sobre a praga, uma vez que, se forem encontrados adultos, possivelmente haverá infestação da lavoura.

Como exemplo do uso e eficiência de captura de mariposas pelas armadilhas luminosas foi implantado na última safra (2012/2013), em três regiões produtoras de algodão, soja e milho do estado do MT (Regiões Centro, Centro-Leste e Sul), o Sistema de Alerta de Pragas Emergentes (SAP-e), nome dado ao projeto que contempla o uso dessas armadilhas para o monitoramento de mariposas de espécies de lagartas-praga na cultura do algodoeiro.

Resultados parciais da incidência de mariposas de *H. virescens* e *Helicoverpa* spp. nas armadilhas do SAP-e (safra 2012/2013) no MT onde soja, algodão e milho encontravam-se em desenvolvimento, indicam que a captura de mariposas de *H. virescens* foi maior do que de *Helicoverpa* spp., variando de 72,16% (Re-

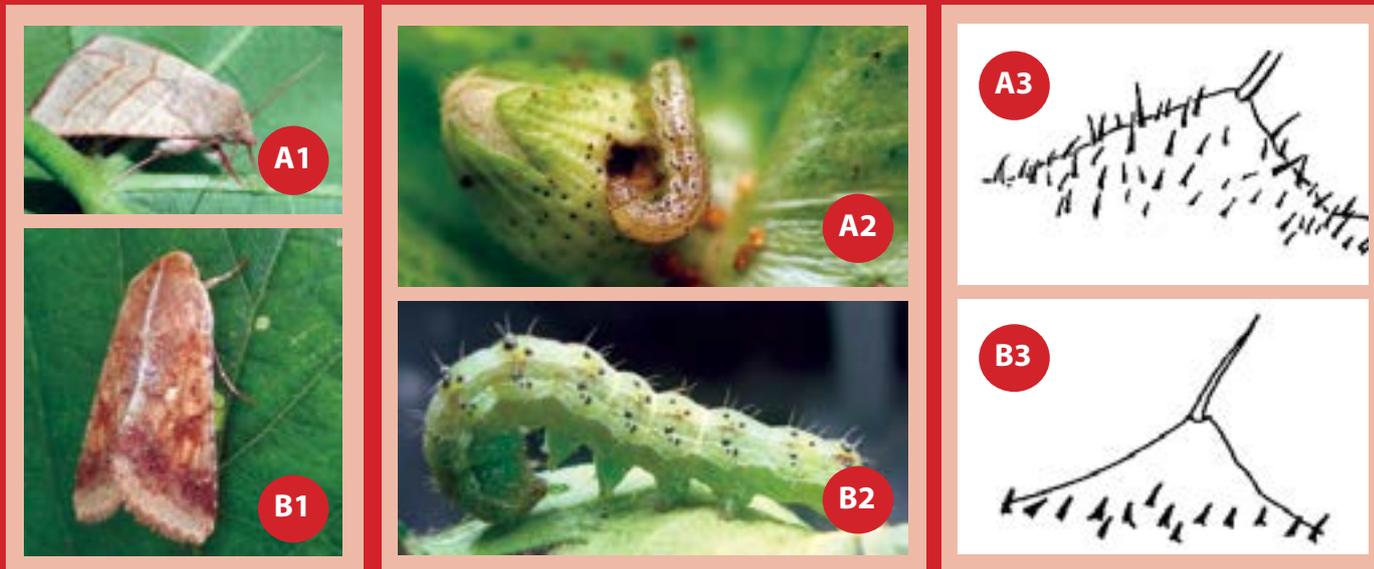


Figura 2.

Adultos (mariposas), lagartas e detalhes dos microespinhos das pintas proeminentes (“tubérculos”) presentes nos segmentos abdominais (“gomos”) das lagartas de *Heliothis virescens* (A1 a A4) e de *Helicoverpa* spp. (B1 a B4). Fotos (lagartas e mariposas): A1 - Pierre Silvie, A2 - IMAmt, B1 e B2 - Miguel F. Soria; Fotos (pintas evidenciando pelos/espinhos) A4 e B4: Miguel F. Soria; Desenhos: University of Florida, EUA.

