

TECNOLOGIAS APLICADAS PARA O MANEJO RENTÁVEL E EFICIENTE DA CULTURA DA SOJA

Thomas Newton Martin

João Leonardo Fernandes Pires

Rosana Taschetto Vey

2022



Tecnologias Aplicadas para o Manejo Rentável e Eficiente da Cultura da Soja

Ano 2022

Autores / Organizadores
Thomas Newton Martin
João Leonardo Fernandes Pires
Rosana Taschetto Vey

Santa Maria
Editora GR
2022

Diagramação: Grégory Rossato - gregory.rossato@gmail.com

Fotos/tabelas/imagens: Autor

Arte da capa: Thaís Teixeira de Oliveira - Estudante do 5º semestre de Comunicação Social - Publicidade e Propaganda

Revisão: Autor

Impressão: Gráfica Pallotti - (55)3220-4500

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação – CIP

T255

Tecnologias Aplicadas para o Manejo Rentável e Eficiente da Cultura da Soja / Thomas Newton Martin [et al.].
Santa Maria: Editora GR, 2022.

528 p. ; 14x21 cm

ISBN 978-65-89469-57-5

1. Soja 2. Cultivo 3. Manejo I. Título

CDU 633.34

Bibliotecária responsável Trilce Morales – CRB 10/2209



@coxilhaufsm
coxilhaufsm@gmail.com

A exatidão das informações, conceitos e opiniões emitidos em cada um dos capítulos são de exclusiva responsabilidade dos autores de cada capítulo.

É permitida a reprodução parcial ou total dessa obra, desde que citada a fonte.

4 – Controle de Plantas Daninhas

MANEJO DE PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DA SOJA EM COXILHA

Leandro Galon¹, Leandro Vargas², Mauro Antonio Rizzardi³ e Siumar Pedro Tironi⁴

¹ Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), ERS 135, km 72, n 200, Caixa Postal 764, CEP 99700-970, Interior de Erechim/RS, Brasil. Email: leandro.galon@uffs.edu.br

² Embrapa Trigo, Rodovia BR-285, km 294, Caixa Postal 3081, CEP 99050-970, Passo Fundo/RS, Brasil. Email: leandro.vargas@mbrapa.br

³ Universidade de Passo Fundo (UPF), BR 285, km 171, Campus São José, CEP 99052-900, Passo Fundo, RS, Brasil. Email: rizzardi@upf.br

⁴ Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Rodovia SC 484 - km 02, Bairro Fronteira Sul, CEP 89815-899, Chapecó/SC, Brasil. Email: siumar.tironi@uffs.edu.br

Introdução

As infestações de plantas daninhas esta entre as principais causas de diminuição da produtividade da soja. As plantas daninhas, quando não controladas, competem com as culturas pelos recursos água, luz e nutrientes. A competição por esses recursos do meio torna-se importante principalmente nos estádios iniciais de desenvolvimento da soja, que podem resultar em perdas na produtividade de até 80% ou em casos extremos, impedir as operações de colheita (FLECK et al., 2004; VARGAS & ROMAN, 2006; GALON et al., 2019).

Além de diminuir a produtividade da cultura, as plantas daninhas causam outros problemas, como reduzir a qualidade do grão, ocasionar perdas e dificuldades durante a colheita, além de servir como hospedeiras de insetos e doenças. O papel das plantas daninhas como hospedeiros alternativos de insetos-pragas e doenças da soja e sua interferência nas operações de cultivo, resultam em custos mais elevados de produção. As plantas daninhas podem ainda liberar toxinas prejudiciais ao crescimento e desenvolvimento das culturas.

Algumas espécies de plantas daninhas podem ser hospedeiras de pragas que irão atacar a soja. Na Figura

1 percebe-se a infestação de leiteiro (*Euphorbia heterophylla*), corda-de-violão (*Ipomoeae indivisa*), picão-preto (*Bidens pilosa*), caruru de mancha (*Amaranthus lividus*) e trapoeraba (*Commelina difusa*), sendo que as três últimas podem hospedar nematóides do gênero *Meloidogyne* e do vírus do mosaico do fumo, além de todas elas serem muito competitivas com a cultura pelos recursos disponíveis no meio como (BLANCO, 2014).

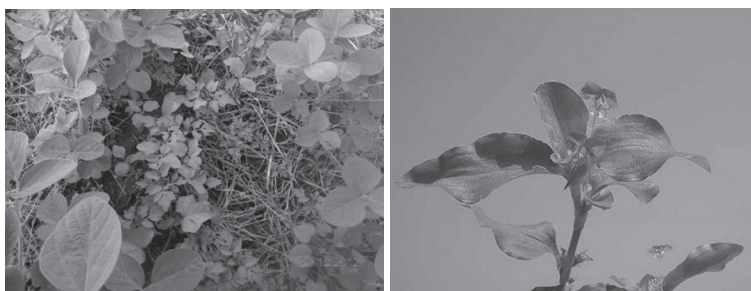


Figura 1. Plantas daninhas infestantes da cultura soja e hospedeiras alternativas de algumas pragas.

