

Biotecnologia aplicada ao manejo de plantas daninhas**Biotechnology applied to weed management**

DOI:10.34117/bjdv6n5-027

Recebimento dos originais: 15/04/2020

Aceitação para publicação: 04/05/2020

Darlene Sausen

Doutora em Agronomia pela Universidade Federal de Santa Maria
Instituição: Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Endereço: RN 160 - Km 03 - Distrito de Jundiá, Macaíba-RN, Brasil
E-mail: darlene_sn@yahoo.com.br

Lucas Palhares Marques

Acadêmico de Engenharia Agrônoma
Instituição: Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Endereço: RN 160 - Km 03 - Distrito de Jundiá, Macaíba-RN, Brasil
E-mail: lucas_palhares.m@hotmail.com

Letícia de Oliveira Bezerra

Acadêmica de Engenharia Agrônoma
Instituição: Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Endereço: RN 160 - Km 03 - Distrito de Jundiá, Macaíba-RN, Brasil
E-mail: leticiabezerra99@hotmail.com

Euler dos Santos Silva

Acadêmico de Engenharia Agrônoma
Instituição: Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Endereço: RN 160 - Km 03 - Distrito de Jundiá, Macaíba-RN, Brasil
E-mail: euler_rn@hotmail.com

Débora Candido

Acadêmica de Engenharia Agrônoma
Instituição: Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Endereço: RN 160 - Km 03 - Distrito de Jundiá, Macaíba-RN, Brasil
E-mail: dbcandido2@gmail.com

RESUMO

O controle de plantas daninhas é uma atividade essencial na produção agrícola. A biotecnologia é uma importante aliada do produtor para garantir uma boa safra. Apesar dessa inovação tecnológica não ser utilizada diretamente nas plantas daninhas, sua aplicação nas culturas agrícolas modifica totalmente a forma de se executar o manejo delas em uma lavoura. Plantas geneticamente modificadas apresentam tolerância a herbicidas de largo espectro, permitindo um controle mais eficiente, de menor custo e com um número reduzido de aplicações de herbicidas, gerando maior produtividade e menor impacto ambiental. O objetivo

deste trabalho é analisar as mudanças no manejo de plantas daninhas decorrentes da aplicação da biotecnologia. Para tanto, será discutido como é feita a identificação de plantas daninhas para definir o manejo a ser adotado e dessa forma, poder minimizar problemas ambientais e econômicos. O manejo integrado de plantas daninhas é sem dúvidas a melhor forma de se evitar interferência e competição entre as plantas daninhas e as cultivadas e assim garantir maior rentabilidade ao produtor. Em uma agricultura de grande escala, a produção sem o uso do controle químico dificilmente seria possível, e diante disto, especialmente, a utilização da biotecnologia para combater as plantas daninhas precisa ser ampliada desde que, o manejo seja feito de forma correta.

Palavras-chave: Controle; Herbicidas; Organismos geneticamente modificada; Plantas transgênicas, Resistência.

ABSTRACT

Weed control is an essential activity in crop production. Biotechnology is an important associate for producers to insure a good harvest. Although this technological innovation is not used directly in weeds, its application in agricultural crops totally modifies the way of managing them in a crop. Genetically modified plants are tolerant to wide spectrum herbicides, allowing for more efficient control, less cost and with a reduced number of herbicide applications, generating greater productivity and less environmental impact. The objective of this work is to analyze the changes in weed management resulting from the application of biotechnology. For that, it will be discussed how weed identification is done to define the management to be adopted and, thus, to be able to minimize environmental and economic problems. Integrated weed management is undoubtedly the best way to avoid interference and competition between weeds and cultivated ones and thus ensure greater profitability for the producer. In large-scale agriculture, production without the use of chemical control would hardly be possible, and in view of this, especially, the use of biotechnology to combat weeds needs to be expanded as long as the management is done correctly.

Keywords: Control; Genetically modified organism; Herbicides; Transgenic plants, Resistance.

1 INTRODUÇÃO

Foi graças a agricultura que o homem deixou de ser nômade e passou a cultivar o solo para produzir seu próprio alimento e assim poder formar povoados e cidades. Com o passar dos anos a agricultura deixou de ser apenas fornecedora de produtos para alimentar o mundo e passou a exercer um grande papel econômico, social e ambiental nas sociedades (FELDENS, 2018).

Neste cenário o uso de tecnologias é uma realidade que promove praticidade na execução de tarefas diárias no campo, auxilia na tomada de decisões agrônômicas pelo produtor e potencializa os índices de produção (MARTINS; CARDOSO, 2019). A ciência que trata das plantas que crescem naturalmente em áreas de atividade humana e que causam

prejuízos a essa atividade não poderia ficar de fora dessa progressão ocorrida na agricultura, e por isso vem se modificando e acompanhando a evolução que ocorre no campo.

A biotecnologia agrícola é uma importante aliada do produtor para garantir uma boa safra. Através dela os melhoristas podem inserir características necessárias nas plantas para responder a alguns dos desafios globais da produção de alimentos (VARGAS et al. 2018). Essas plantas, incluindo as culturas geneticamente modificadas (GM), também conhecidas como transgênicas, podem apoiar a segurança alimentar, o desenvolvimento econômico e melhorar a qualidade do ambiente. Apesar dessa inovação tecnológica não ser utilizada diretamente nas plantas daninhas, sua aplicação nas culturas agrícolas modifica totalmente a forma de se executar o manejo delas em uma lavoura.

O controle de plantas daninhas é uma atividade essencial na produção agrícola, dada a concorrência por água, nutrientes, espaço e luz solar que estas têm com as plantas cultivadas (SCHNEIDER et al., 2018; DEMÉTRIO et al., 2008). Para melhorar ainda mais esse controle, foram desenvolvidas plantas GM que apresentam tolerância a herbicidas de largo espectro, permitindo um controle mais eficiente, de menor custo e com um número reduzido de aplicações de herbicidas, gerando maior produtividade e menor impacto ambiental. Já existem no mercado mundial plantas de soja (*Glycine max*), milho (*Zea mays*), canola (*Brassica campestris*), algodão (*Gossypium hirsutum* L.), beterraba (*Beta vulgaris* L.), alfafa (*Medicago sativa* L.), trigo (*Triticum aestivum*) e arroz (*Oryza sativa* L.) com esta tecnologia (EMBRAPA, 2019; SCHNEIDER et al., 2018; CTNBio, 2017; EUROPABIO, 2017; CERDEIRA et al., 2009; MONQUEIRO, 2005), e outras espécies agrícolas ainda são objeto de pesquisa.