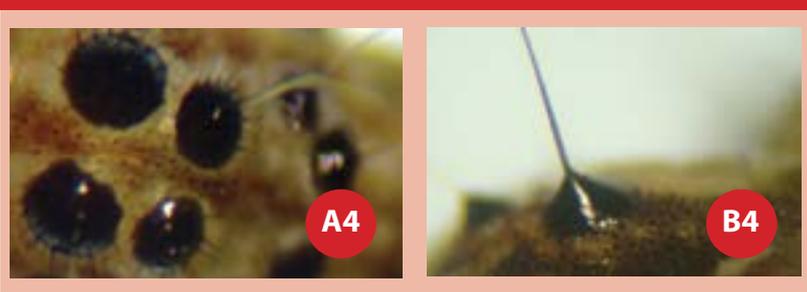
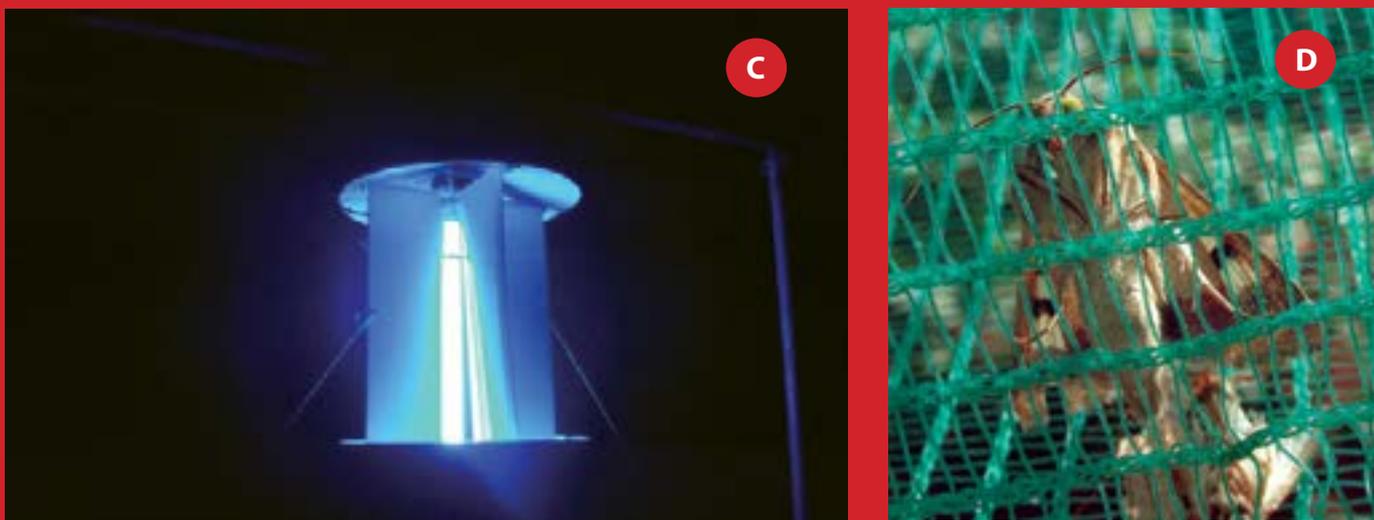


Figura 3.

Armadilha luminosa utilizada em projeto de sistema de alerta de lepidópteros-praga (SAP-e) para a cultura do algodoeiro no MT, implementado pelo IMAmt na safra 2012/2013 (A); detalhe da armadilha luminosa com mariposas capturadas (B), da lâmpada de luz negra ligada durante a noite (C), e de mariposa de *Helicoverpa* spp. no interior da armadilha (D). Pedra Preta e Primavera do Leste, Mato Grosso, Safra 2012/2013. Fotos A e D Danielle Thomazoni; fotos B e C Miguel F. Soria.