As plantas daninhas apresentam características que lhes conferem elevada agressividade, mesmo em ambientes adversos. Com produção de elevado número de sementes, dormência das sementes, germinação escalonada, mecanismos de dispersão eficazes e heterogeneidade da população, são muito importantes para o estabelecimento da comunidade infestante durante o desenvolvimento das culturas. Durante esta fase, as plantas daninhas podem absorver rapidamente recursos e ocupar espaço em função de sua capacidade competitiva (RIZZARDI et al., 2003; FORTE et al., 2017).

A competição é definida como a condição que existe quando os recursos ou condições demandadas por um ou mais organismos em uma comunidade não podem ser supridos adequadamente para todos. Como competição envolve muitos fatores diretos e indiretos, é muitas vezes preferível considerá-la como uma interferência de uma comunidade vegetal em outra, em vez de competição. A interferência é um fenômeno natural

em uma comunidade vegetal, onde existe limitação de recursos, e tende a ser mais prejudicial para os concorrentes quanto mais semelhantes forem suas demandas, exigências ambientais e hábito vegetativo, ou mesmo espécies diferentes, mas que apresentam elevada habilidade competitiva pelos recursos do meio.

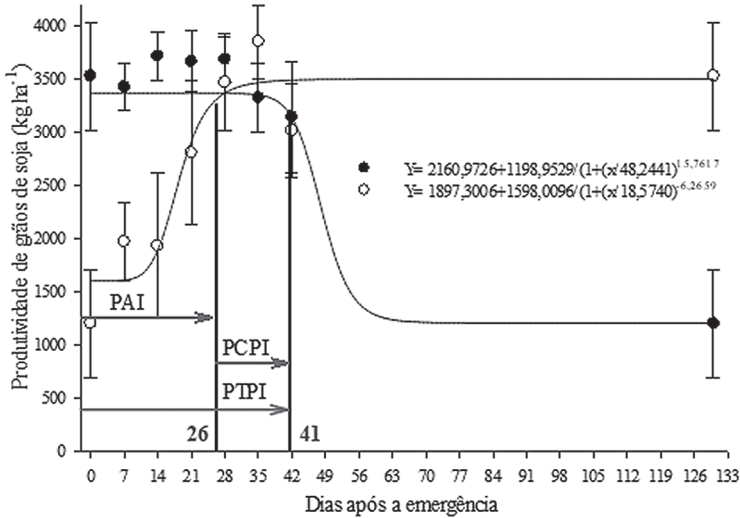


Figura 2. Produtividade de grãos da soja (kg ha⁻¹) cultivar Brasmax Elite, em função dos períodos de convivência (●) e de controle (○) de papuã (*Urochloa plantaginea*). PAI: período anterior a interferência; PTPI: período total de prevenção a interferência e PCPI: período crítico de prevenção a interferência. Barras verticais correspondem ao desvio padrão da amostra. * Significativo a p ≤ 0,05. Dados originais não publicados.

O período crítico de prevenção a interferência de plantas daninhas infestantes da soja na Região do Alto Uruguai do Rio Grande do Sul é de 26 a 41 dias após a emergência da cultura - DAE (Figura 2), ou seja, fase essa que há necessidade de se controlar as plantas daninhas para que não haja efeito negativo no crescimento, desenvolvimento e conseqüentemente na produtividade de grãos. Já o período anterior a interferência, em que as plantas daninhas podem conviver com a cultura vai até os 26 DAE e o período total a prevenção da interferência

é 41 DAE (dados não publicados). Salienta-se, no entanto, que os períodos críticos de controle são variáveis para cada região produtora de soja do Brasil, conforme as características de solo, de clima, a cultivar semeada, manejo adotado com a cultura, dentre outros aspectos, que podem aumentar ou diminuir essas fases de convivência ou de controle das plantas daninhas infestantes da soja.

Nos agroecossistema agrícolas, as plantas daninhas mostram vantagem sobre as espécies cultivadas, porque suas características de sobrevivência e agressividade são normalmente mais aprimoradas. Outro aspecto importante, na interferência, é a capacidade das plantas daninhas em reduzir ou prevenir o acesso das culturas aos recursos. Assim, quando estes são limitados, as plantas daninhas quase sempre se destacam devido à sua maior eficiência em capturar ou usar os recursos disponíveis. Cabe aos técnicos e agricultores adotarem métodos de controle de plantas daninhas e práticas culturais que visem favorecer a cultura em detrimento da comunidade infestante.

