

# Capítulo 10

## RESISTÊNCIA A INSETICIDAS E OUTROS AGENTES DE CONTROLE EM ARTRÓPODES ASSOCIADOS À CULTURA DA SOJA

Daniel Ricardo Sosa-Gómez  
Celso Omoto

---

### 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a cultura da soja ocupa 25 milhões de hectares (CONAB, 2012); esta vasta extensão de área cultivada disponibiliza alimento para diversos organismos e pode ser colonizada por insetos-praga adaptados à cultura, como a lagarta-da-soja (*Anticarsia gemmatalis* Hübner, 1818), as lagartas-falsas-medideiras {*Chrysodeixis includens* (Walker, [1858]) e *Rachiplusia nu* (Guenée, 1852)}, a lagarta-das-maçãs [*Heliothis virescens* (Fabricius, 1781)], o complexo de percevejos, como *Euschistus heros* (Fabricius, 1798), *Piezodorus guildinii* (Westwood, 1837) e *Nezara viridula* (Linnaeus, 1758) (Heteroptera: Pentatomidae), o complexo de ácaros [*Mononychellus planki* (McGregor, 1950), *Tetranychus urticae* (Koch, 1836), *T. ludeni* Zacher, 1913, *T. desertorum* Banks, 1900 e *Polyphagotarsonemus latus* (Banks, 1904)], a mosca branca [*Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) biótipo B] e as lagartas do gênero *Spodoptera*. Essas pragas possuem grande

potencial reprodutivo, podendo ter várias gerações por ciclo da cultura, aspecto que representa maior risco de seleção de populações resistentes, por estarem mais expostas às diversas aplicações de inseticidas e outros agentes de controle de pragas. Por muitos anos, os estudos de resistência de pragas da soja a inseticidas foram relegados, possivelmente porque os problemas de deficiência de controle com estes produtos não eram comuns. Porém, atualmente, essas falhas no controle de algumas pragas têm sido frequentes e generalizadas, levando ao maior interesse tanto dos pesquisadores e técnicos quanto dos agricultores.

A expansão de culturas como o algodão e o milho, que possuem algumas pragas em comum com a soja, pode ter influência no manejo da resistência ao nível de macrorregiões. Por exemplo, pragas como *B. tabaci* e *T. urticae*, de ocorrência localizada ou esporádica na cultura da soja, tornaram-se pragas mais importantes nas áreas que cultivam soja, algodão e hortaliças, pela disponibilidade de hospedeiros que são continuamente tratados com agrotóxicos. Adicionalmente, a adoção pelos agricultores de plantas geneticamente transformadas que expressam toxinas de organismos heterólogos (*Bacillus thuringiensis* Berliner), tais como milho-Bt, algodão-Bt e em breve soja-Bt, trouxe preocupação em relação ao surgimento de casos de resistência, pela exposição direta das populações de insetos fitófagos a essas toxinas em áreas grandes e contínuas.

## **2. A RESISTÊNCIA DE PERCEVEJOS A INSETICIDAS: O CASO DE *Euschistus heros***

Embora exista o risco potencial para o desenvolvimento de resistência de diversas espécies associadas à cultura da soja, até o presente o único caso de resistência a inseticidas detectado no Brasil foi o do percevejo marrom, *E. heros* (SOSA-GÓMEZ et al., 2001; SOSA-GÓMEZ; SILVA, 2010).

*Eushistus heros* é uma praga polivoltina, de ampla ocorrência na cultura da soja, sendo abundante em todas as regiões produtoras de soja. Segundo Cividanes e Parra (1994), em decorrência de suas exigências térmicas, essa espécie pode apresentar de cinco a sete gerações por ano. Atualmente, existem relatos da praga em locais onde não tinha sido registrada, como na cultura do trigo, no Rio Grande do Sul (P.R.V. da S. Pereira, comunicação pessoal), e na província do Paraná, Argentina (SALUSO et al., 2011).

Os primeiros problemas de deficiência de controle do percevejo marrom, na soja, ocorreram no início da década de 1990. Nessa oportunidade, as falhas de controle nas propriedades rurais foram atribuídas a problemas de formulação do endossulfam, que era um dos inseticidas mais utilizados na época.

Em geral, os inseticidas mais utilizados para o controle de percevejos, desde a década de 1960 até meados da década de 2010, pertencem ao grupo dos organofosforados, inibidores da enzima acetilcolinesterase e apenas um ciclodieno (endossulfam). O endossulfam atua como antagonista de canais de cloro mediados por GABA (ácido  $\gamma$ -aminobutírico), impedindo a entrada dos Cl<sup>-</sup> na célula nervosa (OMOTO, 2000). Na atualidade, produtos do grupo dos organofosforados e endossulfam estão sendo banidos e os ingredientes ativos mais usados para o controle de percevejos tem sido do grupo dos piretroides e neonicotinoides.

A falta de novas moléculas tem levado à utilização de produtos com modo de ação semelhante numa mesma safra, por vários anos. A repetida utilização desses produtos tem favorecido a evolução de resistência em algumas localidades do norte do Paraná e oeste de São Paulo (SOSA-GÓMEZ et al., 2001), assim como na região central do Paraná (SOSA-GÓMEZ; SILVA, 2010). Em estudos realizados pela Embrapa Soja, foram

detectadas taxas de resistência mais elevadas ao endossulfam na população de *E. heros* proveniente de Pedrinhas Paulista-SP, em comparação com monocrotofós e ao metamidofós. Os percevejos provenientes de Pedrinhas Paulista e Centenário do Sul-PR tiveram uma resposta homogênea às diversas doses dos inseticidas endossulfam e monocrotofós, o que indica que grande parte dos indivíduos suscetíveis foi eliminada da população. As taxas de resistência observadas para o endossulfam variaram entre duas a 30 vezes (SOSA-GÓMEZ et al., 2001, D.R. Sosa-Gómez, dados não publicados). Esses níveis inviabilizam o controle adequado no campo, principalmente pelas elevadas populações que ocorrem no final do ciclo agrícola da soja.

A aparente deficiência de controle das populações de percevejos também pode ser atribuída à rápida colonização, em campos mais tardios de soja, por espécimes provenientes de áreas que já foram colhidas. Esse comportamento deve-se à escassez de plantas e necessidade de procura por alimento, antes do início do período de oligopausa.

## **2.1. Possíveis causas de resistência em populações de percevejos**

As possíveis causas da manifestação de resistência nas populações de *E. heros* podem ser classificadas em dois grupos: as operacionais e as devidas aos fatores relacionados a características inerentes à espécie.

### **2.1.1. Causas operacionais**

Entre as causas operacionais mais importantes encontra-se o uso frequente de ingredientes ativos de inseticidas que apresentam o mesmo modo de ação. É possível que o controle frequente da lagarta-da-soja com o mesmo grupo de inseticidas (por exemplo, organofosforados) tenha ocasionado a seleção de genótipos de percevejos resistentes a este grupo de inseticidas.

Dentro desse grupo, incluem-se metamidofós, profenofós, clorpirifós, monocrotofós, e paratiom metílico. O único representante do grupo dos ciclodienos é o endosulfam, que, em geral, era utilizado com duplo propósito, ou seja, para controlar as populações de lagartas desfolhadoras e as três espécies mais importantes do complexo de percevejos. Provavelmente, essa característica e a seletividade para predadores nas doses recomendadas tenham feito desse um dos inseticidas mais utilizados na cultura da soja, desde a década de 1960. Entretanto, a sua comercialização será proibida em 2013.

A utilização de agrotóxicos recomendados para percevejos no controle de populações iniciais de lagartas desfolhadoras pode exercer pressão de seleção nas primeiras gerações de percevejos que colonizam a lavoura. Assim, a seleção, que ocorre a partir desse momento, poderá continuar com o uso dos mesmos inseticidas para o controle das gerações subsequentes de percevejos.

### **2.1.2. Causas inerentes ao inseto**

No caso do percevejo marrom, a existência de reduzido fluxo gênico pode ser outra causa importante para que esta espécie tenha sido uma das primeiras a desenvolver resistência em populações localizadas geograficamente. Por exemplo, subpopulações de Centenário do Sul são geneticamente diferentes das subpopulações de Londrina, que é distante, aproximadamente, apenas 50 km (SOSA-GÓMEZ et al., 2004). O desenvolvimento da resistência também é favorecido pelo grande número de gerações que ocorre durante o ciclo da cultura. Quanto mais rápido é o ciclo de vida do inseto, não havendo comprometimento do custo adaptativo, mais rapidamente os fenótipos resistentes serão capazes de predominar no local, além de que novas mutações podem surgir espontaneamente. Em consequência, os insetos multivoltinos podem desenvolver resistência

mais rapidamente que os univoltinos, por serem alvos de um maior número de ciclos de pressão de seleção em cada safra/ano agrícola; assim, as espécies de percevejos podem apresentar entre uma e oito gerações por ano, dependendo do local e das condições térmicas.

As espécies que apresentam maior número de gerações são *E. heros* e *P. guildinii*, por exigirem menor número de graus-dia para completar seu ciclo (CIVIDANES; FIGUEIREDO, 1997). Segundo Cividanes e Parra (1994), o número de gerações dessa espécie por ano pode alcançar até oito, nas regiões mais quentes, enquanto número próximo de cinco foi relatado para *N. viridula*.

As espécies de percevejos também ocorrem associadas a outras culturas ou plantas nativas. Por exemplo, *E. heros* ocorre sobre girassol (*Helianthus annuus* L.), guandu (*Cajanus cajan* L.), amendoim bravo (*Euphorbia heterophylla* L.), presentes durante a entressafra da soja, ou na palhada, durante o inverno (PANIZZI, 2003). Portanto, o manejo não recomendado com inseticidas, que é realizado na entressafra da soja sobre a palhada e outras culturas, também terá influência nas populações subsequentes, podendo funcionar como um dos ciclos de seleção para aumentar a resistência a inseticidas.

## **2.2. Medidas para manejar a resistência em populações de percevejos**

Entre as medidas que podem ser adotadas para manejar a resistência em populações de percevejos, é recomendável: i) quando for necessário controlar lagartas, no início da safra agrícola, utilizar produtos com modo de ação diferente daqueles utilizados para o controle de percevejos (Tabela 1); ii) dar preferência aos inseticidas indicados mais seletivos, como *Baculovirus anticarsia*, *Bacillus thuringiensis* (Bt) e reguladores de crescimento, sendo os dois primeiros mais seletivos que os últimos;

**Tabela 1.** Inseticidas agrupados pelo modo de ação, com registro no Ministério da Agricultura para o controle das principais pragas da soja (*Anticarsia gemmatalis*, *Chrysodeixis includens*, *Euschistus heros* e *Piezodorus guildinii*).

Modo de ação	Lagarta-da-soja, <i>Anticarsia gemmatalis</i>	Lagarta-falsa-medideira, <i>Chrysodeixis includens</i>	Percevejo-marron, <i>Euschistus heros</i>	Percevejo-verde-pequeno, <i>Piezodorus guildinii</i>
Interferem na síntese de quitina	diflubenzurom, clorfluazurom, flufenoxurom, lufenurom, novalurom, teflubenzurom, triflumurorom	diflubenzurom, clorfluazurom, lufenurom	sem registro	sem registro
Agonistas de ecdisteroides	cromafenoziata, metoxizenozide, tebufenoziata	sem registro	sem registro	sem registro
Ativador dos receptores de ryanodina	flubendiamida, clorantriniprole	flubendiamida, clorantriniprole	sem registro	sem registro
Ativadores alostéricos de receptores nicotínicos da acetilcolina	espinosade	sem registro	sem registro	sem registro
Replicação viral no núcleo da célula	AgMNPV – vírus de poliedrose nuclear da lagarta-da-soja	sem registro	sem registro	sem registro
Ação tóxica inicial nas células do intestino médio com posterior septicemia	<i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i>	sem registro	sem registro	sem registro

Continua...

Tabela 1. Conclusão.

Modo de ação	Lagarta-da-soja, <i>Anticarsia gemmatilis</i>	Lagarta-falsa-medideira, <i>Chrysodeixis includens</i>	Percevejo-marrom, <i>Euschistus heros</i>	Percevejo-verde-pequeno, <i>Piezodorus guildinii</i>
Inibidores de acetilcolinesterase	acefato, clorpirifós, fenitrotiona, metamidofós, paratona metilica, profenofós triazofós, metomil, tiodicarbe	acefato, fenitrotiona, metamidofós, malatona, metomil, tiodicarbe	acefato, clorpirifós, fenitrotiona, metamidofós, paratona metilica	acefato, clorpirifós, metamidofós, carbossulfano
Antagonista dos canais de cloro mediados pelo ácido $\gamma$ -aminobutírico <sup>2</sup>	endossulfam	endossulfam	endossulfam	endossulfam
Moduladores dos canais de Na <sup>+</sup>	alfacipermetrina, betacipermetrina, zetacipermetrina, betaciflutrina, gamacialotrina, lambdacialotrina, bifentrina, cipermetrina, deltametrina, esfenvalerato, fenpropatina, permetrina, etofenproxi	alfacipermetrina, betacipermetrina, zetacipermetrina, betaciflutrina, bifentrina, cipermetrina, esfenvalerato, permetrina,	cipermetrina, betaciflutrina, lambdacialotrina, zetacipermetrina, bifentrina, esfenvalerato	cipermetrina, betacipermetrina, zetacipermetrina, deltametrina, permetrina, betaciflutrina, lambdacialotrina, etofenproxi, esfenvalerato
Agonistas de receptores nicotínicos da acetilcolina	tiametoxam, imidacloprido	sem registro	tiametoxam, imidacloprido	tiametoxam, imidacloprido

<sup>1</sup> Os produtos não apresentam a mesma eficácia de controle das pragas citadas na tabela, portanto, consulte o engenheiro agrônomo.