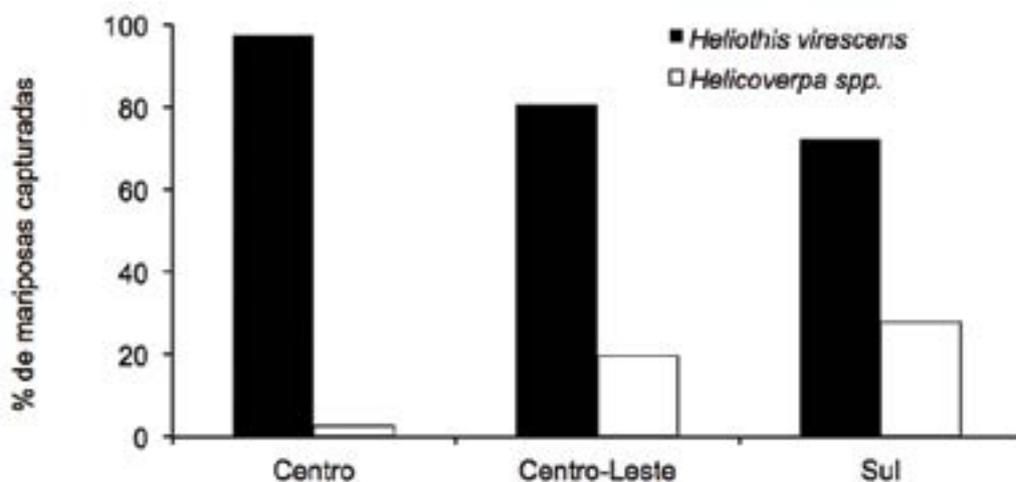


Figura 4. Captura de mariposas da lagarta da maçã (*Heliiothis virescens*) e de *Helicoverpa* spp. em armadilhas (1) tipo delta iscadas com feromônios para *H. virescens* e para outras espécies de lepidópteros e em armadilha (2) tipo luminosa, em três regiões do Mato Grosso. Período de captura: 07 de janeiro a 06 de março de 2013. Primavera do Leste, MT, 2013. [n=12 armadilhas delta e n=1 armadilha luminosa na região Centro (Campo Verde); n=24 armadilhas delta e n=2 armadilhas luminosas na região Centro-Leste (Primavera do Leste); e n=36 armadilhas delta e n=3 armadilhas luminosas na região Sul (Rondonópolis, Itiquira e Pedra Preta)].

gião Sul) a 97,53% (Região Centro), enquanto a porcentagem de captura de *Helicoverpa* spp. foi de 27,84% na região Sul do Estado (Figura 4).

Na Região Sul do Estado do MT, a dinâmica de captura das mariposas de *H. virescens* e de *Helicoverpa* spp. demonstrou, no início de janeiro de 2013, um pico populacional de ambas as espécies, com um segundo pico de mariposas ocorrido na quinta semana de captura (Figura 5). Cabe ressaltar que, de maneira geral, o número de adultos de *Helicoverpa* spp. sempre esteve abaixo do número de mariposas de *H. virescens*, exceto na última semana. Isso evidencia que no Sul do MT, embora ocorram populações mistas das duas espécies, aparentemente, naquele período, a população de *Helicoverpa* spp. foi menor do que de *H. virescens*.

De maneira geral, a porcentagem média de captura de mariposas de *Helicoverpa* spp. ao longo de um período de dois meses foi de 25,26% em relação a *H. virescens* no início da safra

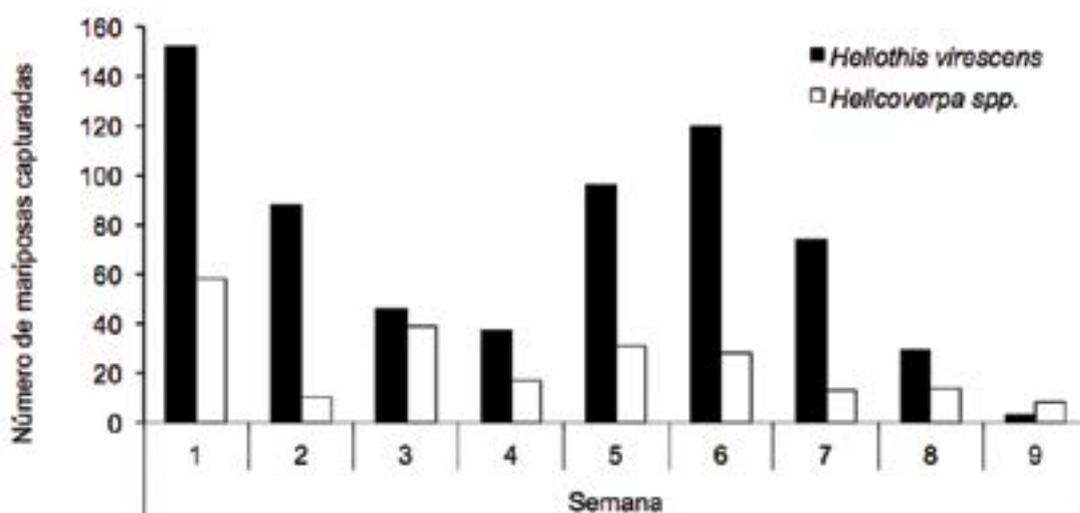


Figura 5. Dinâmica de captura de mariposas da lagarta da maçã (*Heliiothis virescens*) e de *Helicoverpa* spp. ao longo de nove semanas (07 de janeiro a 06 de março de 2013) na região Sul do MT. Primavera do Leste, MT, 2013. (n=3 armadilhas luminosas).

de algodão 2012/2013 na região Sul do MT (Figura 6), evidenciando a presença de populações mistas dessas espécies nos algodoads do MT, demonstrando a importância da identificação prévia da espécie ocorrente através do adulto, auxiliando nas corretas decisões de controle.

