

BIOSSEGURANÇA NA AVALIAÇÃO DE RISCOS AMBIENTAIS DOS TRANSGÊNICOS

Adolf Hitler Cardoso de Araújo (1) Maria do Socorro Rocha Melo Peixoto (2); Valeska Silva Lucena (3)

(Faculdade de Ciências Médicas/ Faculdade de Campina Grande e Faculdade Maurício de Nassau ,
valeskasl@hotmail.com)

Resumo: Através da tecnologia do DNA recombinante diversos genes vêm sendo retirados e transferidos para espécies distintas, que uma vez expressos, são denominados transgênicos. A experiência do cultivo dos produtos biotecnológicos dos últimos 20 anos confirma a utilização desta tecnologia com seu cultivo em diversos países refletindo a satisfação e adoção desta prática, porém é necessário a aplicação de técnicas de biossegurança visando reduzir os danos advindos desta tecnologia. Objetivou-se, portanto conhecer a importância da biossegurança ambiental no desenvolvimento de produtos transgênicos e verificar a existência de possíveis impactos ambientais gerados pela liberação planejada desses organismos. Para isto foi realizada uma revisão qualitativa em 20 artigos, utilizando os descritores: biossegurança, engenharia genética, transgênico e impacto ambiental, cujos critérios de inclusão foram artigos publicados entre 2011 a 2016. As técnicas de biossegurança possibilitam a eliminação de riscos de todos que estão envolvidos neste processo, tanto pesquisadores, como agricultores e consumidores no geral. São avaliados a probabilidade de fluxo gênico, estudos de toxicidade em espécies não alvo, alergenicidade, testes de digestibilidade entre outros. Além disso, estes estudos devem ocorrer em diversos países, visando observar se ocorrem impactos diferenciais possivelmente associados com as condições geográficas de cada região. Os estudos apresentam a influência e a inovação dos transgênicos atualmente e revelam que mesmo com as discussões e os possíveis impactos ambientais existentes estes organismos são de extrema relevância para um desenvolvimento mais produtivo e sustentável, especialmente pela segurança dada pela eficácia do monitoramento da biossegurança desde a produção até a sua comercialização.

Palavras-chave: Biossegurança, Engenharia genética, Transgênico, Impacto ambiental.

Introdução

A biotecnologia é uma ciência multidisciplinar que vem sendo desenvolvida a milhares de anos, a partir da utilização de seres vivos em processos fermentativos e hoje, destaca-se por oferecer inúmeros benefícios para a sociedade (ANDRADE; FALEIRO, 2011).

A necessidade de preservação dos recursos naturais gera uma busca por técnicas que apresentem um desenvolvimento mais produtivo e sustentável. Com isso, a biotecnologia moderna representou um grande avanço a partir da aplicação das técnicas de engenharia genética para o desenvolvimento de produtos e processos. A manipulação de genes está frequentemente sendo utilizada na produção de plantas, animais e microrganismos para a resolução de inúmeros problemas através da melhor

(83) 3322.3222

contato@conbracis.com.br

www.conbracis.com.br

eficiência e do melhor desenvolvimento dos organismos (COSTA et al., 2011).

Atualmente os transgênicos estão sendo altamente liberados e comercializados em todo o mundo por se apresentarem em muitos casos como produtos mais sustentáveis em decorrência de fatores como a diminuição da utilização de agrotóxicos, a redução da emissão de gases do efeito estufa e principalmente pela redução no uso de óleo diesel, água e na área de plantio (MAHAFFEY et al., 2016).

Segundo Costa et al. (2011), com o aumento da área cultivada, acirraram-se os debates e discussões relacionados principalmente sobre a segurança e os riscos que esses produtos podem oferecer para o ser humano como efeitos tóxicos e alergênicos, e a transferência de genes na flora gastrointestinal, para o meio ambiente os riscos são referentes aos efeitos adversos em populações não alvo e à microbiota do solo, ao fluxo gênico e ao desenvolvimento de resistência.

Em vista da possibilidade de efeitos adversos decorrentes da liberação dos transgênicos a busca pela minimização e erradicação dos impactos se tornaram frequentes na produção desses organismos. Por isso, a biossegurança acompanha todo o desenvolvimento dos transgênicos por ser uma área que avalia e caracteriza os riscos e impactos que estes organismos acarretam, desde o início de sua produção, indo até a sua liberação e comercialização. Através de frequentes experimentos que visam a determinação e o monitoramento das características adquiridas, a biossegurança estuda os efeitos positivos e negativos gerados de curto a longo prazo pela produção dos transgênicos bem como, os riscos para a saúde humana, animal e ambiental. Em vista disso, os transgênicos são avaliados constantemente a fim de oferecer uma maior segurança na sua liberação e comercialização (COLLI, 2011).