<sup>2</sup> Inseticida com cancelamento de comercialização prevista para 31 de julho de 2013.

Fonte: Agrofit ([http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons))



iii) aplicar o inseticida somente nas áreas em que a densidade da praga encontra-se no nível de dano, avaliado por meio do monitoramento com o pano-de-batida (TECNOLOGIA, 2011), considerando que, normalmente, no início do ataque, os percevejos localizam-se nas bordaduras da lavoura; iv) realizar a rotação de produtos, utilizando inseticidas com diferentes modos de ação (Tabela 1), por exemplo, se foi aplicado um organofosforado e houver necessidade de reaplicação, usar piretroide ou neonicotinoide, principalmente quando aplicado no mesmo ciclo agrícola (SOSA-GÓMEZ, 2010); e (v) a rotação de culturas, escolhendo, preferencialmente, aquelas cujas pragas são diferentes das que apresentam problemas de resistência. Esta última alternativa minimiza a exposição aos produtos, mas pode ser limitada por aspectos de mercado e infraestrutura.

Um aspecto que torna difícil o manejo da resistência por meio da rotação de inseticidas é a falta de opções para a escolha de produtos de eficiência comprovada e com modos de ação diferentes. No caso de controle das populações do percevejo marrom, embora existam aproximadamente 30 produtos comerciais disponíveis no Agrofitec (2012), estes podem ser resumidos a quatro grupos com modos de ação diferentes, ou seja: (i) inibidores de acetilcolinesterase (organofosforados); (ii) antagonistas dos canais do Cl<sup>-</sup> mediados por GABA (ciclodienos); (iii) os moduladores de canais de Na<sup>+</sup> do axônio (piretroides); e (iv) agonistas de receptores nicotínicos da acetilcolina (neonicotinoides). Para aumentar a dificuldade, os dois últimos grupos são resumidos a um, considerando-se que as misturas de piretroides e neonicotinoides são mais utilizadas que os produtos isoladamente. Portanto, o monitoramento correto das populações e a aplicação no momento apropriado deverão ser ações prioritárias a serem consideradas.

Como medida preventiva para facilitar o manejo da resistência a inseticidas, recomenda-se manter o registro histórico das

aplicações (produtos utilizados, doses e frequência de aplicação) e das espécies predominantes, a cada safra. Essas informações são orientadoras na determinação das estratégias de controle e quando ocorrem, hipoteticamente, casos de resistência. Nessas falhas de controle no campo, o ideal é a realização de experimentos apropriados em laboratório, para confirmar a existência desse fenômeno. Assim, as comparações de dados de bioensaios com uma população que não experimentou pressão de seleção permitem verificar os níveis de suscetibilidade ou resistência das populações, sendo uma forma rápida e viável para confirmar ou negar a hipótese. Experimentos de campo não são apropriados para obter essa informação, devido às dificuldades de controle do erro experimental.

### **3. ESPÉCIES COM ALTO POTENCIAL PARA EVOLUÇÃO DE RESISTÊNCIA**

São consideradas espécies com potencial para seleção de resistência aquelas sobre as quais já existem casos registrados na literatura, aquelas em que a resistência foi detectada em condições de laboratório e aquelas em que o agente de pressão de seleção (inseticidas) é utilizado frequentemente e em grandes áreas. No Brasil, atualmente, as espécies com potencial para o desenvolvimento de resistência a inseticidas na cultura da soja são a mosca-branca (*B. tabaci*), outros percevejos [*N. viridula*, *P. guildinii*, *Dichelops melacanthus* (Dallas, 1851) e *D. furcatus* (Fabricius, 1775)], lagartas-falsas-medideiras (*C. includens* e *R. nu*), ácaro-verde (*M. planki*) e o ácaro rajado (*T. urticae*).

#### **3.1. *Bemisia tabaci***

No mundo, *B. tabaci* é uma das espécies de inseto em que as maiores taxas de resistência são registradas, variando de 500 a 2000 vezes (DITTRICH et al., 1990b, GEORGHIOU; LAGUNES-TEJEDA, 1991). A partir da safra 1995/96, verificaram-se

elevadas densidades do biótipo B de *B. tabaci* na cultura da soja, ocasionando danos diretos em função da abundante produção de fumagina, que pode representar redução de até 70% da produtividade, ou pela transmissão de carlavírus e outras doenças viróticas (ALMEIDA et al., 2002). Aparentemente, o biótipo B tem se tornado dominante, substituindo o biótipo A (RABELLO et al., 2008). No Brasil, *B. tabaci* não é considerada praga em todas as regiões produtoras de soja, sendo sua ocorrência observada, com maior frequência, no Maranhão, no oeste da Bahia, em Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, no oeste de São Paulo e, ocasionalmente, no norte do Paraná. Como consequência, em regiões produtoras, a utilização de inseticidas em soja tem aumentado e, não raramente, com pouco sucesso de controle.

Em outros países, o biótipo B de *B. tabaci* tem apresentado elevado potencial de evolução de resistência a diversos inseticidas com diferentes modos de ação, como aos piretroides (SIVASUPRAMANIAN; WATTSON, 2000), aos carbamatos e fosforados (BLOCH; WOOL, 1994) e aos reguladores de crescimento como buprofezím e piriproxifem (CAHILL; DENHOLM, 1993). No Brasil, Silva et al. (2009) constataram a variabilidade genética da resposta do biótipo B a vários inseticidas, verificando também menor suscetibilidade dessa praga aos neonicotinóides (tiametoxam e imidacloprido) em populações provenientes de tomateiros em cultivos protegidos, em Hidrolândia-GO. Casos de resistência da mosca-branca a diversos inseticidas, em condições de campo e casa de vegetação, foram constatados nos Estados Unidos, Egito, Guatemala, Israel, Nicarágua, Paquistão, Turquia, Sudão e outros países (DITTRICH et al., 1990a, 1990b).

Considerando inseticidas mais recentes, como o piriproxifem, a resistência pode ser selecionada rapidamente, principalmente em condições de isolamento, como ocorre em casa de vegetação. O piriproxifem é um mimetizador (análogo) do

hormônio juvenil (HJ) que inibe sua síntese nos *corpora allata*, estimulando a atividade de HJ endógeno (TOSCANO et al., 2001). Esse produto interfere na embriogênese, afetando a eclosão das ninfas, agindo diretamente sobre os ovos ou através da interferência maternal; também afeta as ninfas, evitando a emergência dos adultos do pupário. Aparentemente, as populações resistentes a esse produto não apresentam resistência cruzada ao buprofezim, um inibidor da síntese de quitina (HOROWITZ; ISHAAYA, 1994).

A estratégia para mitigar os problemas de resistência consiste em um programa de três fases. Na primeira, recomenda-se a utilização de reguladores de crescimento, seguida de uma segunda fase, na qual se recomenda o uso de inseticidas de maior espectro, exceto piretroides. Na última fase, indica-se a utilização de inseticidas piretroides com um sinergista, dependendo do mecanismo de resistência. Essa estratégia tem sido recomendada para o controle da mosca branca nos Estados Unidos e a adoção destas medidas depende da detecção inicial de suas infestações (DENNEHY; WILLIAMS, 1997). Até o presente, não existem relatos da ocorrência de resistência para esta espécie na cultura da soja no Brasil, porém trabalhos de monitoramento de suscetibilidade devem ser incentivados.

### **3.2. *Nezara viridula*, *Piezodorus guildinii*, *Dichelops melacanthus* e *D. furcatus***

As espécies de percevejos mais abundantes nos principais Estados produtores de soja, em ordem decrescente de importância, são o percevejo-marrom (*E. heros*), o percevejo-verde-pequeno (*P. guildinii*), o percevejo-verde (*N. viridula*) e os percevejos-barriga-verde (*Dichelops* spp.). Outras espécies podem ocorrer com menor frequência, como *Chinavia* sp. e *Edessa mediatubunda* (Fabricius, 1794), mas com pouca expressão.

Apesar de *N. viridula* ser a espécie que atualmente atinge menores populações, dentre as mais abundantes do complexo

de percevejos, nas principais regiões produtoras de soja, e apresentar um potencial de dano intermediário em relação à retenção foliar (SOSA-GÓMEZ; MOSCARDI, 1995), sua tolerância aos inseticidas endossulfam, paratiom metílico e triclorfom é apenas ligeiramente menor que a de *E. heros* (SOSA-GÓMEZ et al., 1993), que é a espécie mais abundante. Sua variabilidade genética foi estudada por Sosa-Gómez et al. (2005b), utilizando marcadores moleculares, constando-se que o índice de fluxo gênico entre populações geográficas é reduzido. Portanto, haveria a possibilidade de ocorrer casos de resistência localizados.

Até 2001, não existiam relatos sobre a ocorrência de resistência a inseticidas em populações de percevejos da soja. Na Austrália, em 1991, foi relatada ocorrência de resistência de *N. viridula* ao DDT utilizado na cultura do algodão (GEORGHIOU; LAGUNES-TEJEDA, 1991).

A espécie mais nociva do complexo de percevejos é o percevejo-verde-pequeno, *P. guildinii*, cuja saliva tóxica pode provocar retenção foliar acentuada (SOSA-GÓMEZ; MOSCARDI, 1995) e suas populações podem ser elevadas, tanto nas regiões de baixas latitudes, como Bahia, Maranhão, quanto nos Estados do sul (Rio Grande do Sul), sendo uma praga também importante no Uruguai e na região dos pampas, na Argentina. Embora não existam relatos de ocorrência de resistência em *P. guildinii*, misturas de endossulfam e cipermetrina, lambdacialotrina ou deltametrina foram ineficientes no seu controle, em 2002, na região norte da Província de Santa Fé, Argentina (J.C. Gamundi, comunicação pessoal). Da mesma maneira, existem suspeitas de ocorrência de resistência por falhas de controle no Uruguai (E. Castiglioni, comunicação pessoal).

Comparando com *N. viridula*, *P. guildinii* é mais suscetível aos inseticidas paratiom, endossulfam, clorpirifós e metamidofós (GUILLEN; FOERSTER, 1978; SOSA-GÓMEZ et al., 1993). No

Brasil, foi detectada menor suscetibilidade ao endossulfam em populações coletadas em Cândido Mota-SP do que nas populações coletadas em Lupionópolis-PR (BAUR et al., 2010), o que significa um alerta para o manejo das populações dessa espécie.

Outras espécies de percevejos têm adquirido importância crescente, nos últimos cinco anos, como *D. melacanthus* e *D. furcatus*. Os percevejos dessa espécie são conhecidos por “barriga-verde” e, na década de 1990, tornaram-se problemas para as culturas de milho, trigo e soja, nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste (PANIZZI; CHOCOROSQUI, 1999). Embora em soja o problema seja menor do que em milho e trigo, a continuidade das populações pela sucessão das culturas é dependente do manejo do sistema de produção como um todo. As espécies mais abundantes nas regiões produtoras de soja da região Centro-Oeste brasileira são *D. melacanthus* e *D. phoenix* Grazia, 1978, enquanto na região Sul, além das espécies citadas, há registro de *D. furcatus* (CHOCOROSQUI, 2001).

A maior tolerância aos inseticidas apresentada por *D. melacanthus* e sua grande capacidade de adaptação a diversas culturas que compõem o sistema produtivo (milho, trigo e soja) utilizado em várias regiões do Brasil fazem desta espécie uma praga com potencial para evolução de resistência aos inseticidas (SOSA-GÓMEZ et al., 2011). Essa espécie apresenta particular tolerância aos inseticidas monocrotofós e lambdacialotrina, sendo necessárias concentrações maiores para o seu controle efetivo em comparação com aquelas utilizadas para o controle de *E. heros*. Assim como no caso do controle de *E. heros*, especial cuidado deverá ser tomado em relação à rotação de produtos com modos de ação diferentes (Tabela 1). O manejo de *Dichelops* pode ser realizado mediante melhor controle de seus hospedeiros naturais, como capim brizanta [*Brachiaria brizanta* (Hochst.) Stapf], trapoeraba (*Commelina benghalensis* L.), melão-de-São-Caetano

(*Momordica charantia* L.), língua de vaca (*Rumex obtusifolius* L.), anileiras (*Indigofera* spp.), crotalaria (*Crotalaria lanceolata* E. Mey) e restos de culturas como soja, trigo e milho.

### 3.3. Plusiinae (*Chrysodeixis includens* e *Rachiplusia nu*)

#### 3.3.1. Resistência a inseticidas

No Brasil, a lagarta-falsa-medideira ocorre em todas as regiões produtoras de soja, e surtos populacionais se tornaram mais frequentes e mais abundantes desde a safra 2002/03. Um aspecto preocupante em relação a essa espécie é sua elevada tolerância a inseticidas químicos, assim como seu histórico de desenvolvimento de resistência a esses produtos nos Estados Unidos (MASCARENHAS; BOETHEL, 2000). Os primeiros casos de resistência de *C. includens* a piretróides foram documentados por Leonard et al. (1990), após 7 a 8 anos de utilização destes produtos, na Louisiana (FELLAND et al., 1990; LEONARD et al., 1990). De acordo com a base de dados da Universidade de Michigan (<https://www.pesticideresistance.org/search/12/0/248/0/>), a resistência dessa praga foi detectada a outros inseticidas como acefato, BHC, DDT, cipermetrina, deltametrina, permetrina, teflutrim, fenvalerato, metomil, paratiom metílico e tiodicarbe. Os níveis mais elevados de resistência constatados foram para permetrina [taxa de resistência (TR) = 41,6] e metomil (TR = 26,1) (FELLAND et al., 1990).