Utilizar a armadilha luminosa em áreas com culturas lado a lado ou cultivadas em sequência, como soja, algodão e milho no MT, pode evidenciar o padrão de dispersão da praga entre as culturas, direcionando as aplicações de inseticidas químicos para a espécie de lagartas predominantes na área de cultivo, evitando erros de confundimento com *H. virescens*. Outro aspecto em que as armadilhas serão proativas está relacionado à verificação da eficácia das tecnologias de algodão-Bt que prometem controlar *H. virescens*, e que, eventualmente, possam estar permitindo a sobrevivência apenas de *Helicoverpa* spp.

3. Prejuízos versus táticas de controle disponíveis

No MT, o aumento da área de algodão cultivada na safrinha 2013 – algodão sobre soja, anteriormente cultivada em área com algodão safra, e lavouras de milho cultivadas no mesmo cenário agrícola – torna a preocupação da ocorrência *Helicoverpa* spp. nesse agroecossistema ainda maior. Assim como os híbridos de milho Bt (Cry1F e/ou Cry1Ab), as variedades de algodoeiros Bt resistentes a insetos disponíveis no mercado atualmente (Bollgard® e WideStrike®) não apresentam eficiência de controle satisfatória sobre *Helicoverpa* spp. (Tabela 1, na página seguinte), principalmente em casos de alta infestação da praga na área. Nesses casos, o manejo inadequado dessas variedades, como a ausência de áreas de refúgio, pode selecionar lagartas resistentes às toxinas de Bt expressas nesses algodoeiros, que, na maioria das vezes, expressam as mesmas toxinas de Bt que os híbridos de milho Bt (Cry1F) e da futura soja Bt (Cry1Ac) resistente a lagartas, a ser cultivada nas próximas safras. Isso requer que as variedades transgênicas sejam manejadas de forma integrada, sendo consideradas como uma ferramenta que deverá ser complementada por outra tática de controle (mecânico, químico e/ou biológico) para que o produtor obtenha um manejo efetivo de *Helicoverpa* spp., bem como de todas as outras pragas-alvo da tecnologia.

Um exemplo de escape de controle de lagartas em algodão Bt caso a variedade cultivada não seja manejada de acordo com o MIP é o fato ocorrido em algumas regiões do Oeste da Bahia nesta safra (2012/2013), quando *Helicoverpa* spp. apresentou pressão de infestação atacando botões florais, flores e maçãs grandes, de 10% a 15% em algodoeiros Bt (WideStrike® – WS) e de 60% a 70% em algodoeiros não-Bt, sendo necessário o uso de inseticidas para o

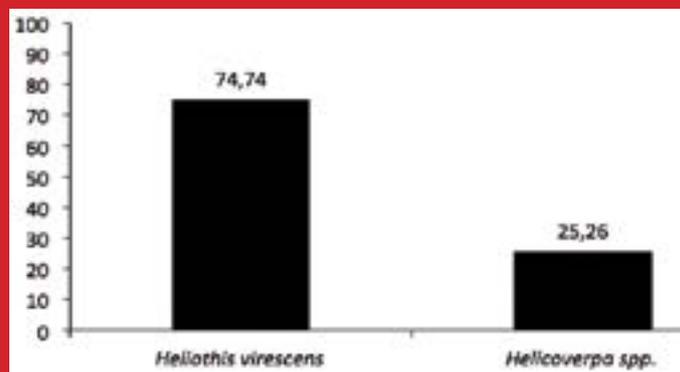


Figura 6. Proporção de captura de mariposas da lagarta da maçã (*Heliothis virescens*) e de *Helicoverpa* spp. em armadilhas tipo luminosa na região Sul do MT. Período de captura: 07 de janeiro a 06 de março de 2013. Primavera do Leste, MT, 2013. (n=3 armadilhas luminosas).

controle da praga mesmo em cultivos com tecnologia Bt, pois já era esperado um controle de 40% a 60% para a tecnologia WS em campo. Nos casos de perda do momento ideal para o controle químico da praga, o número de aplicações foi superior a oito, fato agravado pelas condições de seca da Bahia. Esse cenário torna-se ainda mais grave já que essas lagartas de *Helicoverpa* spp., possivelmente, eram em sua maioria sobreviventes de milho Bt Herculex®, podendo ser tolerantes a Cry1F, e, diante do aumento do número de aplicações de inseticidas realizadas, poderão também evoluir para resistência aos inseticidas químicos aplicados. Diante desse exemplo, são esperadas infestações de *Helicoverpa* spp. crescentes em cultivos de algodão no MT nas próximas safras, já que foi constatada a presença dessa praga na cultura da soja no início da safra 2012/2013 (setembro/outubro), em algodão safra e safrinha, e, agora, em culturas de cobertura e outras culturas cultivadas em uma 'safrinha tardia', como feijão e girassol. Particularmente, em Primavera do Leste, Campo Verde e Sorriso, há confirmação da infestação de *Helicoverpa* spp. em talhões de algodão Bt (WS), em que pelo menos uma aplicação com inseticidas foi realizada, sendo que, em algumas áreas, foram realizadas até três aplicações para o controle da praga.