Mas afinal, como deve ser feito o manejo de plantas daninhas? Em lavouras de culturas transgênicas o manejo ocorre da mesma forma que em culturas convencionais? Qual a problemática envolvendo a resistência de plantas daninhas a herbicidas? Não existe uma resposta padrão que possa ser usada de forma generalizada. Mas, esse trabalho tem por objetivo responder essas perguntas e explorar o assunto, sem intenção de esgotá-lo. Para tanto, começaremos explicando o que é uma planta daninha e como identificá-la, para em seguida discutirmos as técnicas biotecnológicas empregadas e as consequências de sua utilização.

2 IDENTIFICAÇÃO DE UMA PLANTA DANINHA

As plantas daninhas acompanham os seres humanos desde sua aparição na Terra, apesar de inicialmente não serem tratadas com esta denominação. Hoje, sabemos que uma

planta daninha verdadeira é uma planta que cresce espontaneamente em meio a uma cultura de interesse e que apresenta características especiais que permitem sua sobrevivência no ambiente (CARVALHO, 2013). Dentre estas características as plantas daninhas podem apresentar (OLIVEIRA et al. 2011):

- Maior habilidade que as plantas cultivadas na absorção de recursos como nutrientes, luz, água e CO₂;
- Perpetuar-se, tanto por sementes (produzem grande quantidade de sementes), quanto por via vegetativa (bulbos, estolões, rizomas, tubérculos e caules);
- A germinação das sementes pode ocorrer ao longo do tempo (formam um banco de sementes);
- Capacidade de germinar e emergir em profundidades muito superiores às espécies agrícolas;
- Desenvolvimento de características que mantém suas estruturas de propagação viáveis, mesmo em ambientes, ou épocas do ano, com determinadas limitações de recursos como luz, água e temperatura.
- Rápido crescimento e desenvolvimento inicial o que lhes garante maiores chances de vencer no processo competitivo;
- Diferentes métodos de dispersão no espaço (vento, água, animais, homem e máquinas).

Estas e outras características das plantas daninhas conferem a elas alguns aspectos negativos, por ocorrem em locais onde não são desejadas e por interferirem com as culturas econômicas, afetando a produtividade ou a qualidade do produto colhido. Neste contexto, é imprescindível destacar que algumas destas plantas daninhas podem causar sérios prejuízos por: competirem pelos fatores de crescimento (luz, água, nutrientes, CO₂ e espaço); dificultarem os tratos culturais e colheita; elevar o custo de controle, causarem problemas na certificação de sementes; reduzirem a qualidade do produto comercial; serem parasitas; serem alelopáticas; serem hospedeiras de pragas, doenças e nematóides; causarem intoxicação de animais; obstruírem canais de irrigação; serem veículo de propagação de incêndios e reduzir o valor da terra, entre outros (CARVALHO, 2013; VASCONCELOS et al., 2012; OLIVEIRA et al. 2011).

No entanto, não devemos buscar a erradicação completa das plantas daninhas, mas minimizar a competição com as culturas de interesse e os efeitos nocivos ao ambiente. Para tanto, o conhecimento das espécies é fundamental na adoção de medidas de controle.

A classificação das plantas daninhas leva em consideração características da planta adulta e, principalmente, detalhes florais, no entanto, torna-se importante o conhecimento das

espécies, na fase inicial de crescimento para obtenção de maior sucesso no controle (Figura 1). O controle se torna mais eficaz quando a identificação das plantas daninhas ocorre de forma precoce, o que evita sua propagação, facilita a sua retirada, o controle químico é mais eficiente e conseqüentemente o custo do controle será menor.

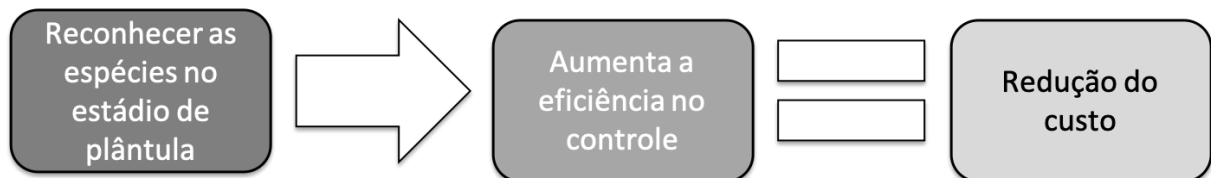


Figura 1. Estratégia para garantir o sucesso no controle de plantas daninhas.

A identificação das plantas daninhas é o primeiro passo para o desenvolvimento de um programa de manejo (GAZZIERO et al. 2006). Para o reconhecimento das plantas daninhas na lavoura, o agricultor pode contar com catálogos de identificação e aplicativos de celulares gratuito que auxiliam a identificar plantas daninhas a partir de imagens tiradas pelo próprio celular de forma fácil, rápida e ainda no campo. A partir do levantamento da infestação de plantas daninhas é possível a seleção, integração e implementação de táticas de manejo de plantas daninhas, levando em consideração as conseqüências econômicas, ecológicas e sociológica.

3 MANEJO INTEGRADO DE PLANTAS DANINHAS

Quando uma infestação de plantas daninhas é observada em uma lavoura existe a possibilidade de ocorrer interferência das plantas daninhas na cultura. O grau dessa interferência depende da comunidade vegetal infestante (espécie, densidade e distribuição), da cultura (cultivar, espaçamento e densidade), do ambiente (solo, clima e manejo) e do período de convivência (VASCONCELOS et al., 2012). O programa de manejo deverá se adequar às diferentes situações encontradas em nível de campo, não sendo um sistema único e engessado para todas as culturas. O que torna indispensável a integração dos métodos de controle em um programa de manejo de plantas daninhas (Figura 2).

