

Herbicidas no Brasil: um breve revisão

Herbicides in Brazil: a brief review

Herbicidas en Brasil: una breve revisión

Recebido: 02/11/2019 | Revisado: 03/11/2019 | Aceito: 04/11/2019 | Publicado: 07/11/2019

Pedro Emílio Amador Salomão

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9451-3111>

Faculdade Presidente Antônio Carlos, Brasil

E-mail: pedroemilioamador@yahoo.com.br

Antônio Max Souza Ferro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0945-2903>

Faculdade Presidente Antônio Carlos, Brasil

E-mail: maxferroagronomo@gmail.com

Wilson Ferreira Ruas

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6574-2791>

Faculdade Presidente Antônio Carlos, Brasil

E-mail: wfjunior2@hotmail.com

RESUMO

No Brasil, o uso de agrotóxicos vem crescendo ano após ano, isto se deve pelo fato de grande parte do sistema de produção agrícola ser convencional, o que leva ao uso intensivo destes produtos. Com o aumento no consumo, muitos agricultores, por não terem acesso às informações necessárias, não se previnem na hora da aplicação do produto, bem como, descartam as embalagens de forma inadequada, acarretando maiores riscos de contaminação humana e ambiental. Fazendo valor de um estudo de caso com base em dados coletados em órgãos e empresas competentes, este estudo tem como objetivo avaliar a utilização dos herbicidas para o manejo de plantas invasoras em pastagens e com isso verificar que esta é a maneira mais eficiente e econômica de controle destas plantas que competem com as forrageiras em nutrientes, espaço, luz e água. Ao identificar o tipo de planta daninha é possível através do herbicida apropriado ter um controle da ação das invasoras e recuperar assim as áreas de pastagem.

Palavras-Chave: Erva daninha; Controle químico; Produção agrícola.

ABSTRACT

In Brazil, the use of pesticides has been growing year after year, due to the fact that much of the agricultural production system is conventional, which leads to the intensive use of these products. With the increase in consumption, many farmers, because they do not have access to the necessary information, do not prevent themselves at the time of application of the product, and dispose of the packaging improperly, causing greater risks of human and environmental contamination. Making use of a case study based on data collected from competent agencies and companies, this study aims to evaluate the use of herbicides for the management of weeds in pastures and thus verify that this is the most efficient and economical way to control of these plants that compete with forages in nutrients, space, light and water. By identifying the type of weed it is possible through the appropriate herbicide to have a control of the action of the weeds and thus recover pasture areas.

Keywords: Weed; Chemical control; Agricultural production.

RESUMEN

En Brasil, el uso de pesticidas ha ido creciendo año tras año, debido a que gran parte del sistema de producción agrícola es convencional, lo que lleva al uso intensivo de estos productos. Con el aumento en el consumo, muchos agricultores, debido a que no tienen acceso a la información necesaria, no se impiden en el momento de la aplicación del producto, y eliminan el embalaje de manera inadecuada, lo que causa mayores riesgos de contaminación humana y ambiental. Utilizando un estudio de caso basado en datos recopilados de agencias y empresas competentes, este estudio tiene como objetivo evaluar el uso de herbicidas para el manejo de malezas en pasturas y así verificar que esta sea la forma más eficiente y económica de control de estas plantas que compiten con los forrajes en nutrientes, espacio, luz y agua. Al identificar el tipo de hierba, es posible, a través del herbicida apropiado, controlar la acción de las malas hierbas y así recuperar las áreas de pasto.

Palabras llave: Weed; Control químico; Producción agrícola.

1. INTRODUÇÃO

As ervas daninhas competem por água, luz e nutrientes com a cultura, reduzindo o desenvolvimento de plantas, produtividade além de servir de porta de entrada para pragas e doenças, dificultando a implantação e manejo da cultura.

O método de controle de plantas daninhas mais amplamente utilizado é o químico, possibilitando a obtenção de elevadas produtividades. Contudo, esse método de controle pode apresentar alguns problemas, tais como: possibilidades de contaminação ambiental, riscos de intoxicação, aparecimento de biótipos de plantas daninhas resistentes aos herbicidas e necessidade de mão-de-obra qualificada. Por isso, há necessidade de adoção de práticas de manejo complementares que reduzam a interferência das plantas daninhas e o uso de herbicidas (Kissmann, 1996).

A ampla variabilidade genética é uma das principais características das plantas daninhas, que permite a adaptação e a sobrevivência dessas espécies em diversas condições ambientais e do agroecossistema. Assim, devido à utilização intensiva de herbicidas nas últimas décadas, algumas populações de plantas daninhas foram selecionadas em resposta ao distúrbio ambiental provocado pela pressão de seleção dos herbicidas, com a seleção de biótipos a eles resistentes.

A resistência de plantas daninhas a herbicidas é a capacidade natural e herdável de alguns biótipos, dentro de uma determinada população de plantas daninhas, de sobreviver e se reproduzir após a exposição à dose de um herbicida, que seria letal a uma população normal (suscetível) da mesma espécie (CHRISTOFFOLETI & LÓPEZ-OVEJERO, 2003).

Herbicidas pré-emergentes e a maioria dos métodos mecânicos de controle de plantas daninhas são usados visando a dar à cultura um período de crescimento inicial livre de plantas daninhas. Após a aplicação do herbicida ou após o controle mecânico, as plantas daninhas podem voltar a crescer, mas elas terão um efeito limitado sobre uma cultura bem estabelecida, visto que, entre os vegetais, há vantagem para quem primeiro se estabelece. Similarmente, resíduos orgânicos de palha, frequentemente, perdem eficácia após algumas semanas, devido à decomposição da biomassa e decomposição das toxinas alelopáticas, mas a palha pode ser ainda uma efetiva ferramenta se ela suprimir as plantas daninhas pelo período mínimo necessário livre destas plantas (Abreus, 2014).

A eficiência de controle é variável, visto que, depende das características físico-químicas do solo, métodos e equipamentos de aplicação, condições edafoclimáticas e espécies de plantas daninhas a serem controladas (Merotto Jr. *et al.* 1997).