No Brasil, com a Lei da Biossegurança (11.105/05) foi criado o Conselho Nacional de Biossegurança (CNBS) e também se teve a reestruturação da Comissão Técnica Nacional de Biotecnologia (CTNBio). Desse modo, as análises de riscos dos transgênicos tiveram uma evolução significativa na fiscalização da sua produção através de constantes experimentos realizados em laboratório, no campo e em tecidos (COSTA; MARIN, 2011).

Com a finalidade de gerar informações para auxiliar nas decisões de liberação comercial dos transgênicos, estas análises se tornam gradativamente necessárias. Objetivou-se conhecer a importância da biossegurança ambiental no desenvolvimento de produtos transgênicos e verificar a existência de possíveis impactos ambientais gerados pela liberação planejada desses organismos.

Metodologia

Este trabalho foi elaborado a partir de um levantamento de dados encontrados nas bases eletrônicas Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS) e *Scientific Electronic Library Online (SCIELO)*, utilizando os descritores: organismo geneticamente modificado, meio ambiente, engenharia genética e impacto ambiental.

Foram incluídos artigos publicados em português ou inglês, originais ou de revisão, que fossem publicados no período de Janeiro de 2011 a outubro de 2016 e que fossem referentes a procedimentos, normas e intervenções com ênfase na biossegurança e no impacto ambiental resultantes dos transgênicos. Os critérios de exclusão estabelecidos foram: artigos repetidos, dissertações, teses e artigos que não tratassem realmente do tema.

Foram selecionados 20 artigos cujos dados foram compilados e avaliados utilizando o programa *Excell*.

Resultados e Discussão

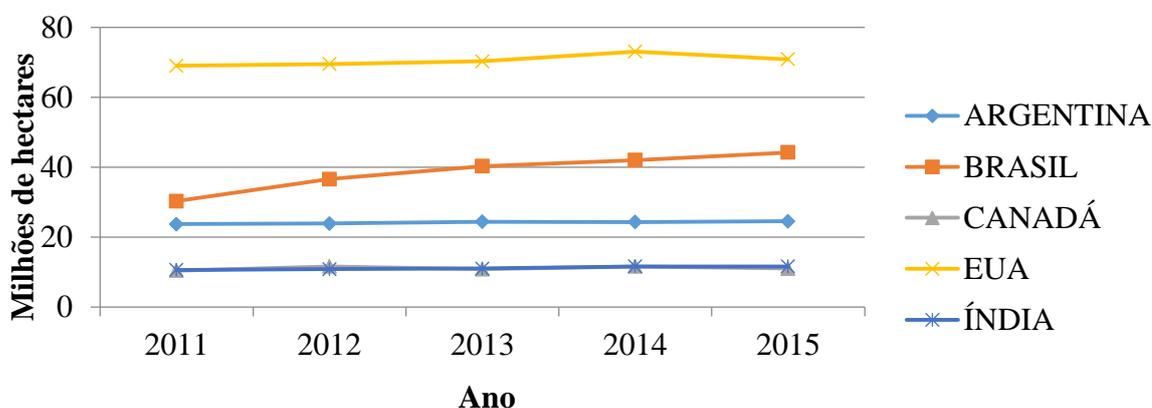
Os transgênicos se apresentam com alta relevância no melhor desenvolvimento de organismos em mais de 28 países, devido ser destaque em soluções de problemas que abrangem a saúde, o meio ambiente e a economia. Estando em alto uso e com sua expansão crescendo gradativamente (Gráfico 1), estes organismos compreendem uma produção de baixo custo que auxilia os grandes e pequenos produtores a inovarem e avançarem no mercado comercial com a maior evolução das áreas de plantio para atender a necessidade de produtos e serviços que apresentem maior vantagem no cenário internacional (GAVIOLI; NUNES, 2015).

O Brasil se apresenta como o país que mais expandiu a produção dos transgênicos nos últimos cinco anos e isto evidencia a importância exercida pelas características adquiridas geneticamente, estas que conseqüentemente acarretam em inúmeras vantagens (ISAAA, 2016).

