

IMPACTO DO USO DE TECNOLOGIAS GENETICAMENTE MODIFICADAS NO SETOR PRODUTIVO DE ALGODÃO¹

Lucilio Rogerio Aparecido Alves²
Joaquim Bento de Souza Ferreira Filho³
Fábio Francisco de Lima⁴
Mauro Osaki⁵
Victor Yoiti Ikeda⁶
Luiz Cesar Bonfim Gottardo⁷

1 - INTRODUÇÃO

O setor agrícola, no geral, convive em um ambiente em que as formações de preços estão fora de seu controle e dependem das condições de oferta e demanda interna e mundial. Assim, para o produtor resta gerir seu negócio de modo profissional, visando adquirir insumos a preços baixos e vender seus produtos a preços acima de seu custo de produção. Porém, há fatores diversos que trazem risco ao negócio (como de preços, de produção, de renda, financeiro, institucional, etc.). É neste contexto que parece se inserir o uso de tecnologias geneticamente modificadas, ao ampliar as opções aos produtores.

O objetivo deste trabalho é analisar os impactos no setor produtivo de algodão do uso de cultivares geneticamente modificadas (GMs). Buscar-se-ão discutir resultados de pesquisas no mundo e no Brasil, bem como analisar a inserção da tecnologia no sistema produtivo agrícola do país.

Segundo James (2012)⁸, em 2012, aproximadamente 30 diferentes países utilizaram sementes GM no setor agrícola. Os produtos agrícolas cultivados foram milho, soja, algodão, canola, beterraba, alfafa, mamão, batata, cravo, tomate, abóbora, pimentão e arroz.

O uso de cultivares GM completou 17 anos em 2012, ano em que esta tecnologia ocupou mais de 170 milhões de hectares. Em relação a 2011, houve um aumento de 10,3 milhões de hectares, representando um crescimento de 6% de um ano para o outro (JAMES, 2012). Ainda segundo o mesmo autor, desde 1996 a adoção dos GMs teve aumento de cerca de 100 vezes em área plantada. O uso de plantas transgênicas é considerado a tecnologia de maior e mais rápida adoção na agricultura mundial, e o Brasil já era o segundo no *ranking* das maiores áreas no ano de 2011, mantendo esta posição no ano de 2012 (Tabela 1).

Os Estados Unidos da América (EUA), Brasil e Argentina possuem as maiores áreas cultivadas com plantas geneticamente modificadas. Juntos, detêm uma área de 130 milhões de hectares, equivalente a 73,3% da área mundial com culturas GMs (JAMES, 2012). Segundo o mesmo autor, China, Índia, Brasil, Argentina e África do Sul são os líderes em desenvolvimento de culturas biotecnológicas, com 78,2 milhões de hectares cultivados (46% do total mundial).

Embora o Brasil ocupe a segunda posição em área plantada, o país vem, pelo quarto ano consecutivo, sendo o motor do crescimento

¹Cadastrado no CCTC, IE-09/2013.

²Economista, Doutor, Professor da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ/USP), Departamento de Economia, Administração e Sociologia, Pesquisador do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA-ESALQ/USP) (e-mail: lralves@usp.br).

³Engenheiro Agrônomo, Doutor, Professor Titular da ESALQ/USP, Pesquisador do CEPEA-ESALQ/USP (e-mail: jbsferre@usp.br).

⁴Engenheiro Agrônomo, Pesquisador do CEPEA-ESALQ/USP (e-mail: fafrilima@cepea.org.br).

⁵Engenheiro Agrônomo, Doutor, Pesquisador do CEPEA-ESALQ/USP (e-mail: mosaki@usp.br).

⁶Engenheiro Agrônomo, Pesquisador do CEPEA-ESALQ/USP (e-mail: victor.ikeda@usp.br).

⁷Engenheiro Agrônomo, Mestre, Departamento de Produção Vegetal (LPV) (e-mail: gottardolcbg@hotmail.com).

⁸Clive James, através da divulgação no endereço eletrônico: INTERNATIONAL SERVICE FOR THE ACQUISITION OF AGRI-BIOTECH APPLICATIONS - ISAAA. **Database.** Ithaca: ISAAA. Disponível em: <<http://www.isaaa.org/>>. Acesso em: mar. 2012. É uma das principais fontes de informações quanto ao uso de produtos geneticamente modificados na agricultura mundial.

TABELA 1 - Principais Países em Uso de Biotecnologia e Respectivas Culturas, 2012

País	Área (milhão hectares)	Part. % total mundial	Cultura
EUA	69,5	40,8	Milho, soja, algodão, canola, beterraba, alfafa, mamão e abóbora
Brasil	36,6	21,5	Soja, milho e algodão
Argentina	23,9	14,0	Soja, milho e algodão
Canadá	11,6	6,8	Canola, milho, soja e beterraba
Índia	10,8	6,3	Algodão
China	4,0	2,3	Algodão, mamão, álamo, tomate e pimentão
Paraguai	3,4	2,0	Soja, milho e algodão
África do Sul	2,9	1,7	Milho, soja e algodão
Paquistão	2,8	1,6	Algodão
Outros	4,8	2,8	Soja, milho, algodão, canola e batata
Total	160	100,0	

Fonte: James (2012).

de área de plantações biotecnológicas. A rápida adoção é consequência do eficaz sistema de aprovação, aliado à notável capacidade técnica em desenvolver a biotecnologia com recursos próprios, através de instituições públicas como a EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) (JAMES, 2012).

No Brasil, apenas as sementes de soja, milho, algodão e feijão GMs são liberadas para uso comercial pela Comissão Técnica de Biossegurança (CTNBio, 2012), órgão governamental que tem a competência de estabelecer normas de segurança e pareceres técnicos sobre os organismos geneticamente modificados. O rápido sistema de aprovação permitiu, em 2009 e 2010, a liberação de oito eventos em cada ano; em 2011, mais seis eventos foram aprovados e, em 2012, outros três. Em 2013, houve mais uma aprovação comercial de evento para o milho (CTNBio, 2013).

Dentre as aprovações comerciais de plantas transgênicas no Brasil, o algodão possui 12 eventos. O primeiro evento foi liberado apenas em 2005; outros dois eventos foram liberados em 2008; três, em 2009; um, em 2010; dois, em 2011; e outros três eventos em 2012 (CTNBio, 2013). Observe-se, portanto, que as aprovações são recentes no Brasil. Considerando-se que, especialmente em 2013, houve ataques mais intensos de pragas na cultura do algodão, é mister entender o que estudos apontam sobre o impacto no setor produtivo do uso de variedades geneticamente modificadas no setor produtivo. Vale considerar que, em nível mundial,

há 48 eventos de algodão geneticamente modificado liberados em 19 diferentes países.

A seguir, são apresentadas as características da adoção do algodão GM no mundo e, em sequência, os eventos liberados e quais as vantagens e desvantagens do uso da tecnologia.

2 - ALGODÃO GENETICAMENTE MODIFICADO: adoção, liberação, vantagens e desvantagens

2.1 - Adoção do Algodão Geneticamente Modificado no Mundo

No caso do algodoeiro, em 27 de fevereiro de 1985, foi autorizada pelo Animal and Plant Health Inspection Service - United States Department of Agriculture (APHIS-USDA) a pesquisa com cultivares GMs nos Estados Unidos da América, solicitada pela Agracetus (Monsanto). Segundo uma lista divulgada pelo mesmo órgão, 60 liberações de estudos com algodoeiro geneticamente modificado (GM) foram realizadas desde então, que abrangem resistências a insetos, nematóides, seca e herbicidas, assim como material visando melhor qualidade de fibra, entre outros.

Em 2005, cultivares de algodão GM representavam 28% do total de algodão cultivado no mundo, puxadas pelas utilizações nos EUA e na China. No ano de 2005, os países que tiveram maiores taxas de adoção foram a Austrália e África do Sul. Na Índia e no México, a adoção

começou a decolar na safra 2003/04, principalmente após a liberação do algodão GM híbrido na China, principal importador mundial da fibra (ANDERSON; VALENZUELA; JACKSON, 2006).