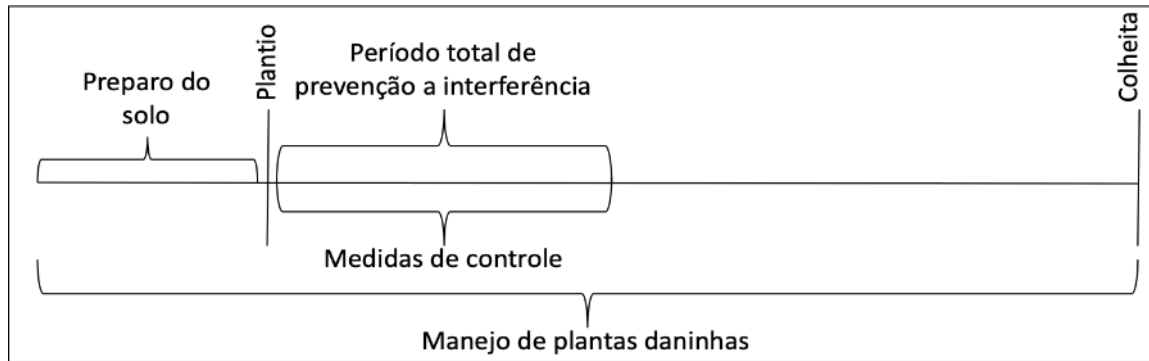


Figura 2. Manejo x Controle de plantas daninhas.

Mesmo que já exista uma determinada espécie de planta daninha dentro de uma área, deve-se utilizar medidas preventivas para impedir a entrada de novos propágulos e, com isto, reduzir o potencial de infestação. Também, deve-se conter focos iniciais de novas plantas daninhas que porventura ocorram na área explorada, evitando a sua dispersão pela propriedade (VICTORIA FILHO, 2000). Normalmente as medidas preventivas e de contenção não demandam custos elevados e são de fácil execução, sendo que o retorno dessas medidas é sempre positivo em médio e longo prazos.

As medidas de controle propriamente ditas (Figura 3), referem-se à utilização de medidas diretas que tem como objetivo reduzir suficientemente o número ou o desenvolvimento das plantas daninhas a fim de impedir que a interferência sobre as plantas cultivadas afete a produção econômica. Tais medidas servem também para prevenir o aumento no número de propágulos para as explorações futuras.

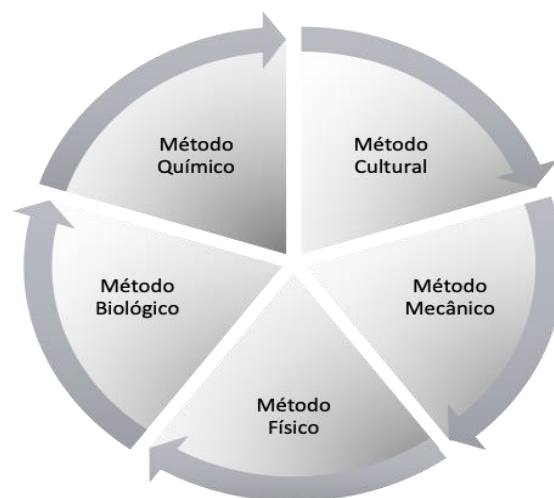


Figura 3. Métodos de controle de plantas daninhas num manejo integrado.

As medidas culturais são todas aquelas que favorecem a competitividade da cultura em relação à planta daninha. Já medidas mecânicas são todas aquelas que usam de algum instrumento que arranque ou corte as plantas daninhas. Diferente das medidas físicas que usam de alguma prática que exerça influência física sobre as plantas daninhas. Enquanto as medidas biológicas são todas aquelas que usam de inimigos naturais capazes de reduzir a população das plantas daninhas e, assim, sua capacidade de competir, através de equilíbrio populacional entre o inimigo natural e a planta daninha hospedeira. E por fim, as medidas químicas são todas aquelas que usam de produtos químicos, sintéticos, que em concentrações adequadas interferem nos processos bioquímicos e fisiológicos, podendo matar ou retardar significativamente o crescimento das plantas daninhas. Na tabela 1 estão exemplificadas práticas agrícolas de cada uma das medidas de controle apresentadas anteriormente.

Tabela 1. Práticas agrícolas de acordo com a medida de controle

Medidas de controle	Exemplos de práticas
Culturais	Uso de sementes certificadas. Uso de cultivares mais competitivas (adaptadas). Uso de espaçamento mais estreito. Uso de densidade de plantio mais alta. Uso de sistemas de cultivo distintos. Uso de coberturas verde (culturas de cobertura). Uso de rotação de culturas. Uso do zoneamento agrícola de cada região. Preparo físico e químico do solo. Irrigação. Manejo de pragas e doenças.
Mecânicas	Monda (arranquio com as mãos). Capina (manual ou mecânica). Roçada (manual ou mecânica).
Físicas	Inundação (manejo da água). Queima (manejo do fogo). Cobertura do solo (manejo da palha). Controle térmico (solarização). Controle térmico (temperatura da água). Choque elétrico, raios laser, ultrassom, micro-ondas etc.
Biológicas	Liberação e monitoramento de inimigos naturais. Uso de animais de pastejo. Uso de peixes herbívoros.
Químicas	Uso de herbicidas pré-plantio. Uso de herbicidas pré-emergência. Uso de herbicidas pós-emergência. Uso de herbicidas para dessecação.

Desta forma, por exemplo, um produtor de soja, ao adquirir sementes isentas de disseminulos de espécies não desejadas já está manejando as plantas daninhas de sua lavoura. Da mesma forma, quando realiza a limpeza de máquinas e a dessecação na entre safra da cultura principal, está fazendo uso de medidas de controle sem mesmo perceber tal atividade.

Não há um método que seja eficiente em todas as situações ou ambientes onde as culturas e as plantas daninhas estão se desenvolvendo, portanto, deve-se analisar quais práticas devem ser adotadas. Para diminuir os custos e tornar o sistema agrícola mais sustentável é preciso diversificar os métodos de controle.

Todavia, o controle químico é utilizado em larga escala, muitas vezes, inadequadamente, de forma exclusiva no controle de plantas daninhas. Pode-se atribuir essa grande aceitação do uso de herbicidas pelos produtores ao fato de o controle químico das plantas daninhas proporcionar as seguintes vantagens (SILVA; SILVA, 2007):

- Menor dependência da mão-de-obra, que é cada vez mais cara, difícil de ser encontrada no momento certo, na quantidade e qualidade necessária.
- Mesmo em épocas chuvosas, o controle químico das plantas daninhas é mais eficiente.
- É eficiente no controle de plantas daninhas na linha de plantio e não afeta o sistema radicular das culturas.
- Permite o cultivo mínimo ou plantio direto das culturas.
- Pode controlar plantas daninhas de propagação vegetativa.
- Permite o plantio a lanço e, ou, alteração no espaçamento, quando for necessário.

O grande problema na utilização do controle químico de forma majoritária de controle de plantas daninhas está na possibilidade de desenvolvimento de plantas resistentes a herbicidas.