No Rio Grande do Sul, relatos de agricultores em relação a falhas de controle de *C. includens* com piretroides têm sido frequentes, mas ainda não existem registros de monitoramento da suscetibilidade realizados no Brasil. Na safra 2011/12, essa espécie foi particularmente importante em diversos locais do território nacional e inclusive na Argentina pelas dificuldades de controle. Além de *C. includens*, *R. nu* é outra espécie de Plusiinae de ocorrência mais restrita à região Sul e para a qual não

existem informações sobre sua resposta a inseticidas em condições de laboratório no Brasil. A disponibilidade de informações da proporção relativa regional dessas duas espécies para racionalizar seu controle, na maior parte das vezes, é desconhecida, porque não existem levantamentos sistemáticos, periódicos e durante vários ciclos da cultura. No centro-norte da Argentina, têm sido observadas falhas de controle de Plusiinae com misturas de cipermetrina e clorpirifós ou endossulfam. Possivelmente, os problemas de controle na região centro-norte daquele país são mais frequentes, em decorrência do número maior de aplicações (duas a três aplicações por safra) em relação à região central (0,5 aplicações ou menos) (VALVERDE; VIRLA, 2007; F. Flores, comunicação pessoal).

### **3.3.2. Resistência a baculoviroses e toxinas de *B. thuringiensis* (Bt)**

A resistência de diversas espécies de Noctuidae a baculoviroses e a toxinas Bt tem sido detectada, até o presente, apenas em sistemas isolados e com insetos submetidos à elevada pressão de seleção (BAUER, 1995; PEFEROEN; VAN RIE, 1997; SOSA GÓMEZ; MOSCARDI, 2001). Em bioensaios com indivíduos de *C. includens* provenientes de campos de soja e algodão transgênico, Mascarenhas et al. (1998) observaram menor suscetibilidade a toxinas Bt nas populações coletadas em Morganza e Winnsboro, Louisiana, com diferenças de suscetibilidade em torno de 6,9 vezes, quando comparadas com uma população de referência. Essa espécie apresenta maior tolerância a toxinas de Bt que a lagarta-da-soja. Em bioensaios comparativos realizados no Brasil com as duas espécies de insetos, constatou-se que, dependendo das cepas da bactéria, *C. includens* é entre 1,5 e cinco vezes menos suscetível que *A. gemmatalis* (MORALES et al., 1995).



Espécies de noctuídeos podem ser ordenadas de modo crescente de tolerância à toxina Cry1Ac, como segue: *H. virescens*, *A. gemmatalis*, *R. nu* e *P. includens* (Tabela 2) (ALBERNAZ, 2011; BERNARDI, 2012; YANO et al., 2012). Essas diferenças ocorrem na ordem de três a 17 vezes entre *R. nu* e *A. gemmatalis* e de 18 a 93 vezes entre *C. includens* e *A. gemmatalis* (BERNARDI, 2012; YANO et al., 2012). O potencial para desenvolver resistência aos inseticidas biológicos à base de *B. thuringiensis* também foi constatado por Mascarenhas et al. (1998). Portanto, a definição de linhas básicas de suscetibilidade e seu monitoramento são de grande importância, considerando-se a possível liberação para plantio no campo de soja com a toxina de *B. thuringiensis* no Brasil nas próximas safras.

### 3.4. Ácaros

Aplicações com os inseticidas do grupo dos piretroides e organofosforados, produtos mais utilizados para o controle da lagarta-da-soja, principalmente pelo seu custo baixo, geram, muitas vezes, ressurgência de populações de ácaro rajado (*T. urticae*), ácaro verde (*M. planki*) e ácaro branco (*P. latus*). A origem desse desequilíbrio tem diversas causas, como a eliminação de inimigos naturais, o prolongamento da longevidade e o estímulo à fecundidade dos ácaros (TRICHILLO; WILSON, 1993). Produtos como imidaclopride podem estimular por exposição direta ou sistêmica a fecundidade do ácaro rajado (JAMES; PRICE, 2002). Entretanto, estudos de modelagem indicam que a supressão de inimigos naturais pode ter efeito mais importante sobre a ressurgência que o estímulo à fecundidade da praga (TRICHILLO; WILSON, 1993). Embora as populações de ácaros não ocorram de forma generalizada, em anos mais secos os surtos de suas populações são frequentes, tornando necessária a aplicação de acaricidas, repetidas vezes, criando as condições para a seleção de fenótipos resistentes.

**Tabela 2.** Tolerância de noctuídeos associados com a cultura da soja a toxina Cry1Ac. Bioensaios realizados com proteína purificada e formulada.

Espécies de noctuídeos	CL50 ( $\mu\text{g}$ de proteína ativa/ml dieta)	Número de populações	Referência
<i>Anticarsia gemmatalis</i>	0,04 a 0,21	8	Yano (2012)
<i>Heliothis virescens</i>	0,18 a 0,66	5	Albernaz (2011)
<i>Rachiplusia nu</i>	0,70	1	Yano et al. (2012)
<i>Chrysodeixis includens</i>	0,77 a 3,72	13	Bernardi et al. (2012), Yano (2012)
<i>Spodoptera frugiperda</i>	$\cong$ 100	1	Bernardi (2012)
<i>Spodoptera eridania</i>	> 100	1	Bernardi (2012)
<i>Spodoptera cosmioides</i>	> 100	1	Bernardi (2012)

O ciclo de vida curto e a taxa reprodutiva elevada de *T. urticae* facilitam o aumento rápido de suas populações. Uma fêmea pode colocar de 100 a 300 ovos, não sendo necessário que ocorra fecundação para a produção de ovos viáveis. A 25 °C, os ácaros podem alcançar a fase adulta e a maturidade reprodutiva entre nove e dez dias (SILVA et al., 1985); conseqüentemente, é possível que, em uma única safra agrícola, no Brasil, possam completar 10-11 gerações. Em outros países, o ácaro rajado tem manifestado resistência a organofosforados, organoclorados (dicofol), organoestênicos (cihexatin), tiazolidinacarboxamida (hexithiazoxi), avermectinas (abamectin) e oxazolinas (etoxazol) (KEENA; GRANETT, 1987; STUMPF; NAUEN, 2001; UESUGI et al., 2002). De maneira semelhante, no Brasil já tem sido detectada resistência para abamectina, fenpyroximate, clorfenapyr e organofosforados em diversas culturas (SATO et al., 2000, 2005, 2007).

Os mecanismos de resistência dos ácaros são semelhantes aos observados em insetos, tais como: degradação exacerbada mediante esterases, glutathione-S-transferases ou monooxigenases

dependentes do citocromo P450 e insensibilização por alterações moleculares nos receptores-alvo. Estudos recentes indicam que a dominância e a estabilidade da resistência dos ácaros aos novos acaricidas inibidores do transporte de elétrons da mitocôndria trazem também o risco de favorecer o desenvolvimento e disseminação rápida de resistência no campo (SATO et al., 2009). Portanto, é recomendada a utilização adequada desses acaricidas, limitando a sua aplicação a uma única vez por safra, evitando-se a utilização conjunta com outros acaricidas, quando existe possibilidade de ocorrer resistência cruzada (<https://resistance.nzpps.org/insecticides.php?p=spidermite>).

Em *T. urticae*, é conhecida a influência do substrato de alimentação sobre sua tolerância a acaricidas. Por exemplo, a suscetibilidade do ácaro-rajado a bifentrim, lambdacialotrina e dimetoato é maior quando os ácaros rajados se desenvolvem sobre pepino (*Cucumis sativus* L.), em relação a feijão-orelha-de-vó (*Phaseolus lunatus* L.) (YANG et al., 2001). No entanto, a influência do substrato de alimentação de ácaros sobre soja é desconhecido e, no Brasil, até o momento, não foram observadas falhas de controle ou detectada resistência a acaricidas. Contudo, pelas características biológicas dessa praga, medidas profiláticas devem ser adotadas para se antecipar ao dano, considerando que os problemas ocasionados por ácaros na cultura da soja aumentaram a partir das safras 2002/2003 (GUEDES et al., 2004; ROGGIA et al., 2004).

#### **4. MECANISMOS DE RESISTÊNCIA NAS PRAGAS DA SOJA**

Os mecanismos de resistência aos inseticidas químicos e biológicos apresentam uma vasta variabilidade; considerando-se uma mesma espécie, os mecanismos podem ser diferentes, dependendo das populações. Dessa forma, serão separadamente descritos abaixo.

#### **4.1. Mecanismos de resistência nas pragas da soja a inseticidas químicos**

Entre os mecanismos de resistência a produtos químicos mais conhecidos estão a produção de esterases, que, de forma acentuada, podem conferir resistência a organofosforados; entretanto, outras enzimas podem estar envolvidas. Por exemplo, em algumas populações de mosca branca (*B. tabaci*), é conhecida a resistência ao monocrotofos por insensibilidade da AChE (acetilcolinesterase) e à cipermetrina pela produção de esterases (DITTRICH et al., 1990a).

Para estudar mecanismos de resistência, agentes sinérgicos seletivos podem ser utilizados em combinação com diversos inseticidas. Prabhaker et al. (1988), utilizando esses métodos, propuseram os seguintes mecanismos para *B. tabaci*: a resistência contra organofosforados foi devida parcialmente à ação de carboxilesterases, glutathiona-S-transferases e fosfatases. Esses autores relataram ainda que as oxidases, de função mista, representam um papel de menor importância na resistência da mosca-branca a organofosforados, mas podem ser importantes na resistência à permetrina. Por outro lado, bioensaios realizados com a lagarta-falsa-medideira (*C. includens*), resistente ao mesmo produto, indicam que o metabolismo oxidativo é o principal mecanismo de resistência que é conferido por mais de um gene (THOMAS; BOETHEL, 1995).

#### **4.2. Mecanismos de resistência nas pragas da soja a agentes biológicos e derivados**

Mecanismos de resistência envolvendo as espécies-praga e seus patógenos são pouco conhecidos, exceto os mecanismos envolvendo casos particulares de resistência às toxinas de *B. thuringiensis*. Diferentemente dos inseticidas químicos, o fenômeno de resistência a agentes biológicos é mais complexo

por envolver dois organismos, o hospedeiro e seu patógeno que tem capacidade de multiplicação (replicar, no caso dos vírus) e, portanto, ambos com capacidade de sofrer alterações genéticas. Assim, o vírus que ataca a lagarta-da-soja, quando inoculado em doses elevadas na broca-da-cana-de-açúcar, por exemplo, pode provocar a mortalidade de alguns indivíduos e, pelo processo de seleção repetida, pode aumentar significativamente sua virulência, porém, resultando em baixa virulência para a lagarta-da-soja (SOSA-GÓMEZ; MOSCARDI, 1996). Esse processo poderia ser considerado como resistência da lagarta-da-soja por uma alteração do vírus. Portanto, com conhecimento profundo destas interações, será possível, futuramente, utilizar agentes biológicos controlando o seu espectro de ação através de transformações que “ligam” ou “desligam” genes responsáveis pelas barreiras da especificidade entre hospedeiros heterólogos.

Os mecanismos de resistência dos lepidópteros-praga da soja mais importantes [*A. gemmatalis*, *C. includens*, *R. nu*, *Crociosema aporema* (Walsingham, 1914), *Omiodes indicata* (Fabricius, 1775), *Maruca vitrata* (Fabricius, 1787), *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller, 1848), *Ethiella zinckenella* (Treitschke, 1832)] a bactérias, especificamente *B. thuringiensis*, não são ainda conhecidos.

Entre as espécies de lepidópteros associadas à soja, a mais estudada tem sido a lagarta das maçãs (*H. virescens*), cuja resistência à toxina Cry1Ac foi descrita como uma interrupção de um gene da superfamília das caderinas, que ocasiona redução da afinidade dos receptores envolvidos com o processo de fixação das proteínas tóxicas (GAHAN et al., 2001), sendo esta, provavelmente, uma das formas mais difundidas de resistência. Um segundo mecanismo descrito recentemente em *H. virescens* consiste em uma mutação que inativa a proteína ABC de transporte (GAHAN et al., 2010).

Diversos mecanismos de resistência foram relatados para diferentes vírus entomopatogênicos (SOSA-GÓMEZ; MOSCARDI, 2001). É possível que os principais mecanismos de defesa contra a infecção das partículas virais envolvam as células do intestino médio, as quais intervêm nas etapas iniciais do processo infeccioso antes da infecção sistêmica (BRIESE, 1986). Existem evidências de que a presença de camadas espessas e múltiplas na membrana peritrófica (MP) e diferenças morfométricas das células colunares e caliciformes podem contribuir como mecanismo de resistência em *A. gemmatalis* (LEVY et al., 2007, 2009). Os autores sugerem que a visível fragilidade da membrana de lagartas infectadas e a presença de microvesículas não solubilizadas entre as camadas finas da MP podem contribuir para a má formação da membrana, facilitando a passagem das partículas virais para o epitélio do intestino médio (LEVY et al., 2011). Outro mecanismo utilizado pelas células hospedeiras para proteger o organismo é a morte celular, por apoptose ou por inibição das vias de biossíntese proteica (CLEM et al., 1991). Entretanto, em vírus como o de poliedrose nuclear de *A. gemmatalis* (AgMNPV), que apresenta genes antiapoptóticos (CARPES et al., 2005), o envolvimento desses mecanismos em populações resistentes atualmente é desconhecido.