O presente estudo tem como objetivo realizar uma pesquisa de campo afim de mostrar que a utilização de herbicidas em pastagens é uma maneira eficiente de controlar a proliferação de plantas invasoras.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1- Uso de Agrotóxico no Brasil

A agricultura é praticada pela humanidade há mais de 10.000 mil anos, mas o uso intensivo de agrotóxicos teve início após a Segunda Guerra Mundial, durante a chamada Revolução Verde, quando o processo tradicional de produção agrícola sofreu drásticas mudanças, com a inserção de novas tecnologias, visando à produção extensiva de *commodities* agrícolas. Estas tecnologias envolvem, quase sempre, o uso extensivo de agrotóxicos, com a finalidade de controlar doenças e aumentar a produtividade. As indústrias químicas fabricantes de venenos usados como armas químicas durante a guerra ganharam grande impulso ao encontrar na agricultura um novo mercado para a utilização de seus produtos químicos, agora voltado ao controle de pragas e doenças nas culturas (Terra & Pelaez, 2009; Mata & Ferreira, 2013; BRASIL, s.d.).

Segundo Bull & Hathaway (1986), a popularização dos agrotóxicos iniciou-se durante a Segunda Guerra Mundial, quando o mundo conheceu uma revolução no que diz respeito ao controle de pragas na agricultura, o DDT (dicloro-difenil-tricloroetano). O referido autor afirma que por ser considerado um produto de baixo custo e eficiente, tornou-se amplamente utilizado antes que seus efeitos nocivos tivessem sido totalmente pesquisados.

A utilização dessas substâncias químicas intensificou-se, quando do início da “revolução verde”, na década de 50, ocorrendo neste momento significativas mudanças no tradicional processo de trabalho agrícola e nos impactos sobre o ambiente e a saúde humana. Esses agentes químicos foram disponibilizados para obter maior produtividade por meio do controle de doenças e proteção contra insetos e outras pragas (Peres et al. 2003). Os agrotóxicos foram introduzidos no Brasil durante o período da chamada modernização da agricultura nacional, entre 1945 e 1985, com apoio oficial do Estado e sob a justificativa de aumentar a produção e facilitar as atividades do campo.

Ao fim da Segunda Guerra Mundial, as indústrias químicas, fortalecidas econômica e politicamente pelos anos de fornecimento de pesticidas e armas químicas para os países envolvidos nos conflitos, passaram a utilizar as estruturas governamentais, acadêmicas e midiáticas, assim como o momento de fragilidade e tensão social, para influenciar a opinião pública e dar forma à retórica do uso de tecnologia química para o controle de pragas em culturas de alimentos. Através de maçante campanha publicitária, baseada em metáforas militares, foi divulgada a existência de uma “guerra entre a humanidade e os insetos” e os agrotóxicos foram promovidos como “defensivos agrícolas” indispensáveis para o “combate desta classe de inimigos”. As indústrias químicas se auto elegeram “salvadoras da humanidade” afirmando seu compromisso com o combate global da fome e com o aumento da produtividade e competitividade do agricultor. Consolidou-se, assim, a crença geral de que o uso de agrotóxicos é essencial para o desenvolvimento econômico e inevitável para garantir a quantidade necessária de alimentos para a crescente população mundial. (Abreu, 2014, p. 26).

Na década de 80, o Brasil procura implementar um novo método de controle de pragas, o Manejo Integrado de Pragas, combinação de métodos levando-se em consideração o ecológico, o econômico e social para a localidade afetada. Com a nova Constituição Brasileira e a Lei 7802/1989 que dispõe sobre a regularização o descarte e o uso em geral dos agrotóxicos, a partir deste ponto, os agrotóxicos para serem comercializados precisam da obtenção de um registro onde são avaliados quanto aos aspectos de impactos ao meio ambiente, à saúde humana e à eficácia agrônômica (Carneiro et al., 2011).

A política governamental não apenas estimulou o uso de agrotóxicos, como também incentivou os agricultores familiares a abandonar a semente tradicional, que há anos eles mesmos selecionavam e plantavam, pela semente híbrida – preconizada como mais produtiva. Em pouco tempo, os agricultores substituíram suas sementes adaptadas ao meio de cultivo por sementes melhoradas que nem sempre estavam adaptadas à realidade sociocultural do produtor, e essas sementes, para expressar suas produtividades, exigiam o uso crescente de insumos o que foi levando o agricultor a uma dependência de insumos e sementes. Além disso, o uso de agrotóxicos foi estimulado sem a preocupação prévia de orientar os agricultores sobre o risco para a sua saúde, meio ambiente e para o consumidor de forma a criar entre os agricultores um falso conceito que os produtos aplicados são praticamente inofensivos para o meio ambiente e a saúde do ser humano (Mata, Ferreira, 2013).

No Brasil os agrotóxicos são regulados de acordo com a Lei nº 7.802 de 1989, (conhecida como Lei de Agrotóxicos por ser o marco regulatório deste produto no Brasil), que dispõe sobre a pesquisa, experimentação, produção, embalagem, rotulagem, transporte, armazenamento, comercialização, programa comercial, utilização, importação, exportação, destino final, registro, classificação, controle, inspeção e fiscalização de agrotóxicos e seus componentes afins.

Para Terra & Pelaez (2009) agrotóxico pode ser considerado todo produto químico que possui efeitos de atração, repulsão, prevenção e eliminação sobre seres biológicos, tais como: ervas daninhas, micróbios, insetos, fungos, bactérias, ácaros, entre outros, que são nocivos às culturas agrícolas e seus produtos.

De acordo com Rangel, Rosa & Sarcinelli (2011) depois da exposição ocupacional as principais fontes de exposição humana aos agrotóxicos são as ambientais, uma vez que estes produtos têm a capacidade de acumular-se no ar, água e solo, podendo, portanto, ter potencial de causar danos no decorrer do tempo. Desta forma, pessoas podem estar expostas a níveis excessivos de agrotóxicos durante o trabalho e por meio da alimentação, contato com solos, água ou ar. Além destas vias de contaminação destacam ainda que podem ocorrer contaminação das águas subterrâneas, lagos, rios e outros corpos de água, além de peixes e outras fontes de suprimentos vitais para o bem estar humano.