4 CULTURAS RESISTENTES A HERBICIDAS

Técnicas de biologia molecular, cultura de tecidos e transferência exógena de genes tem sido combinadas pela biotecnologia agrícola para o desenvolvimento de culturas geneticamente modificadas (GM). Essas ferramentas permitem que genes da própria espécie sejam modificados, ou novos genes sejam incluídos para dar origem a variedades vegetais com características desejáveis (EUROPABIO, 2017).

A maioria das culturas GM produzidas comercialmente têm características melhoradas para tolerância a herbicidas, resistência a insetos ou ambas (acumulação de múltiplas características). Culturas GM com tolerância a herbicidas ocupam sozinhas mais de 90 milhões

de hectares em todo mundo todo, sendo os EUA, o Brasil e a Argentina os países que lideram a produção de culturas biotecnológicas (ISAAA, 2015; JAMES et al., 2015).

A resistência a herbicidas para as culturas de interesse econômico pode ser realizada por técnicas biotecnológicas como (MONQUERO, 2005):

- Seleção de células e cultura de tecido; quando suspensões de cultura de células vegetais são expostas a concentrações diferentes e crescentes de ingrediente ativo de um herbicida e o subsequente isolamento das plantas resistente e avaliação.
- Hibridação; quando a resistência a herbicidas de uma planta daninha é transferida para as plantas cultivadas da mesma família.
- Transferência de genes; quando é realizada a transferência de genes que alteram o sitio de ação, degradação do herbicida e superprodução da proteína alvo para uma cultura de interesse.

Desde 1998 existem plantas GM resistentes a herbicidas aprovadas pelo Comissão Técnica Nacional de Biossegurança para comercialização no Brasil (CTNBio, 2020). Na Tabela 2 estão descritos os eventos que foram aprovados para a cultura da soja até o momento.

Tabela 2. Soja GM resistente a herbicidas já aprovadas para comercialização no Brasil (Adaptado de CTNBio, 2020).

Nome Comercial	Organismo Doador	Característica	Proteína	Ano de aprovação
Roundup Ready	<i>Agrobacterium tumefaciens</i>	TH*	CP4-EPSPS	1998
Cultivance	<i>Arabidopsis thaliana</i>	TH	Csr-1-2	2009
Liberty Link TM	<i>Streptomyces viridochromogenes</i>	TH	PAT	2010
Liberty Link TM	<i>Streptomyces viridochromogenes</i>	TH	PAT	2010
Intacta RR2 PRO	<i>Agrobacterium tumefaciens/Bacillus thuringiensis</i>	TH e RI**	CP4-EPSPS Cry1Ac	2010
Enlist™	<i>Delftia acidovorans</i> <i>Streptomyces viridochromogenes</i>	TH	aad12 pat	2015
AD***	<i>Pseudomonas fluorescens</i> <i>Zea mays</i>	TH	hppd 2mepsps	2015
Enlist E3	<i>Delftia acidovorans</i> <i>Zea mays</i> <i>Streptomyces viridochromogenes</i>	TH	<i>aad-12 v1 pat</i> <i>2mepsps</i>	2015

AD	<i>Pseudomonas fluorescens</i> <i>Zea mays</i> <i>Streptomyces</i> <i>viridochromogenes</i>	TH	<i>hppd 2mepsps</i> <i>pat</i>	2015
Conkesta	<i>Bacillus thuringiensis</i> <i>Streptomyces</i> <i>viridochromogenes</i>	TH e RI	<i>cry1Ac cry 1F</i> <i>pat</i>	2016
AD	<i>Stenotrophomonas</i> <i>maltophilia</i>	TH	Dicamba mono oxigenase	2016
Conkesta Enlist E3	<i>Delftia acidovorans/Zea</i> <i>mays/Streptomyces</i> <i>viridochromogenes/Bacill</i> <i>us thuringiensis</i>	TH e RI	<i>aad-12 vi,</i> <i>2mepsps; pat;</i> <i>cry1Ac; cry1F</i> <i>v3</i>	2017
Xtend	<i>Agrobacterium sp;</i> <i>Stenotrophomonas</i> <i>maltophilia</i>	TH	EPSPS; DMO	2017
Plenish™x Plenish™; Plenish™ RR1	<i>Glicine max; A.</i> <i>tumefaciens</i>	gm-hra; gm-fad2-1 (parcial); cp4 epsps (aroA:CP4)	GMHRA, ***, EPSPS	2018
AD	<i>B. thuringiensis subsp.</i> <i>Kumamotoensis; S.</i> <i>maltophilia strain DI-6; A.</i> <i>tumefaciens</i>	TH e RI	<i>Cry1A.105;</i> <i>Cry2Ab;</i> <i>Cry1Ac; dmo;</i> <i>cp4-epsps</i>	2018
AD	<i>Helianthus anus, s.</i> <i>higroscopicus, A.</i> <i>tumefaciens</i>	TH e a seca	HaHB4, PAT, EPSPS	2019

*TH – tolerante a herbicidas; **RI – resistente a insetos; ***AD - aguardando denominação

Atualmente todas as culturas GM disponíveis no mercado demonstram serem seguras ao consumo humano e animal e apresentam relatório sobre seu potencial de impacto ambiental (EUROPABIO, 2017). Todos os produtos GM passam por um rigoroso processo de avaliação e segurança, realizado por autoridades competentes (CTNBio, 2020).

A utilização de cultivares resistentes a herbicidas é uma tecnologia que auxilia na produção de alimentos de forma mais sustentável. Uma vez que, seu emprego diminui o número de operações de pulverização na lavoura em mais de 50%, o que reduz também a mobilização do solo, o consumo de combustível, a emissão de gases de efeito estufa e aumenta a retenção de umidade no solo, entre outras vantagens (EUROPABIO, 2017, JAMES et al., 2015; CARPENTER, 2010; CERDEIRA et al., 2009; MONQUERO, 2005).

A redução de gastos e aumento da produtividade proporcionados por essa tecnologia é inegável. E o emprego das culturas transgênicas no Brasil mudou totalmente a forma de se

produzir alimentos e hoje quase 100% da safra de soja, milho e algodão são GM e ocupam uma área de mais de 53 milhões de hectares (FOLHA VITÓRIA, 2018).

5 COMO A BIOTECNOLOGIA PROMOVEU MUDANÇAS NO MANEJO DE PLANTAS DANINHAS

A biotecnologia não se aplica diretamente nas plantas daninhas, uma vez que não existe interesse em melhorar tais plantas. Mas a engenharia genética trouxe grandes facilidades ao agricultor quanto ao controle de plantas daninhas.