## 5. RESISTÊNCIA CRUZADA ENVOLVENDO PRAGAS DA SOJA

A resistência cruzada tem sido observada em *T. urticae* (FERGUSON-KOLMES et al., 1991, STUMPF; NAUEN, 2001), assim como a resistência negativa. Hatano et al. (1992) detectaram que o ácaro-rajado resistente ao dicofol apresentou maior suscetibilidade ao clorpirifós que a raça suscetível ao dicofol.

Existem poucos estudos para determinação de resistência cruzada envolvendo bactérias e vírus entomopatogênicos. Populações de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797)

resistentes ao vírus de poliedrose nuclear foram suscetíveis a *B. thuringiensis*, entretanto apresentaram maior suscetibilidade que a raça suscetível ao inseticida metil parationa (FUXA; RICHTER, 1990). Da mesma maneira, populações resistentes de *A. gemmatalis* ao AgMNPV mantiveram sua suscetibilidade a *B. thuringiensis*, indicando que este patógeno pode ser usado como uma alternativa de controle (SOSA-GÓMEZ et al., 1992).

Na literatura, podem ser encontrados casos de resistência cruzada de lagartas que apresentam resistência aos vírus de poliedrose nuclear e de granulose (MILKS; MYERS, 2003). No entanto, as interações devem ser estudadas caso a caso, pois as respostas são imprevisíveis. Por exemplo, linhagens de *H. virescens* resistentes a piretroides foram mais sensíveis ao vírus AcAaIT (vírus de *Autographa californica* (Speyer, 1875) modificado com a toxina do escorpião *Androctonus australis* (Linnaeus, 1758) recombinante do que a linhagem suscetível, embora a toxina AaIT ("*A. australis* Insecticidal Toxin") possua modo de ação similar a piretroides (MCCUTCHEN et al., 1997). Ignoffo e Roush (1986) observaram que lagartas de *H. virescens* resistentes a permetrina e metomil eram também suscetíveis à infecção pelos patógenos, *B. thuringiensis*, o vírus SNPVHz, o fungo *N. rileyi* e o protozoário *Vairimorpha necatrix* (Kramer).

## **6. LINHAS-BÁSICAS DE SUSCETIBILIDADE DE PRAGAS DA SOJA**

A determinação dos padrões de suscetibilidade das espécies-praga da soja aos diferentes grupos de inseticidas/toxinas utilizados ou com potencial de utilização são fundamentais para os programas de manejo da resistência. Ou seja, é necessário definir padrões de resposta para as diferentes concentrações de inseticidas e utilizar estes padrões como uma característica de cada população, com a finalidade de comparação com outras

populações das quais se suspeita a ocorrência de resistência. Dessa maneira, poderiam ser detectadas etapas iniciais no processo de seleção de resistência.

Quando ocorrem complexos de espécies-praga da mesma família, como é o caso de Pentatomidae e Noctuidae em soja, as linhas de suscetibilidade são úteis para determinar a suscetibilidade relativa das diferentes espécies aos diversos inseticidas e da variabilidade intraespecífica das populações geográficas. Isso permite a definição dos produtos mais adequados para o controle de cada espécie ou de cada população em uma determinada região. As linhas básicas são determinadas ao realizar bioensaios aplicando diferentes doses ou concentrações de um inseticida e avaliando a resposta do inseto de interesse. Frequentemente, essa resposta tem sido a mortalidade, mas pode ser inibição da alimentação, paralisia ou outro parâmetro. As linhas básicas para as espécies de percevejos mais importantes associadas com a soja, como *E. heros* e *P. guildinii*, foram determinadas por Baur et al. (2010), Sosa-Gómez et al. (2001) e Sosa-Gómez e Silva (2010). Informações sobre linhas de suscetibilidade referentes a noctuídeos da soja podem ser encontradas nos trabalhos realizados nos Estados Unidos, por Chiu e Bass (1978), Mascarenhas et al. (1998) e Rose et al. (1988). No Brasil, linhas básicas de suscetibilidade de *A. gemmatalis* e *C. includens* foram determinadas para permetrina, metomil e metamidofós (CAVAGUCHI et al., 2009).

## **7. DETECÇÃO DE RESISTÊNCIA EM PRAGAS DA SOJA**

### **7.1. Métodos de bioensaios**

Os métodos utilizados nos bioensaios para detecção de resistência de pragas a inseticidas podem ser muito variados, dependendo da disponibilidade de insetos e o nível de acuidade desejado. Em algumas oportunidades, há necessidade de



diminuir a precisão do método para poder manipular um grande número de amostras ou para reduzir os problemas de mortalidade por manuseio. Tradicionalmente, os métodos consistem em estimar a  $DL_{50}$  (dose letal capaz de matar 50% da população),  $CL_{50}$  (concentração letal capaz de matar 50% da população) ou o tempo de sobrevivência. Por outro lado, para aumentar a precisão na detecção de resistência, bioensaios de concentrações diagnósticas ou discriminatórias têm sido propostos (ROUSH; MILLER, 1986).

A forma mais precisa de bioensaio é assegurar que a dose do inseticida aplicada entre em contato direto (aplicação tópica) ou que seja ingerida pelo inseto. Entretanto, nem sempre é possível aplicar esses métodos, sendo pouco apropriados para ácaros e insetos pequenos. A aplicação tópica possui a vantagem de direcionar a aplicação do produto num local específico e assegurar que o inseticida aplicado esteja entrando em contato com o inseto-alvo. A aplicação tópica pode ser utilizada para as espécies do complexo de percevejos (ninfas de 4º ou 5º ínstar, ou adultos), lagartas, adultos do tamanduá da soja (*Sternechus subsigantus* Boheman, 1836) e larvas de corós (*Phyllophaga* spp.).

Kunimi e Fuxa (1996) estimaram os volumes de soluções com corantes ingeridos por *A. gemmatalis* e *C. includens*, entre outras lagartas, com a finalidade de melhorar os métodos para estimar a  $DL_{50}$ . Os volumes ingeridos por *A. gemmatalis* encontram-se entre 11 e 155 nanolitros/lagarta, de primeiro e terceiro ínstar, respectivamente. Já para *C. includens*, esses valores variaram entre 9 e 309 nanolitros/lagarta, considerando as mesmas idades. Essas variações são um indicativo das dificuldades que podem ser encontradas quando o objetivo é aumentar a precisão dos bioensaios.

Outro método consiste em deixar resíduos dos produtos em diferentes concentrações sobre uma superfície inerte (celulose,

vidro, teflon) e, posteriormente, colocar os insetos ou os ácaros sobre essa superfície. A técnica de resíduos dos inseticidas em recipientes de vidro foi aplicada em bioensaios para monitorar a resistência da lagarta-falsa-medideira, *P. includens* e *H. virescens* (McCUTCHEN et al., 1989; MINK; BOETHEL, 1992) e para perceijos (BAUR et al., 2010; SOSA-GÓMEZ et al. 2001) a inseticidas de contato. Essa técnica, por ser mais prática, permite trabalhar com um número maior de indivíduos em um tempo menor do que a aplicação tópica individual.

A utilização de diferentes concentrações de inseticidas que agem por ingestão pode ser distribuída sobre a superfície das dietas para traçar as curvas de concentração-resposta de insetos com aparelho bucal mastigador (MASCARENHAS; BOETHEL, 2000). No caso de produtos termoestáveis, a diluição deve ser realizada incorporando o produto na dieta antes de sua solidificação em temperaturas que dependem do agente gelificante. Quando se utiliza ágar, a diluição pode ser realizada a 45 °C ou 50 °C.

#### **7.1.1. Métodos de imersão de discos para insetos pequenos (moscas-brancas) e ácaros para inseticidas que agem por contato**

Para a realização desse tipo de bioensaio, discos de folhas da planta hospedeira são cortados e imersos em diluições seriadas dos inseticidas, utilizando-se um agente espalhante não iônico, como Tween, Triton ou Agral. Os discos são colocados com a face adaxial para baixo em contato com ágar (1,5%), em placas de Petri. Os discos devem ser secos ao ar livre durante, aproximadamente, 2 h, antes de colocar os ácaros ou insetos em contato. Os insetos pequenos podem ser coletados com aspirador de boca, tratados com dióxido de carbono e, para mantê-los imóveis, devem ser colocados sobre uma superfície fria (granito, mármore, etc.). Grupos de 25 a 30 insetos saudáveis devem ser colocados em cada disco tratado, sendo cada placa tampada

com policloreto de vinil transparente (filme plástico). As placas devem ser mantidas em condições de temperatura estável, em torno de 25 °C e o registro da mortalidade realizado após 24 ou 48 h. Cada tratamento (concentração) deverá ser repetido no mínimo três vezes, e é recomendável utilizar no mínimo sete concentrações. Alternativamente, outros métodos de bioensaios (BUSVINE, 1980; DENNEHY et al., 1983, 1993; REICHELDERFER, 1985) podem ser utilizados, considerando suas vantagens e desvantagens. Para determinar a dose letal média em artrópodes pequenos, equipamentos sofisticados podem ser utilizados para sua inoculação. Por exemplo, larvas dos lepidópteros *C. aporema*, *M. vitrata* ou besouros, tais como *Aracanthus* sp., *Cerotoma* spp., *Diabrotica speciosa* (Germar, 1824) e *Colaspis* sp. podem ser tratados por inoculação tópica ou por injeção com microaplicadores de alta precisão.

### **7.1.2. Métodos de bioensaios para produtos sistêmicos**

Para a realização de bioensaios com produtos sistêmicos, folíolos completamente desenvolvidos, cortados com pecíolo, devem ser imediatamente imersos nas diferentes concentrações de inseticidas contidas em tubos plásticos de centrífuga, inseridos em suportes de isopor e mantidos em condições de luz contínua, em capela ou câmara com circulação de ar. Após 24 h, os discos de folíolos tratados devem ser cortados e colocados sobre ágar, em placas de Petri e, finalmente, oferecidos aos insetos ou ácaros para avaliação de mortalidade ou outra forma de resposta, como redução dos movimentos ou alteração na frequência de alimentação (CAHILL et al., 1996).

### **7.1.3. Métodos de bioensaio para avaliar atividade ovicida**

Folíolos com ovos de insetos pequenos ou ácaros recentemente depositados podem ser pulverizados ou imersos nas diferentes concentrações do inseticida e mantidos sobre uma camada

de ágar a  $25 \pm 1$  °C. Os ovos deverão ser incubados durante o período apropriado para a espécie testada e, depois disso, avaliar a mortalidade, considerando o número de formas jovens que não emergiram ou que morreram.

#### **7.1.4. Análise dos dados**

Uma vez determinada a melhor distribuição de resposta ao inseticida e escolhido o período mais adequado para a avaliação dos resultados, os dados obtidos nos bioensaios deverão ser corrigidos com a mortalidade observada na testemunha, utilizando as fórmulas de Abbott (1925) ou Henderson e Tilton (1955). Na sequência, os dados de mortalidade poderão ser analisados com programas estatísticos para determinação de doses ou concentração letal média (LEORA SOFTWARE, 1987; SAS, 1985). Para obter conclusões com maior precisão e consistência, análises complementares como “bootstrap” (SCHAUB et al., 2002) ou ANOVA podem ser realizadas. Dados de doses ou concentração letal média não devem ser analisados por meio de ANOVA porque estes dados não possuem distribuição normal, entretanto esta análise pode ser aplicada a porcentagens de mortalidade. No caso de existir disponibilidade de dados de mortalidade no decorrer do tempo, com uma dose ou concentração, as análises de sobrevivência também são apropriadas (ALLISON, 1995; MINITAB, 2000), assim como determinações de tempo médio até a morte do inseto teste (MORALES et al., 2001). Quando o número de indivíduos obtido nas amostras é pequeno, métodos alternativos como o de determinação de diluição final de 50% (“fifty per cent endpoint”), proposto por Reed e Muench (1938), podem ser utilizados.

## **8. ASPECTOS GENÉTICOS RELACIONADOS À RESISTÊNCIA DE INSETOS-PRAGA DA SOJA**

A seleção de resistência depende do potencial ou reserva de variabilidade preexistente nas populações de insetos e ácaros.

Ainda, essa característica pode se influenciada por fatores que geram essa variabilidade, como mutações ou fluxo de genes provenientes de outras populações, sendo conhecida, por exemplo, a ocorrência de diferenças de suscetibilidade a inseticidas químicos e biológicos entre populações naturais de insetos (FUXA, 1987; TOSCANO et al., 2001).

No caso dos insetos associados à soja, há poucos estudos sistemáticos enfocando análise genética da resistência. Em diversos exemplos de resistência a inseticidas ou a outros produtos químicos, os níveis de resistência dos indivíduos aumentam de forma contínua com a seleção, o que implica num controle multi-gênico deste caráter.

Dependendo da variabilidade genética da população, ocorrerá ou não a resposta à pressão de seleção. Populações de *A. gemmatalis*, *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) e *H. virescens* foram estudadas para analisar o desenvolvimento de resistência, porém não foi detectado aumento nos níveis de resistência a baculovírus em campo (ABOT et al., 1996; IGNOFFO; ALLEN, 1972; KAOMINI; ROUSH, 1988; MOSCARDI, 1999). Entretanto, mediante pressão de seleção, é possível obter populações de *A. gemmatalis* resistentes ao vírus AgMNPV (ABOT et al., 1996; FUXA et al., 1993).