Em estudos de modelagens, foi estimado que o uso de cultivares de algodão GM proporcionou, mundialmente, um benefício de US\$580 milhões no ano de 2001 e o aumento de produtividade favoreceu a redução de 1,2% no preço internacional do algodão (FRISVOLD; TROSTAND, 2003). Já em 2005, a estimativa era que os benefícios chegassem a US\$1,4 bilhão e o aumento de produtividade proporcionou redução de 3% no preço mundial do algodão (FRISVOLD; REEVES, 2007). No acumulado dos 15 anos de cultivo do algodão GM (1996 a 2010), os benefícios somaram US\$25 bilhões, sendo US\$5 bilhões apenas em 2010 (BROOKES; BARFOOT, 2012).

Índia, EUA, China e Paquistão são os maiores produtores de algodão GM do mundo. Na Índia, a cultura geneticamente modificada ocupou, em 2012, 10,8 milhões de hectares, contra 4,0 milhões de hectares e 3,9 milhões de hectares dos EUA e China, respectivamente (ISAAA, 2012). Diferentemente do resto do mundo, o algodão GM da Índia é um híbrido, e não uma variedade. No país, considera-se que a implementação da tecnologia favoreceu a economia de US\$9,4 bilhões na renda agrícola do período de 2002 a 2010 (BROOKES; BARFOOT, 2012).

Apesar da rápida adoção mundial, em alguns países a inserção das tecnologias foi mais lenta, como no Brasil. De fato, a primeira cultivar de algodão GM no Brasil foi liberada em 2005, dez anos após a liberação nos EUA (JAMES, 2011). Segundo a Céleres (2008), a demora na adoção causou perdas econômicas significativas, porém, se considerada a taxa de adoção a partir da safra 2007/08, o país apresenta potencial de gerar benefício de US\$4,6 bilhões até 2017/18. Por outro lado, a não adoção da tecnologia pode custar US\$7,45 bilhões entre desembolsos diretos (custo de produção), abertura de novas áreas e investimentos em infraestrutura (CÉLERES, 2008).

Outros países tiveram maior agilidade nos processos de liberação, como a Argentina. A rápida adoção foi consequência da política governamental, da capacidade de melhorar o pro-

cesso produtivo, de fatores econômicos e ambientais e da rápida criação de medidas regulatórias, considerando dados científicos (BURACHIK, 2010).

2.2 - Algodão Geneticamente Modificado no Brasil

No Brasil, havia 12 aprovações comerciais de eventos GM para uso na cultura do algodão até o ano de 2013 (CTNBio, 2013). Dentre estes, dois conferem resistência a insetos da ordem Lepidóptera, cinco à herbicida e a insetos e cinco apenas a herbicidas. Já no registro nacional de cultivares, havia 20 cultivares liberadas para semeadura até o final de 2013.

O primeiro evento, liberado em março de 2005, foi o MON531 - Bollgard, que, pela expressão do gene *Cry1Ac*, confere resistência ao ataque de *Alabama argillacea* (curuquerê), *Pectinophora gossypiella* (lagarta rosada) e *Heliothis virescens* (lagarta das maçãs). Apesar de conferir resistência a estas lagartas, a presença de outras pragas, como *Anthonomus grandis* (bicudo) e *Spodoptera frugiperda* (lagarta militar), reduziu a adoção desta tecnologia no Brasil. Nos Estados Unidos, por exemplo, a erradicação do bicudo foi fundamental para a ampla adoção de cultivares com a tecnologia Bollgard (McKIBBEN; VILLAVASO; McCARTY, 1997).

Em setembro de 2008, foi liberado o evento LLCOTTON25, que confere resistência ao herbicida glufosinato de amônio. No mesmo mês de 2008 também foi liberado o evento MON1445 (Roundup Ready Cotton), que confere tolerância ao herbicida glifosato (EPSPS). Com isso, apenas a partir da safra 2011/12 começou a aumentar o uso das variedades com esta tecnologia, diante da maior disponibilidade de cultivares adaptadas às condições brasileiras e de volume de sementes.

No ano seguinte, em março de 2009, foram liberados os eventos 281-24-236&3006-210-23 (Widestrike), que expressam os genes *Cry1F* e *Cry1Ac PAT* e apresentam resistência a insetos da ordem Lepidóptera e tolerância ao herbicida glufosinato de amônio. No mesmo período, foi autorizado o uso do MON15985 (Bollgard II), que expressa os genes *Cry1Ac* e *Cry2Ab2* e confere resistência às pragas já lista-

das para Bollgard e também à *Spodoptera frugiperda*.

Em outubro de 2009, foi liberado o evento MON531&MON1445. Neste evento, que envolve as proteínas Cry1Ac e CP4-EPSPS, as plantas adquirem resistência a insetos da ordem Lepidóptera (Bollgard) e também tolerância ao herbicida glifosato (Roundup Ready Cotton). No ano de 2010, foi autorizado o uso do evento GHB614, que também confere tolerância ao herbicida glifosato, tendo como base a proteína 2mEPSPS.

No mês de fevereiro de 2011, foi liberado no Brasil o evento T304-40&GHB119 (Twin-Link), com os genes *Cry1Ab*, *Cry2Ae* e *PAT*, os quais condicionam a resistência a insetos e tolerância ao glufosinato de amônio. Em junho de 2011, foi liberado pela CTNBio no Brasil o evento MON88913, que codifica a expressão da proteína CP4-EPSPS, a qual confere a característica de tolerância ao glifosato.

Por fim, outros três eventos foram liberados pela CTNBio em 2012. Em abril, foi liberado o evento GHB614 x T304-40 x GHB119, que combina os genes *2mepsps*, que conferem tolerância ao herbicida glifosato, e *Cry1Ab* e *Cry2Ae*, que conferem resistência a insetos. O evento GHB614 x LLCotton25 também foi liberado no mesmo período, com as proteínas *2mepsps* e *bar*, com tolerância a herbicidas contendo glufosinato de amônio. Logo mais, em agosto, o órgão liberou o evento MON 15985 x MON 88913, que resultou em algodão resistente a insetos, devido aos genes *Cry1Ac* e *Cry2Ab2*, introduzidos em seu genoma, e tolerância ao glifosato, devido à introdução da proteína CP4-EPSPS.

A maioria dos eventos liberados pela CTNBio já estão presentes em cultivares registradas no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2013). Ao todo, eram 20 cultivares geneticamente modificadas de algodoeiro (*Gossypium hirsutum*) (Quadro 1), em um registro que continha 125 materiais, entre GMs e não GMs, até 2013.

2.3 - Vantagens do Cultivo do Algodão Geneticamente Modificado

As cultivares GMs de algodoeiro têm, geralmente, o objetivo de facilitar e/ou reduzir

gastos com o controle de pragas e plantas daninhas, o que pode aumentar a produtividade e a rentabilidade. Na literatura também são citadas outras vantagens, como a resistência a doenças e aos estresses do ambiente, mas que ainda têm pouca expressão na cotonicultura mundial.

Em nível econômico, países que adotaram o algodão GM tiveram suas curvas de produtividade alteradas. No caso de países como a China, Índia e África do Sul, que possuíam baixos índices de produtividade, a alteração foi maior e positiva. Contudo, países como os EUA e a Austrália, que são tradicionais no uso de tecnologia, não obtiveram acréscimos significantes (CÉLERES, 2008).

A Céleres Ambiental (2012) divulgou que o algodão GM com tecnologia Bollgard, no Mato Grosso, reduziu em 41% o uso de ingrediente ativo comparado ao cultivo convencional na safra 2007/08. Na safra 2009/10, o algodão GM participou na redução de 0,09 mil tonelada de ingredientes ativos na agricultura brasileira e, segundo estimativas, a cultura tem potencial de economizar 52,84 mil toneladas de ingrediente ativo entre as safras 2010/11 e 2019/20 (CÉLERES AMBIENTAL, 2012).