Diante do cenário inicial de uso de inseticidas utilizados na cultura da soja e na cultura do algodão safra, até próximo à fase de florescimento pleno (safra 2012/2013), no MT, apenas para o controle de lagarta das maçãs (*H. virescens* e/ou *Helicoverpa* spp.) (Figura 7), o número de aplicações de diferentes ingredientes ativos na cultura da soja chegou a mais de seis aplicações, e até oito aplicações na cultura do algodão. Dessa forma, sugere-se que o uso de inseticidas deva ser revisado e utilizado de modo racional, de modo a realizar as aplicações apenas quando o nível de controle (NC) preconizado para a praga for atingido. O uso de inseticidas utilizando "janelas de uso" de ingredientes ativos desde a safra de soja, por meio da rotação de

modos de ação, favorecerá a vida útil (eficiência) dos inseticidas no campo, por desfavorecer a evolução da resistência pela praga.

O NC que está sendo preconizado para *Helicoverpa* spp. na cultura do algodão é de três a seis lagartas pequenas (até 5-7 mm)/ 100 plantas monitoradas – 3 a 6% de plantas infestadas com pelo menos uma lagarta pequena. As plantas na área de cultivo devem ser monitoradas a cada três dias (duas vezes por semana). O combate às lagartas deve ser realizado, preferencialmente, quando as lagartas estiverem ainda pequenas (até 5-7 mm); se for realizado quando as lagartas já estiverem com tamanho de 7 a 15 mm (médias) ou > que 15 mm (grandes), o controle não será efetivo (haverá 'sobra' de lagartas na área). Como opções de controle químico, as diamidas têm controlado bem *Helicoverpa* spp., em dosagens efetivas para *H. virescens*, desde que o clima não esteja extremamente seco (como nos Estados da BA, PI e MA); inseticidas dos grupos das spinosinas, oxadiazina e análogo de pirazol também têm eficácia sobre a praga. Misturas de diamidas mais clorpirifós ou piretroides CE são o último recurso, devido à falta de seletividade desses produtos antigos aos inimigos naturais da praga. Carbamatos são menos efetivos para a praga.

4. Monitoramento da resistência de *Helicoverpa* spp. em algodoeiros Bt: necessidade iminente

Sabe-se que resistência a uma tática de controle em populações de uma espécie-praga pode ocorrer antes mesmo do seu uso em campo, pois podem existir indivíduos pré-adaptados na população da praga com capacidade de sobreviver à tática de controle e repassar geneticamente essa habilidade a seus descendentes. Se houver pressão de seleção suficiente, isto é, o uso de uma tática de controle que promova morte ou insucesso na reprodução dos indivíduos mais suscetíveis a ela, aqueles mais resistentes tendem a deixar mais descendentes do que os suscetíveis e podem vir a predominar na população com o passar das gerações. Na prática, isso pode levar a falhas de controle ao se usar a tática de manejo de pragas inadequadamente, o que é indesejável. Fatores biológicos, genéticos e operacionais influenciam o nível/frequência de resistência (baixa, intermediária e alta) dos indivíduos de uma mesma população à tática de controle empregada. Esses fatores devem ser analisados e estudados de forma a permitir aos pesquisadores recomendar estratégias adequadas para o manejo da evolução de resistência no campo.

Nesse sentido, com a introdução dos algodoeiros resistentes a lepidópteros-praga a partir de 2006 no Brasil, uma nova ferramenta de controle foi introduzida no mercado para as três espécies principais de lagartas da cultura: *Alabama argillacea* (Hubner) (curu-

querê), *Pectinophora gossypiella* (Saunders) (lagarta rosada) e *H. virescens*. Houve redução do número de aplicações de inseticidas para estas pragas, bem como do custo gerado por esta prática. No entanto, com o cultivo do algodão Bollgard I® (Bt1) (Cry1Ac), observou-se a economia de poucas aplicações de inseticidas, principalmente porque pragas não controladas por variedades Bt e de alta incidência em campo, como *Anthonomus grandis* (Boheman, 1843) (Coleoptera: Curculionidae), popularmente conhecido como bicudo-do-algodoeiro, requerem rigoroso monitoramento e frequentes aplicações de inseticidas. Além disso, essas aplicações de inseticidas podem favorecer surtos de pragas secundárias, tais como de outras espécies de lagartas (complexo de *Spodoptera* spp.) e insetos sugadores, como pulgões e, principalmente, percevejos dispersantes da soja, como o pentatomídeo *Euschistus heros* (F.), percevejo marrom, inseto que tem sua população aumentada pela proximidade das lavouras de soja com controle precário.