Os agrotóxicos podem ser divididos em duas categorias:

1. Agrícolas:

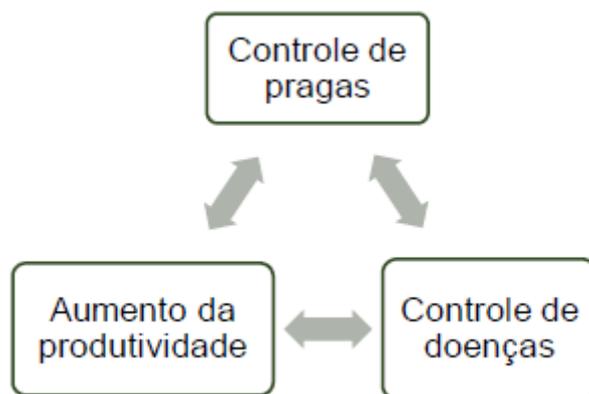
- destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens e nas florestas plantadas - cujos registros são concedidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), atendidas as diretrizes e exigências dos Ministérios da Saúde e do Meio Ambiente (Brasil, s.d.).

2. Não-agrícolas:

- destinados ao uso na proteção de florestas nativas, outros ecossistemas ou de ambientes hídricos – cujos registros são concedidos pelo Ministério do Meio Ambiente/Ibama, atendidas as diretrizes e exigências do MAPA e do Ministérios da Saúde; - destinados ao uso em ambientes urbanos e industriais, domiciliares, públicos ou coletivos, ao tratamento de água e ao uso em campanhas de saúde pública – cujos registros são concedidos pelo Ministério da Saúde/Anvisa, atendidas as diretrizes e exigências dos Ministérios da Agricultura e do Meio Ambiente (Brasil, s.d.).

Como mostrado a seguir na figura 1, os agrotóxicos tem suas aplicações em um ciclo, que além do controle de pragas, promove um aumento da produtividade e controle de doenças.

Figura 1: Funções dos Agrotóxicos.



FONTE: Adaptado de Silva (2016).

O aumento de produtividade ocasionado pelo controle das pragas e doenças, como ilustrado na figura 1, acaba por gerar retornos financeiros ao produtos rural, sendo assim um ciclo de ganhos.

A classificação quanto a finalidade, ou seja, quanto a intenção de uso, que já foi citada anteriormente, na qual o ingrediente ativo age sobre os alvos específicos, como: inseticidas, fungicidas, herbicidas, nematicidas, acaricidas, rodenticidas, moluscidas, formicidas, reguladores e inibidores de crescimento. E apenas três destes tipos representam, aproximadamente 95% do consumo mundial de agrotóxicos, são eles os herbicidas (48%) inseticidas (25%) e fungicidas (22%) (Terra, Pelaez & Silva, 2010), de acordo com a Tabela 1:

Tabela 1: Tipos de agrotóxicos mais utilizados.

CLASSIFICAÇÃO	ALVO A SER CONTROLADO	CONSUMO MUNDIAL EM %
Herbicidas	Ervas daninhas	48%
Inseticida	Insetos	25%
Fungicida	Fungos	22%
Outros	Formicidas, acaricidas, etc.	5%

FONTE: Adaptado de Terra, Pelaez & Silva, (2010).

Como mostrado na tabela 1, existem variados tipos de agrotóxicos para variados tipos de aplicações, tudo isso indo de acordo com a necessidade do consumidor final. No Brasil, de acordo com o IBAMA, os herbicidas são responsáveis por 59% de todo agrotóxico vendido no país em 2018, ou seja, uma média de consumo maior do que a mundial.

2.2 - Prevenção e controle das plantas invasoras

De acordo com Pitelli (1987), existem dois aspectos a se considerar quanto à prevenção da propagação de plantas daninhas em pastagens, a primeira diz que se deve impedir a reprodução das plantas invasoras adotando medidas na entre safra como a instalação de culturas neste período, ou mesmo o plantio de adubos verdes, impedindo o desenvolvimento de plantas daninhas nas áreas adjacentes à cultura. O segundo aspecto se refere ao controle da introdução de novas espécies, que poderão aumentar em muito os problemas. Estas medidas incluem, por exemplo, o uso de sementes e mudas certificadas, nas quais o controle da quantidade e qualidade dos propágulos de plantas daninhas é mais rigoroso. Nesta análise, alguns propágulos considerados proibidos e outros tolerados até uma determinada quantidade por amostra de semente ou de mudas.

Segundo Nunes (2001), a adaptação das forrageiras não é feita de maneira adequada ao solo, ao clima e a região, portanto muitas vezes não tem força suficiente para competir com as daninhas, é importante que a escolha da forrageira esteja de acordo com as condições ecológicas do local. Ainda segundo o autor a degradação da área de pastagem está também atrelada ao excesso de animais no pasto e o controle incorreto seja ele químico, com fogo, manual, mecânico das invasoras muitas vezes é feito fora de época, durante estação seca, próxima a florada e sob altas temperaturas.

Controle Biológico:

O método de controle biológico consiste na utilização de inimigos naturais como insetos, fungos, bactérias, ácaros, vírus, peixes, aves e mamíferos no controle de plantas daninhas.

Controle cultural:

É a utilização de qualquer prática que auxilie a forrageira a competir com a planta daninha. Que pode ser: O uso de sementes de qualidade, manter o gado fora da pastagem, por 48 horas quando ele for procedente de uma área altamente infestada de invasoras, descansar a pastagem após pastejo, utilizar manejo de animal adequado, consorciar leguminosa, utilizar a espécie forrageira adaptada, manter a fertilização por adubação, calagem de solo em alguns casos pode diminuir a infestação por daninhas (Christoffoleti *et al.*, 2003; Nunes, 2001; Filho, 2007).

Fogo:

O fogo é, na maior parte dos casos, um método pouco eficiente para o controle de plantas daninhas nas pastagens e, quando utilizado com frequência, causa sérios prejuízos, pois diminuímos o teor de matéria orgânica superficial, afeta os microorganismos do solo e não

permite o acúmulo de umidade e nutrientes na camada superficial do solo. O uso do fogo intensifica a degradação das pastagens, além de afetar o meio ambiente pelas queimadas e aumento da erosão devido à maior exposição do solo.