2.3.1 - Vantagens do cultivo do algodão geneticamente modificado resistente a lagartas

A cotonicultura mundial dispõe de nove diferentes eventos GMs resistentes a espécies de lagartas, considerando apenas combinações de genes de resistência a insetos. Os trabalhos de pesquisa relatam controle eficiente das pragas alvo, com melhores resultados para combinações de genes em uma mesma cultivar. São relatados na literatura ganhos de produtividade e facilidades no manejo, apesar de serem escassas avaliações econômicas das tecnologias disponíveis.

O algodoeiro é atacado por diversas pragas, sendo que boa parte destas tem como alimento preferencial as estruturas reprodutivas, justamente o produto comercializado pelo cotonicultor. O uso de defensivos agrícolas ainda é o principal meio para controle de pragas e obtenção de altas produtividades, apesar dos conhecidos riscos ao ambiente e à saúde dos trabalhadores, além do elevado custo.

QUADRO 1 - Cultivares Geneticamente Modificadas de Algodoeiro (*Gossypium hirsutum*) Registradas para uso no Brasil, 2005 a 2013

Cultivar	Evento de transformação genética	Mantenedor	Data do registro
DP 90B	MON531: Algodão geneticamente modificado resistente a insetos da ordem lepidóptera (Algodão Bollgard)	D&PL Brasil Ltda.	14/09/2005
Nuopal	MON531: Algodão geneticamente modificado resistente a insetos da ordem lepidóptera (Algodão Bollgard)	D&PL Brasil Ltda.	06/06/2006
DP 604BG	MON531: Algodão geneticamente modificado resistente a insetos da ordem lepidóptera (Algodão Bollgard)	D&PL Brasil Ltda.	10/08/2007
FM 966LL	LLCotton25: Algodão geneticamente modificado tolerante ao herbicida glufosinato de amônio (Algodão LibertyLink)	BAYER S.A.	21/10/2008
Delta Opal RR	MON1445: Algodão geneticamente modificado tolerante ao herbicida glifosato (Algodão Roundup Ready)	D&PL Brasil Ltda.	19/01/2009
DP 434RR	MON1445: Algodão geneticamente modificado tolerante ao herbicida glifosato (Algodão Roundup Ready)	D&PL Brasil Ltda.	12/03/2009
PHY440W	281-24-236/3006-210-23: Algodão geneticamente modificado resistente a insetos e tolerante ao herbicida glufosinato de amônio (Algodão Widestrike)	Dow Agrosiences Sementes & Biotecnologia Brasil Ltda.	13/08/2009
IMACD 6001LL	LLCotton25: Algodão geneticamente modificado tolerante ao herbicida glufosinato de amônio (Algodão LibertyLink)	Instituto Mato-Grossense do Algodão-IMAmt	21/12/2009
DP 555BGRR	MON531 e MON1445: Algodão geneticamente modificado resistente a insetos da ordem lepidóptera e tolerante ao herbicida glifosato (Algodão MON531 x MON1445)	D&PL Brasil Ltda.	13/01/2010
Nuopal RR	MON531 e MON1445: Algodão geneticamente modificado resistente a insetos da ordem lepidóptera e tolerante ao herbicida glifosato (Algodão MON531 x MON1445)	D&PL Brasil Ltda.	13/01/2010
FM 975WS	281-24-236/3006-210-23: Algodão geneticamente modificado resistente a insetos e tolerante ao herbicida glufosinato de amônio (Algodão Widestrike)	BAYER S.A.	13/06/2011
FM 951LL	LLCotton25: Algodão geneticamente modificado tolerante ao herbicida glufosinato de amônio (Algodão LibertyLink)	BAYER S.A.	22/06/2011
DP 1238 BGRR	MON531 e MON1445: Algodão geneticamente modificado resistente a insetos da ordem lepidóptera e tolerante ao herbicida glifosato (Algodão MON531 x MON1445)	D&PL Brasil Ltda.	20/03/2013
DP 1239 BGRR	MON531 e MON1445: Algodão geneticamente modificado resistente a insetos da ordem lepidóptera e tolerante ao herbicida glifosato (Algodão MON531 x MON1445)	D&PL Brasil Ltda.	20/03/2013
TMG11WS	281-24-236/3006-210-23: Algodão geneticamente modificado resistente a insetos e tolerante ao herbicida glufosinato de amônio (Algodão Widestrike)	Fundação de Apoio à Pesquisa Agropecuária de Mato Grosso - FUNDAÇÃO MT	30/10/2013
TMG41WS	281-24-236/3006-210-23: Algodão geneticamente modificado resistente a insetos e tolerante ao herbicida glufosinato de amônio (Algodão Widestrike)	Fundação de Apoio à Pesquisa Agropecuária de Mato Grosso - FUNDAÇÃO MT	30/10/2013
TMG42WS	281-24-236/3006-210-23: Algodão geneticamente modificado resistente a insetos e tolerante ao herbicida glufosinato de amônio (Algodão Widestrike)	Fundação de Apoio à Pesquisa Agropecuária de Mato Grosso - FUNDAÇÃO MT	30/10/2013
TMG81WS	281-24-236/3006-210-23: Algodão geneticamente modificado resistente a insetos e tolerante ao herbicida glufosinato de amônio (Algodão Widestrike)	Fundação de Apoio à Pesquisa Agropecuária de Mato Grosso - FUNDAÇÃO MT	30/10/2013
TMG82WS	281-24-236/3006-210-23: Algodão geneticamente modificado resistente a insetos e tolerante ao herbicida glufosinato de amônio (Algodão Widestrike)	Fundação de Apoio à Pesquisa Agropecuária de Mato Grosso - FUNDAÇÃO MT	30/10/2013
TMG43WS	281-24-236/3006-210-23: Algodão geneticamente modificado resistente a insetos e tolerante ao herbicida glufosinato de amônio (Algodão Widestrike)	UNISOJA S/A	05/11/2013

Fonte: MAPA (2013).

A melhor alternativa para reduzir a dependência de defensivos agrícolas é o uso de cultivares resistentes às pragas. As resistentes a lepidópteros (lagartas) estão disponíveis aos cotonicultores de todo o mundo desde o ano de 1996 (BANGE; CATON; MILROY, 2008; PERLAK et al., 2001). Estes materiais expressam genes da bactéria *Bacillus thuringiensis* (Bt), organismo que naturalmente produz uma proteína tóxica a certas espécies de lagartas (TOZZI, 2009).

Vários genes da bactéria *Bacillus thuringiensis*, que codificam os cristais proteicos Cry, responsáveis pela morte das lagartas (lepidópteros) suscetíveis, podem ser inseridos no algodoeiro. Segundo o levantamento do International Service For The Acquisition of Agri-biotech Applications (JAMES, 2010), no mundo existem 25 linhagens transgênicas liberadas para cultivo que expressam um ou mais cristais proteicos Cry (Quadro 2).

A introdução do algodão Bollgard (*Cry1Ac*) nos Estados Unidos da América proporcionou redução no custo de produção e no uso de inseticidas. As reduções são resultado do controle efetivo de *Heliothis virescens*, *Helicoverpa zea* e *Pectinophora gossypiella*, importantes pragas para a cotonicultura naquele país (PERLAK et al., 2001).

Em pesquisa realizada em 13 localidades da região Sul dos EUA, o uso de algodão Bt de segunda geração Widestrike (*Cry1Ac* + *Cry1F*) propiciou controle eficiente de *Helicoverpa zea* em condições de baixa, média e alta infestação (SIEBERT et al., 2008). E, de acordo com dados de outra pesquisa, também nos EUA, entre os anos de 2003 e 2006, esta praga raramente causou perdas de produtividade em cultivares com as tecnologias Bollgard II (*Cry1Ac* + *Cry2Ab*) ou Widestrike, independente do nível de infestação (GORE et al., 2008).

Segundo avaliações realizadas em cultivares Bollgard (*Cry1Ac*) e Bollgard II (*Cry1Ac* + *Cry2Ab*), em 2000, em condições experimentais, no Mississippi (EUA), as populações das lagartas *Spodoptera exigua*, *Pseudoplusia includens* (falsa-medideira) e *Estigmene acrea* foram significativamente inferiores nas cultivares Bollgard II. Neste mesmo trabalho, para o controle de *Heliothis virescens*, não ocorreu diferença

entre Bollgard e Bollgard II, ambas melhores que cultivares não Bt (ADAMCZYK JUNIOR; ADAMS; HARDEE, 2001).