O alto investimento das empresas na biotecnologia para oferecer ao mercado produtos e serviços de maior qualidade apresenta e acarreta em inúmeras discussões acerca dos aspectos e características dos organismos oriundos das técnicas desta ciência. A existência de pontos positivos e negativos no cultivo dos transgênicos depende principalmente da fiscalização e da conscientização acerca da produção

destes organismos e dos potenciais impactos ambientais que compreendem uma maior eficácia em questões ambientais, sociais e econômicas (GAVIOLI; NUNES, 2015).

Gráfico 1 - Evolução da plantação transgênica por país



FONTE: ISAAA, 2016

Os autores evidenciam que mesmo apresentando possíveis impactos ambientais, os transgênicos propiciaram uma redução em outros impactos e ofereceram diversos benefícios ambientais para o eficiente desenvolvimento da espécie, produzindo assim organismos mais produtivos e sustentáveis. Os artigos coletados evidenciam inúmeros benefícios ambientais decorrentes dos transgênicos (Quadro 1).

Quadro 1 – Benefícios ambientais decorrentes dos transgênicos

BENEFÍCIOS	CAUSAS
Diminuição da utilização de pesticidas	Eficácia do controle de pragas
Redução da emissão de gases do efeito estufa	Diminuição da utilização de equipamentos agrícolas
Diminuição na área de plantio e na perda do cultivo	Melhor manutenção da produtividade
Redução na utilização de água e óleo diesel	Diminuição da necessidade das lavouras
Redução dos custos de produção e maior facilidade na manutenção do cultivo	Diminuição do uso de máquinas, fertilizantes e de agrotóxicos

Tais benefícios justificam a evolução no cultivo dos transgênicos a cada ano e o maior número de pesquisas realizadas para a identificação e o isolamento de genes relevantes para o desenvolvimento de melhores serviços e produtos.

Alguns autores afirmam que os transgênicos dependendo da característica adquirida e da espécie receptora podem apresentar específicos impactos ambientais que devem ser extremamente avaliados (Quadro 2).

Quadro 2 - Exposição dos possíveis impactos ambientais gerados por cada tipo de transgênico cultivado no Brasil

TIPO	POSSÍVEIS IMPACTOS AMBIENTAIS			
Resistentes insetos	a	Fluxo gênico	Efeito negativo em espécies não alvo	Desenvolvimento de insetos resistentes
Tolerantes herbicida	a	Aumento do uso do herbicida	Desenvolvimento de plantas resistentes	
Resistentes vírus	a	Efeito negativo organismos não alvo	sobre vírus	Alteração na constituição genética do vírus

Alguns impactos se apresentam com baixa probabilidade de ocorrência, porém, a existência de monitoramento ambiental é primordial para a continuidade do desenvolvimento de transgênicos, mantendo assim uma durabilidade da produtividade existente e também um desenvolvimento sustentável para a sociedade e para o meio ambiente (MACHADO; FIUZA, 2011).

Alguns fatores de risco que compreendem principalmente a ação do homem devem ser erradicados para que os transgênicos possam ser controlados e conseqüentemente para evitar que tais organismos possam ocasionar os impactos ambientais evidenciados. Em decorrência da existência de alguns fatores como a limpeza inadequada de equipamentos, da violação das distâncias determinadas e da distribuição inapropriada das áreas de refúgio, o manejo dos transgênicos deve ser constantemente avaliado e estudado para observar todas as características e condições que podem aumentar a probabilidade do desenvolvimento de problemas. É necessário manter um controle devido existir a possibilidade de ocorrência de impactos e riscos ambientais, porém com a utilização das devidas normas e técnicas de

biossegurança, esses organismos se apresentam como produtos extremamente tecnológicos e com alto potencial de produtividade (CHAIA; CHAIA, 2011).

Em decorrência da complexidade existente dentro da avaliação de riscos ambientais se faz necessário ter uma completa análise dos transgênicos, avaliando suas características como a expressão de genes, a sua estabilidade e adaptação a ambientes diferentes. Também é preciso avaliar as características do ambiente receptor, onde serão implantadas as práticas agrícolas e os efeitos que a presença desses transgênicos pode ocasionar em espécies locais (ANDRADE; FALEIRO, 2011).

Dentre as diversas etapas de avaliação de risco ambiental se faz necessário a realização de análises dos riscos caso a caso. Tais avaliações incluem-se estudo de fluxo gênico, dos potenciais impactos inesperados em espécies não alvo, do desenvolvimento de resistência e das possíveis alterações na microbiota do solo receptor (COLLI, 2011).