Métodos de controle de plantas daninhas em soja

A redução da competição pode ser alcançada pela adoção de amplo espectro de ferramentas e herbicidas existentes no mercado, mas as estratégias de manejo não estão relacionadas apenas ao uso de herbicidas (FLECK et al., 2004; GALON et al., 2019). O controle efetivo das plantas daninhas consiste em suprimir o desenvolvimento e/ou diminuir o número de plantas daninhas por área, até um nível aceitável de coexistência entre as espécies envolvidas seja atingido, com danos mínimos para ambos. Na cultura da soja, o controle das plantas daninhas pode ser alcançado ao se adotar um ou mais métodos de controle, que são didaticamente agrupados em preventivo, mecânico, físico, químico, biológico e cultural. Os produtores devem, no entanto, utilizar o manejo integrado de plantas daninhas (MIPD), que consiste na aplicação de dois ou mais desses métodos conjuntamente.

O MIPD incorpora vários métodos de prevenção, exclusão, monitoramento e supressão de plantas daninhas, amparado pelo conhecimento da biologia dos agroecossistemas. A prevenção consiste no conjunto de práticas de manejo que visam impedir a entrada, o estabelecimento e a disseminação de espécies em áreas que ainda não se encontram infestadas (SILVA et al., 2007a). A exclusão usa de formas de manejo para eliminar ou excluir as plantas daninhas que ocasionam problemas ao infestarem a soja. O monitoramento consiste em adotar medidas de manejo que permitam o acompanhamento da lavoura e adotar táticas de controle quando realmente será necessário ou quando a planta daninha estiver ocasionando algum dano econômico. E por fim, a supressão refere-se o uso de táticas de manejo que impedem o crescimento e o desenvolvimento de espécies ocorrentes na cultura da soja, deixando a cultura mais competitiva pelos recursos do meio, por exemplo, o uso de cobertura do solo (Figura 3) como aveia-preta, ervilhaca, nabo ou a misturas dessas para evitar ou reduzir a emergência de plantas daninhas.

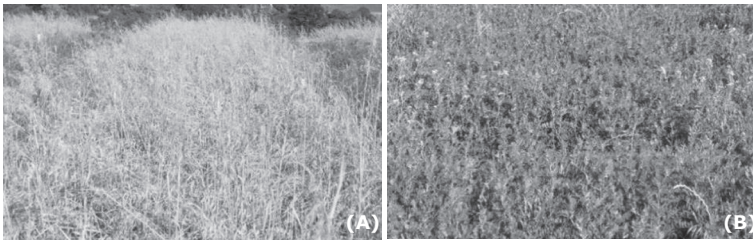


Figura 3. Cobertura de solos de aveia-preta (A) e de ervilhaca (B).

Na atualidade tem-se muitos problemas de controle de plantas daninhas, tanto em dessecações como na limpeza das culturas, exemplos como a buva (*Conyza* spp.), azevém (*Lolium multiflorum*), capim-amargoso (*Digitaria insularis*), caruru (*Amaranthus* spp.), leiteiro (*Euphorbia heterophylla*), corda-de-viola (*Ipomoea* spp.), dentre outras, por serem resistentes ou tolerantes ao glyphosate. Isso deve-se ao fato de que o contro-

le adotado não leva em consideração as premissas de bom programa de manejo que devem permitir a máxima produção no menor espaço de tempo, com máxima sustentabilidade de produção e o mínimo risco econômico e ambiental. Sendo assim para se adotar o MIPD torna-se necessário o conhecimento da biologia dos agroecossistemas, tendo-se como ferramentas conhecimentos em botânica, fisiologia vegetal, biologia molecular, climatologia, tecnologia de aplicação, fitotecnia, solos, dentre outros.

O desenvolvimento do MIPD foi motivado por um anseio de proporcionar aos produtores rurais métodos sistemáticos para reduzir a dependência dos herbicidas e, conseqüentemente, retardar a seleção de biótipos de plantas daninhas resistentes bem como reduzir a contaminação dos agroecossistemas agrícolas. O uso do MIPD facilita o controle de plantas daninhas durante o ciclo da cultura. Práticas culturais como o preparo do solo, adubação, escolha da cultivar, época de semeadura, densidade de plantas e rotação de culturas, devem ser adotadas para beneficiar o desenvolvimento das culturas, e em alguns casos pode reduzir ou eliminar a necessidade da aplicação de outros métodos de controle, em especial os herbicidas.

Manejo preventivo

O controle de plantas daninhas é mais difícil após o seu estabelecimento, assim, prevenir o surgimento é geralmente mais fácil e custa menos do que o controle depois do estabelecimento. De acordo com Silva et al. (2007a), o manejo preventivo das plantas daninhas engloba o uso de práticas que visam impedir a introdução, o estabelecimento e/ou a proliferação de espécies problemáticas em áreas ainda não infestadas por elas.