Nos ensaios de laboratório com cultivares Bollgard e Bollgard II, realizados no Mississippi (EUA), foi indicado que o fornecimento de tecidos frescos de plantas com dois genes (*Cry1Ac* + *Cry2Ab*) é mais tóxico à *Helicoverpa zea*, *Spodoptera frugiperda* e *Spodoptera exigua* que o de plantas com apenas o gene *Cry1Ac* (STEWART et al., 2001).

No caso da Índia, ao comparar a produção de algodão Bt híbrido 'MECH 184' com híbrido não Bt 'NHH 44', em condições de campo, nas safras 2003/2004 e 2004/2005, foi constatada produtividade 17% superior no algodão Bt, que, junto ao menor custo com defensivos, proporcionou rentabilidade ligeiramente maior, apesar do maior custo com sementes (RAMAMURTHY; VENUGOPALAN, 2009).

No Norte da China foi encontrada redução significativa na sobrevivência da lagarta *Helicoverpa armigera* na cultivar NuCOTN33B (Bt) comparativamente a três cultivares não Bt, para avaliações realizadas de 1998 a 2001. No comparativo de produtividade, em condições sem uso de inseticidas, a produtividade da cultivar Bt variou de 1.391,17 a 1.511,35 kg ha⁻¹, quantidade significativamente superior à obtida nas cultivares não Bt, que foi de 340,34 a 359,58 kg ha⁻¹ (WU et al., 2003).

Ainda na China, em pesquisa realizada nos anos 2000 e 2001, foi encontrado aumento de produtividade com o uso de algodão Bt e, principalmente, maior rentabilidade devido à redução no uso de defensivos e a menores gastos com mão de obra, além de benefícios ambientais e à saúde dos agricultores (HUANG et al., 2002).

Outro estudo realizado na província Hebei, na China, em condições de campo, nos anos de 2001 e 2002, apresentou controle eficiente de *Ostrinia furnacalis* (broca asiática do milho) nas plantas de algodão com as tecnologias GK2 (*Cry1A*) e SGK321 (*Cry1A*+*CpTI*) (HE et al., 2006). Porém, não foi estimado o efeito deste controle na produtividade da lavoura.

A cotonicultura argentina também obteve vantagens com o uso de cultivares resistentes a lagartas, visto que, em análises de lavou-

QUADRO 2 - Eventos GMs em Cultivares de Algodão Liberados no Mundo e no Brasil, 2005 a 2011

Nome do evento	Nome comercial	Desenvolvedor	Alvo ¹	Genes	Herbicida	1ª liberação	País	Brasil
MON 531/757/1076	Bollgard	Monsanto Company	IR	<i>Cry1ac</i>	-	1995	EUA	2005
MON1445 19-51A	Roundup Ready DD-Ø1951A-7	Monsanto Company DuPont Canada	HT	<i>Cp4-epsps</i> S4-hra	Glifosato Sulfonilureia	1995 1996	EUA EUA	2008 -
GK12	-	Chinese Academy of Agricultural Sciences	IR	<i>Cry1ac/Cry1ab</i>	-	1997	China	-
31807/31808	-	Calgene Inc.	HT/IR	<i>Cry1ac?</i>	Bromoxinil	1997	EUA	-
MON531 cry1A + cpT1	Bollgard sGK321	Monsanto Company Chinese Academy of Agricultural Sciences	IR	<i>Cry1ac</i> <i>Cry1a/Cpti</i>	-	1998 1999	Austrália China	- -
MON15985 LL Cotton25	Bollgard II Cotton LibertyLink	Monsanto Company Bayer CropScience	IR	<i>Cry1ac/Cry2ab</i>	- Glufosinato (sal de amônio)	2002 2003	EUA EUA	2009 2008
MON531 x MON1445	Roundup Ready Bollgard Cotton	Monsanto Company	HT/IR	<i>Cry1ac/Cp4-epsps</i>	Glifosato	2003	Austrália	2009
MON 88913	Roundup Ready Flex Cotton	Monsanto Company	HT	<i>Cp4-epsps</i>	Glifosato	2004	EUA	-
BXN MON-ØØ757-7	BXN Cotton Bollgard	Calgene Inc. Monsanto Company	HT	Bxn <i>Cry1ac</i>	Loxinil/bromoxinil -	2004 2004	EUA Coréia	- -
3006-210-23	DAS-21Ø23-5	Dow AgroSciences LLC	IR	<i>Cry1ac</i>	-	2004	EUA	-
281-24-236 x 3006-210-23	Widestrike	Dow AgroSciences LLC	IR	<i>Cry1f/Cry1ac</i>	-	2004	EUA	2009
281-24-236	DAS-24236-5	Dow AgroSciences LLC	IR	<i>Cry1f</i>	-	2004	EUA	-
GFM Silver Six	-	NathSeeds Cotton and Sericulture Department	IR	<i>Cry1ab/Cry1ac</i>	-	2006 2006	Índia Mianmar	- -
EVENT 1 COT102	- SYN-IR102-7	JKAgri Genetics Ltd Syngenta Seeds	IR	<i>Cry1ac</i> <i>Vip3a(a)</i>	-	2006 2007	Índia Japão	- -
MON88913 x MON15985	Roundup Ready Flex Bollgard II Cotton	Monsanto Company	HT/IR	<i>Cry1ac/Cry2ab/Cp4-epsps</i>	Glifosato	2007	Colômbia/ África do Sul	2012
COT67B BNLA-601	SYN-IR67B-1	Syngenta Seeds CICR (ICAR) and UAS, Dharwad	IR	<i>Cry1ab</i> <i>Cry1ac</i>	-	2007 2008	Japão Índia	- -
MLS 9124 GEM1	-	Metahelix Life Science Bayer CropScience	IR	-	-	2009 2009	Índia Costa Rica	- -
Dicamba and glufosinate	-	Monsanto Company	HT	<i>Bar</i>	Dicamba/glufosinato (sal de amônio)	2009	Costa Rica	-
COT102 x COT67B x MON88913	-	Syngenta Seeds	HT/IR	<i>Vip3a(a)/Cry1ab/cp4-epsps</i>	Glifosato	2009	Costa Rica	-
COT 102 + COT 67B	-	Syngenta Seeds	IR	<i>Vip3a(a)/Cry1ab</i>	-	2009	Costa Rica	-
BCS-GHØØ2-5 (GHB614)	-	Bayer CropScience	HT	<i>Cp4-epsps</i>	Glifosato	2009	EUA/ Costa Rica	2010
3006-210-23 x 281-24-236 x MON 88913	Widestrike x Roundup Ready Flex Cotton	Dow AgroSciences LLC and Pioneer Hi-Bred International Inc.	HT/IR	<i>Cry1f/Cry1ac/Cp4-epsps</i>	Glifosato	2009	Costa Rica	-
GHB119 x T304-40	Twinlink	Bayer CropScience	HT/IR	<i>Cry1ab/Cry2ac/bar</i>	Glufosinato (sal de amônio)	2011	Brasil	2011

¹HT: tolerância a herbicidas; IR: resistência a insetos.

Fonte: Adaptado de James (2010) e demais literaturas consultadas.

ras com cultivares Bt e convencionais, nas safras 1999/2000 e 2000/2001, foram encontradas maiores produtividades e redução do número de aplicações com inseticidas, um benefício de US\$16,00 por hectare, com base em julho de 2002 (DEBIANCONI, 2003).

Nas condições brasileiras, um experimento realizado na safra 2006/2007, comparando cultivares Bollgard (*Cry1Ac*) (NuOpal) e a convencional (DeltaOpal) no município de Dourados/MS, permitiu constatar controle significativo das pragas alvo da tecnologia: *Alabama argillacea*, *Heliothis virescens* e *Pectinophora gossypiella* (THOMAZONI et al., 2010).