Apesar da facilidade de aplicação e do baixo custo, o uso contínuo do fogo traz prejuízos para o pasto, como: a redução do teor de matéria orgânica e da possibilidade de acúmulo de umidade e de nutrientes no solo; o aumento do nível de infestação de determinadas espécies invasoras; a redução da disponibilidade de forragem e da porcentagem de cobertura do solo (Ferreira et al., 1981; Victoria Filho, 1986; Fontanelli; Jacques, 1988).

Heringer & Jacques (2002) concluíram que os sistemas de manejo sem queima, com ou sem roçada, são mais produtivos e preservam melhor o solo em função da cobertura por plantas e material morto e da reciclagem de nutrientes; que o melhoramento da pastagem eleva a produção de forragem; e que a prática das “queimadas” em pastagens naturais na região sul do Brasil reduz a produção de forragem.

Controle mecânico:

O controle mecânico é realizado com a utilização dos seguintes equipamentos: foice, roçadeira de arrasto e hidráulicas, correntão, entre outros (Pereira *et al.*, 2006). O uso de cada tipo de equipamento depende do tipo de vegetação, do porte e da densidade de infestação. As plantas arbustivas infestam as pastagens de um modo geral são perenes e tem a capacidade de regenerar a parte aérea quando cortadas (Filho, 2007). Apesar de apresentar bom rendimento operacional e baixo custo, não controla efetivamente as invasoras que também rebrotam com vigor. Não é um método seletivo, cortando também o capim e leguminosas, reduzindo assim a disponibilidade de forragem na pastagem. Restrições ao uso ocorrem em áreas com tocos, cupins e de topografia acidentada. A roçada em muitos casos é utilizada como tratamento prévio para utilização de herbicidas (Nunes, 2001).

Nessa situação sempre se faz necessário a combinação de técnicas mecânicas de desbasto com a química, proporcionado pela utilização de herbicidas.

Subsolagem:

Este processo é utilizado para arbustos, à desvantagem dele é ser oneroso, pois necessita da utilização de tratores potentes e o gasto com combustível é alto. A subsolagem consiste na utilização de equipamento destinado à descompactação do solo e corte de raízes. Diferentes versões existem; entretanto, a maioria é dotada de hastes com enxadas que cortam as raízes a

profundidades reguláveis, sem erradicar a forrageira, podendo também ser dotada de depósito e permitir executar a adubação (Nunes, 2001).

Como forma complementar a subsolagem, pode ser utilizado a herbicidas que complementam a atividade de retirada das plantas invasoras.

2.3 - Aplicação dos herbicidas

Para que o controle químico seja eficaz, determinada quantidade de herbicida deve atingir os locais em que irá atuar dentro da planta. Até chegar ao local de ação, o herbicida aplicado enfrenta uma série de barreiras que retardam seu movimento, inativam parte das moléculas e degradam outra parte (Deuber, 1992). Quanto mais distante o local de aplicação daquele de ação do produto, menor será a quantidade do produto que irá chegar ao seu destino final. A escolha da forma de aplicação e a definição da concentração do produto são, portanto, essenciais para o sucesso do controle químico.

Aplicação foliar: é o tipo de aplicação mais utilizado, podendo ser realizada em área total ou localizada (também chamada “dirigida” ou “em catação”). A aplicação em área total é usada para infestações superiores a 40% (Soares Filho, 1993), em áreas extensas. Utiliza pulverizador tratorizado (jato ou barras), aviões agrícolas ou helicópteros (Basch, 1977). O volume de calda recomendado é de 200 a 300 litros/hectare para as aplicações tratorizadas e cerca de 50 litros/hectare para as aplicações com aeronaves (Svicero; Ladeira Neto, 2000). A aplicação dirigida é recomendada para áreas pequenas ou que tenham baixo índice de infestação, inferior a 40%. Utiliza pulverizador costal manual ou adaptado a transporte por animal (burrojet). A melhor época de tratamento é quando as plantas estão em intensa atividade metabólica. Isso ocorre, normalmente, no início da estação chuvosa, quando apresentam área foliar suficiente para absorção e translocação de herbicidas (Souza et al., 1976).

Para favorecer a absorção do herbicida, recomendam-se aplicações foliares com temperaturas inferiores a 30°C e umidade relativa do ar superior a 60%.

A ocorrência de chuvas até 4 horas após a aplicação do herbicida pode também influir na absorção.

Aplicação no toco: é uma aplicação recomendada para plantas resistentes às aplicações foliares ou para plantas susceptíveis que apresentem um porte muito elevado, o que exigiria grande quantidade de calda para molhá-la. Para se obter sucesso nas aplicações via toco recomenda-se roçar a planta daninha o mais rente ao solo possível, rachando e/ou picando o

toco sempre que possível. Para molhar o toco deve-se utilizar um pulverizador costal manual equipado com bico do tipo cone cheio ou cone vazio desde que retirado o core. Devese encostar o bico do pulverizador rente ao toco e, com pressão mínima, aplicar a calda até o escorrimento. O herbicida deve ser misturado apenas a água, sem a adição de óleo diesel ou espalhante adesivo. O corte dos tocos em plantas que já sofreram roçadas anteriores deverá ser feito abaixo da nova brotação. Em plantas que apresentam um engrossamento do tronco abaixo do nível do solo, recomenda-se o uso do enxadão para se atingir esta área e então efetuar a aplicação até o encharcamento. A aplicação em plantas com caules muito finos também pode ser feita, desde que se aplique a calda sobre os tocos roçados e também na região do colo da planta daninha para aumentar a quantidade de herbicida absorvido. A operação deve ser feita em duplas, com um trabalhador cortando a planta daninha e outro fazendo a aplicação. É recomendável o uso de um corante adicionado à calda para marcar os tocos aplicados. Já está disponível no mercado um herbicida específico para aplicações no toco que possui corante na sua formulação. As aplicações de herbicida via toco podem ser feitas durante todo o ano, o que permite o aproveitamento da mão-de-obra que fica ociosa nas épocas mais secas do ano.

Aplicação no tronco (basal): É um método utilizado para arbusto de grande porte ou resistente às aplicações foliares. O herbicida, nesse caso, pode ser aplicado nos caules, sem roçada, com pulverizador manual ou pincelamento basal, até 30 a 40 cm de altura. Geralmente, utiliza soluções com óleo diesel. Em plantas muito resistentes, os cortes são feitos manualmente ao redor do tronco ou mesmo anelamento total precedendo a aplicação (Nunes, 1999).