Em nível federal e estadual, existem leis que regulamentam a entrada de sementes no país ou estado e sua comercialização interna. Sob essas leis são definidos os limites toleráveis de sementes de cada uma das espécies daninhas e também a lista de sementes proibidas de serem comercializadas junto às sementes

da soja. Localmente, é da responsabilidade dos agricultores e das cooperativas evitar a entrada e disseminação de uma ou mais espécies daninhas que podem se tornar sérios problemas para a região. Em resumo, o elemento humano é a chave para o manejo preventivo. A ocupação eficiente do espaço do agroecossistema pela cultura reduz a disponibilidade dos fatores apropriados para o crescimento e desenvolvimento de plantas daninhas, e pode ser considerado um método de integração entre preventivo e cultural. Algumas das medidas que podem evitar a introdução de espécies de plantas daninhas são: uso de sementes de alta pureza e certificadas, limpeza de máquinas e equipamentos oriundos de outras áreas; limpeza de canais de irrigação; implantação de quebra-vento; quarentena de animais introduzidos na área, *roguing* em áreas infestadas, etc. Muitas culturas apresentam suas sementes contaminadas com sementes de espécies daninhas, especialmente daquelas cujo tamanho e forma das sementes se assemelham aos da cultura, como por exemplo, o feijão (*Vigna unguiculata*). A contaminação, geralmente, acontece durante a colheita, quando as plantas daninhas com ciclo de vida semelhantes aos da cultura também estão produzindo suas sementes. Mesmo pequena quantidade de sementes contaminantes pode representar infestação elevada na safra seguinte. Deve-se focar na minimização da infestação e consequente na produção de sementes, e na disseminação destas sementes para áreas ainda não infestadas.

O controle de plantas daninhas é alcançado pela redução do número de plantas e propágulos até o ponto em que a sua presença não interfira seriamente na produção. O planejamento do controle em áreas já infestadas por plantas daninhas deve ser feito de tal forma que o acúmulo de sementes seja reduzido drasticamente dentro de curto período. Deve-se tomar cuidado para restringir o tamanho do banco de sementes através de métodos integrados de controle de plantas daninhas. Em sistema de plantio direto, sementes de plantas daninhas e voluntárias são depositadas na superfície do solo (FORTE et al., 2018b).

Controle cultural

A habilidade competitiva de plantas daninhas depende em grande parte do momento de ocorrência em relação ao estágio de crescimento da soja, de tal maneira que se a cultura germina mais rápido, ou se ocorre atraso no aparecimento das plantas daninhas, a competição será menor (FLECK et al., 2004). O controle cultural é o uso de práticas comuns para o correto manejo da água e do solo, rotação de culturas, a variação do espaçamento entre linhas das culturas, adoção de coberturas vivas, plantas de cobertura, dentre outros. A correção da fertilidade do solo, neutralizando o teor de alumínio (Al) e aumentando o pH, favorece a cultura e não determinadas plantas daninhas adaptadas às condições de solos ácidos e altos teores de Al. Adubação no sulco de semeadura também favorece a soja, de modo que o fertilizante está mais disponível à cultura do que às plantas daninhas nas entrelinhas. Essas práticas ajudam a reduzir o banco de sementes do solo consistindo, portanto, no uso das características ecológicas das culturas e das plantas daninhas, a fim de beneficiar o estabelecimento e desenvolvimento da primeira em detrimento da segunda.

Uma das principais práticas culturais é a rotação de culturas. Seus benefícios dependem da seleção de espécies e sua sequência no sistema. O cultivo contínuo de uma única cultura ou de culturas com práticas de manejo semelhantes permite que certas espécies daninhas se tornem dominantes no sistema e, ao longo do tempo, apresentem dificuldade para o controle (FORTE et al., 2018b). De acordo com Kelley et al. (2003), a produção de soja pode ser melhorada com a adoção de rotação de culturas como uma prática importante de manejo, principalmente de pragas ocorrentes na cultura. Estudos tem mostrado redução na produtividade quando a soja foi cultivada continuamente em monocultura comparado a áreas em rotação com outras culturas (FORTE et al., 2018a e b). No curto prazo, o benefício da rotação de culturas foi o aumento da produtividade de soja, o

que provavelmente melhorou a rentabilidade. No longo prazo, a rotação com culturas com coberturas como ervilhaca + aveia-preta, ervilhaca + aveia-preta + nabo, ervilhaca e aveia-preta (Figura 4), além de aumentarem significativamente as concentrações de nitrogênio e carbono total do solo ao longo do tempo também dificultam o desenvolvimento de muitas espécies de plantas daninhas o que melhorou a produtividade da soja (FORTE et al., 2018a e b). A semeadura de coberturas de inverno (aveia-preta, ervilhaca, centeio, nabo ou o consórcio destas), além dos benefícios físicos, químicos e biológicos ao solo, reduzem também a germinação de plantas daninhas fotoblásticas positivas, como exemplo a buva.