São realizados testes de fluxo gênico que é um dos potenciais impactos ambientais associados aos transgênicos e é um dos que mais necessitam de pesquisas para avaliar fatores que tornam o ambiente propício para a transferência genética como o vento, o grau de florescimento e das características presentes no terreno onde foram cultivados os transgênicos. Tendo em vista esses pontos que podem auxiliar na transferência de genes é necessário avaliar completamente os aspectos do local de cultivo (SCHUSTER, 2013).

Com a constante necessidade de conservação dos recursos genéticos, a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio) estabeleceu normas relacionadas ao isolamento dos cultivares contendo transgênicos para as liberações comerciais, onde vai haver uma determinada distância entre cultivares com transgênicos e as convencionais. As regras de isolamento são específicas para cada caso, devido determinadas espécies apresentarem maior possibilidade de ocorrência de fluxo gênico e isso é avaliado constantemente pelas ações de biossegurança ambiental a fim de avaliar a eficácia da distância existente entre as espécies (SCHUSTER, 2013).

Estudo de desenvolvimento de resistência é uma das consequências e um dos processos mais importantes a serem avaliados acerca dos efeitos resultantes da liberação planejada dos transgênicos e exigem um alto monitoramento ambiental de curto a longo prazo para se manter eficiente o controle de pragas.

O monitoramento da resistência é focado principalmente na tecnologia BT, onde nos transgênicos contém genes da bactéria *Bacillus thuringiensis* que é muito utilizada no controle biológico de insetos, devido as suas propriedades

inseticidas. E este controle ocorre através de uma proteína tóxica denominada Cry (formato de cristal) presente na bactéria que é específica para inúmeros insetos. Essa proteína só se torna ativa em determinadas condições que são encontradas no tubo digestivo de alguns insetos (MARTINS et al., 2014).

Quando o inseto se alimentar da planta proveniente da tecnologia BT, as toxinas serão ativadas por meio do pH alcalino e vão interagir com os receptores intestinais do inseto, através dessas interações são formados poros na membrana do epitélio intestinal e as células acabam se rompendo, provocando danos na ingestão de alimentos e assim levando o inseto a morte (MARTINS et al., 2014).

Com a alta produção e a contínua expressão da toxina por todo o ciclo de vida da planta transgênica, muitas espécies são expostas a toxina e em decorrência da continuidade de expressão os insetos podem desenvolver uma resistência à toxina BT. O desenvolvimento de resistência é um fator que possui alta probabilidade de ocorrência e em vista disso é preciso a adoção de medidas que auxiliem o manejo de resistência e busquem evitar ou desacelerar esse processo (ZANCANARO et al., 2012).

Os métodos utilizados atualmente são os de altas doses e as de plantio com áreas de refúgio, a primeira está relacionada à quantidade de toxina produzida pela planta transgênica, tal quantidade é suficiente para eliminar os insetos que possuem o gene de resistência, porém apresentam pares de genes diferentes, ou seja, os que são heterozigotos. Os insetos que apresentam a homozigose recessiva apresentam a característica de resistência à toxina, devido a essa constituição genética sobrevivem a ação da tecnologia BT (MARTINS; FIUZA, 2011).

A área de refúgio é uma área onde vai ser plantado cultivares convencionais similares aos transgênicos e que vão auxiliar na conservação de insetos sensíveis a toxina e também na durabilidade da tecnologia. Nessa área de plantio, os insetos vão sobreviver e apresentando a sensibilidade à toxina BT vão cruzar com os insetos resistentes e em decorrência disso vão gerar espécies susceptíveis a toxina. Em consequência disso tem-se uma maior produtividade e a maior durabilidade da tecnologia que através dessas práticas evidenciadas diminuem o desenvolvimento de resistência dos insetos (ZANCANARO et al., 2012).

Outro estudo é o efeito à microbiota do solo, avaliando as características do solo e as espécies presentes, as análises do solo preocupam-se principalmente com a persistência do gene no solo e a possibilidade da transferência do transgene e a potencial expressão deste em outros organismos que pode alterar completamente as suas características e funções realizadas normalmente, podendo ocasionar até a morte do

organismo (ANDRADE; FALEIRO, 2011; NAKATANI et al., 2012). Porém, é necessário a presença de alguns fatores para ocorrer a transferência genética entre organismos do solo, dentre eles a permanência do gene intacto, o que é algo que ocorre raramente (ANDRADE; FALEIRO, 2011).