Resultados similares foram observados nos experimentos de campo realizados nos Estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Goiás e São Paulo, comparando áreas de algodão convencional e de cultivares com a tecnologia Bollgard (*Cry1Ac*). Foi relatado controle eficiente das pragas alvo da tecnologia (*Alabama argillacea*, *Heliothis virescens*, *Pectinophora gossypiella*), menor número de aplicações para controle de lepidópteros e maior produtividade (FERREIRA et al., 2007).

Em experimentos realizados no ano de 2007, em condições de campo e de laboratório, no Nordeste brasileiro, com as cultivares de algodão Acala90B (Bt) e Acala 90 não Bt, foi encontrado controle eficiente de *Alabama argillacea*, independente da parte da planta ou de condições do estudo (SANTOS; TORRES, 2010).

Assim, pode-se dizer que o uso de cultivares Bt permite reduzir aplicações direcionadas ao controle de lagartas, principalmente nas de segunda geração, que possuem mais de um gene *Cry* e, portanto, com controle de mais espécies de lepidópteros. Por outro lado, vale lembrar que o algodoeiro também é atacado por coleópteros (bicudo - *Anthonomus grandis*), hemípteros (percevejos), ácaros, entre outros, o que pode reduzir as vantagens do uso de cultivares Bt.

2.3.2 - Vantagens do cultivo do algodão geneticamente modificado resistente a herbicidas

No que diz respeito à tolerância a herbicidas, estão liberados para cultivo sete diferen-

tes eventos GMs em algodoeiro no mundo (glifosato, sulfonilureias, bromoxinil, glufosinato, glifosato em todo o ciclo, ioxonil + bromoxinil, dicamba + paraquat). Os resultados de pesquisa permitem concluir o sucesso destas tecnologias, por não causarem injúrias no algodoeiro e serem ferramentas no manejo de plantas. Entretanto, são escassos trabalhos que analisem o impacto econômico das tecnologias.

O manejo de plantas daninhas em lavouras de algodão é considerado complexo, visto o crescimento inicial lento. No sistema convencional brasileiro, são exigidos 70 dias ou mais para o “fechamento” do espaço entre duas fileiras consecutivas de plantas, tempo suficiente para o desenvolvimento das plantas daninhas. Com isso, no manejo são exigidas aproximadamente quatro aplicações com herbicidas.

No manejo de plantas daninhas, geralmente são realizadas aplicações de dessecação pré-semeadura, pré-emergentes na semeadura, pós-emergentes seletivos (graminídeos e folhas largas), pulverização em jato dirigido e capina manual. Entretanto, apenas os produtos piritiobaque-sódico (Staple) e trifloxissulfurom-sódico (Envoke) podem ser aplicados em área total, sem danos à lavoura e ao controle de plantas daninhas de folhas largas.

Com o desenvolvimento de cultivares GMs, tolerantes a herbicidas, o cotonicultor tem novas opções no manejo, com as principais vantagens de aplicações em área total e controle de maior número de espécies de plantas daninhas (YORK; CULPEPPER, 1999).

Em 1995, foi liberado nos EUA o uso do Roundup Ready Cotton, tolerante ao glifosato. As cultivares tolerantes expressam o gene CP4-EPSPS (NIDA et al., 1996), tecnologia que deu início a uma nova fase na história do manejo de plantas daninhas, devido ao controle de amplo espectro, à minimização da interferência destas invasoras na cultura e à simplificação do sistema de manejo (DOTRAY, 2005).

Em experimento realizado na Carolina do Norte (EUA), o uso de glifosato, em substituição à aplicação em jato dirigido inicial nas cultivares tolerantes de algodoeiro, proporcionou controle de plantas daninhas similar ao controle padrão de pendimethalin (PPI), fluometuron (PRE), fluometuron + MSMA (jato dirigido inicial), e cyanazi-

ne + MSMA (jato dirigido tardio) combinado com cultivo controlado de braquiária (CULPEPPER; YORK, 1999).

No ano de 1996, também nos EUA, foi liberado o uso de cultivares de algodoeiro com resistência a sulfonilureias. No ano seguinte, foi liberado no mesmo país o cultivo de algodoeiro tolerante a bromoxinil, sendo o primeiro evento que também combinava resistência a lagartas. Em experimentos conduzidos na Carolina do Norte (EUA), nos anos de 1997 e 1998, o controle proporcionado pelo glifosato no final do ciclo, para cultivares tolerantes, foi superior a 90% e a rentabilidade foi similar ou superior à obtida com uso de bromoxynil (para cultivares tolerantes ao bromoxynil), pyritiobac ou fluometuron com MSMA (cultivares não GMs) (ASKEY; BAILEY; WILCUT, 2002).

Após a liberação do algodão tolerante a bromoxinil, em 1997, apenas em 2003 ocorreu a aprovação de um novo evento, também nos EUA, o LLCotton25, que confere tolerância ao herbicida glufosinato. Em experimentos realizados de 1997 a 1999, no Texas (EUA), a aplicação de glufosinato em linhagem tolerante Coker 312 não interferiu na produtividade nem na qualidade do algodão, independente da época de aplicação (BLAIR-KERTH et al., 2001), o que comprovou a eficácia desta tecnologia.

Em 2004, foi liberado nos EUA, e em 2011, no Brasil, o cultivo de Roundup Ready Flex Cotton, que permite a aplicação de glifosato em qualquer momento do ciclo da lavoura. A primeira geração de cultivares tolerantes ao herbicida permitia a aplicação do produto, no máximo, até o estágio de quatro folhas, visto que aplicações posteriores poderiam limitar o desenvolvimento do grão de pólen e a fertilização do óvulo, com conseqüente redução da produtividade. Outra modificação genética conferiu prolongamento da resistência e, portanto, o glifosato pode ser aplicado após a quarta folha sem prejuízos à produtividade, mesmo em comparação a plantas não tratadas (MAY et al., 2004).

Também em 2004, foi autorizado o uso do evento BXN, que agrega resistência aos herbicidas ioxinil e bromoxinil. Por fim, no ano de 2009, foi liberado na Costa Rica o cultivo do algodão tolerante, simultaneamente, aos herbicidas dicamba e ao glufosinato de amônio.

2.4 - Problemas Relacionados ao Uso do Algodão Geneticamente Modificado

O uso de cultivares resistentes a pragas e/ou tolerantes a herbicidas facilita o manejo da lavoura algodoeira, além de potencialmente proporcionar maiores produtividades. Por outro lado, com essas mudanças no sistema de manejo fitossanitário, algumas pragas ou plantas daninhas podem se tornar problemas, pela “quebra” de resistência das pragas ou seleção de resistência de plantas daninhas.

Na China, uma pesquisa realizada com 1.000 propriedades familiares, de cinco províncias, indicou evidências empíricas do aumento de pragas secundárias após a introdução dos GMs, o que levou a uma menor redução no uso de defensivos no algodão Bt que a reportada em outros lugares (ZHAO; HO; AZADI, 2011).

O ataque de percevejos em lavouras resistentes a lagartas frequentemente é citado na literatura, pois, segundo os trabalhos de Olson et al. (2011), não existem diferenças na preferência alimentar das espécies *Nezara viridula* (L.) e *Euschistus servus* (Say) sobre algodoeiros com ou sem a tecnologia Bt.

No Norte da China têm sido relatados surtos de percevejos nas lavouras cultivadas com algodão Bt. Entretanto, os resultados de estudos realizados nos anos de 2007, 2008 e 2009 não indicaram que a cultivar GM proporciona este problema, sugerindo como causas a redução do número de aplicações com defensivos, o menor número de inimigos naturais e uma ampla mudança de cultivares (LI et al., 2010).

Outro problema decorrente do uso de plantas Bt pode ser a quebra da resistência, quando as pragas alvo da tecnologia não são mais controladas. Glaum, Ives e Andow (2011) alertam que a rápida seleção de resistência das pragas e benefícios da tecnologia são perdidos, retornando os métodos de controle com defensivos agrícolas.