Em trabalho conduzido por Rizzardi & Silva (2014) observou-se que quando a soja foi semeada em área de pousio de inverno, a produtividade foi em média 8% inferior do que quando semeada em áreas com cobertura de aveia-preta e trigo. O principal objetivo do uso de plantas de cobertura é a substituição de uma população de plantas daninhas de difícil controle por uma cobertura de plantas de manejo mais fácil. Para tanto, deve-se selecionar a fenologia das plantas de cobertura para que elas ocupem o nicho ecológico que na sua ausência fosse ocupado por plantas daninhas. Forte et al., (2018a) ao avaliarem diferentes cobertura do solo (aveia-preta, ervilhaca, nabo, aveia-preta + ervilhaca, aveia-preta + nabo, nabo + ervilhaca), por três safras consecutivas de soja constaram que as espécies de inverno interferiram negativamente no número de espécies de plantas daninhas encontradas na área, sendo que o consórcio de aveia-preta e ervilhaca proporcionou o máximo de controle de plantas daninhas infestantes da cultura. Desse modo as culturas de inverno podem ser utilizadas para inibir a germinação ou mesmo o surgimento de plantas daninhas em lavouras de soja, como relatam Forte et al., (2018a) ao usarem coberturas de solo no inverno essas proporcionaram ambiente desfavorável à emergência e estabelecimento das plantas daninhas, em especial o azevém.

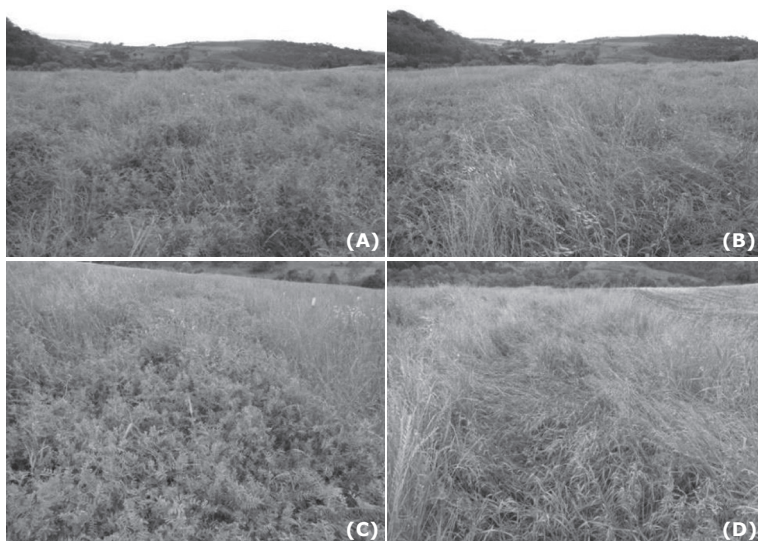


Figura 4. Coberturas de inverno antecedendo o cultivo da soja, ervilhaca + aveia-preta (A), ervilhaca + aveia-preta + nabo (B), ervilhaca (C) e aveia-preta (D). Diversas plantas daninhas são inibidas nesta sucessão, principalmente a buva.

O tremoço, a ervilhaca, o azevém, o nabo, a aveia-preta e o centeio são usados no sul do Brasil como plantas de cobertura de inverno para reduzir a infestação de plantas daninhas em lavouras. No trabalho de Forte et al., (2018b) os autores constaram que o sistema de plantio direto (SPD), com palhada de aveia-preta, ervilhaca, nabo, aveia-preta + ervilhaca, aveia-preta + nabo, nabo + ervilhaca, por três safras consecutivas ocasionou a diminuição do banco de sementes de plantas daninhas, independentemente da cultura semeada no verão (soja, milho ou feijão), coberturas de solo implantadas no inverno e/ou nas duas camadas de solos coletadas (0 a 10 e 10 a 20 cm de profundidade).

A diminuição do número de plantas daninhas estabelecidas em solo com o maior nível de cobertura vegetal (Tabela 1) pode ocorrer por várias causas: fatores físicos, tais como a palha, impedem a penetração da radiação solar no solo e diminuem a amplitude tér-

mica e hídrica do solo, atuando como barreira física ao crescimento normal das plântulas (FORTE et al., 2018b); fatores químicos, como a liberação de substâncias alelopáticas (REZENDES et al., 2020), ou mudanças na relação C:N e níveis de nitrato no solo; e fatores biológicos, como insetos e patógenos encontrados na camada de palha (FORTE et al., 2018b).

Tabela 1. Número de plântulas (kg solo^{-1}) emergidas nas camadas de 0 a 10, 10 a 20 cm e número total de plântulas de acordo com o sistema plantio direto (SPD) e o sistema plantio convencional (SPC). Quatro Irmãos/RS, UFFS, 2017.