Tratamento no solo: A aplicação do herbicida ao solo é influenciada por uma série de fatores tais como: distribuição na superfície do solo, adsorção, lixiviação, volatilidade, decomposição química, decomposição microbiana e foto de composição. Para o uso adequado de uma molécula de herbicida ao solo há necessidade de se conhecer esses fatores que podem afetar o comportamento (Filho, 2007).

Utiliza herbicidas granulados (pellets) que possam ser absorvidos no sistema radicular e translocados para a parte aérea. Os grânulos devem ser depositados ao redor do caule da planta invasora ou a lanço no caso de plantas espinhosas, como o espinhoagulha (*Barnadesia rosea*), plantas de reboleira, como a taboca (*Guadua angustifolia*) e a grama-forquilha ou gramão (*Paspalum notatum*). As aplicações não devem ser feitas em plantas roçadas ou queimadas recentemente (Nunes, 2001).

Com a ocorrência de chuvas, o produto é diluído, infiltrado no solo e absorvido pelo sistema radicular da planta invasora.

2.4 – Resistência de Plantas Daninhas a Herbicidas

Os primeiros casos de resistência a herbicidas no Brasil foram relatados em 1993, relativos às espécies *Bidens pilosa* (picão-preto) e *Euphorbia heterophylla* (leiteiro), resistentes a herbicidas inibidores da enzima acetolactato-sintase – ALS (Agostinetto; Vargas, 2014). Atualmente o número de relatos perfaz 44 casos, abrangendo 22 espécies e oito mecanismos de ação (Tabela 2).

TABELA 2: Histórico dos relatos da ocorrência de plantas daninhas resistentes a herbicidas no Brasil, segundo critérios da Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas.

Ano	Nome científico	Nome comum	Mecanismo de ação ¹
1993	<i>Bidens pilosa</i>	Picão-preto	Inibidor da ALS
1993	<i>Euphorbia heterophylla</i>	Leiteiro	Inibidor da ALS
1996	<i>Bidens subalternans</i>	Picão-preto	Inibidor da ALS
1997	<i>Urocloua plantaginea</i>	Papuã	Inibidor da ACCase
1999	<i>Sagittaria montevidensis</i>	Sagitária	Inibidor da ALS
1999	<i>Echinochloa crus-pavonis</i>	Capim-arroz	Mimetizador da auxina
1999	<i>Echinochloa crus-galli</i>	Capim-arroz	Mimetizador da auxina
2000	<i>Cyperus difformis</i>	Junquinho	Inibidor da ALS
2001	<i>Fimbristylis miliacea</i>	Cuminho	Inibidor da ALS
2001	<i>Raphanus sativus</i>	Nabo	Inibidor da ALS
2002	<i>Digitaria ciliaris</i>	Milhã	Inibidor da ACCase
2003	<i>Lolium multiflorum</i>	Azevém	Inibidor da EPSPs
2003	<i>Eleusine indica</i>	Capim-pé-de-galinha	Inibidor da ACCase
2004	<i>Euphorbia heterophylla</i>	Leiteiro	Inibidor da ALS + Prottox
2004	<i>Parthenium hysterophorus</i>	Losna-branca	Inibidor da ALS
2005	<i>Conyza bonariensis</i>	Buva	Inibidor da EPSPs
2005	<i>Conyza canadensis</i>	Buva	Inibidor da EPSPs
2006	<i>Oryza sativa</i>	Arroz-vermelho	Inibidor da ALS
2006	<i>Bidens subalternans</i>	Picão-preto	Inibidor da ALS + PSII
2008	<i>Digitaria insularis</i>	Capim-amargoso	Inibidor da EPSPs
2009	<i>Echinochloa crus-galli</i>	Capim-arroz	Inibidor ALS + mimetizador auxina
2009	<i>Sagittaria montevidensis</i>	Sagitária	Inibidor da ALS + PSII
2010	<i>Lolium multiflorum</i>	Azevém	Inibidor da ALS
2010	<i>Lolium multiflorum</i>	Azevém	Inibidor da ACCase + EPSPs
2010	<i>Conyza sumatrensis</i>	Buva	Inibidor da EPSPs
2010	<i>Avena fatua</i>	Aveia-selvagem	Inibidor da ACCase
2011	<i>Conyza sumatrensis</i>	Buva	Inibidor da ALS
2011	<i>Conyza sumatrensis</i>	Buva	Inibidor da ALS + EPSPs
2011	<i>Amaranthus retroflexus</i>	Caruru-gigante	Inibidor da ALS + PSII
2011	<i>Amaranthus viridis</i>	Caruru-de-mancha	Inibidor da ALS + PSII
2012	<i>Amaranthus retroflexus</i>	Caruru-gigante	Inibidor da ALS
2013	<i>Raphanus raphanistrum</i>	Nabiça	Inibidor da ALS
2013	<i>Ageratum conyzoides</i>	Mentrasto	Inibidor da ALS
2014	<i>Amaranthus retroflexus</i>	Caruru-gigante	Inibidor Prottox
2015	<i>Cyperus iria</i>	Tiririca-do-brejo	Inibidor da ALS
2015	<i>Amaranthus palmeri</i>	Caruru palmeri	Inibidor da EPSPs
2015	<i>Echinochloa crus-galli</i>	Capim-arroz	Inibidor ACCase + ALS + PSII
2016	<i>Eleusine indica</i>	Capim pé-de-galinha	Inibidor da EPSPs
2016	<i>Amaranthus palmeri</i>	Caruru palmeri	Inibidor da EPSPs + ALS
2016	<i>Digitaria insularis</i>	Capim-amargoso	Inibidor da ACCase
2016	<i>Bidens pilosa</i>	Picão-preto	Inibidor da ALS + PSII
2016	<i>Lolium multiflorum</i>	Azevém	Inibidor da ACCase + ALS
2017	<i>Lolium multiflorum</i>	Azevém	Inibidor da EPSPs + ALS
2017	<i>Conyza sumatrensis</i>	Buva	Inibidor do PSI

FONTE: Adaptado de Heap (2019).