A lagarta das maçãs do algodoeiro (*Heliothis virescens*), em estudos de seleção sob condições de laboratório, mostrou potencial genético para evolução de resistência cruzada às toxinas Cry, visto o desenvolvimento de alto nível de resistência cruzada a *Cry1Ac* e *Cry2Aa* (JURAT-FUENTES; GOULD; ADANG, 2003).

Ao analisar dados de vários anos de

algumas localidades da China, foi constatado que as variedades transgênicas utilizadas não controlam todas as lagartas que atacam os frutos do algodoeiro, o que leva à necessidade de aplicação de inseticidas e, portanto, reduz a lucratividade da produção de algodão (XU et al., 2008).

Outro problema também citado na literatura é a resistência de plantas daninhas aos herbicidas complementares de tecnologias transgênicas. O cultivo de plantas transgênicas, tolerantes a herbicidas, intensifica o uso de apenas um herbicida, além de focar ainda mais o manejo no método químico (GRESSEL, 2010). Assim, são exigidas medidas de rotação de culturas e modos de ação para evitar a perda da tecnologia (DOTRAY, 2005).

No Brasil, os percevejos já são pragas importantes no manejo da cultura, além do ataque de *Anthonomus grandis* (bicudo) ainda ser frequente. Com isso, é necessário avaliar constantemente a introdução das cultivares Bt e avaliar os benefícios da tecnologia ao manejo e à rentabilidade da lavoura. Sobre a questão das plantas daninhas, já existem relatos de plantas resistentes ao glifosato no Brasil e, com isso, devem ser tomados os cuidados necessários para não inviabilizar o uso desta tecnologia e das demais disponíveis.

3 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho foi analisar os impactos ao setor produtivo de algodão do uso de cultivares geneticamente modificadas (GMs). Buscou-se discutir resultados de pesquisas no mundo e no Brasil, bem como analisar a inserção da tecnologia no sistema produtivo agrícola do país.

Ao analisar a área plantada de GMs, constatou-se que esta vem crescendo consideravelmente nos últimos anos. O Brasil acompanha essa tendência e, atualmente, ocupa a segunda posição em termos de área plantada com GMs, produzindo soja, milho e algodão.

O algodão geneticamente modificado vem evoluindo em termos de área cultivada e no número de cultivares liberadas. Na Índia, a área plantada supera todos os outros países que utilizam essa tecnologia, com 108 milhões de hectares. No Brasil a realidade é bem inferior, apesar

de nos últimos três anos terem ocorrido significativos avanços para introdução da tecnologia do algodão GM. Ao todo, 12 eventos foram liberados no Brasil, 9 deles entre 2009 e 2012.

A introdução do algodão geneticamente modificado favoreceu a maior rentabilidade da atividade, devido, principalmente, ao menor uso de inseticidas, bem como a uma melhor eficiência no uso de herbicida. Nos EUA, pesquisas realizadas com cultivares de algodão com tecnologia Bt apresentaram eficiência no controle de *Heliothis virescens*, *Helicoverpa zea*, *Pectinophora gossypiella*, *Spodoptera exigua*, *Pseudoplusia includens* e *Estigmene acrea*, conforme resumo apresentado no quadro 3. O mesmo sucesso do uso de Bt foi constatado no Brasil, no controle de *Alabama argillacea*, *Heliothis virescens*, *Pectinophora gossypiella* e *Anthonomus grandis*. Na Índia, os resultados de pesquisas sobre o uso de híbrido GM apontaram, além do menor uso de inseticidas, produtividade superior à da variedade não híbrida.

A introdução da tecnologia de tolerância a herbicidas começou em 1995 e, nos EUA, o controle com glifosato foi similar ao método convencional. No Texas (EUA), o evento LLcotton25, tratado com glifosinato, não apresentou interferência na produtividade e qualidade da fibra. O último evento liberado, o RR Flex Cotton, permitiu melhor eficiência no controle de plantas daninhas, pois pode ser aplicado a qualquer momento do ciclo da cultura (vide autores e resultados no quadro 3).

Se por um lado a inserção do algodão GM trouxe benefícios, por outro, a “quebra” e seleção de resistência de pragas e plantas daninhas trouxeram preocupações. Em lavouras Bt constam grande infestação de percevejos e também a rápida seleção de resistência de pragas, forçando a utilização de manejo químico. A *Heliothis virescens* mostrou grande potencial à resistência cruzada a toxinas do gene Cry. As preocupações seguem em relação ao algodão tolerante a herbicidas, que devido à intensificação do uso de um único herbicida, somado à exclusividade do manejo químico, acabou por selecionar plantas resistentes (Quadro 3).

Para o Brasil, as liberações de tecnologias recentes e a ampliação do número de cultivares geneticamente modificadas tendem a ajudar o produtor brasileiro no controle de pragas e

QUADRO 3 - Resumo com os Principais Autores Citados e seus Resultados Quanto ao Uso da Tecnologia de Algodão Geneticamente Modificado

(continua)

Autor	Resultado
Anderson, Valenzuela e Jackson (2006)	Uma década depois da primeira utilização, em 2005, 28% da área de algodão era cultivada com variedades GM.
Frisvold e Trostand (2003)	Benefício de US\$ 580 milhões no ano de 2001 em nível mundial.
Frisvold e Reeves (2007)	Aumento de produtividade favoreceu a redução de 1,2% no preço internacional. Benefício de US\$ 1,4 bilhão no ano de 2005 em nível mundial.
Brookes e Barfoot (2012)	Aumento de produtividade favoreceu a redução de 3% no preço internacional.
Brookes e Barfoot (2012)	Benefício de US\$ 25 bilhões entre 1996 e 2010.
Céleres (2008)	Na Índia, uso de GM favoreceu a economia de US\$9,4 bilhões na renda agrícola no período de 2002 a 2010.
Céleres (2008)	De 2007/08 até 2017/18, a adoção no Brasil pode gerar benefício de US\$4,6 bilhões.
Céleres (2008)	De 2007/08 até 2017/18, a não adoção no Brasil pode custar US\$7,45 bilhões.
Céleres Ambiental (2012)	Países com baixos índices de produtividade tiveram resultados mais expressivos em ganhos com uso de materiais GM.
Perlak et al. (2001)	Redução de 41% no uso de ingrediente ativo em Mato Grosso na safra 2007/08. Há potencial de economizar 52,84 mil toneladas de ingrediente ativo entre 2010/11 e 2019/20.
Siebert et al. (2008) e Gore et al. (2008)	A introdução do algodão Bollgard (Cry1Ac) nos Estados Unidos da América proporcionou redução no custo de produção e no uso de inseticidas.
Adamczyk Junior, Adams e Hardee (2001)	Uso de algodão Bt - Widestrike (Cry1Ac + Cry1F) e Bollgard II (Cry1Ac + Cry2Ab) - proporcionou controle eficiente de <i>Helicoverpa zea</i> em condições de baixa, média e alta infestação.
Stewart et al. (2001)	Cultivares Bollgard (Cry1Ac) e Bollgard II (Cry1Ac + Cry2Ab) no Mississippi, em 2000, tiveram menor infestação das lagartas <i>Spodoptera exigua</i> , <i>Pseudoplusia includens</i> (falsa-medideira) e <i>Estigmene acrea</i> , especialmente no Bollgard II.
Ramamurthy e Venugopalan (2009)	Bollgard II mostrou melhores resultados que o Bollgard no controle de <i>Helicoverpa zea</i> , <i>Spodoptera frugiperda</i> e <i>Spodoptera exigua</i> , em experimento no Mississippi.
Wu et al. (2003)	Na Índia, uso de algodão Bt híbrido, em relação ao não Bt, teve produtividade 17% maior, menor custo com defensivo e maior rentabilidade.
Huang et al. (2002)	Na China, experimentos realizados de 1998 a 2001 mostraram maior eficiência da cultivar Bt no controle da lagarta <i>Helicoverpa armigera</i> .
He et al. (2006)	Na China, uso de algodão Bt teve aumento de produtividade e maior rentabilidade de que algodão não Bt, em experimento de 2000 e 2001.
Debianconi (2003)	Na China, estudo realizado em 2001 e 2002, apresentou controle eficiente de <i>Ostrinia furnacalis</i> (broca asiática do milho) nas plantas de algodão com as tecnologias GK2 (Cry1A) e SGK321 (Cry1A + CpTI).
Thomazoni et al. (2010), Ferreira et al. (2007) e Santos e Torres (2010)	Na Argentina, nas safras 1999/00 e 2000/01, o algodão Bt teve maior produtividade e menor custo com inseticidas.
Culpepper e York (1999)	No Brasil, uso de algodão Bollgard teve eficiência no controle de <i>Alabama argillacea</i> , <i>Heliothis virescens</i> e <i>Pectinophora gossypiella</i> .
Askey, Bailey e Wilcult (2002)	Na Carolina do Norte (EUA), o uso de glifosato em substituição à aplicação em jato dirigido inicial nas cultivares tolerantes ao herbicida proporcionou controle de plantas daninhas similar ao controle padrão de Pendimethalin (PPI), Fluometuron (PRE), Fluometuron + MSMA (jato dirigido inicial), e Cyanazine + MSMA (jato dirigido tardio) combinado com cultivo controlado de braquiária.
Blair-Kerth et al. (2001)	Na Carolina do Norte (EUA), estudo realizado nos anos de 1997 e 1998 apontou que o controle proporcionado pelo glifosato no final do ciclo, para cultivares tolerantes, foi superior a 90% e a rentabilidade foi similar ou superior à obtida com uso de Bromoxynil (para cultivares tolerantes ao Bromoxynil), Pyriitobac ou Fluometuron com MSMA (cultivares não GMs).
	Experimentos realizados no Texas (EUA) de 1997 a 1999 mostraram que a aplicação de glufosinato não interferiu na produtividade nem na qualidade do algodão, independente da época de aplicação.