Manejos	Camada de 0 a 10 cm	Camada de 10 a 20 cm	Nº de plântulas
SPD1	51,67cA ¹	23,83cB	75,50c
SPD2	36,50cA	11,00cB	47,50c
SPD3	41,67cA	26,33cA	68,00c
SPD4	49,00cA	24,50cB	73,50c
SPD5	69,00bcA	22,50cB	91,50c
SPD6	45,50cA	29,50cA	75,00c
SPC1	146,50aA	68,00bB	214,50ab
SPC2	93,50bA	98,50bA	192,00b
SPC3	134,33aA	140,67aA	275,00a
C.V (%)		22,62	17,76

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey, a $p \leq 0,05$. Fonte: Forte et al. (2018b).

De fato, nos tratamentos em que se teve palhada sobre o solo foi observado durante as avaliações plântulas menos vigorosas do que os tratamentos onde não houve cobertura morta sobre o solo (FORTE et al., 2018b). Esse fato torna as novas plântulas de espécies daninhas sensíveis ao ataque de pragas, aos danos mecânicos e suscetíveis ao ataque de predadores, fato esse também observado por (THEISEN & VIDAL, 1999) ao trabalharem com diferentes níveis de palhada no controle de plantas daninhas em soja.

Nas regiões subtropicais, mucuna, crotalárias, guandu, feijão-de-porco, lab-lab, brachiarias podem ser usados como coberturas mortas. O principal efeito con-

siste em reduzir o banco de sementes do solo, além de melhorar suas características físico-químicas. No entanto, estas plantas podem também ter outros efeitos reduzindo a infestação de algumas espécies daninhas após dessecação ou incorporação ao solo.

A presença da cobertura cria condições para instalação de uma microbiota densa e diversificada no solo, em especial na camada superficial, com quantidade elevada de microrganismos responsáveis pela eliminação de sementes dormentes por deterioração e perda de viabilidade. Tanto a composição como a densidade da população de plantas daninhas são influenciados pelo nível de cobertura no sistema de produção (CORREIA et al., 2006), devido aos efeitos químicos, físicos e biológicos (BHOWMIKA & INDERJIT, 2003).

Assim, dentre as inúmeras vantagens atribuídas ao sistema de plantio direto - uma prática que mantém o solo coberto por resíduos culturais - destaca-se a melhoria no controle de plantas daninhas. Trezzi & Vidal (2004) relataram que a presença de resíduos de sorgo (4 t ha^{-1}) foi suficiente para reduzir 91, 96 e 59% a população de *Sida rhombifolia*, *Brachiaria plantaginea* e *Bidens pilosa*, respectivamente. De acordo com Silva et al. (2007c), em sistema de plantio direto, o uso de herbicidas sistêmicos dessecantes, junto ao não-revolvimento do solo, resultaram em excelente inibição da tiririca (*Cyperus rotundus*). Em dois anos neste sistema, é possível reduzir os níveis populacionais de tiririca em 90 a 95%, sendo que em três anos, a redução no número de tubérculos no solo pode chegar a mais de 90%.

A variação do espaçamento ou densidade na linha é outra prática que pode contribuir para a redução da interferência de plantas daninhas na cultura, dependendo da arquitetura da cultura e das espécies daninhas. A redução do espaçamento entrelinhas, muitas vezes proporciona vantagem competitiva para a maioria das culturas pelo maior sombreamento das espécies daninhas sensíveis. Neste caso, através da redução do es-

paçamento entrelinhas, desde que não exceda o limite mínimo, há aumento da interceptação de luz pelo dossel da cultura. Este efeito é dependente de fatores como as características morfofisiológicas de genótipos de soja, espécies daninhas presentes e época e condições edafoclimáticas no momento da emergência (FORTE et al., 2017).

Controle mecânico

O arranquio e a capina são os métodos mais antigos de controle de plantas daninhas, sendo ainda bastante utilizados em hortas e na remoção de plantas daninhas nas entrelinhas das culturas, regiões montanhosas e onde há predomínio de agricultura de subsistência (SILVA et al., 2007a). Entretanto, na agricultura mais intensiva e moderna, ou empresarial com áreas maiores, o alto custo da mão-de-obra e a dificuldade de encontrar trabalhadores para usar esse método tem gerado dificuldades no campo, sendo o método mecânico aplicado em algumas situações como complementar aos demais, em especial ao químico.

O controle mecânico pode assumir grande importância em campos de produção de sementes, sendo uma boa alternativa para o uso isolado ou como complemento para outros métodos de controle (GAZZIERO et al., 2003). De acordo com Silva et al. (2007c), o cultivo mecanizado, feito por cultivadores tracionado por animais ou tratores, é amplamente aceito na agricultura brasileira, sendo um dos principais métodos de controle de plantas daninhas em pequenas propriedades ou mesmo em maiores áreas antes do surgimento do controle químico, com uso de herbicidas. As principais limitações deste método são a dificuldade de controle de plantas daninhas nas linhas de semeadura, baixa eficiência quando realizada com solo úmido, e ineficiência para controlar espécies que se reproduzem por partes vegetativas, tais como *Cyperus rotundus*, *C. esculentus*, *Cynodon dactylon*, *Commelina diffusa*, *C. benghalensis*,

Sorghum halepense, *Digitaria* spp., dentre outras. No entanto, todas as espécies anuais quando jovens (2-4 pares de folhas), são facilmente controladas em condições de calor e de solo seco.