Como ilustrado na tabela 1, à medida que se intensifica o uso dos herbicidas, é possível verificar o surgimento de plantas com elevada resistência. Essa resistência leva a pesquisas para a busca de novos herbicidas com poder de ação diferente.

Sawicki (1987) propôs uma definição que incorpora não apenas doses recomendadas, mas também o conceito de evolução. Sendo assim, resistência marca uma mudança genética nas plantas daninhas em resposta à seleção imposta pelos herbicidas usados normalmente em dosagens recomendadas. Rubim (1991) considerou que o termo resistência cruzada deveria ser empregado em casos em que uma população de plantas daninhas é resistente a dois ou mais herbicidas devido à presença de um único mecanismo de resistência. Em contraste, a resistência múltipla deveria ser usada nos casos em que a mesma planta resistente possui dois ou mais mecanismos de resistência distintos.

A resistência de plantas daninhas a herbicidas é resultante do processo evolucionário. Os biótipos resistentes ocorrem naturalmente em baixa frequência, e a pressão de seleção exercida pela aplicação repetitiva de um determinado herbicida ou de herbicidas diferentes, mas que apresentam o mesmo mecanismo de ação aumenta a frequência dos indivíduos resistentes na população (Christoffoleti & López-Ovejero, 2003). O surgimento da resistência aos herbicidas é identificado, geralmente, quando 30% das plantas se mostram resistentes (Maxwell & Mortimer, 1994). Normalmente, a resistência se apresenta em manchas, aumentando a sua proporção com a aplicação repetitiva do herbicida, dominando finalmente a área.

A variabilidade genética natural existente em qualquer população de plantas daninhas é a responsável pela fonte inicial de resistência em uma população suscetível de plantas daninhas. Assim, todas as populações de plantas daninhas, independentemente da aplicação de qualquer produto, provavelmente contêm plantas individuais (biótipos) que são resistentes a herbicidas (Kissmann, 1996). Geralmente, as mutações gênicas, que ocorrem em uma população suscetível que ainda não foi submetida à pressão de seleção pelo herbicida, são resultantes de outros fatores de recombinação genética, não sendo, portanto, induzidas pelo agente de seleção, ou seja, o herbicida.

As plantas daninhas são espécies altamente adaptadas ao ambiente, crescem naturalmente nas áreas controladas pelos seres humanos, e tem um alto poder de germinação e dispersão. Estas plantas crescem de forma agressiva e impedem o desenvolvimento normal das espécies cultivadas causando danos significativos na produção devido à competição por luz e nutrientes.

A definição de resistência é "a capacidade natural e de herdabilidade de alguns biótipos de plantas daninhas em uma dada população, para sobreviver a um tratamento de herbicida, que deveria efetivamente controlar a população em condições normais de utilização". O avanço da resistência aparece pela seleção exercida na população de plantas, devido ao uso repetido do mesmo herbicida ou herbicidas do mesmo mecanismo de ação, ou seja, por práticas agronômicas pobres.

Embora a tolerância, é a capacidade natural hereditária de uma espécie para sobreviver e se reproduzir após o tratamento com um princípio ativo. Ou seja, são aquelas que não são controladas por um herbicida em particular e nunca foram controladas por esse ingrediente ativo.

A falta de monitoramento e o uso indevido de herbicidas revelam o fato de que algumas espécies de plantas daninhas tornaram-se um problema crescente. O uso indiscriminado de herbicidas com um mecanismo específico de ação pressiona na população de plantas daninhas; controla de forma eficaz as ervas daninhas sensíveis e exerce uma pressão de seleção sobre o grupo de plantas, o que provoca o aparecimento de ervas daninhas resistentes. Isto provoca uma menor eficiência das tecnologias de proteção das culturas, portanto, estratégias e práticas que atrasam a seleção de plantas daninhas resistentes devem ser exercidas para preservar essas tecnologias como um recurso fundamental na gestão das plantas daninhas.

O número de ervas daninhas resistentes a herbicidas continua a aumentar em todo o mundo, assim como o número de hectares espalhadas com estas espécies. A resistência muda a maneira como um herbicida é utilizado pelos produtores, no entanto, até agora não tem-se reportado a perda total do uso de um grupo específico de herbicidas.

O Brasil ocupar a quinta colocação no ranking dos países com maior número de casos de resistência a herbicidas. Ficamos atrás apenas dos EUA, da Austrália, do Canadá e da França. E o número de produtores que já relataram a resistência das daninhas em sua produção, somente neste ano, também é preocupante. Atualmente, são cerca de 50 casos, mais os que não foram registrados formalmente. Os dados foram apresentados durante o XXXII Congresso Nacional de Milho e Sorgo, em Lavras, MG.

A resistência das plantas daninhas é dor de cabeça antiga para os produtores rurais brasileiros e um cenário que compromete a produtividade da maior parte da agricultura do país. Quando falamos que a produtividade está sendo atacada, automaticamente nos referimos a perdas econômicas que ultrapassam os percentuais permitidos para a produção agrícola.

A soja, oleaginosa com maior volume de produção mundial, é a terceira cultura que mais padece com a existência de daninhas que sobrevivem a exposição dos herbicidas indicados para o seu extermínio. Milho e trigo estão nas primeiras posições. Estima-se que o custo com a resistência, somente na área de soja do Brasil, está entre 3 e 6 bilhões de reais ao ano. Além do aumento de custos e da perda da eficiência das tecnologias, existem outros dados que tornam a situação ainda mais grave.

Desde a década de 90 nenhum novo mecanismo de ação de herbicidas que controle ou faça o manejo das pragas foi lançado no mercado, enquanto que o número de espécies com algum teor de resistência ou tolerância aumenta a cada ano. Por vezes, a entrada das daninhas na lavoura é possibilitada por simples descuidos dos produtores, como transitar com máquinas agrícolas que tenham vindo de regiões infestadas. Embora toda e qualquer praga tenha como competência evoluir e se adaptar às mudanças do ambiente e dos ativos usados para seu controle, o uso incorreto dos defensivos é um ponto chave para o surgimento da resistência.

É de ocorrência natural de todos os tipos de pragas possuírem mecanismos de defesa que as fazem sobreviver quando são expostas a ambientes diferenciados e às suas condições.