Fonte: Dados da pesquisa.

QUADRO 3 - Resumo com os Principais Autores Citados e seus Resultados Quanto ao Uso da Tecnologia de Algodão Geneticamente Modificado

(conclusão)

Autor	Resultado
Zhao, Ho e Azadi (2011)	Estudo realizado na China indicou evidências empíricas do aumento de pragas secundárias após a introdução das GMs, necessitando maior uso de defensivos no algodão Bt que a reportada em outros lugares.
Olson et al. (2011)	Ataque de percevejos é comum em variedades com ou sem tecnologia Bt, pois não existem diferenças na preferência alimentar das espécies <i>Nezara viridula</i> (L.) e <i>Euschistus Servus</i> (Say).
Li et al. (2010)	Relatos de surtos de percevejos no Norte da China, em lavouras cultivadas com algodão Bt, são justificados pela redução do número de aplicações com defensivos e de inimigos naturais.
Glaum, Ives e Andow (2011)	O uso de plantas Bt pode favorecer a quebra da resistência, quando as pragas alvo da tecnologia não são mais controladas.
Xu et al. (2008)	Na China, como as variedades utilizadas não controlam todas as lagartas que atacam os frutos do algodoeiro, as aplicações de inseticidas ainda são intensas.
Gressel (2010)	O cultivo de plantas transgênicas tolerantes a herbicidas intensifica o uso de apenas um herbicida, além de focar ainda mais o manejo no método químico, favorecendo resistência de plantas daninhas.

Fonte: Dados da pesquisa.

plantas daninhas. Nos últimos anos safra, houve o aparecimento de algumas pragas até então não identificadas no Brasil, como a *Helicoverpa armigera*, e a possibilidade de utilização de cultivares com resistência a pragas desta família pode ser

um fator positivo aos produtores. Claramente, a não resistência a todas as pragas que atacam o algodoeiro no Brasil, como o bicudo, é um fator negativo em termos de redução de custos e gestão do risco dos produtores.

LITERATURA CITADA

ADAMCZYK JUNIOR, J. J.; ADAMS, L. C.; HARDEE, D. D. Field efficacy and seasonal expression profiles for terminal leaves of single and double bacillus thuringiensis toxin cotton genotypes. **Journal of Economic Entomology**, Annapolis, Vol. 94, Issue 6, pp. 1589-1593, 2001.

ANDERSON, K.; VALENZUELA, E.; JACKSON, L. A. GM cotton adoption, recent and prospective: a global CGE analysis of economic impacts. **Centre for Economic Policy Research Discussion Paper**, London, Issue 5568, mar. 2006.

ASKEY, S. D.; BAILEY, W. A.; WILCUT, J. W. Economic assessment of weed management for transgenic and non transgenic cotton in tilled and non tilled systems. **Weed Science**, Vol. 50, pp. 512-520, 2002.

BANGE, M.; CATON, S. J.; MILROY, S. P. Managing yields of high fruit retention in transgenic cotton (*Gossypium hirsutum* L.) using sowing date. **Australian Journal of Agricultural Research**, Cambridge, Vol. 59, pp. 733-741, 2008.

BLAIR-KERTH, L. K. et al. Tolerance of transformed cotton to glufosinate. **Weed Science**, Vol. 49, Issue 3, pp. 375-380, 2001.

BROOKES, G.; BARFOOT, P. Forthcoming. GM crops: global socio-economic and environmental impacts 1996-2010. **PG Economics**, Dorchester, may 2012.

BURACHIK, M.; Experience from use of GMOs in Argentinian agriculture, economy and environment. **New**

Biotechnology, Philadelphia, Vol. 27, Issue 5, pp. 588-592, 2010.

CÉLERES AMBIENTAL. **Produtos:** cases-estudos. Minas Gerais: CÉLERES. Disponível em: <http://www.celeres.com.br/1/PressRelease2010_Ambiental-REV-3.pdf>. Acesso em: mar. 2012.

CÉLERES AMBIENTAL. **Benefícios econômicos da biotecnologia no Brasil:** o caso do algodão Bollgard. Minas Gerais: CÉLERES, 2008. 16 p.

COMISSÃO TÉCNICA NACIONAL DE BIOSSEGURANÇA - CTNBio. **Aprovações comerciais.** Brasília: CTNBio. Disponível em: <<http://www.ctnbio.gov.br/index.php/content/view/14783.html>>. Acesso em: mar. 2012.

_____. **Aprovações comerciais.** Brasília: CTNBio. Disponível em: <<http://www.ctnbio.gov.br/index.php/content/view/14783.html>>. Acesso em: dez. 2013.

CULPEPPER, A. S.; YORK, A. C. Weed management and net returns with transgenic, herbicide-resistant, and non transgenic cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **Weed Technology**, Washington, Vol. 13, Issue 2, pp. 411-420, 1999.

DEBIANCONI, M. G. E. Two years of insect protected bt transgenic cotton in Argentina: regional field level analysis of financial returns and insecticide use. **Journal of New Seeds**, Cambridge, Vol. 5, Issue 2/3, pp. 223-235, 2003.

DOTRAY, P. A. Impact of roundup ready technology on cotton production in the US. In: BELTWIDE COTTON CONFERENCE, 2005, Orlando. **Proceedings...** Orlando: NCC, 2005. pp. 4-7.

FERREIRA, F. S. et al. Algodão bollgard (mon 531) no controle dos lepidópteros praga nas principais regiões produtoras do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 6., 2007, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: EMPBRAPA, 2007.

FRISVOLD, G.; REEVES, J. M. Economy-wide impacts of bt cotton. In: BELTWIDE COTTON CONFERENCE, 2007, Orlando. **Proceedings...** Orlando: NCC, 2007. pp. 9-12.

_____; TRONSTAD, R. Global impacts of bt cotton. In: BELTWIDE COTTON CONFERENCE, 2003, Nashville. **Proceedings...** Nashville: NCC, 2003. pp. 6-10.

GLAUM, P. R.; IVES, A. R.; ANDOW, D. A. Contamination and management of resistance evolution to high-dose transgenic insecticidal crops. **Theoretical Ecology**, New York, pp. 1-15, 2011.