Nos sistemas de cultivo convencional, com revolvimento de solo (aração e/ou gradagem), o manejo do solo promove o controle das plantas daninhas estabelecidas na área, antes da semeadura. Devido às desvantagens observadas (como a erosão), esse sistema vem sendo pouco utilizado pelos produtores de soja que buscam o manejo sustentável de suas lavouras (FORTE et al., 2018a e b).

Controle biológico

O controle biológico consiste no uso de inimigos naturais (fungos, bactérias, vírus, insetos, pássaros, peixes, etc.) capazes de reduzir a densidade de plantas daninhas em áreas cultivadas, incluindo o efeito alelopático de determinadas espécies sobre outras (GALON et al., 2016; Rezendes et al., 2020). Um bioherbicida é definido como um agente biológico que proporciona controle de plantas daninhas por meio de aplicações sequenciais de seu inóculo (CHARUDATTAN & DINOOR, 2000).

Nos Estados Unidos da América e em muitos outros países, a utilização de microrganismos como agentes de controle de plantas daninhas é considerada como uma aplicação de agrotóxicos e, portanto, esses agentes devem ser registrados ou aprovados como biopesticidas por agências governamentais apropriadas. Atualmente, uma espécie de fungo registrado como bioherbicida nos Estados Unidos para o controle de plantas daninhas em soja é o Collego[®], com base em *Colletotrichum gloeosporioides* f. sp. *aeschynomene*, que é usado para controlar *Aeschynomene virginica*, uma planta daninha pertencente à família das Fabaceae, nas culturas de soja e arroz no Arkansas, Mississippi e Louisiana (CHARUDATTAN & DINOOR, 2000).

No Brasil Fernandes et al., (2014) isolaram um organismo fitopatogênico (168-B) como potencial bioherbicida para o controle de buva. Como resultados, houve o controle total das plantas de buva em todos os estádios fenológicos, com aplicações nas concentrações de 10^6 e 10^7 propágulos mL^{-1} do patógeno.

Controle químico

O uso de herbicidas proporciona diversas vantagens: controle em pré-emergência, eliminando as plantas daninhas precocemente e atingindo alvos que outros métodos de controle não controlam as plantas daninhas; reduz ou elimina o risco de danos para raízes e plantas jovens da cultura; não altera a estrutura do solo e reduz o risco de erosão; controla de forma mais eficiente plantas daninhas perenes; reduz a necessidade de mão de obra; aumenta a velocidade e eficiência da operação de controle reduzindo os custos por área tratada; controla as plantas daninhas por períodos mais prolongados, e pode ser utilizado em períodos de chuva, quando o controle mecânico não é eficiente e/ou quando o trabalho é necessário para outras atividades. No entanto, tem a desvantagem de exigir mão de obra qualificada uma vez que, se feito de forma inadequada, pode causar danos à cultura, ao meio ambiente e ao próprio aplicador, além de deriva em culturas não alvo, dentre outros. Embora muito eficazes no controle de plantas daninhas, os herbicidas podem promover o desenvolvimento de biótipos resistentes aos mesmos. De acordo com Oliveira Jr. et al. (2006), as estratégias mais comumente utilizadas no manejo de plantas de cobertura e plantas daninhas em áreas de plantio direto são reduzidas a três: (1) dessecação imediatamente antes da semeadura, (2) entre sete e dez dias antes da semeadura ou (3) dessecação antecipada com aplicação sequencial de herbicidas (Figura 5).

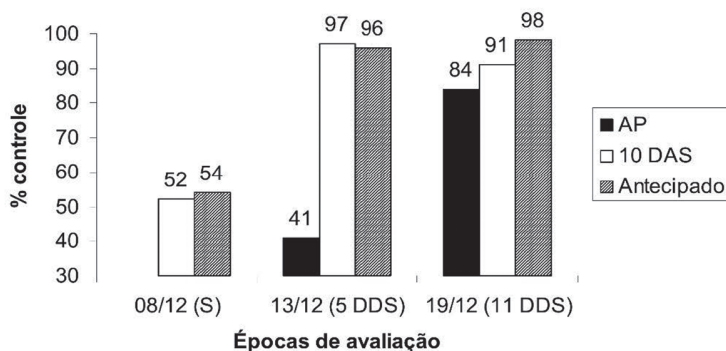


Figura 5. Porcentagens de controle de plantas daninhas (avaliação visual) proporcionadas por três sistemas de manejo antecedendo a semeadura direta da soja, na data da semeadura (S) (8/12) e em duas ocasiões depois da semeadura (DDS). AP: aplique-e-plante. DAS: 10 dias após a semeadura. Fonte: Oliveira Jr. et al. (2006).