O mesmo acontece quando os herbicidas entram em contato com elas. Logo, dizemos que uma planta é considerada resistente quando ela tem a habilidade de sobreviver e se reproduzir após ter sido submetida a uma dose de herbicida considerada letal para aquela população. Quando são utilizados os mesmos tipos de herbicidas ou herbicidas diferentes, mas com iguais mecanismos de ação, se promove uma pressão de seleção das plantas daninhas.

Essa pressão vai selecionar indivíduos (plantas daninhas) que possuem carga genética diferenciada ao ponto de impedir a eficácia do herbicida. Os indivíduos que sobrevivem são constituídos por biótipos muito resistentes e podem até produzir descendentes com carga genética semelhante, aumentando significativamente o número de indivíduos resistentes em relação aos suscetíveis.

Mas não somente os herbicidas são alvos da resistência. Fungicidas e inseticidas também são prejudicados pelo problema, impactando de forma negativa a economia e a produtividade agrícola, já que os custos com controle aumentam significativamente.

Por fim, há casos em que uma mesma espécie de daninha pode ser resistente a mais de um tipo de herbicida. É graças a ampla variedade genética que possuem que as

plantas daninhas são capazes de se adaptarem e sobreviverem nas mais diferentes condições ambientais do ecossistema.

Estratégias de manejo empregadas de forma isolada ou errônea, como uso repetitivo de herbicidas que agem de um mesmo modo, em um logo período de tempo, favorecem a adaptação de biótipos resistentes aos defensivos.

Elas disputam igualmente com as plantas saudáveis por água, luz, umidade, nutrientes e espaço e se não forem combatidas com antecedência podem causar danos irreparáveis na lavoura.

A inviabilização de herbicidas, o aumento dos custos de controle, a busca por alternativas e a perda do rendimento e da qualidade dos grãos agrícolas são apenas alguns exemplos dos estragos que as daninhas podem fazer.

Elas ainda podem ser resistentes de forma cruzada ou múltipla.

A resistência cruzada ocorre quando a daninha se opõe a dois ou mais herbicidas diferentes, mas que possuem o mesmo mecanismo de ação.

Do contrário, a resistência múltipla acontece quando o biótipo é resistente a herbicidas diferentes, porém com mecanismos de resistência distintos.

São os mecanismos de ação dos herbicidas que impedem o crescimento e o desenvolvimento normal das plantas daninhas. Os herbicidas são classificados conforme a sua composição química e também em relação ao mecanismo de atuação nas plantas.

Algumas espécies são ainda tolerantes aos herbicidas. Isso significa dizer que elas conseguem tolerar as dosagens recomendadas, sem que ocorram alterações marcantes no seu desenvolvimento.

Hoje, as espécies resistentes que mais preocupam os produtores são o azevém, a buva, o capim-amargoso e o capim pé-de-galinha.

Os envolvidos na problemática defendem uma discussão urgente sobre a questão da resistência no Brasil.

Além do impacto econômico, que vai variar conforme a infestação, o produtor precisa ainda de medidas alternativas para minimizar ou conviver com a resistência em sua propriedade, já que em muitos casos a quantidade recomendada não controla a invasora e o produto acaba sendo desperdiçado.

A resistência de plantas daninhas não deve ser tratada como um problema isolado. Ela está presente na produção dos três principais grãos brasileiros, os mesmos que impulsionam o nosso país como produtor mundial.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As plantas daninhas influenciam a produção agrícola através da competição direta por nutrientes, umidade, luz, espaço e, em alguns casos, por alelopatia, e se não forem controladas podem ocasionar perdas consideráveis ao rendimento da cultura principal.

A grande variabilidade genética das plantas daninhas associada às oscilações dos fatores ambientais e à adoção de estratégias e táticas de manejo isoladas ou associadas de formas errôneas – como o uso repetitivo de moléculas de herbicidas que agem em um mesmo sítio de ação na planta daninha – exercem uma elevada pressão de seleção às plantas invasoras, favorecendo o surgimento, adaptação e sobrevivência de biótipos resistentes a algumas moléculas de herbicidas dentro de uma população de plantas daninhas.

O gerenciamento de plantas daninhas e voluntárias se torna imprescindível para evitar a propagação de seleção de biótipos resistentes, juntamente ao uso de diferentes medidas de manejo, de monitoramento das lavouras e a correta identificação da invasora para conseguir um controle efetivo ainda em seus estágios iniciais, e assim, buscar erradicar os focos na propriedade para evitar o alastramento na própria propriedade.

Como sugestão de trabalhos futuros, pode ser feito uma pesquisa sobre os impactos ocasionadas pela utilização dos herbicidas no meio ambiente, afim de mostrar para a comunidade acadêmica e científica, os efeitos positivos e negativos desse tipo de produto.

REFERÊNCIAS

Abreu, Pedro Henrique Barbosa de. O agricultor familiar e o uso (in)seguro de agrotóxicos no município de lavras, MG. Dissertação (mestrado), Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Ciências Médicas.Campinas/ SP. 2014.

Agostinetto, D. & Vargas, L. (2014). *Resistência de plantas daninhas a herbicidas*. In: Agostinetto, D. & Vargas, L. (Ed.). *Resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil*. Pelotas: Editora UFPel. p. 9-32.

Agostinetto, D. Tironi, S.P., Galon, L. & Magro, T.D. (2009). Desempenho de formulações e doses de glyphosate em soja transgênica. *Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas*, 3(2): 35.

Von Hertwig, K. (1977). *Manual de herbicidas desfolhantes, dessecantes e fitorreguladores*. Agonomica Ceres.

Gonçalves Netto, A. (2017). *Crescimento e desenvolvimento, resistência múltipla aos herbicidas inibidores da EPSPS-ALS e alternativas em pós-emergência para controle de Amaranthus palmeri (S.) Wats* (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).

Brasil. Agência Nacional de Vigilância Sanitária/ANVISA. Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA). Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/programa-de-analise-de-registro-de-agrotoxicos-para>>. Acesso em: 11 out 2019.

Bull, D., & Hathaway, D. (1986). Pragas e venenos; agrotóxicos no Brasil e no terceiro mundo. In *Pragas e venenos; agrotóxicos no Brasil e no terceiro mundo*. Vozes.