As avaliações referentes aos impactos à microbiota do solo são extremamente complexas e analisam completamente espécies, funções, práticas agrícolas utilizadas e alterações climáticas. Devido a essa complexidade e os múltiplos fatores que podem ocasionar alterações na microbiota do solo são necessários estudos constantes que identifiquem previamente a decorrência desse impacto (NAKATANI et al., 2012).

A produção existente dos transgênicos busca primordialmente uma equivalência entre as substâncias presentes no organismo convencional e no geneticamente modificado, realizando assim a identificação de possíveis diferenças na composição dos organismos produzidos a fim de garantir e viabilizar a comercialização destes produtos com alta segurança e produtividade (ANDRADE; FALEIRO, 2011).

Com isso, a existência de alguma diferença qualitativa ou quantitativa de substâncias podem alterar a viabilidade dos produtos e em decorrência da integração e expressão dos genes inseridos, existem preocupações referentes a possibilidade dos transgênicos ocasionarem efeitos tóxicos, alergênicos e problemas na digestibilidade do organismo (COSTA et al., 2011).

A alergenicidade ocorre por reações adversas decorrentes de alguma substância que ocasiona respostas incomuns do sistema imunológico do organismo, tal condição no caso dos transgênicos pode existir devido a fatores ambientais ou ao acúmulo de metabólitos alergênicos e tóxicos na planta. Em vista disso, a produção dos transgênicos se preocupa e avalia principalmente pontos como a origem do gene isolado e transferido, e a sequência gênica adquirida e suas características similares com sequências de alergênicos existentes (ANDRADE; FALEIRO, 2011; COSTA et al., 2011).

Caso na avaliação alergênica existam algumas preocupações, é necessário realizar testes toxicológicos utilizando ratos e camundongos para observar a existência de ligação de proteínas tóxicas com anticorpos IgE de organismos alérgicos. Buscando aumentar a segurança e a viabilidade dos transgênicos, utiliza-se bancos de dados para a realização de uma comparação entre proteínas presentes nestes organismos com proteínas tóxicas através de suas sequências de aminoácidos a fim de não existir uma homologia nas mesmas (COLLI, 2011).

Do ponto de vista toxicológico, alguns estudos evidenciam que os transgênicos apresentam a mesma possibilidade de causar problemas tóxicos dos organismos convencionais (GAVIOLI; NUNES, 2015).

Os estudos referentes a digestibilidade são realizados em decorrência da preocupação da existência de transferência horizontal no trato gastrointestinal, porém para que isto ocorresse o DNA deveria continuar totalmente íntegro e não ser degradado pelo ambiente digestivo e por isso tal questão não apresenta grandes preocupações (ANDRADE; FALEIRO, 2011).

Para se ter um monitoramento e um cumprimento das normas de biossegurança, toda instituição que faça o manejo de técnicas com OGMs deve criar uma Comissão Interna de Biossegurança (CIBio) onde esta vai auxiliar na identificação, avaliação e comunicação dos possíveis riscos existentes. Para o desenvolvimento de pesquisas envolvendo OGMs e seus derivados, a CIBio interessada deve solicitar um Certificado de Qualidade de Biossegurança (CQB) que é emitido pela CTNBio.

Concomitante a essas questões burocráticas, os transgênicos quando estão sendo desenvolvidos passam pela análise de risco que é composta por três etapas essenciais: a avaliação de risco, o manejo de risco e a comunicação de risco (ANDRADE; FALEIRO, 2011; COSTA et al., 2011). Estas três etapas auxiliam em uma eficiente produção dos transgênicos devido analisarem completamente suas características e oferecer condições para que os mesmos possam ser corretamente comercializados.

Mesmo com essas longas etapas de avaliação ainda é necessário uma maior atenção às leis referentes a biossegurança para manter um alto controle dos transgênicos e para apresentar uma maior confiabilidade e uma maior segurança na utilização desses organismos produzidos em larga escala e que exigem uma alta fiscalização no seu cultivo.

É necessário um maior aprofundamento na biossegurança ambiental em relação aos distintos impactos ambientais existentes, devido apresentaram uma alta complexidade e mesmo necessitando de alguns fatores para a ocorrência, os danos ambientais podem ocorrer abundantemente nas plantações dos transgênicos. Em vista disso, é necessário o estabelecimento de medidas mitigadoras específicas para cada organismo com a finalidade de evitar a ocorrência dos impactos ambientais.