O aspecto ecológico mais importante a se considerar no desenvolvimento de resistência, assim como no seu manejo, é a migração de indivíduos suscetíveis. Após o tratamento com elevadas doses de inseticidas ou bioinseticidas, somente sobrevivem indivíduos portadores de genótipos resistentes. Se considerarmos que o alelo resistente é recessivo, o genótipo resistente será homozigoto (rr). No caso de imigração intensa de indivíduos suscetíveis, as progênes resultantes serão homozigotas suscetíveis (SS) e heterozigotas (rS), que podem ser controladas com tratamentos posteriores. Conseqüentemente, se existem poucos ou nenhum imigrante, a reprodução entre indivíduos "rr"

sobreviventes aumentará na população. Por outro lado, quando o alelo resistente é dominante, os heterozigotos são resistentes, e a importância da imigração é mínima, mas a evolução da população para a resistência pode ser mais rápida. No caso da soja Bt que expressa a proteína Cry1Ac de *B. thuringiensis*, aprovada no Brasil, Bernardi et al. (2012) demonstraram que essa soja expressa concentração suficiente para causar a mortalidade total de heterozigotos de *A. gemmatilis*, mas não de *C. includens*. Nos casos em que a base genética é multigênica, as mesmas considerações podem ser utilizadas, tendo em vista que cada locus aporta uma pequena parte da resistência máxima possível. Esse ganho de resistência (medida por  $h^2$ ) será selecionado em cada ciclo de multiplicação do inseto (GEORGHIU; TAYLOR, 1986).

Outros fatores, como a existência de refúgios ou áreas não tratadas que podem servir de fonte de genótipos suscetíveis, podem ser úteis no manejo da resistência. Assim, o método da dominância efetiva consiste em aplicar doses elevadas para permitir a sobrevivência de poucos indivíduos "rr", cuja resistência se dilui por meio da cópula com indivíduos suscetíveis imigrantes. Porém, esta estratégia tem a desvantagem de poder levar a um processo mais rápido de seleção de resistência, no caso de baixo fluxo de imigrantes ou quando existirem caracteres de resistência dominantes. Esse princípio é utilizado para retardar a evolução de populações resistentes quando são utilizadas culturas com genes de toxinas inseticidas (ROUSH, 1996). Além da dose, o escape e também a persistência, que depende da formulação ou das características inerentes ao próprio inseticida, podem ser fatores determinantes de resistência, já que a exposição a resíduos com atividade inseticida durante períodos longos elimina os indivíduos mais suscetíveis (provenientes da imigração, por exemplo) (GOPALAKRISHNAN; WOOD, 1984).

Trabalhos envolvendo marcadores moleculares em populações geográficas distintas de *E. heros* e *N. viridula* indicaram que estas, após realizados os estudos de distância genética, agrupam-se em *clusters* geneticamente homogêneos e podem ser separadas distintamente. As determinações dos índices de fluxo gênico ( $Nm$ ) entre as populações de *E. heros* ( $Nm = 0,83$ ) e de *N. viridula* ( $Nm = 1,41$ ) indicam que existe pouca migração (SOSA-GÓMEZ et al., 2004, 2005b). Portanto, as possibilidades de “diluição” dos genes de resistência podem ser menores, e, assim sendo, maiores são as chances de desenvolvimento de resistência. Para exemplificar, o reduzido fluxo gênico foi verificado entre populações de *N. viridula* provenientes de Cambé-PR e do Distrito de Warta (Londrina-PR), ambos localizados no norte do Paraná, distanciados em aproximadamente 20 km, e fez com que elas fossem alocadas em grupos diferentes, apresentando um índice de fluxo gênico igual a 2,02 (SOSA-GÓMEZ et al., 2005b).

A capacidade de dispersão pode ter implicações na evolução das taxas de resistência, em populações sob pressão de seleção. De acordo com a evidência encontrada com estudos de modelagem, insetos com maior capacidade de dispersão tendem a apresentar menor evolução nos níveis de resistência (GEORGHIOU; TAYLOR, 1986). Aparentemente, o comportamento de dispersão tem efeito importante nas taxas de evolução da resistência, sendo dependente da possibilidade de os alelos possuírem expressão de dominância ou recessividade (GUSE et al., 2002). Portanto, as populações da lagarta-da-soja teriam menos possibilidades de desenvolver resistência, considerando seus índices de migração observados para as populações do Brasil ( $Nm > 8,8$ ). Esses valores são muito mais elevados do que os observados para percevejos (SOSA-GÓMEZ, 2004; SOSA-GÓMEZ et al., 2004, 2005a). A evidência de diferenças nas taxas de isótopos de carbono ( $^{13}C/^{12}C$ ) quando as

mariposas se desenvolvem sobre hospedeiros com fisiologia diferente (plantas C3 ou C4) tem sido útil para diferenciar os indivíduos migrantes e inferir seu local de origem (GOULD et al., 2002). Isto é especialmente importante quando ocorrem raças de uma mesma espécie com preferências marcantes por diferentes plantas hospedeiras, o que pode mudar o enfoque do manejo dessas pragas.

Embora existam alguns indícios de que a resistência da lagarta-da-soja ao AgMNPV é herdada como um caráter parcialmente recessivo, esta forma de herança também tem sido observada no caso da resistência às toxinas de *B. thuringiensis* em outros lepidópteros noctuídeos (GOULD et al., 1995). Entretanto, a dominância ou recessividade do caráter pode ser função da dose utilizada, ou seja, a herança pode ser cada vez mais dominante se a concentração diminui (LIU; TABASHNIK, 1997).

## **9. A RESISTÊNCIA DE INIMIGOS NATURAIS A INSETICIDAS**

A resistência a inseticidas é uma característica favorável quando ocorre em populações de inimigos naturais (ROSENHEIM; HOY, 1988). Na cultura da soja, embora existam diversos predadores e parasitoides de importância expressiva no controle natural de pragas como a lagarta-da-soja, Plusiinae e percevejos, os trabalhos de seleção de resistência a inseticidas em inimigos naturais são muito limitados. Entretanto, esse aspecto pode ser importante por evitar a interferência negativa dos resíduos dos inseticidas. Assim, a seleção de resistência a inseticidas organofosforados nas populações de parasitoides de ovos como *Telenomus podisi* Ashmead, 1893 e *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 permitiria o parasitismo dos ovos dos percevejos e das mariposas que ocorrem na lavoura de soja durante a floração e o período de formação de vagens, época em que ficam expostos a resíduos dos inseticidas aplicados para o controle da lagarta-da-soja ou outras



pragas presentes nesta fase da cultura da soja. Adicionalmente, preserva os parasitoides cuja liberação é recomendada quando aparecem os primeiros percevejos durante a floração (CORRÊA-FERREIRA, 1993, CORRÊA-FERREIRA; PANIZZI, 1999).

Foi verificada a possibilidade de selecionar populações resistentes de *Trissolcus basalís* (Wollaston, 1858) mediante intensa pressão de seleção com o inseticida organofosforado profenofós. Os indivíduos sobreviventes às concentrações mais elevadas foram multiplicados, e as progênies resultantes foram submetidas novamente à pressão de seleção. Na sequência, as concentrações letais médias obtidas foram comparadas, considerando-se a sobreposição dos intervalos de confiança com 95% de probabilidade. Após a exposição dos indivíduos durante 17 gerações, os dados obtidos indicaram que as concentrações letais médias não diferiram entre as gerações, concluindo-se que não foi possível selecionar populações de *T. basalís* resistentes aos inseticidas (D.R. Sosa-Gómez; B. S. Corrêa-Ferreira, dados não publicados).

As estimativas da herdabilidade em inimigos naturais são particularmente importantes nos processos de seleção de resistência a inseticidas e são determinadas pelo quociente entre a variância genotípica e a variância total. A determinação desses valores permite definir a eficiência do processo de seleção. Segundo Johnson e Tabashnik (1994), os programas de seleção com herdabilidade inferior a 0,05 não oferecem boas perspectivas de continuidade, considerando-se o número elevado de gerações necessárias (> 100), para um aumento de dez vezes nos níveis de  $CL_{50}$ .

## 10. IMPLICAÇÕES NO MANEJO DA RESISTÊNCIA DE SOJA TRANSGÊNICA

A principal preocupação resultante da transformação de plantas com a inserção de genes de toxinas de *B. thuringiensis*

é a exposição repetida destas proteínas em grandes áreas, que poderia culminar com a seleção de fenótipos resistentes de insetos-alvo, como a lagarta-falsa-medideira. Em 1994, foi relatada pela primeira vez a possibilidade da expressão dos genes da deltaendotoxina na cultura da soja, pelo método de transformação conhecido por “microprojectile bombardment” (PARROT et al., 1994). Naquela ocasião, os níveis de expressão da toxina não eram suficientes para controlar a lagarta falsa-medideira (STEWART et al., 1996). Considerando a estreita associação das populações de *A. gemmatalis* e de *C. includens* com a cultura da soja e a exposição das plantas transformadas com as toxinas de Bt em grandes áreas, os riscos de adaptação de suas populações são preocupantes, principalmente para *C. includens*, pois a soja Bt que expressa proteína Cry1Ac de *B. thuringiensis* não atende ao conceito de alta dose para essa praga (BERNARDI et al., 2012).

De acordo com Walker et al. (2000), as cultivares de soja resistentes a insetos apresentam boa atividade inseticida contra a lagarta-da-soja. No entanto, os níveis de expressão das toxinas nas plantas transgênicas oriundas das transformações realizadas ficaram aquém dos obtidos para outras espécies vegetais. Parrot et al. (1994) obtiveram níveis de expressão em torno de 0 a 2 ng.mg<sup>-1</sup> de proteínas solúveis e os níveis de tolerância obtidos contra a lagarta-da-soja foram comparáveis aos obtidos com genótipos de soja resistentes (não transgênicas) a insetos. Transformações posteriores foram obtidas com o gene *cry1Ac*, utilizando-se construções sintéticas com maior potencial de expressão. Stewart et al. (1996) obtiveram níveis máximos de expressão em torno de 46 ng mg<sup>-1</sup> de proteína solúvel. Ainda assim, esse nível é de cinco a 40 vezes inferior aos obtidos em batata, milho ou amendoim (SINGSIT et al., 1997; STEWART et al., 1996). A sobrevivência observada indicou que essas linhagens deveriam ser melhoradas para evitar o problema de resistência a

soja-Bt (STEWART et al., 1996). Mais recentemente, transformações realizadas na soja tiveram mais sucesso na expressão de elevados níveis da proteína Cry1Ac, possibilitando um controle adequado das espécies desfolhadoras mais importantes, como a lagarta-da-soja, as lagartas-falsas-medideiras (*C. includens* e *R. nu*), a broca-das-axilas (*C. aporema*) e a lagarta *Spilosoma virginica* (Fabricius, 1798). Essa última é uma praga de menor importância com ocorrência restrita à Argentina (MACRAE et al., 2005).

A seleção dos genes a serem inseridos, bem como a implantação e distribuição das culturas transgênicas com características de tolerância a insetos, deve ser realizada de forma planejada. O planejamento consiste em determinar os níveis de suscetibilidade de populações geográficas, definindo métodos de bioensaios rápidos e precisos, assim como as doses diagnósticas para futuros monitoramentos de alterações da suscetibilidade. Informações de distância de voo e fluxo gênico entre subpopulações também são importantes para definir tamanho de refúgios e conhecer a ocorrência de subpopulações isoladas ou de raças com preferência acentuada a outras plantas hospedeiras, como ocorre em *S. frugiperda* com as raças milho e arroz (NAGOSHI; MEAGHER, 2008).

Com a possibilidade iminente da adoção e expansão da tecnologia soja-Bt no Brasil, algumas conjecturas devem ser consideradas, como seguem:

i) a exposição à toxina pode conduzir à evolução de resistência, principalmente, nas populações de *C. includens*, *R. nu* e *A. gemmatalis*;

ii) o rápido desenvolvimento de resistência de *A. gemmatalis* às toxinas de Bt (Dipel), em poucos ciclos de seleção, ou seja, três gerações (MOSCARDI et al. 2002), indicam que os alelos de resistência estão frequentes em suas populações;

iii) a suscetibilidade inerente de cada uma das espécies mencionadas é variável e, em muitos casos, desconhecida ao nível de macrorregiões ou entre subpopulações geográficas; portanto, há necessidade do conhecimento dessa variabilidade como referência espacial e temporal para monitorar as alterações de suscetibilidade; e

iv) no caso das pragas da soja, são desconhecidos muitos aspectos genéticos úteis para o manejo da resistência, tais como formas de herança (dominância, recessividade), frequências de alelos de resistência, número de genes envolvidos e herdabilidade. Também, existem poucas informações disponíveis sobre fluxo gênico, capacidade de dispersão e estudos de metapopulações.

A estratégia de refúgios teoricamente apresenta potencial de utilização como paliativo do que, hipoteticamente, pode ocorrer quando o caráter de resistência é funcionalmente recessivo, ou seja, quando a concentração de toxina na planta recombinante é suficientemente elevada para que a mortalidade dos indivíduos heterozigotos seja igual, ou aproximadamente igual, à mortalidade que ocorre nos homozigotos suscetíveis. Geralmente, essa estratégia tem por base a simulação mediante modelos genéticos (caráter de resistência associado a um locus) e dados de biologia e comportamento gerados por experimentos, realizados a campo. Ainda, a disposição, configuração e tamanho das áreas de refúgios devem ser determinadas, considerando o comportamento de dispersão de cada espécie (GUSE et al., 2002) e a forma de herança, por ser este um aspecto de grande impacto na evolução da resistência (GOULD, 1991).