Na soja convencional plantada no Brasil em larga escala até os anos 2000 o controle químico de plantas daninhas era o mais utilizado (Figura 4). Este controle consiste na utilização de herbicidas, que inibem o desenvolvimento ou provocam a morte das plantas daninhas. Estes produtos são de diferentes grupos químicos e mecanismos de ação, podendo ser seletivos ou não à cultura.

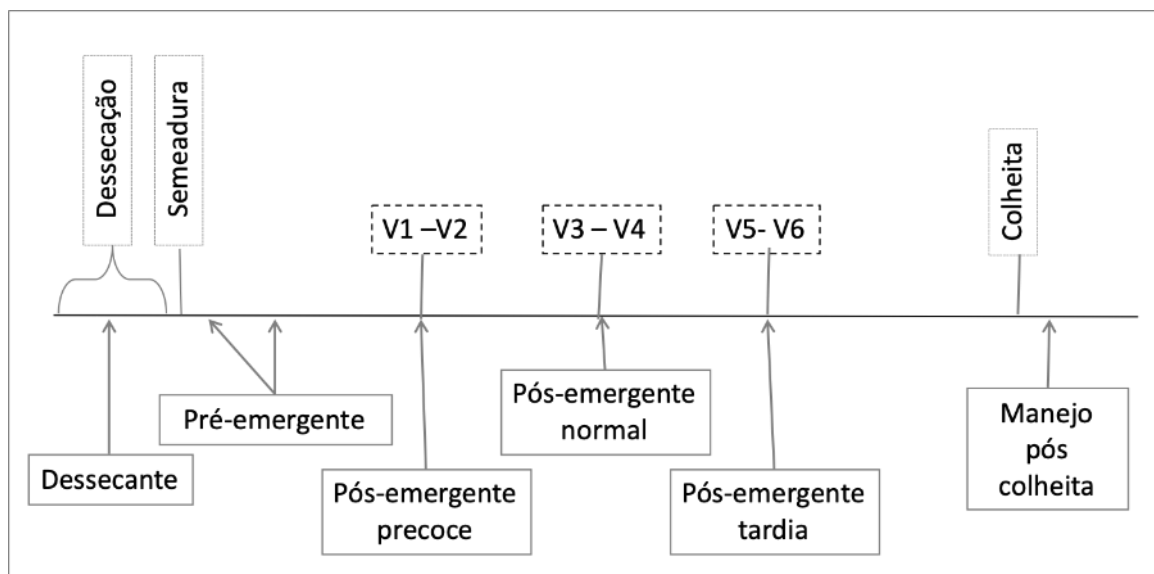


Figura 4. Exemplo de modelo de controle químico de plantas daninhas utilizado na cultura da soja convencional na safra 2005/2006.

Os herbicidas de ação seletiva são importantes no controle de plantas daninhas que crescem junto com a cultura, uma vez que, estes produtos tem ação somente sobre as plantas daninhas sem causar prejuízo a cultura. Porém, o uso de alguns herbicidas seletivos tem pouca eficiência no controle de plantas daninhas e pode acarretar injurias à cultura.

O surgimento das plantas geneticamente modificados (GM) mudou o cenário agrícola mundial. A soja Roundup Ready (Soja RR) foi a primeira planta transgênica a ser aprovada para alimentação humana e animal (KLEBA, 1998). A soja RR é tolerante ao herbicida glifosato e foi obtida pela introdução no genoma da planta do gene que codifica a enzima 5-enolpiruvatoshiquimato-3-fosfato sintase (EPSPS), isolado da bactéria *Agrobacterium tumefaciens* estirpe CP4. A soja geneticamente modificada é capaz de metabolizar o glifosato, tornando-se imune aos efeitos destrutivos e letais desse herbicida (FARRAPO, 2002).

A liberação do plantio da soja transgênica no Brasil na safra 2005/2006 trouxe notoriamente redução nos custos de produção, facilidade e simplicidade no manejo de plantas daninhas (Figura 5). Nesse período, foi possível observar no plantio da soja transgênica a utilização de um menor volume dos mais diferentes tipos de herbicidas, além da ausência do efeito residual no solo, como ocorria com outros herbicidas anteriormente utilizados que acabavam afetando as lavouras subsequentes à soja, como o milho e o trigo.

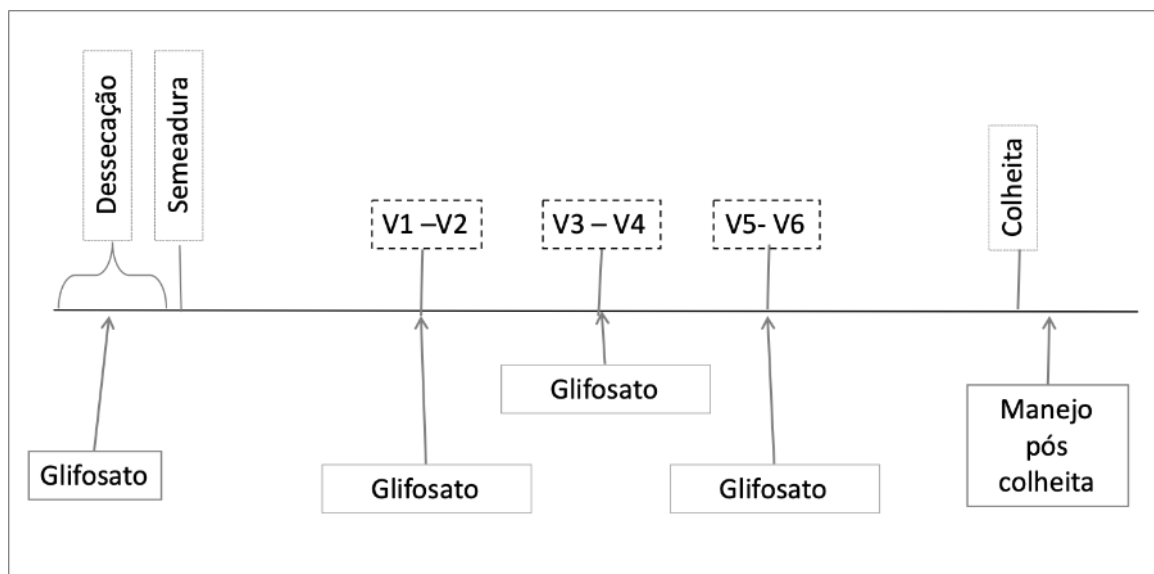


Figura 5. Exemplo de modelo de controle químico de plantas daninhas utilizado na cultura da soja transgênica na safra 2005/2006.