Com a liberação dos demais algodoeiros Bt resistentes a lepidópteros-praga, como em 2009 do Bollgard II® Bt2 (Cry1Ac + Cry2Ab2) e Widestrike® (WS) (Cry1Ac + Cry1F), e em 2011 do Twinlink® (Cry1Ab + Cry2Ae), foi ampliada a expectativa de melhoria de controle de lagartas. Porém, como já era esperado, o WS não controla plenamente *Helicoverpa* spp. e *S. frugiperda*, de forma que algum controle com inseticida se faz necessário em áreas com esta tecnologia. Com relação à Bollgard II® e Twinlink®, a adoção e uso dessas tecnologias ainda é ínfima ou inexistente. Para WS, observa-se a necessidade de aplicação de inseticidas em algodoeiros Bt liberados para cultivo no controle de pragas potenciais, como é o caso de *Helicoverpa* spp, fato verificado na região Centro do MT, com índice de infestação de 13% em lavoura de algodão Bt WS. Outro problema que contribui para redução da vida útil das variedades Bt é a ausência do cultivo da área de refúgio (não-Bt), o que aumenta o número de acasalamentos entre mariposas resistentes dentro da variedade Bt, colocando em risco o(s) evento(s) Bt cultivado(s) pela geração de lagartas resistentes.

Assim como para os inseticidas convencionais, para as variedades Bt deve ser preconizada a rotação do modo de ação das toxinas de Bt expressas nas plantas, visando minimizar o risco de rápida evolução de resistência das lagartas-alvo às variedades Bt disponíveis no mercado. Essa prática deve ser adotada a nível regional e ser coordenada entre os produtores da região, evitando-se que o problema seja agravado. Isso aconteceria se, por exemplo, mariposas resistentes à toxina A acasalarem com outras resistentes à toxina B, gerando filhos carreadores de genes de

resistência às duas toxinas.

Problemas de falha de controle efetivo de muitas variedades Bt estão relacionados à elevada tolerância de algumas espécies de lagartas a proteínas inseticidas de Bt, tais como: *Helicoverpa* spp., *S. frugiperda*, *Spodoptera eridania* (Cramer), *Spodoptera cosmioides* (Walker) e *C. includens*, de forma que são necessárias altas concentrações dessas proteínas para controle da população de lagartas dessas espécies. Isso muitas vezes inviabiliza a obtenção de variedades Bt que expressam altas concentrações de proteína inseticida nos tecidos das plantas, tornando raridade no mercado as variedades consideradas de “alta dose” (ou “imunes”) para as pragas ocorrentes nas condições climáticas e de cultivo do Brasil.

Esse desafio torna-se ainda maior porque a expressão da toxina de Bt pode variar nas partes da planta e diminuir ao longo do ciclo de desenvolvimento da planta, reduzindo ainda mais eficiência de controle sobre os insetos-alvo. Por isso, a maioria das plantas Bt cultivadas expressa as toxinas de Bt em baixa ou moderada dose e, em altas infestações de algumas pragas em campo como *S. frugiperda* e *Helicoverpa* spp., não apresentarão controle satisfatório, como já alertado no parecer da Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio) para o Bollgard II® (Bt2) e pela empresa que desenvolveu o Widestrike® (WS) para *H. virescens*, *S. frugiperda* e *C. includens*, sendo necessária a intervenção por outra forma de controle para as lagartas sobreviventes nesses eventos Bt.

É importante ressaltar que o risco de evolução de resistência é maior para as espécies-praga mais tolerantes ao Bt, porque, como já mencionado anteriormente, um grande número de insetos tolerantes (ou resistentes) tende a sobreviver na variedade Bt e transferir essa capacidade a seus descendentes, os quais, com o passar das gerações ou safras, tendem a aumentar seu número nas populações do inseto e, em pouco tempo, podem levar à perda de eficiência da tecnologia Bt. Além disso, também é elevado o risco de populações de lagartas de *Helicoverpa* spp. não serem controladas pela toxina Cry1Ac expressa em variedades de algodão Bt e, futuramente, na variedade de soja Bt. Essa preocupação se deve à maior exposição de lagartas à mesma toxina de Bt, tanto em algodão quanto em soja (Cry1Ac), aumentan-

do a pressão seletiva que favorece o predomínio de insetos resistentes a Cry1Ac, podendo reduzir a vida útil de variedades de algodão e de soja que expressam esta toxina.