A utilização de refúgios pode ser aplicada quando são preenchidas certas premissas, como no caso em que as plantas geneticamente modificadas expressam a toxina em níveis tão elevados que a resistência na realidade é funcionalmente recessiva (BRAGA et al., 2011; LIU et al., 2001). Por outro lado, os

indivíduos deverão acasalar ao acaso com sobreviventes provenientes das áreas de refúgios e os alelos de resistência deverão ser raros, isto é, com frequência de ocorrência inferior a  $1 \times 10^{-3}$  (ANDOW et al., 2000; ROUSH, 1996). No Brasil, as áreas de refúgio têm sido definidas em 20% da área total plantada na propriedade rural com a soja que expressa o gene *cry1Ac* e essas áreas não podem estar mais distantes de 800 m da área com soja Bt. Ressalta-se que essa percentagem pode futuramente ser reduzida quando existir disponibilidade de transgênicos com genes expressando diferentes tipos de toxina pirimidados.

Existem diversos métodos para determinar as frequências dos alelos de resistência, por exemplo, os ensaios com doses ou concentrações discriminatórias, cruzamentos com populações resistentes (GOULD et al., 1997) e cruzamento entre irmãos, para concentrar os alelos nos homozigotos da F2, possibilitando a sua detecção (ANDOW; ALSTAD, 1998). A utilização das técnicas de PCR para amplificação dos alelos possui a vantagem de ser mais rápida, após o conhecimento dos *primers*, e não haver necessidade de manter os indivíduos vivos. Porém, neste caso, há necessidade de conhecer os genes responsáveis pela resistência.

A expressão de elevados níveis da toxina em tecidos específicos e sua expressão em determinados momentos, através da ontogenia da planta ou sua expressão induzida por herbivoria, são características desejáveis para manejar a resistência de insetos (BREITLER et al., 2002; KOTA et al., 1999). Esses autores relatam 1 h após a ocorrência de dano mecânico, expressão da toxina Cry1B, alcançando os níveis mais elevados após 8 a 12 h e, assim, conseguindo proteção das plantas de arroz contra a broca, *Chilo suppressalis* Walker, 1863. Até o presente, essas construções são experimentais e não têm sido utilizadas em plantas de soja.

Um aspecto cultural de grande importância é a conscientização do agricultor da necessidade de implantação de áreas de

refúgio, fundamentais para preservar a vida útil da tecnologia inerente na soja Bt.

## **11. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Diversas espécies-praga da soja apresentam potencial para o desenvolvimento de resistência a diversos produtos de origem química ou biológica. Dessa forma, estudos de fluxo gênico das espécies economicamente mais importantes devem ser aprofundados, assim como aspectos ligados à frequência gênica, aos mecanismos de resistência e à resistência cruzada devem ser esclarecidos. Além disso, estudos com marcadores moleculares associados à resistência devem ser implementados.

No Brasil, existe pouca informação quanto à resistência de pragas da soja a inseticidas e/ou bioinseticidas. Considerando que as populações de insetos podem apresentar respostas diferentes, dependendo de sua origem, há uma necessidade premente de serem realizados mais trabalhos de pesquisa sobre o assunto. Os casos de falhas de controle de pragas da soja, no país, têm sido mais frequentes, indicando a necessidade do monitoramento e atenção naqueles locais com relatos ou indicações de ineficiência de controle. Ainda, deve ser priorizada a conscientização dos agentes de extensão e produtores rurais para não utilizarem métodos que aumentam os riscos de seleção de resistência a inseticidas. Por exemplo, as aplicações preventivas de inseticidas, isoladamente ou em mistura com herbicidas pós-emergentes ou fungicidas deverão ser evitadas.

Os estudos de monitoramento da suscetibilidade deverão receber maior ênfase, dado o incremento da área tratada com inseticidas químicos, nos últimos 10 anos. No futuro, após o estabelecimento das linhas básicas de suscetibilidade, será necessário o monitoramento constante das possíveis alterações da suscetibilidade aos diversos produtos utilizados, incluindo as toxinas

disponibilizadas em plantas que expressam genes heterólogos com atividade inseticida. A grande responsabilidade pela seleção de populações resistentes é de quem emite a recomendação, portanto, entre outros aspectos, especial atenção deve ser colocada na escolha dos inseticidas recomendados para o controle de lagartas, evitando-se o uso dos produtos eficientes para percevejos.

## 12. REFERÊNCIAS

ABBOTT, W.S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, v.18, p. 265-267, 1925.

ABOT, A.R.; MOSCARDI, F.; FUXA, J.R.; SOSA-GÓMEZ, D.R.; RICHTER, A.R. Development of resistance by *Anticarsia gemmatalis* from Brazil and the United States to a nuclear polyhedrosis virus under laboratory selection pressure. **Biological Control**, v.7, p.126-130, 1996.

AGROFIT. Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Consulta de pragas**. Disponível em: <[http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)>. Acesso em: 12 set. 2012.

ALBERNAZ, K.C. **Suscetibilidade à proteína Cry1Ac e estrutura genética em populações de *Heliothis virescens* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae) no Brasil**. 2011. 83 f. Tese (Doutorado) – ESALQ, USP, Piracicaba, 2011.

ALLISON, P.D. **Survival analysis using the SAS system: a practical guide**. SAS Institute, Cary, NC, 1995. p. 292.

ALMEIDA, A.M.R.; MARIN, S.R.R.; VALENTIN, N.; BITTNECK, E.; NEPOMUCENO, A.L.; BENATO, L.C.; VILLET, H V.D.; KITAJIMA, E.W.; PLUGA, F.F. **Necrose da haste: uma nova virose da soja no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja 2002. 11 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 36).

ANDOW, D.A.; ALSTAD, D.N. The F2 screen for rare resistance alleles. **Journal of Economic Entomology**, v. 91, p. 572-578, 1998.

ANDOW, D.A.; OLSON, D.M.; HELLMICH, R.L.; ALSTAD, D.N.; HUTCHISON, W.D. Frequency of resistance to *Bacillus thuringiensis* toxin Cry 1Ab in an Iowa population of European corn borer (Lepidoptera: Crambidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 93, p. 26-30, 2000.

BAUER, L.S. Resistance: A threat to the insecticidal crystal protein of *Bacillus thuringiensis*. **Florida Entomologist**, v. 78, p. 414-443, 1995.

BAUR, M.E.; SOSA-GÓMEZ, D.R.; OTTEA, J.; LEONARD, B.R.; CORSO I.C.; SILVA J.J.; TEMPLE, J.; BOETHEL, D.J. Susceptibility to insecticides used for control of *Piezodorus guildinii* (Heteroptera: Pentatomidae) in the United States and Brazil. **Journal of Economic Entomology**, v. 103, p. 869-876, 2010.

BERNARDI, O. **Avaliação do risco de resistência de lepidópteros-praga (Lepidoptera: Noctuidae) à proteína Cry1Ac expressa em soja MON 87701 x MON 89788 no Brasil**. 2012. 116 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, USP, Piracicaba, 2012.

BERNARDI, O.; MALVESTITI, G.S.; DOURADO, P.M.; OLIVEIRA, W.S.; MARTINELLI, S.; BERGER, G.U.; HEAD, G.P.; OMOTO, C. Assessment of the high-dose concept and level of control provided by MON 87701 × MON 89788 soybean against *Anticarsia gemmatilis* and *Pseudoplusia includens* (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. **Pest Management Science**, v. 68, p. 1083-1091, 2012.

BLOCH, G.; WOOL, D. Methidathion resistance in the sweetpotato whitefly (Aleyrodidae: Homoptera) in Israel: selection, heritability, and correlated changes of esterase activity. **Journal of Economic Entomology**, v. 87, p. 1147-1156, 1994.

BRAGA, D.P.V.; OLIVEIRA, W.S. de; MARTINELLI, S.; SOSA-GOMEZ, D. R.; OLIVEIRA, M.F. de. Estudo de caso da soja MON 87701 x MON 89788. In: BOREM, A.; ALMEIDA, G. (Org.). **Plantas geneticamente modificadas: desafios e oportunidades para regiões tropicais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2011. v. 1, p. 347-390.

BREITLER, J.C.; ROYER, M.; VASSAL, J.M.; MESSEGUER, J.; MARFA, V.; DEL MAR CATALA, M.; SAN SEGUNDO, B.; MARTINEZ-IZQUIERDO, J.A.; MEYNARD, D.; GUIDERDONI, E. Transgenic *Bt* rice expressing a synthetic *cry1B* gene: expression strategies and field protection against the striped stem borer. In: INTERNATIONAL COLLOQUIUM ON INVERTEBRATE PATHOLOGY AND MICROBIAL CONTROL, 8.; 2002, Foz do Iguaçu. **Proceedings...** Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia: UEL: SIP, 2002. p. 232-236. (Embrapa Soja. Documentos, 184; Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 74).

BRIESE, D.T. Insect resistance to baculovirus. In: GRANADOS, R.R.; FEDERICI, B.A. (Ed.). **The biology of baculoviruses**. Boca Raton: CRC Press, 1986. p. 237-263.

BUSVINE, J.R. **Recommended methods of measurements of pest resistance to pesticides**. Roma: FAO, 1980. 132 p. (FAO Plant Prod Prot Paper 21)

CAHILL, M.; DENHOLM, I. Detection of resistance to buprofezin in the whitefly *Bemisia tabaci*. **Resistant Pest Management**, v. 5, p. 42, 1993.



- CAHILL, M.; GORMAN, K.; DAY, S.; DENHOLM, I.; ELBERT, A.; NAUEN, R. Baseline determination and detection of resistance to imidacloprid in *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). **Bulletin of Entomological Research**, v. 86, p. 343-349, 1996.
- CARPES, M.P.; DE CASTRO, M.E.B.; SOARES, E.F.; VILLELA, A.G.; PINEDO, F.J.R.; RIBEIRO, B.M. The inhibitor of apoptosis gene (iap-3) of *Anticarsia gemmatalis* multicapsid nucleopolyhedrovirus (AgMNPV) encodes a functional IAP. **Archives of Virology**, v. 150, p.1549-1562, 2005.
- CAVAGUCHI, S.A.; SOSA-GÓMEZ, D.R.; SOUZA, J.L.A. Concentrações letais de diferentes grupos de inseticidas para *Anticarsia gemmatalis* (Hubner) e *Pseudoplusia includens* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 5.; MERCOSOJA 2009, Goiânia. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, 2009. Seção trabalhos, t.233. 1CD-ROM.
- CHOCOROSQUI, V. **Bioecologia de *Dichelops (Diceræus) melacanthus* (Dallas, 1851) (Heteroptera: Pentatomidae), danos e controle em soja, milho e trigo no Norte do Paraná**. 2001. 160f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.
- CHIU, P.S.B; BASS, M.H. Soybean looper: susceptibility of larvae to insecticides. **Journal of the Georgia Entomological Society**, v. 13, p. 169-172, 1978.
- CIVIDANES, F.J.; FIGUEIREDO, J.G. Previsão de ocorrência de picos populacionais de percevejos pragas da soja em condições de campo. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 26, p. 517-525, 1997.
- CIVIDANES, F.J.; PARRA, J.R.P. Zoneamento ecológico de *Nezara viridula* (L.), *Piezodorus guildinii* (West.) e *Euschistus heros* (Fabr.) (Heteroptera: Pentatomidae) em quatro estados produtores de soja no Brasil. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 23, p. 219-226, 1994.
- CLEM, R.J.; FECHHEIMER, M.; MILLER, L.K. Prevention of apoptosis by a baculovirus gene during infection of insect cells. **Science**, v. 254, p. 1388-1390, 1991.
- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos: agosto 2012**. Brasília, DF, 2012. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12\\_08\\_27\\_09\\_50\\_57\\_boletim\\_portugues\\_agosto\\_2012.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_08_27_09_50_57_boletim_portugues_agosto_2012.pdf)>. Acesso em: 29 ago. 2012.
- CORRÊA-FERREIRA, B.S. **Utilização do parasitóide de ovos *Trissolcus basal* (Wollaston) no controle de percevejos da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 1993. 40 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 1).
- CORRÊA-FERREIRA, B.S.; PANIZZI, A.R. **Percevejos da soja e seu manejo**. Londrina: Embrapa Soja, 1999. 45 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 24).