Essa tecnologia da soja transgênica que permite a utilização do glifosato em pós-emergência da cultura sem afetá-la, baixou o custo de produção. Em valores atuais, pesquisas realizadas na cultura da soja, mostram que o controle de plantas daninhas em lavoura de soja convencional sem problemas de resistência custa R\$ 62, 57 ha⁻¹ e em lavoura convencional

com problemas de resistência R\$ 285,98 ha⁻¹ enquanto em lavoura de soja transgênica o custo com o controle de plantas daninhas ficava em R\$ 92,03 ha⁻¹ (ADEGAS et al., 2017).

Além do baixo custo para controlar plantas daninhas, o herbicida glifosato foi usado amplamente na cultura da soja transgênica em pós-emergência para auxiliar no controle das plantas resistentes como o Amendoim bravo (*Euphorbia heterophylla*) e o Picão-preto (*Bidens pilosa*). Porém, com o uso intensivo desse herbicida novamente houve a seleção de outras espécies resistentes e hoje são encontrados problemas com Azevém (*Lolium multiflorum*), Buva (*Conyza* spp.), Caruru (*Amaranthus palmeri*) e diferentes Capins (*Digitaria insularis*, *Chloris elata*, *Eleusine indica*) resistentes ao glifosato (HEAP, 2020).

Devido a isto, estudos revelam dados alarmantes dos custos de produção em lavouras de soja com plantas daninhas resistentes ao glifosato. Para as infestações isoladas de buva e de azevém, 42 e 48%, respectivamente e até 165% se houver capim-amargoso resistente. Em casos de infestações mistas de buva e capim-amargoso, por exemplo, o aumento médio é de 222% no custo de produção da soja, reflexo do aumento do gasto com herbicidas e pela perda de produtividade da soja (ADEGAS, 2017).

De forma geral, o manejo dos biótipos resistentes, como azevém e buva, deve ser feito com o uso de mecanismos alternativos, não repetindo uso em um mesmo ano de mecanismos de ação, evitando a utilização dos produtos para os quais os biótipos possuem resistência. Os casos de resistência no Brasil foram resolvidos historicamente com a introdução de novas moléculas ou de uma nova tecnologia que permitiu o uso de uma nova molécula. Contudo, para os novos casos de resistência múltipla (buva e azevém), não existem perspectivas de lançamento de novas moléculas ou tecnologia com potencial de controle eficiente para essas plantas daninhas resistentes (VARGAS et al., 2013).

Assim, para evitar o agravamento da seleção de espécies tolerantes e/ou resistentes e prolongar o tempo de utilização eficiente da tecnologia das culturas resistentes ao glifosato e outros herbicidas, o produtor deve adotar medidas de manejo para prevenir a seleção de espécies resistentes e/ou tolerantes, reduzindo a pressão de seleção e controlando os indivíduos resistentes antes que eles possam se multiplicar, com técnicas como as já citadas anteriormente dentro de um manejo integrado de plantas daninhas. Vale ressaltar, que dentro do controle químico, a mistura de produtos com diferentes mecanismos de ação proporciona controle eficiente por maior número de anos do que ambos aplicados de forma isolada (VARGAS; ROMAN, 2006).

6 RESISTÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS A HERBICIDAS

A resistência a herbicidas é um dos grandes problemas enfrentados na agricultura atual. Conceitualmente resistência de plantas daninhas a herbicidas é a capacidade adquirida por determinado grupo de indivíduos dentro da população (biótipo) em sobreviver e se reproduzir após exposição ao herbicida que controla outros indivíduos da mesma espécie, desde que aplicado em doses e condições recomendadas pelo fabricante (CHRISTOFFOLETI, 2008).

O uso de todo e qualquer herbicida está sujeito a selecionar populações de plantas daninhas resistentes, visto que plantas daninhas ocorrem naturalmente em baixa frequência. Ou seja, os herbicidas não provocam a resistência, apenas selecionam os biótipos resistentes já presentes dentro de uma população da mesma espécie de planta daninha, nas áreas agrícolas, devido ao seu uso continuado.

Na safra 2019/20 o Brasil cultivou 36.820,8 mil hectares com soja em seu território (CONAB, 2020). Na tabela 3 é apresentada as plantas daninhas resistentes a herbicidas registradas apenas em lavouras de soja no país. Mas já foram comprovadas a existência de 51 biótipos que apresentam simples ou múltipla resistência a herbicidas. Como consequência da resistência de plantas daninhas a herbicidas podemos citar a restrição da utilização dos herbicidas de ação total, perdas de rendimento e qualidade dos produtos e maiores custos de controle de plantas daninhas o que resulta na necessidade de modificações nos sistemas de produção.

Tabela 3. Casos de resistência de plantas daninhas em lavouras de soja registradas no Brasil até o ano 2020
(Adaptado de HEAP, 2020).

Ano de registro	Espécie	Nome comum	Mecanismo de ação
1993	<i>Bidens pilosa</i>	Picão preto	Inibidores da ALS
1993	<i>Euphorbia heterophylla</i>	Amendoim bravo	Inibidores da ALS
1996	<i>Bidens subalternans</i>	Picão	Inibidores da ALS
1997	<i>Urochloa plantaginea</i>	Capim marmelada	Inibidores da ACCase
1999	<i>Sagittaria montevidensis</i>	Sagitária	Inibidores da ALS
1999	<i>Echinochloa crus-gavonis</i>	Capim-arroz	Mimetizadores da Auxina
1999	<i>Echinochloa crus-galli</i> var. <i>crus-galli</i>	Capim-arroz	Mimetizadores da Auxina
2000	<i>Cyperus difformis</i>	Junquinho	Inibidores da ALS
2001	<i>Fimbristylis miliacea</i>	Cuminho	Inibidores da ALS
2001	<i>Raphanus sativus</i>	Nabiça	Inibidores da ALS
2002	<i>Digitaria ciliaris</i>	Milhã	Inibidores da ACCase