A alternativa seria o cultivo do algodoeiro Bollgard II® que expressa duas toxinas de Bt, Cry1Ac + Cry2Ab2, as quais atuam em diferentes sítios receptores do mesêntero (intestino) do inseto, mas restam os seguintes questionamentos: será que lagartas de *Helicoverpa* spp. não apresentarão altos níveis de resistência à toxina Cry2Ab2 e mesmo resistência cruzada com a Cry1Ac expressa nos algodoeiros Bt1 e Bt2? E a possibilidade do algodoeiro Bt3 combinando toxinas de Bt Cry e Vip3A será efetiva? As toxinas Vips são também derivadas de Bt, mas geneticamente distintas das toxinas Cry. Nesse sentido, a pureza do evento Bt que estará sendo cultivado será de suma importância para manutenção da expressão de proteína Bt na planta, promovendo ao produtor o controle efetivo das lagartas-alvo em campo.

Diante desse cenário, tomando como exemplo a Austrália, estudos de monitoramento de frequência de resistência das espécies de *Helicoverpa* spp. ocorrentes naquele país, como *H. armigera* e *H. punctigera*, às toxinas de Bt expressas nos algodoeiros Bt, são realizados de forma proativa, ou seja, antes que o problema de resistência e perda da tecnologia cultivada pelo produtor seja detectado e antes mesmo da liberação de cultivo das variedades em campo. Assim que o algodão Genuity Bollgard III® (Bt3) for lançado no mercado australiano, possivelmente dentro de uma ou duas safras, Bollgard II® não será mais cultivado naquele país. Um plano de Manejo da Resistência de *Helicoverpa* spp. a Bollgard III® já está sendo traçado na Austrália, antes mesmo de se ter a tecnologia no campo.

Resultados das pesquisas sobre monitoramento da resistência na Austrália demonstram que as espécies *H. armigera* e *H. punctigera* não são altamente suscetíveis às proteínas de Bt Cry1A e que, antes da ampla adoção de cultivo de algodoeiros Bt2 (Cry1Ac + Cry2Ab), em 2003, a frequência de alelos conferindo resistência à proteína Cry2Ab em populações de *Helicoverpa* spp. em campo foi significativamente mais alta do que o esperado, mostrando aos pro-

dutores que, se nenhuma medida de manejo fosse repensada e realizada, a tecnologia Bt2 seria perdida rapidamente com consequente perda drástica de produção.

De forma semelhante, em 2012, na Austrália, antes da liberação do algodoeiro Bt3, evento combinando as toxinas de Bt Cry e Vip, estudos de duas safras demonstram que lagartas de *Helicoverpa* spp. sobreviveram a concentrações de Vip3A maiores do que a concentração da toxina em plantas cultivadas em campo, demonstrando a existência de lagartas resistentes à Vip3A em populações australianas de *Helicoverpa* spp. Estudos complementares de herança e caracterização dessa resistência mostram que a mesma é recessiva e não confere resistência cruzada às toxinas Cry de Bt (Cry1Ac ou Cry2Ab) expressas nos algodoeiros Bt1 e Bt2, o que pode favorecer o manejo da resistência de *Helicoverpa* spp. em algodoeiros Bt3.

Entretanto, a eficácia de controle de *Helicoverpa*

spp. ao longo das safras pelos algodoeiros Bt3 expressando Vip3A dependerá da frequência de resistência de lagartas de *Helicoverpa* spp. às toxinas Cry. Diante dos fatos observados na Austrália, torna-se de suma importância o monitoramento da resistência de lagartas de *Helicoverpa* spp. no Brasil. Vale lembrar que, no Brasil, lagartas de *Helicoverpa* spp. serão expostas a Vip3A em variedades transgênicas de algodão e milho que estão ou estarão disponíveis aos produtores brasileiros. Na safra atual (2012/2013), na região oeste da Bahia, já foi observada sobrevivência de lagartas de *S. frugiperda* (lagarta do cartucho), causando injúrias em cultivos de milho Bt Vip3A, o que é um alerta da rigorosa atenção que deve ser dada ao manejo da resistência de lagartas-alvo a variedades Bt que expressam ou venham a expressar esta toxina.