GORE, J. et al. Yield response of dual-toxin bt cotton to helicoverpazea infestations. **Journal of Economic Entomology**, Annapolis, Vol. 101, Issue 5, pp. 1594-1599, 2008.

GRESSEL, J. Global advances in weed management. **Journal of Agricultural Science**, Toronto, pp. 01-07, 2010.

HE, K. et al. Efficacy of transgenic bt cotton for resistance to the Asian corn borer (Lepidoptera: Crambidae). **Crop Protection**. Philadelphia, Vol. 25, Issue 2, pp. 167-173, feb. 2006.

HUANG, J. et al. Bt cotton, costs, and impacts in China. **The Journal of Agrobiotechnology Management and Economics**, Columbia, Vol. 5, Issue 4, pp. 153-166, 2002. Disponível em: <<http://www.agbioforum.org/v5n4/v5n4a04-huang.htm>>. Acesso em: ago. 2011.

INTERNATIONAL SERVICE FOR THE ACQUISITION OF AGRI-BIOTECH APPLICATIONS - ISAAA. **Database**. Ithaca: ISAAA. Disponível em: <<http://www.isaaa.org/>>. Acesso em: mar. 2012.

JAMES, C. Global status of commercialized biotech/GM crops: 2010. **International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications**, Ithaca, Issue 42, 2010.

_____. Global status of commercialized biotech/GM crops: 2011. **International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications**, Ithaca, Issue 43, 2011.

_____. Global status of commercialized biotech/GM crops: 2012. **International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications**, Ithaca, Issue 44, 2012.

JURAT-FUENTES, J. L.; GOULD, F. L.; ADANG, M. J. Dual resistance to bacillus thuringiensis cry1ac and cry2aa toxins in heliothis virescens suggests multiple mechanisms of resistance. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, Vol. 69, Issue 10, pp. 5898-5906, 2003.

LI, G. et al. Effects of transgenic bt cotton on the population density, oviposition behavior, development, and reproduction of a non target pest, adelphocoris suturalis (Hemiptera: miridae). **Environmental Entomology**, State College, Vol. 39, Issue 4, pp. 1378-1387, 2010.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA. **Vegetal**. Brasília: MAPA. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/>>. Acesso em: dez. 2013.

MAY, O. L. et al. Transgenic cotton with improved resistance to glyphosate herbicide. **Crop Science**, Madison, Vol. 44, Issue 1, pp. 234-240, 2004.

McKIBBEN, G. H.; VILLAVASO, E. J.; McCARTY, J. C. Effect of transgenic cotton on development of the boll weevil. In: BELTWISE COTTON CONFERENCE, 1997, Orlando. **Proceedings...** Orlando: NCC, 1997. p. 876-877.

NIDA, D. L. et al. Glyphosate-tolerant cotton: genetic characterization and protein expression. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, Vol. 44, Issue 7, pp. 1960-1966, 1996.

OLSON, D. M. et al. Colonization preference of euschistus servus and nezara viridula in transgenic cotton varieties, peanut, and soybean. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Hoboken, Vol. 139, pp. 161-169, 2011.

PERLAK, F. J. et al. Development and commercial use of Bollgard cotton in the USA ± early promises versus today's reality. **The Plant Journal**, Hoboken, Vol. 27, Issue 6, pp. 489-501, 2001.

RAMAMURTHY, V.; VENUGOPALAN, M. V. Performance of Bt cotton (*Gossypium hirsutum* L.) hybrid on shrink-swell soils of central India. **Journal of Agricultural Sciences**, Toronto, Vol. 79, Issue 12, pp. 1026-1029, 2009.

SANTOS, R. L.; TORRES, J. B. Produção da proteína Cry1Ac em algodão transgênico e controle de lagartas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 5, n. 4, p. 507-517, out./dez. 2010.

SIEBERT, M. W. et al. Efficacy of transgenic cotton expressing Cry1Ac and Cry1F insecticidal protein against heliothines (*Lepidoptera: noctuidae*). **Journal of Economic Entomology**, Annapolis, Vol. 101, Issue 6, pp. 1950-1959, 2008.

STEWART, S. D. et al. Impact of Bt cottons expressing one or two insecticidal proteins of bacillus thuringiensis Berliner on growth and survival of noctuid (*Lepidoptera*) larvae. **Journal of Economic Entomology**, Annapolis, Vol. 94, Issue 3, pp. 752-760, 2001.

THOMAZONI, D. et al. Impact of Bollgard® genetically modified cotton on the biodiversity of arthropods under practical field conditions in Brazil. **African Journal of Biotechnology**, Vol. 9, Issue 37, pp. 6167-6176, sep. 2010.

TOZZI, J. P. L. **Degradação da proteína Cry1Ac de Bacillusthuringiensis por bactérias de solo de cultura do algodão transgênico e convencional (*Gossypium hirsutum*)**. 2009. 69 p. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) - Programa de Pós-Graduação Interunidades em Biotecnologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

XU, N. et al. Effectiveness and chemical pest control of Bt-cotton in the yangtze river Valley, China. **Crop Protection**, Philadelphia, Vol. 27, pp. 1269-1276, 2008.

YORK, A. C.; CULPEPPER, A. S. Economics of weed management systems in BXN, roundup ready, and conventional cotton. In: BELTWIDE COTTON CONFERENCE, 1999, **Proceedings...** Orlando: NCC, 1999. pp. 744-745.

WU, K. et al. Efficacy of transgenic cotton containing a cry1ac gene from Bacillus thuringiensis against helioverpa armigera (*Lepidoptera: noctuidae*) in Northern China. **Journal of Economic Entomology**, Annapolis, Vol. 96, Issue 4, pp. 1322-1328, 2003.

ZHAO, J. H.; HO, P.; AZADI, H. Benefits of Bt cotton counterbalanced by secondary pests? perceptions of ecological change in China. **Environmental Monitoring and Assessment**, Maine, Vol. 173, pp. 985-994, 2011.

IMPACTO DO USO DE TECNOLOGIAS GENETICAMENTE MODIFICADAS NO SETOR PRODUTIVO DE ALGODÃO

RESUMO: O objetivo deste trabalho é analisar os impactos no setor produtivo de algodão do uso de cultivares geneticamente modificadas (GMs) liberadas para cultivo no Brasil e no mundo. O estudo foi feito através de dados secundários, visando efetuar um levantamento e análise do que já foi publicado sobre o tema. Os dados apontaram que, com a introdução de cultivares GMs tolerantes a herbicidas, o cotonicultor pode fazer aplicação em área total no controle de plantas daninhas. A utilização de variedades com a bactéria *Bacillus thuringiensis* (Bt) permitiu a redução de aplicações dirigidas no controle de lagartas. Contudo, o uso dessas cultivares pode se tornar um problema, já que a mudança no manejo fitossanitário tem a capacidade de “quebra” de resistência de pragas e/ou seleção de plantas daninhas resistentes. No geral, porém, a disponibilidade dos materiais geneticamente modificados amplia as opções de tecnologias que o produtor pode utilizar para gerenciar o risco da atividade.

Palavras-chave: algodão, OGM, eventos liberados, biotecnologia.

IMPACT OF THE USE OF GENETICALLY MODIFIED TECHNOLOGIES ON THE COTTON PRODUCTION SECTOR

ABSTRACT: This study aims to analyze the impact of the use of genetically modified crops (GM), released for cultivation in Brazil and worldwide, on the cotton production sector. The study will be

done through secondary data, aiming to conduct a survey and analysis of what has been published on the subject. These data showed that with the introduction of transgenic herbicide-tolerant cultivars, cotton producers can use herbicides in total area to control weed species. The use of Bt technology in cotton enabled the reduction of target applications to control caterpillars. However, the use of GM cultivars can be a problem, insofar as the change in plant management has the ability to "break" resistance to pest and/or selection of resistant weeds. Overall, however, the availability of GM materials broadens the options of technologies that producers can use to manage the risk of the activity.

Key-words: *cotton, events release, biotechnology, GMOs.*

Recebido em 01/02/2013. Liberado para publicação em 18/06/2014.