2003	<i>Lolium perenne ssp. multiflorum</i>	Azevém	Inibidores da EPSP
2003	<i>Eleusine indica</i>	Capim-pé-de-galinha	Inibidores da ACCase
2004	<i>Euphorbia heterophylla</i>	Amendoim bravo	Múltipla resistência: Inibidores da ALS e Inibidores da PROTOX
2004	<i>Parthenium hysterophorus</i>	Losna branca	Inibidores da ALS
2005	<i>Conyza bonariensis</i>	Buva	Inibidores da EPSP
2005	<i>Conyza canadensis</i>	Buva	Inibidores da EPSP
2006	<i>Oryza sativa var. sylvatica</i>	Arroz vermelho	Inibidores da ALS
2006	<i>Bidens subalternans</i>	Picão	Múltipla resistência: Inibidores da ALS e Inibidores do FSII
2008	<i>Digitaria insularis</i>	Capim colchão	Inibidores da EPSP
2009	<i>Echinochloa crus-galli var. crus-galli</i>	Capim-arroz	Múltipla resistência: Inibidores da ALS e Mimetizadores da Auxina
2009	<i>Sagittaria montevidensis</i>	Sagitária	Múltipla resistência: Inibidores da ALS e Inibidores do FSII
2010	<i>Lolium perenne ssp. multiflorum</i>	Azevém	Inibidores da ALS
2010	<i>Lolium perenne ssp. multiflorum</i>	Azevém	Múltipla resistência: Inibidores da ACCase e Inibidores da EPSP
2010	<i>Conyza sumatrensis</i>	Buva	Inibidores da EPSP
2010	<i>Avena fatua</i>	Aveia branca	Inibidores da ACCase
2011	<i>Conyza sumatrensis</i>	Buva	Inibidores da ALS
2011	<i>Conyza sumatrensis</i>	Buva	Múltipla resistência: Inibidores da ALS e Inibidores da EPSP
2011	<i>Amaranthus retroflexus</i>	Caruru	Múltipla resistência: Inibidores da ALS e Inibidores do FSII
2011	<i>Amaranthus viridis</i>	Caruru	Múltipla resistência: Inibidores da ALS e Inibidores do FSII
2012	<i>Amaranthus retroflexus</i>	Caruru	Inibidores da ALS
2013	<i>Raphanus raphanistrum</i>	Nabiça	Inibidores da ALS
2013	<i>Ageratum conyzoides</i>	Mentrasto	Inibidores da ALS
2014	<i>Chloris elata</i>	Capim de rhodes	Inibidores da EPSP
2014	<i>Amaranthus retroflexus</i>	Caruru	Inibidores da PROTOX
2014	<i>Cyperus iria</i>	Tiririca	Inibidores da ALS
2015	<i>Amaranthus palmeri</i>	Caruru	Inibidores da EPSP
2015	<i>Echium plantagineum</i>	Soagem	Inibidores da ALS

2015	<i>Echinochloa crus-galli</i> var. <i>crus-galli</i>	Capim-arroz	Múltipla resistência: Inibidores da ACCase, Inibidores da ALS e Inibidores da celulose
2016	<i>Eleusine indica</i>	Capim-pé-de-galinha	Inibidores da EPSP
2016	<i>Amaranthus palmeri</i>	Caruru	Múltipla resistência: Inibidores da ALS e Inibidores da EPSP
2016	<i>Digitaria insularis</i>	Capim colchão	Inibidores da ACCase
2016	<i>Bidens pilosa</i>	Picão preto	Múltipla resistência: Inibidores da ALS e Inibidores do FSII
2016	<i>Lolium perenne</i> ssp. <i>multiflorum</i>	Azevém	Múltipla resistência: Inibidores da ACCase e Inibidores da ALS
2016	<i>Conyza sumatrensis</i>	Buva	Inibidores do FSI
2017	<i>Lolium perenne</i> ssp. <i>multiflorum</i>	Azevém	Múltipla resistência: Inibidores da ALS e Inibidores da EPSP
2017	<i>Conyza sumatrensis</i>	Buva	Inibidores da PROTOX
2017	<i>Conyza sumatrensis</i>	Buva	Múltipla resistência: Inibidores da ALS, Inibidores do FSI e Inibidores da EPSP
2017	<i>Eleusine indica</i>	Capim-pé-de-galinha	Múltipla resistência: Inibidores da ACCase e Inibidores da EPSP
2017	<i>Conyza sumatrensis</i>	Buva	Múltipla resistência: Inibidores do PSII, Inibidores do PSI, Inibidores da PROTOX, Inibidores da EPSP e Mimetizadores de Auxina
2018	<i>Amaranthus hybridus</i> (syn: <i>quitensis</i>)	Caruru	Múltipla resistência: Inibidores do ALS, Inibidores do EPSP

Reduzir a pressão de seleção e controlar os indivíduos resistentes antes que eles possam se multiplicar são formas de evitar a perda dessa tecnologia (VARGAS; ROMAN, 2006). Algumas práticas podem ser implantadas para minimizar o risco de surgimento de plantas resistentes como: limitar o número de aplicações de um único herbicidas; aplicar os herbicidas nas doses de registro e no estágio de desenvolvimento da planta daninha recomendados; sempre que permitido realizar tratamentos sequenciais, alternando modos de ação; limpar os

equipamentos antes de movimentá-los entre talhões; monitorar os campos após a aplicação de herbicidas, etc. (ANDREOTTI et al., 2019; TREZZI et al., 2016; ANDRADE JUNIOR et al., 2015).

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O manejo integrado de plantas daninhas é sem dúvidas a melhor forma de se evitar interferência e competição entre as plantas daninhas e as cultivadas e assim garantir maior rentabilidade ao produtor. Em uma agricultura de grande escala, a produção sem o uso do controle químico dificilmente seria possível, e diante disto, especialmente, a utilização da biotecnologia para combater as plantas daninhas precisa ser ampliada desde que, o manejo seja feito de forma correta. Por esta razão, a seleção de novas cultivares com resistência a outros mecanismos de ação devem ser realizados com urgência, da mesma forma que a formulação e aprovação de novos herbicidas, para que o agricultor possa realizar adequadamente a rotação dos princípios ativos no campo e evitar o surgimento de novos casos de resistência.

REFERÊNCIAS

ADEGAS, F. S. et al. **Impacto econômico da resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil**. Circular Técnica 132, 2017.

ANDRADE JUNIOR, E. R.; CAVENAGHI, A. L.; GUIMARÃES, S. C.; CARVALHO, S. J. P. **Primeiro relato de *Amaranthus palmeri* no Brasil em áreas agrícolas no estado de Mato Grosso**. Circular Técnica Nº 19. 2015. Instituto Mato-Grossense do Algodão - IMAmt. Disponível em: < <http://www.imamt.com.br>>. Acesso em: 02 de mar. de 2020.