Com os resultados obtidos pelo monitoramento da resistência das espécies de *Helicoverpa* spp. na Austrália é criado um plano de manejo da resistência desta espécie, visando o prolongamento de uso e vida útil

Tabela 2. Elementos constituintes do plano de manejo da resistência de *Helicoverpa* spp. a algodão Bollgard® II na Austrália. Fonte: *Shedule A: Resistance Management Plan for Bollgard II® Cotton 2012/2013. Development by Monsanto Australia Limited and the Transgenic and Insect Management Strategy (TIMS) Committee of Cotton Australia Ltd.*

ELEMENTO	DESCRIÇÃO E OBJETIVO
Cultivo de áreas de refúgio	<ul style="list-style-type: none"> • Cultivo de área de algodão convencional (10% do total da área cultivada com algodão Bt) sem pulverização para <i>Helicoverpa</i> spp.; • Cultivo de área com feijão guandu (5% do total da área cultivada com algodão Bt) sem pulverização para <i>Helicoverpa</i> spp.; • Porcentagem de cultivo do refúgio preconizada de acordo com a condição de cultivo: irrigado ou sequeiro; • Preconizado o cultivo de outras culturas além do algodão, em áreas onde não se cultivou o algodão na safra anterior, evitando a incidência de plantas involuntárias de algodão Bt (tigueras) e ocorrência da praga.
Janela de cultivo/plantio	<ul style="list-style-type: none"> • Fixada data máxima (limite) para plantio da variedade Bt, visando minimizar o número de gerações da praga durante a safra.
Destruição de pupas de <i>Helicoverpa</i> spp./ Culturas armadilhas	<ul style="list-style-type: none"> • Pupas de <i>Helicoverpa</i> spp. no solo são destruídas de forma calendarizada após a colheita através do preparo do solo; • Cultivo de culturas armadilhas, como o feijão guandu em época e condições específicas de cultivo para atrair a praga, reduzindo sua ocorrência nas áreas cultivadas com algodão.
Controle de restos da cultura/soqueira (plantas tiguera)	<ul style="list-style-type: none"> • Presença de plantas involuntárias de variedades Bt (tigueras) em qualquer área de refúgio é eliminada para não reduzir o valor do refúgio e reduzir a probabilidade de ocorrência de lagartas resistentes ao Bollgard® II nessas áreas.
Limite de pulverização de inseticidas químicos	<ul style="list-style-type: none"> • Definição do número máximo de aplicações de inseticidas químicos para o controle da praga e de 'janela' de uso (rotação de modos de ação), visando reduzir a evolução da resistência a inseticidas que poderão ser necessários para complementar seu controle.

da tecnologia Bt que é ou será utilizada pelo produtor, bem como assegurar maior produtividade e redução de eventuais custos no controle da praga. Esse plano de manejo da resistência, já utilizado com sucesso na Austrália, baseia-se em estudos prévios de monitoramento da resistência em laboratório e campo e contempla cinco elementos essenciais (Tabela 2):

De forma semelhante ao que é realizado na Austrália, porém adequando-se às condições climáticas, de cultivo e de ocorrência de pragas do Brasil, o monitoramento da resistência de *Helicoverpa* spp. e demais lagartas-alvo de algodoeiros Bt, torna-se essencial e necessário para a implementação emergencial de estratégias que contemplem um plano de manejo da resistência efetivo, promovendo controle eficaz dos lepidópteros-alvo pela variedade Bt e redução de custos aos produtores, com maior tempo de uso da tecnologia Bt inserida nas variedades comercializadas.

Referências Bibliográficas*

BRASIL. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Nota técnica sobre resultado do trabalho inicial de levantamento da lagarta do gênero *Helicoverpa* – detecção da espécie *Helicoverpa armigera* no Brasil. Nota técnica de 22 de março de 2013. **Embrapa Cerrados**, Planaltina DF, 2013, 2 p.

CZEPAK, C.; ALBERNAZ, K. C.; VIVAN, L. M.; GUIMARÃES, H. O.; CARVALHAIS, T. Primeiro registro de ocorrência de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 1, p. 110-113, 2013.

MAHON, R. J.; OLSEN, K. M.; DOWNES, S.; ADDISON, S. Frequency of alleles conferring resistance to the Bt toxins Cry1Ac e Cry2Ab in Australian populations of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 100, n. 6, p. 1844-1853, 2007.

MAHON, R. J.; DOWNES, S. J.; JAMES, B. Vip3A resistance alleles exist at high levels in Australian targets before release of cotton expressing this toxin. **Plos One**, v. 7, n. 6, p. 2012.

*Referências adicionais e/ou com chamada no texto mas que não foram citadas aqui poderão ser disponibilizadas via email sob solicitação.

REALIZAÇÃO



APOIO FINANCEIRO