- DENNEHY, T.J.; FARNHAM, A.W.; DENHOLM, I. The microimmersion bioassay: a novel method for the topical application of pesticides to spider mites. **Pesticide Science**, v. 39, p. 47-54, 1993.
- DENNEHY, T.J.; GRANETT, J.; LEIGH, T.F. Relevance of slide-dip and residual bioassay comparisons to detection of resistance in spider mites. **Journal of Economic Entomology**, v. 76, p.1225-1230, 1983.
- DENNEHY, T.J.; WILLIAMS III, L. Management of resistance in *Bemisia* in Arizona cotton. **Pesticide Science**, v. 51, p. 398-406, 1997.
- DITTRICH, V.; ERNST, G.H.; RUESCH, O.; UK, S. Resistance mechanisms in sweetpotato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) populations from Sudan, Turkey, Guatemala, and Nicaragua. **Journal of Economic Entomology**, v. 83, p. 1665-1670, 1990a.
- DITTRICH, V.; UK, S.; ERNST, G.H. Chemical Control and insecticide resistance of whiteflies. In: GERLING, D. (Ed.). **Whiteflies their bionomics, pest status and management**. Intercept Ltda., Andover Hants, 1990b. p. 263-285.
- FELLAND, C.M.; PITRE, H.N.; LUTTRELL, R.C.; HAMER, J.L. Resistance to pyrethroid insecticides in soybean looper (Lepidoptera: Noctuidae) in Mississippi. **Journal of Economic Entomology**, v. 83, p. 35-40, 1990.
- FERGUSON-KOLMES, L.A.; SCOTT, J.G.; DENNEHEY, T. Dicotyl resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): cross-resistance and pharmacokinetics. **Journal of Economic Entomology**, v. 84, p. 41-48, 1991.
- FUXA, J.R. *Spodoptera frugiperda* susceptibility to nuclear polyhedrosis virus isolates with reference to insect migration. **Environmental Entomology**, v. 16, p. 218-223, 1987.
- FUXA, J.R.; ABOT, A.R.; MOSCARDI, F.; SOSA-GÓMEZ, D.R. ; RICHTER, A.R. Selection of *Anticarsia gemmatalis* resistance to nuclear polyhedrosis virus, and susceptibility of field populations to the virus. **Resistance Pest Management**, v. 5, p. 40-41, 1993.
- FUXA, J.R.; RICHTER, A.R. Response of nuclear polyhedrosis virus-resistant *Spodoptera frugiperda* larvae to other pathogens and to chemical insecticides. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 55, p. 272-277, 1990.
- GAHAN L.J.; GOULD, F.; HECKEL, D.G. Identification of a gene associated with Bt resistance in *Heliothis virescens*. **Science**, v. 293, p. 857-860, 2001.
- GAHAN, L.J.; PAUCHET, Y.; VOGEL, H.; HECKEL, D.G. An ABC transporter mutation is correlated with insect resistance to *Bacillus thuringiensis* Cry1Ac toxin. **PLoS Genetics**, v. 6, n. 12, 2010. Disponível em: <[http://link.periodicos.capes.gov.br/ez103.periodicos.capes.gov.br/sfxIcI41?url\\_ver=Z39.88-2004&url\\_ctx\\_fmt=infofi/fmt:kev:mtx:ctx&ctx\\_enc=info:ofi/](http://link.periodicos.capes.gov.br/ez103.periodicos.capes.gov.br/sfxIcI41?url_ver=Z39.88-2004&url_ctx_fmt=infofi/fmt:kev:mtx:ctx&ctx_enc=info:ofi/)>

enc=UTF-8&ctx\_ver=Z39.88-2004&rft\_id=info:sid/sfxit.com:azlist&sfx.ignore\_date\_threshold=1&rft.object\_id=1000000000017187&svc.fulltext=yes>. Acesso em: 20 ago. 2012.

GEORGHIOU, G.P.; LAGUNES-TEJEDA, A. **The occurrence of resistance to pesticides in arthropods**. Roma: FAO, 1991.

GEORGHIOU, G.P.; TAYLOR, C.E. Factors influencing the evolution of resistance. In: NATIONAL RESEARCH COUNCIL (Ed.). **Pesticide resistance: strategies and tactics for management**. Washington, DC: National Academy Press, 1986. p. 157-169.

GOPALAKRISHNAN, S.M.; WOOD, R.J. Persistence and frequency of application of an insecticide in relation to the rate of evolution of resistance. **Pesticide Science**, v. 15, p. 325-336, 1984.

GOULD, F. The evolutionary potential of crop pests. **American Scientist**, v. 79, p. 496- 507, 1991.

GOULD, F.; ANDERSON, A.; REYNOLDS, A.; BUMGARNER, L.; MOAR, W. Selection and genetic analysis of a *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae) strain with high levels of resistance to *Bacillus thuringiensis* toxins. **Journal of Economic Entomology**, v. 88, p.1545-1559, 1995.

GOULD, F.; ANDERSON, A.; JONES, A.; SUMERFORD, D.; HECKEL, G.G.; LOPEZ, J.; MICINSKI, S.; LEANARD, R.; LASTER, M. Initial frequency of alleles for resistance to *Bacillus thuringiensis* toxins in field populations of *Heliothis virescens*. **Proceedings of the National Academy of Science USA**, v. 94, p. 3519-3523, 1997.

GOULD, F.; BLAIR, N.; REID, M.; RENNIE, T.L.; LOPEZ, J.; MICINSKI, S. *Bacillus thuringiensis*-toxins resistance management: Stable isotope of alternate host use by *Helicoverpa zea*. **Proceedings of the National Academy of Science USA**, v. 99, p. 16581-16586, 2002.

GUEDES, J.V.C.; NAVIA, D.; FLECHTMANN, C.H.W.; LOFEGO, A.C. Ácaros fitófagos e predadores associados à soja no Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 20., 2004, Gramado. **Programa e Resumos...** Gramado: 2004. p. 170.

GUILLÉN, E.E.A.; FOERSTER, L.A. Suscetibilidade de diferentes estádios de *Nezara viridula* (Linnaeus, 1758) e *Piezodorus guildinii* (Westwood, 1837) a inseticidas. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.7, p. 163-170, 1978.

GUSE, C.A.; ONSTAD, D.W.; BUSCHMAN, L.L.; PORTER, P.; HIGGINS, R.A.; SLODERBECK, P.E.; CRONHOLM, G.B.; PEAIRS, F.B. Modeling the development of resistance by stalk-boring lepidoptera (Crambidae) in areas with irrigated transgenic corn. **Environmental Entomology**, v. 3, p. 676-685, 2002.

- HATANO, R.; SCOTT, J.G.; DENNEHY, T.J. Enhanced activation is the mechanism of negative cross-resistance to chlorpirifos in the dicofol-IR strain of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 85, p. 1088-1091, 1992.
- HENDERSON, C.F.; TILTON, E.W. Tests with acaricides against the brow wheat mite, **Journal of Economic Entomology**, v. 48, p. 157-161, 1955.
- HOROWITZ, A.R.; ISHAAYA, I. Managing resistance to insect growth regulators in the sweetpotato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 87, p. 866-871, 1994.
- IGNOFFO, C.M.; ALLEN, G.E. Selection for resistance to a nucleopolyhedrosis virus in laboratory populations of the cotton bollworm, *Heliothis zea*. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 20, p. 187-192, 1972.
- IGNOFFO, C.M.; ROUSH, R.T. Susceptibility of permethrin- and methomyl-resistant strains of *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae) to representative species of entomopathogens. **Journal of Economic Entomology**, v. 79, p. 334-337, 1986.
- JAMES, D.; PRICE, T.S. Fecundity in twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae) is increased by direct and systemic exposure to imidacloprid. **Journal of Economic Entomology**, v. 95, p. 729-732, 2002.
- JOHNSON, M.W.; TABASHNIK, B.E. Laboratory selection for pesticide resistance in natural enemies. In: NARANG, S.K.; BARTLETT, A.C.; FAUST, R.M. (Ed.). **Applications of genetics to arthropods of biological control significance**. Boca Raton: CRC Press Inc., 1994. p. 91-105.
- KAOMINI, M.; ROUSH, R.T. Absence of response to selection for resistance to nucleopolyhedrosis virus in *Heliothis virescens* (F.) (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Entomological Science**, v. 23, p. 379-382, 1988.
- KEENA, M.A.; GRANETT, J. Cyhexatin and propargite resistance in populations of spider mites (Acari: Tetranychidae) from California almonds. **Journal of Economic Entomology**, v. 80, p. 560-564, 1987.
- KOTA, M.; DANIELL, H.; VARMA, S.; GARCZYNSKI, S.F.; GOULD, F.; MOAR, W.J. Overexpression of the *Bacillus thuringiensis* (Bt) Cry2Aa2 protein in chloroplasts confers resistance to plants against susceptible and Bt-resistant insects. **Proceedings of the National Academy of Science USA**, v. 96, p. 1840-1845, 1999.
- KUNIMI, Y.; FUXA, J.R. Volumes ingested by four species of noctuids with reference to peroral droplet bioassay of baculoviruses. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 68, p. 310-311, 1996.

LEONARD, B.R.; BOETHEL, D.J.; SPARKS, A.N.J.R.; LAYTON, M.B.; MINK, J.S.; PAVLOFF, A.M.; BURRIS, E.; GRAVES, J.B. Variations in response of soybean looper (Lepidoptera: Noctuidae) to selected insecticides in Louisiana. **Journal of Economic Entomology**, v. 83, p. 27-34, 1990.

LEORA SOFTWARE. Polo-PC: A user's guide for probit or logit analysis. **LeOra Software**. Berkeley California, 1987.

LEVY, S.M.; FALLEIROS, A.M.F.; MOSCARDI, F.; GREGÓRIO, E.A. Susceptibility/resistance of *Anticarsia gemmatalis* larvae to its nucleopolyhedrovirus (AgMNPV): structural study of the peritrophic membrane. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 96, p. 183-6, 2007.

LEVY, S.M.; FALLEIROS, A.M.F.; MOSCARDI, F.; GREGÓRIO, E.A. The role of peritrophic membrane in the resistance of *Anticarsia gemmatalis* larvae (Lepidoptera: Noctuidae) during the infection by its nucleopolyhedrovirus (AgMNPV). **Arthropod Structure & Development**, v. 40, p. 429-34, 2011.

LEVY, S.M.; MOSCARDI, F.; FALLEIROS, A.M. F.; SILVA, R.J.; GREGÓRIO, E.A. A morphometric study of the midgut in resistant and non-resistant *Anticarsia gemmatalis* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) larvae to its nucleopolyhedrovirus (AgMNPV). **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 101, p. 17-22, 2009.

LIU, Y.B; TABASHNIK, B.E. Inheritance of resistance to the *Bacillus thuringiensis* toxin Cry1C in the diamondback moth. **Applied Environmental Microbiology**, v. 63, p. 2218-2223, 1997.

LIU, Y.B.; TABASHNIK, B.E.; MEYER, S.K.; CARRIÈRE, Y.; BARTLETT, A.C. Genetics of pink bollworm resistance to *Bacillus thuringiensis* toxin CryIac. **Journal of Economic Entomology**, v. 94, p. 248-252, 2001.

MacRAE, T.C.; BAUR, M.E.; BOETHEL, D.J.; BENTLEY, J.; FITZPATRICK, B.J.; GAO, A-G.; GAMUNDI, J.C.; HARRISON, L.A.; KABUYE, V.T.; MCPHERSON, R.M.; MIKLOS, J.A.; PARADISE, M.S.; TOEDEBUSCH, A.S.; VIEGAS, A. Laboratory and field evaluations of transgenic soybean exhibiting high-dose expression of a synthetic *Bacillus thuringiensis cry1A* gene for control of Lepidoptera. **Journal of Economic Entomology**, v. 98, p. 577-587, 2005.

MASCARENHAS, R.N.; BOETHEL, D.J. Development of diagnostic concentrations for insecticide resistance monitoring in soybean looper (Lepidoptera:Noctuidae) larvae using an artificial diet overlay bioassay. **Journal of Economic Entomology**, v. 93, p. 897-904, 2000.

MASCARENHAS, R.N.; BOETHEL, D.J.; LEONARD, B.R.; BOYD, M.L.; CLEMENS, C.G. Resistance monitoring to *Bacillus thuringiensis* insecticides for soybean loopers (Lepidoptera: Noctuidae) collected from soybean and transgenic Bt-cotton. **Journal of Economic Entomology**, v. 91, p. 1044-1050, 1998.

- McCUTCHEM, B.F.; PLAPP, F.W. JR.; NEMEC, S.J.; CAMPANHOLA, C. Development of diagnostic monitoring techniques for larval pyrethroid resistance in *Heliothis* spp. (Lepidoptera: Noctuidae) in cotton. **Journal of Economic Entomology**, v. 82, p. 1502-1507, 1989.
- McCUTCHEM, B.F.; HOOVER, K.; PREISLER, K.; BETANA, M.D.; HERRMANN, R.; ROBERTSON, J.I.; HAMMOCK, B.D. Interactions of recombinant and wild-type baculoviruses with classical insecticides and pyrethroid-resistant tobacco budworm (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 90, p.1170-1180, 1997.
- MILKS, M.L.; MYERS, J.H. Cabbage looper resistance to a nucleopolyhedrovirus confers cross-resistance to two granuloviruses. **Environmental Entomology**, v. 32, p. 286-289, 2003.
- MINITAB STATISTICAL SOFTWARE. Release 13 for Windows. PA, Estados Unidos, 2000.
- MINK, J.S.; BOETHEL, D.J. Development of a diagnostic technique for monitoring permethrin resistance in soybean looper (Lepidoptera: Noctuidae) larvae. **Journal of Economic Entomology**, v. 85, p.1056-1062, 1992.
- MORALES, L.; MOSCARDI, F.; KASTELIC, J.G.; SOSA-GÓMEZ, D.R.; PARO, F.E.; SOLDORIO, I.L. Suscetibilidade de *Anticarsia gemmatalis* Hübner e *Chrysodeixis includens* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae) a *Bacillus thuringiensis* (Berliner). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 24, p. 593-598, 1995.
- MORALES, L.; MOSCARDI, F.; SOSA-GÓMEZ, D.R.; PARO, F.E.; SOLDORIO, I.L. Fluorescent brighteners improve *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae) nucleopolyhedrovirus (AgMNPV) activity on AgMNPV- susceptible and resistant strains of the insect. **Biological Control**, v. 20, p. 247-253, 2001.
- MOSCARDI, F. Assessment of the application of baculoviruses for the control of Lepidoptera. **Annual Review of Entomology**, v. 44, p. 257-289, 1999.
- MOSCARDI, F.; PARO, F.E.; SOLDORIO, I.L.; SOSA-GÓMEZ, D.R. Seleção para resistência a *Bacillus thuringiensis* por *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae), em laboratório. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 19., 2002, Manaus. 1 CD-ROM. Errata 011.
- NAGOSHI, R.N.; MEAGHER, R.L. Review of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) genetic complexity and migration. **Florida Entomologist**, v. 91, p. 546-554, 2008.
- OMOTO, C. Modo de ação de inseticidas e resistência de insetos a inseticidas. In: GUEDES, J.C.; COSTA, I. D. da ; CASTIGLIONI, E. **Bases técnicas do manejo de insetos**. Santa Maria: UFSM, CCR, DFS 2000. p. 248.