Carneiro, F.F., Almeida, V. E. S, Teixeira, M. M., Braga, L. Q. V. (2011) Agronegócio e Agroecologia: desafios para a formulação de políticas públicas sustentáveis In: RIGOTTO, R (Org) Agrotóxicos, Trabalho e Saúde - vulnerabilidade e resistência no contexto da modernização agrícola no Baixo Jaguaribe/CE. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, p. 1-612.

Christoffoleti, P. J., & López-Ovejero, R. (2003). Principais aspectos da resistência de plantas daninhas ao herbicida glyphosate. *Planta Daninha*, 21(3), 507-515.

Deuber, R. (1992). Ciência das plantas daninhas 1: Fundamentos. *Legis Luma Ltda, Jaboticabal*. 438p.

Ferreira, M. B., Laca-Buendia, J. P., Cunha, S., & Helena, L. (1981). Catálogo ilustrado de sementes e fruto/sementes, de plantas daninhas ocorrentes em pastagens, no estado de Minas Gerais e, herbicidas utilizados para seu controle.

Dias-Filho, M. B. (2012). Desafios da produção animal em pastagens na fronteira agrícola brasileira. *Embrapa Amazônia Oriental-Documentos (INFOTECA-E)*.

Fonseca, J. J. S. (2002). Metodologia da Pesquisa Científica.

Heap, I. International survey of herbicide resistant weeds. Disponível em: <www.weedscience.org>. Acesso em: 14 out 2019.

Heringer, I., & Jacques, A. V. Á. (2002). Acumulação de forragem e material morto em pastagem nativa sob distintas alternativas de manejo em relação às queimadas. *Revista brasileira de zootecnia= Brazilian journal of animal science*. Viçosa, MG. Vol. 31, n. 2 (Mar./Abr. 2002), p. 599-616.

Kissmann, K. G. (1996) Resistência de plantas a herbicidas. São Paulo: Basf Brasileira S.A., p.33.

Da Mata, J. S., & Ferreira, R. L. (2013). Agrotóxico no Brasil: uso e impactos ao Meio Ambiente e a Saúde Pública. *BIOLOGIA*, 5, 06.

Maxwell, B. D.; Mortimer, A. M. Selection for herbicide resistance. In: powles, S. B.; holtur, J. A. M. (1994) Herbicide resistance in plants: biology and biochemistry. Boca Raton: Lewis, p. 1-26.

Merotto Junior, A., Almeida, M. L. D., & Fuchs, O. (1997). Aumento do rendimento de grãos de milho através do aumento da população de plantas. *Ciencia Rural. Santa Maria*. vol. 27, n. 4 (out./dez. 1997), p. 549-554.

Nunes, S. G. (1999). Ciganinha, *Memora peregrina* (Miers) Sandw, nova planta invasora de pastagem. *Embrapa Gado de Corte-Artigo em periódico indexado (ALICE)*.

Nunes, S. G. (2001). *Controle de plantas invasoras em pastagens cultivadas nos cerrados*. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2001..

Pereira, F., Verzignassi, J., Arias, E., de Carvalho, F. T., e Silva, P. E. (2011). Controle de plantas daninhas em pastagens. *Embrapa Gado de Corte-Documentos (INFOTECA-E)*.

Peres, Frederico; Moreira, Josino C.; Dubois, G. S. Agrotóxicos, saúde e ambiente: uma introdução ao tema. É veneno ou é remédio?: agrotóxicos, saúde e ambiente [online]. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2003. Disponível em: <<http://books.scielo.org/id/sg3mt/pdf/peres-9788575413173-03.pdf>>. Acesso em: 22 out 2019.

pitelli, R. A. (1987). Competição e controle das plantas daninhas em áreas agrícolas. *Série técnica IPEF*, 4(12), 1-24.

Rangel, C. D. F., Rosa, A. C. S., & Sarcinelli, P. D. N. (2011). Uso de agrotóxicos e suas implicações na exposição ocupacional e contaminação ambiental. *Cad. saúde colet.,(Rio J.)*.

Richardson, R. J. (1999). Pesquisa Social: métodos e técnicas (pp. 189-206).

Rubin, B. (1991). Herbicide resistance in weeds and crops, progress and prospects. *Herbicide resistance in weeds and crops*, 2, 387-414.

Sawicki, R. M. (1987). Definition, detection and documentation of insecticide resistance. *Combating resistance to xenobiotics: biological and chemical approaches/edited by MG Ford...[et al.]*.

Silva, R. V. D. (2017). RESPONSABILIDADE CIVIL POR DANOS AMBIENTAIS DECORRENTES DO USO DE AGROTÓXICO: uma análise da jurisprudência brasileira.

Soares Filho, C. V. (1993). Tratamento físico-químico, correção e adubação para recuperação de pastagens. *Encontro sobre recuperação de pastagens*, 1, 79-117.

Souza, I. F. de; Rafael, J. O. V.; Guimarães, P. T. G. Recomendações para o uso de herbicidas no Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte: EPAMIG, 1976. 57 p.

Svicero, E. F.; Ladeira Neto, A. Controle de plantas daninhas em pastagens. 2000. Não paginado. Apostila.

Terra, F. H. B. (2008). A indústria de agrotóxicos no Brasil.

Terra, F. H. B., & Pelaez, V. (2009). A história da indústria de agrotóxicos no Brasil: das primeiras fábricas na década de 1940 aos anos 2000. In *Anais do 47º Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural*.

Triviños, A. N. (1987). Alguns temas no desenvolvimento de uma pesquisa. *Triviños ANS. Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação. São Paulo: Atlas*, 91-115.

Vencill, W. K., Nichols, R. L., Webster, T. M., Soteres, J. K., Mallory-Smith, C., Burgos, N. R., ... & McClelland, M. R. (2012). Herbicide resistance: toward an understanding of resistance development and the impact of herbicide-resistant crops. *Weed Science*, 60(SP1), 2-30.

Vitória Filho, R., & FARIA, A. D. (1986). Controle de plantas daninhas em pastagens. *Pastagens na Amazônia. Piracicaba: ESALQ*, 71-90.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Pedro Emílio Amador Salomão – 33%

Antônio Max Souza Ferro – 33%

Wilson Ferreira Ruas – 34%