ANDREOTTI, E. G. G. et al. Alternatives of chemical management of sourgrass in soybean crop. **Revista Brasileira de Herbicidas**. v.18, n.3, p.1-6, 2019.

CARPENTER, J. E. Peer-reviewed Surveys Indicate Positive Impact of Commercialized GM Crops. **Nature Biotechnology**. v.28, p.319-321, 2010.

CARVALHO, L. B. **Plantas Daninhas**. Lages, SC, 2013 82 p.

CERDEIRA, A. L. et al. **Plantas transgênicas resistentes a herbicidas e interações com o meio ambiente.** In: PÍPOLO, V. C. (Org.). Culturas transgênicas: uma abordagem de benefícios e riscos. Londrina: EDUEL, 2009. p. 154-171.

CHRISTOFFOLETI, P. J. (ED.) (2008). **Aspectos de Resistência de Plantas Daninhas a Herbicidas**, Associação Brasileira de Ação à Resistência de Plantas Daninhas - HRAC-BR, Piracicaba, SP.

COMISSÃO TÉCNICA NACIONAL DE BIOSSEGURANÇA – CTNBio. **Plantas geneticamente modificadas aprovadas para comercialização.** 2017. Disponível em: <<http://ctnbio.mctic.gov.br/liberacao-comercial>>. Acesso em: 01 de abr. de 2020.

COMISSÃO TÉCNICA NACIONAL DE BIOSSEGURANÇA – CTNBio. **Entenda o caminho que um OGM percorre dentro da CTNBio.** 2020. Disponível em: <<http://ctnbio.mctic.gov.br/processo-de-ogm>>. Acesso em: 01 de abr. de 2020.

COMPANIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos.** Brasília: Conab. v.7, n.6, p.1-94, 2020.

DEMÉTRIO, C. S.; FORNASIERI FILHO, D.; CAZETTA, J. O.; CAZETTA, D. A. Desempenho de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos e densidades populacionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira.** v.43, n.12, p.1691-1697, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Lançamento de aplicativo do feijão e cultivar de arroz resistente a herbicida são destaques no primeiro dia da ExpoTec.** 2019. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/42898271/lancamento-de-aplicativo-do-feijao-e-cultivar-de-arroz-resistente-a-herbicida-sao-destaques-no-primeiro-dia-da-expotec-2019>>. Acesso em: 01 de abr. de 2020.

FARRAPO. **Coletânea de textos, artigos e opiniões sobre transgênicos.** 2002. Disponível em: <<http://www.farrapo.com.br/Transgenicos.html>>. Acesso em: 04 abr. 2020.

FELDENS, L. **A agricultura familiar**. In: _____. O homem, a agricultura e a história. Lajeado: Ed. Univates, 2018. p.107-123.

FOLHA VITÓRIA. **Após 20 anos, transgênico se torna regra no campo. 2018**. Disponível em: <<https://www.folhavoria.com.br/geral/noticia/09/2018/apos-20-anos-transgenico-se-torna-regra-no-campo>>. Acesso em: 01 de abr. de 2020.

GAZZIERO, L. P. D. **Manual de identificação de plantas daninhas da cultura da soja**. Londrina, PR, 2006, 115 p.

HEAP, I. **International survey of herbicide resistant weeds**. Disponível em: <www.weedscience.org>. Acesso em: fev. 2020.

INTERNATIONAL SERVICE FOR THE ACQUISITION OF AGRI-BIOTECH APPLICATIONS – ISAAA. **ISAAA Presentation**. 2015. Disponível em: <<http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/51/pptslides/pdf/B51-Slides-English.pdf>>. Acesso em: 01 de abr. de 2020.

JAMES, C. et al. **Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops**. ISAAA Brief No. 51. ISAAA: Ithaca, NY. 2015.

KLEBA, J. P. Riscos e benefícios de plantas transgênicas resistentes a herbicidas: o caso da soja RR da Monsanto. Cadernos de Ciência e Tecnologia. Brasília, v.15,1998.

MARTINS, E. A.; CARDOSO, C. D. V. Diagnóstico da adoção de tecnologias de agricultura de precisão em propriedades rurais do rio grande do sul. **Revista Interação**. v.10, n.1, p.120-129, 2019.

MONQUERO, P. A. Plantas transgênicas resistentes a herbicidas: situação e perspectivas. **Bragantia**. v.64, n.4, p.517-531, 2005.

OLIVEIRA, R. S. JR.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. Curitiba, PR: Ompipax, 2011, 348 p.

SCHNEIDER, T. et al. Biologia molecular aplicada à ciência das plantas daninhas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.17, n.1, p.12-24, 2018.

SILVA, A. A.; SILVA, J. F. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa: Editora da UFV, 2007.

THE EUROPEAN ASSOCIATION FOR BIOINDUSTRIES - EuropaBio. **Culturas GM e políticas na EU**. 2017. Disponível em: <<https://gmoinfo.eu/pt/news.php?news=Guia-Pratico-Culturas-GM-e-Politicass-na-EU>>. Acesso em: 01 de abr. de 2020.

TREZZI, M. M. et al. Biological characteristics, resistance to herbicides and management of *Amaranthus palmeri* in agroecosystems. **Revista Brasileira de Herbicidas**. v.15, n.1, p.48-57, 2016.

VARGAS, B. et al. Biotecnologia e alimentos geneticamente modificados: uma revisão. **Revista Contexto & Saúde**, v.18, n.35, p.19-26, 2018.

VARGAS, L. et al. **Manejo de resistência em sistemas de cultivo soja/milho**. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PLANTAS DANINHAS NO NORDESTE, 2., 2013, Campina Grande. Desafios, avanços e soluções no manejo de plantas daninhas: palestras. Brasília, DF: Embrapa: SBCPD, 2013.

VARGAS, L.; ROMAN, E. S. **Resistência de plantas daninhas a herbicidas: conceitos, origem e evolução**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006.

VASCONCELOS, M. C. C.; SILVA, A. F. A.; LIMA, R. S. Interferência de Plantas Daninhas sobre Plantas Cultivadas. **Agropecuária científica no semiárido**. v.8, n.1, p.01-06, 2012.

VICTORIA FILHO, R. **Estratégias de manejo de plantas daninhas**. In: ZAMBOLIM, L. Manejo integrado de doenças, pragas e plantas daninhas, Viçosa, 2000, p. 349-362.