Considerações finais

A produção dos transgênicos e sua eventual liberação no meio ambiente acarretam em inúmeras discussões e preocupações sobre os potenciais impactos ambientais que estes organismos podem gerar em curta e larga escala. É importante salientar que os transgênicos são organismos que apresentam características que podem acarretar no desenvolvimento de impactos ambientais e conseqüentemente tendo a presença destes pode-se haver uma redução na viabilidade da tecnologia e um desequilíbrio na biodiversidade local.

Pôde-se verificar que a biossegurança ambiental é um fator que está presente desde o início da produção até a pós-liberação dos transgênicos, as ações realizadas são extremamente relevantes para minimizar ou erradicar os perigos e conseqüentemente para assegurar e controlar um desenvolvimento sustentável e amplamente inovador.

A análise de risco ambiental que é um fator indispensável na biossegurança ambiental pode-se afirmar que é um dos processos mais importantes no desenvolvimento dos transgênicos devido à alta necessidade da completa avaliação, porém é uma fase bastante complexa em decorrência das múltiplas características e funções que um organismo pode possuir e tais aspectos devem ser avaliados minuciosamente a fim de auxiliar na tomada de decisões sobre a liberação e o cultivo comercial desses organismos.

Os autores revelam que mesmo com a possibilidade, as avaliações científicas que foram feitas até a atualidade não evidenciaram nenhuma detecção de danos ambientais decorrentes dos transgênicos comercializados presentemente. Em decorrência disso, podemos compreender a importância do desenvolvimento de organismos transgênicos para a solução de problemas existentes atualmente.

As interações dos transgênicos com a biodiversidade receptora não são aprofundadas cientificamente para estimar a possibilidade de ocorrência de danos ao ambiente e também para avaliar a segurança da tecnologia. Diante disso, é imprescindível evidenciar a carência de estudos e a importância da continuidade de pesquisas mais completas referentes à biossegurança e o monitoramento ambiental de organismos transgênicos para a existência de um controle, de uma minimização ou erradicação de riscos aos seres vivos.

Referências

ANDRADE, S. R. M.; FALEIRO, F. G. Biossegurança ambiental e alimentar de OGMs. In: FALEIRO, F. G.; ANDRADE, S. R. M.; JUNIOR, F.

CHAIA, R. R.; CHAIA, J. R. Organismos geneticamente modificados–análise crítica sob o enfoque do desenvolvimento local. **Multitemas**, n. 39, p. 125-138, 2011.

COLLI, W. Organismos transgênicos no Brasil: regular ou desregular? **Revista USP**, n. 89, p. 148-173, 2011.

COSTA, T. E. M. M. et al. Avaliação de risco dos organismos geneticamente modificados. **Ciência e Saúde Coletiva**, v. 16, n. 1, p. 327-336, 2011.

COSTA, T. E. M. M.; MARIN, V. A.. Rotulagem de alimentos que contém Organismos Geneticamente Modificados: políticas internacionais e Legislação no Brasil. **Ciência e Saúde Coletiva**, v. 16, n. 8, p. 3571-3582, 2011.

GAVIOLI, A. P. R.; NUNES, J. S. A soja transgênica no Brasil e suas influências à saúde e ao meio ambiente. **Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente**, v. 6, n. 2, p. 1-16, 2015.

ISAAA. 2016. **Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2016**. ISAAA Brief No. 52. ISAAA: Ithaca, NY

MACHADO, V.; FIUZA, L. M. Manejo da resistência: na era das plantas transgênicas. **Oecologia Australis**, v. 15, n. 2, p. 291-302, 2011.

MARTINS, E. et al. Algodão Bt e refúgio: orientações para manejo de resistência. **Instituto Mato-grossense do Algodão**, n. 9, 2014.

NAKATANI, A. S. et al. Avaliação quantitativa da microbiota em solo de cultivo de soja transgênica em seis locais do Brasil. **FERTBIO: A responsabilidade socioambiental da pesquisa agrícola**, 2012.

SCHUSTER, I. Fluxo gênico e coexistência de lavouras com espécies transgênicas e convencionais. **Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes**, v. 23.



ZANCANARO, P. O. et al. Avaliação de tecnologias de refúgio no cultivo de milho transgênico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.7, p. 886-891, 2012.