- PANIZZI, A.R. A biodiversidade vegetal no manejo de percevejos. In: CORRÊA-FERREIRA, B.S. (Org.). **Soja orgânica: alternativas para o manejo dos insetos pragas**. Londrina: Embrapa Soja, 2003. p. 47-55.
- PANIZZI, A.R.; CHOCOROSQUI, V. Eles vieram com tudo. **Cultivar**, v. 1, p. 8-10, 1999.
- PARROT, W.A.; ALL, J.N.; ADANG, M.J.; BAILEY, M.A.; BOERMA, H.R.; STEWART, JR.C.N. Recovery and evaluation of soybean plants transgenic for a *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* insecticidal gene. **In Vitro Cellular and Developmental Biology**, v. 30, p. 144-149, 1994.
- PEFEROEN, M.; VAN RIE, J. Plant engineering for crop protection: implications for resistance management. **Plant Protection**, v. 13, p.125-156, 1997.
- PRABHAKER, N.; COUDRIET, D.L.; TOSCANO, N.C. Effect of synergists on organophosphate and permethrin resistance on sweet potato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 81, p. 34-39, 1988.
- RABELLO, A.R.; QUEIROZ, P.R.; SIMÕES, K.C.C.; HIRAGI, C.O.; LIMA, L.H.C.; OLIVEIRA M.R.V.; MEHTA, A. Diversity analysis of *Bemisia tabaci* biotypes: RAPD, PCR-RFLP and sequencing of the ITS1 rDNA region. **Genetics and Molecular Biology**, v. 31, p. 585-590, 2008.
- REED, L.J.; MUENCH, H.A. Simple method of estimating fifty per cent endpoints. **The American Journal of Hygiene**, v. 27, p. 493-497, 1938.
- REICHELDERFER, C.F. Biological assays insect pathogens. In: MANDAVA, B. (Ed.) **Handbook of natural pesticides: methods theory, practice, and detection**. Boca Raton: CRC Press, 1985. p. 489-516.
- ROGGIA, S.; GUEDES, J.V.C.; NAVIA, D.; MAZIERO, H.; FARIAS, J.R. Ocorrência de ácaros fitófagos na soja no Rio Grande do Sul na safra 2002/03. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 20., 2004, Gramado. **Anais...** Gramado: Sociedade Entomológica do Brasil, 2004. p. 169.
- ROSE, R.L.; SPARKS, T.C.; SMITH, C.M. Insecticide toxicity to the soybean looper and the velvetbean caterpillar (Lepidoptera: Noctuidae) as influenced by feeding on resistant soybean (PI 227687) leaves and coumesterol. **Journal of Economic Entomology**, v. 81, p. 1288-1294, 1988.
- ROSENHEIM J.A.; HOY, M.A. Genetic improvement of a parasitoid biological control agent: artificial selection for insecticide resistance in *Aphytis melinus* (Hymenoptera: Aphelinidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 81, p.1539-1550, 1988.

ROUSH, R.T. Can we slow adaptation by pests to insect-resistant transgenic crops? In: PERSLEY, G. (Ed.). **Biotechnology and integrated pest management**. CAB: Wallingford, UK, 1996. p. 242-263.

ROUSH, R.T.; MILLER, G.L. Considerations for design of insecticide resistance monitoring programs. **Journal of Economic Entomology**, v. 79, p. 293-298, 1986.

SALUSO, A.; XAVIER, L.; SILVA, F.A.C.; PANIZZI, A.R. An invasive pentatomid pest in Argentina: neotropical brown stink bug, *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae). **Neotropical Entomology**, v. 40, p. 704-705, 2011.

SAS INSTITUTE. **SAS user´s guide: statistics**. 5th ed. SAS Institute, Cary, NC., 1985.

SATO, M.E.; PASSEROTTI, C.M.; TAKEMATSU, A.P.; DE SOUZA FILHO, M.F.; POTENZA, M.R.; SIVIERI, A.P. Resistência de *Tetranychus urticae* (Koch, 1836) a acaricidas, em pessegueiro (*Prunus persica* (L.) Batsch) em Paranapanema e Jundiá, SP. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 67, p. 117-123, 2000.

SATO, M.E.; SILVA, M.Z. da; CANGANI, K. G.; RAGA, A. Seleções para resistência e suscetibilidade, detecção e monitoramento da resistência de *Tetranychus urticae* ao acaricida clorfenapir. **Bragantia**, v. 66, p. 89-95, 2007.

SATO, M.E.; SILVA, M. da; RAGA, A.; SOUZA, M.F. de. Abamectin resistance in *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae): selection, cross-resistance and stability of resistance. **Neotropical Entomology**, v. 34, p. 991-998, 2005.

SATO, M.E; SILVA, M.Z. da; SILVA, R.B. da; SOUZA FILHO, M.F. de; RAGA A. Monitoramento da resistência de *Tetranychus urticae* Koch ( Acari: Tetranychidae) a abamectin e fenpyroximate em diversas culturas no estado de São. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 76, p. 217-223, 2009.

SCHAUB, L.; SARD, Y.S.; CAPKUN, G. Natural variation in baseline data: when do we call a new sample "resistant"? **Pest Management Science**, v. 58, p. 959-963, 2002.

SILVA, L.D; OMOTO, C.; BLEICHER, E.; DOURADO, P.M. Monitoramento da suscetibilidade a inseticidas em populações de *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) no Brasil. **Neotropical Entomology**, v. 38, p. 116-125, 2009.

SILVA, M.A.; PARRA, J.R.P.; CHIAVEGATO, L.G. Biologia comparada de *Tetranychus urticae* em cultivares de algodoeiro. I Ciclo Biológico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 20, p. 741-748, 1985.



- SINGSIT, C.; ADANG, M.J.; LYNCH, R.E.; ANDERSON, W.F.; WANG, A.; CARDINEAU, G.; OZIAS-AKINS, P. Expression of a *Bacillus thuringiensis cryA(c)* gene in transgenic peanut and its efficacy against lesser cornstalk borer. **Transgenic Research**, v. 6, p. 169-176, 1997.
- SIVASUPRAMANIAN, S.; WATTSON, T.F. Selection for fenpropathrin and fenpropathrin + acephate resistance in the silverleaf whitefly (Homoptera: Aleyrodidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 93, p. 949-954, 2000.
- SOSA-GÓMEZ, D.R. Intraspecific variation and population structure of the velvetbean caterpillar *Anticarsia gemmatalis* Hübner 1818 (Insecta: Lepidoptera: Noctuidae). **Genetics and Molecular Biology**, v. 27, p. 378-384, 2004.
- SOSA-GÓMEZ, D.R. **Medidas para prevenir o aparecimento de resistência em populações de percevejos**. Londrina: Embrapa Soja, 2010. 1 folder.
- SOSA-GÓMEZ, D.R.; ABOT, A.R.; MOSCARDI, F.; PARO, F.E.; SOLDORIO, I.L. Susceptibilidade de diferentes instares de *Anticarsia gemmatalis* ao *Bacillus thuringiensis* e avaliação da resistência cruzada em populações resistentes ao *Baculovirus anticarsia*. In: SIMPÓSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO, 3., 1992, Águas de Lindóia. **Anais...** Jaguariúna: EMBRAPA-CNPDA, 1992. p. 193.
- SOSA-GÓMEZ, D.R.; CORSO, I.C.; MORALES, L.C. Insecticide resistance to endosulfan, monocrotophos and metamidophos in the neotropical brown stink bug, *Euschistus heros* (Fabr.). **Neotropical Entomology**, v. 30, p. 317-320, 2001.
- SOSA-GÓMEZ, D.R.; DELPIN, K.E.; ALMEIDA, A.; HIROSE, E. Genetic differentiation among Brazilian populations of *Euschistus heros* (Fabricius) (Heteroptera: Pentatomidae) based on RAPD analysis. **Neotropical Entomology**, v. 33, p. 179-187, 2004.
- SOSA-GÓMEZ, D.R.; LOPES, I. de O.N.; SILVA, J.J.; OLIVEIRA, M.C.N. de. Resistência de pentatomídeos a inseticidas químicos e linhas base de suscetibilidade determinadas mediante aplicação tópica. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 27., 2005, Cornélio Procópio. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja, 2005a. p. 131-132. (Embrapa Soja. Documentos, 257).
- SOSA-GÓMEZ, D.R.; MOSCARDI, F. Producción de virus patógenos de ácaros e insectos. In: LECUONA, R.E. (Ed.). **Microorganismos patógenos empleados en el control microbiano de insectos plagas**. Buenos Aires: Talleres Graficos Mariano Mas., 1996. p. 223-236.
- SOSA-GÓMEZ, D.R.; MOSCARDI, F. Resistencia de lepidópteros a los nucleopoliedrovirus: el caso de AgMNPV y la oruga da soja. In: CABALLERO, P.; LÓPEZ-FERBER, M.; WILLIAMS, T. **Los baculovirus y sus aplicaciones**

como bioinseticidas en el control biológico de plagas. Valencia: Editorial: M.V. Phytoma-España y Universidad Pública de Navarra, 2001. cap. 13. p. 451-478.

SOSA-GÓMEZ, D.R.; MOSCARDI, F. Retenção foliar diferencial em soja provocada por percevejos (Heteroptera: Pentatomidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 24, p. 401-404, 1995.

SOSA-GÓMEZ, D.R.; SILVA, J.J. da; COSTA, F.; BINNECK, E.; MARIN, S.S.R.; NEPOMUCENO, A.L. Population structure of the Brazilian southern green stink bug, *Nezara viridula* L. (Heteroptera: Pentatomidae). **Journal of Insect Science**, v. 5, p. 23, 2005b. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1615230/>>. Acesso em: 6 ago. 2012.

SOSA-GÓMEZ, D.R.; SILVA, J.J. Neotropical brown stink bug (*Euschistus heros*) resistance to metamidophos in Paraná, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, p. 767-769, 2010.

SOSA-GÓMEZ, D.R.; TAKACHI, M.; ALMEIDA, A.M.R. Variabilidade de resposta de subpopulações de *Euschistus heros* (F.) a mistura de tiametoxam e lambda-cialotrina. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 32., São Pedro, SP. **Resumos expandidos...** Londrina: Embrapa Soja, 2011. p. 80-81.

SOSA-GÓMEZ, D.R.; TAKACHI, C.; MOSCARDI, F. Determinação de sinergismo e suscetibilidade diferencial de *Nezara viridula* (L.) e *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae) à inseticidas em mistura com cloreto de sódio. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 22, p. 570-576, 1993.

STEWART JR, C.N.; ADANG, M.J.; ALL, J.N.; BOERMA, R.; CARDINEAU, G.; TUCKER, D.; PARROT, W.A. Genetic transformation, recovery, and characterization of fertile soybean transgenic for a synthetic *Bacillus thuringiensis* CryAc gene. **Plant Physiology**, v. 112, p. 121-129, 1996.

STUMPF, N.; NAUEN, R. Cross-resistance, inheritance, and biochemistry of mitochondrial electron transport inhibitor-acaricide resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 94, p. 1577-1583, 2001.

TECNOLOGIAS de produção de soja – região central do Brasil 2012 e 2013. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 261 p. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 15).

THOMAS, J.D.; BOETHEL, D.J. Inheritance of permethrin resistance in the soybean looper (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 88, p. 1536-1541, 1995.

TOSCANO, N.C.; PRABHAKER, N.; CASTLE, S.J.; HENNEBERRY, T.J. Inter-regional differences in baseline toxicity of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) to the insect growth regulators, buprofezin and pyriproxifen. **Journal of Economic Entomology**, v. 94, p. 1538-1546, 2001.

TRICHILO, P.J.; WILSON, L.T. An ecosystem analysis of spider mite outbreaks: physiological stimulation on natural enemy suppression. **Experimental Acarology**, v. 17, p. 291-314, 1993.

UESUGI, R.; GOKA, K.; OSAKABE, MH. Genetic basis of resistance to chlorfenapyr and etoxazole in the two-spotted spider mite. **Journal of Economic Entomology**, v. 95, p. 1267-1274, 2002.

VALVERDE, L.; VIRLA, E. Parasitismo natural de huevos de las principales especies de Noctuidae (Lepidoptera ) plagas en el cultivo de soja en Tucumán, Argentina. **Boletín de Sanidad Vegetal**, v. 33, p. 469-476, 2007.

WALKER, D.R.; ALL, J.N.; MCPHERSON, R.M.; BOERMA, H.R.; PARROTT, W.A. Field evaluation of soybean engineered with a synthetic cryIac transgene for resistance to corn earworm, soybean looper, velvetbean caterpillar (Lepidoptera: Noctuidae), and lesser cornstalk borer (Lepidoptera: Pyralidae). **Journal of Economic Entomology** v. 93, p. 613-622, 2000.

YANG, X.M.; MARGOLIES, D.C.; ZHU, K.Y.; BUSCHMAN, L.L. Host plant-induced changes in detoxification enzymes and susceptibility to pesticides in the twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 94, p. 381-387, 2001.

YANO, S.A.C.; SANTANA, G.K.S.; NEIVA, M.M.; MOSCARDI, F.; MARTINELLI, S.; SOSA-GÓMEZ, D.R. Tolerância de *Anticarsia gemmatilis* Hübner, *Pseudoplusia includens* (Walker) e *Rachiplusia nu* (Guenée) à proteína Cry1Ac. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 2012, Cuiabá. **Soja: integração nacional e desenvolvimento sustentável. Anais...** Brasília, DF: Embrapa, 2012. 1 CD-ROM.