A dessecação antecipada favorece o desenvolvimento da soja, proporcionando maiores ganhos de produtividade devido à menor infestação de plantas daninhas (Tabela 2). O sistema de manejo também afeta o fluxo de emergência de plantas daninhas após a emergência da soja, com menos reinfestações quando se efetua a dessecação antecipada e a segunda aplicação (sequencial) que controla possíveis fluxos iniciais de germinação (OLIVEIRA Jr. et al., 2006).

Tabela 2. Produtividade de soja (kg ha^{-1}), cultivar BRS-154, submetida a diferentes sistemas de manejo e de controle de plantas daninhas em pós-emergência. Campo Mourão-PR – 2003/04

Sistemas de manejo	Tratamento em pós-emergência			
	Nenhum	Capina manual	Sequencial	Dose única
AP	2037,86 bB ¹	2404,12 aB	2396,71 aB	2372,02 aB
10 DAS	2181,89 bB	2538,27 aB	2534,16 aB	2538,27 aB
Antecipado	2424,69 bA	2930,04 aA	2920,17 aA	2790,12 aA
Testemunha absoluta	890,53			
CV(%)	6,31			

¹ Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas colunas ou minúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de agrupamento de Scott Knott (5%). Fonte: Adaptado de Oliveira et al. (2006).

Procópio et al. (2006) realizaram um estudo comparando os efeitos de sistemas de manejo no controle das plantas daninhas; *Digitaria insularis*, *Synedrellopsis grisebachii* e *Leptochloa filiformis* antes da semeadura da soja em sistema de plantio direto. O controle foi satisfatório sem rebrota de *D. insularis* e *L. filiformis* quando o glyphosate foi aplicado cinco dias antes da semeadura da soja ou quando a aplicação desse herbicida foi seguida por aplicação sequencial de paraquat+diuron.

Os herbicidas não residuais como o glyphosate não controlam plantas que emergem após a aplicação, sendo que estas podem produzir sementes e reabastecer o banco de sementes do solo se outra prática de manejo posterior não for adotada. Por esse fato que barreiras físicas com uso de boa quantidade de palha de culturas de inverno como aveia-preta, trigo, centeio, triticale, ervilhaca ou a mistura dessas favorecem ou ajudam e muito no controle de muitas espécies.

A adição de um herbicida residual em associação ao glyphosate pode auxiliar no controle das plantas daninhas que venham a emergir após a aplicação, pelo efeito residual que esse herbicida proporcionará (SANTIN et al., 2019). De acordo com ARREGUI et al. (2006), vários herbicidas aplicados ao solo controlam plantas daninhas como *Ipomoea* spp., *Commelina* spp. e *Sida spinosa*. Dentre alguns pode-se citar o chlorimuron e o sulfentrazone que reduzem a densidade de *Ipomoea* spp., de *S. spinosa*, com diminuição do banco de sementes dessas plantas daninhas ao se aplicar imazaquin, metribuzin, sulfentrazone (ELLIS & GRIFFIN, 2002), cloransulam e diclosulam (REDDY, 2000) ou o uso de sulfentrazone + diuron, flumioxazin + imazethapyr e S-metolachlor para o controle de *Digitaria ciliare*s e *Urochloa plantaginea* (SANTIN et al., 2019).

Os herbicidas de solo como metribuzin e imazaquin podem ser benéficos quando aplicados na época de maior pico de emergência das plantas daninhas, particularmente ao inibir aquelas onde apresentam tolerância ou resistência ao glyphosate. RAMIRES et al. (2010) ob-

servaram que o controle das espécies daninhas *E. heterophylla* e *I. grandifolia* foram melhores ao se aplicar os tratamentos no estágio de 1-3 folhas tanto para o herbicida glyphosate aplicado isoladamente (480 e 960 g ha⁻¹ de e.a.) como associado a cloransulam-methyl (30,24 g ha⁻¹), chlorimuron-ethyl (12,5 g ha⁻¹), imazethapyr (80 g ha⁻¹), fomesafen (62,5 g ha⁻¹), lactofen (72,0 g ha⁻¹), flumiclorac-pentyl (30,0 g ha⁻¹) ou bentazon (480 g ha⁻¹).

A associação de herbicidas de diferentes mecanismos de ação como meio de manejo e prevenção da resistência é mais eficiente quando o sistema reprodutivo da planta daninha é de autopolinização, uma vez que a recombinação genética de diferentes alelos que conferem resistência é menos provável de ocorrer em plantas alógamas. Devido aos inúmeros casos de biótipos de plantas daninhas resistentes a herbicidas no Brasil, vários estudos foram realizados em busca de alternativas para o controle dessas plantas (ALONSO et al., 2013; AGOSTINETTO & VARGAS, 2014). Na Tabela 3 são listados os herbicidas alternativos adequados para a soja de acordo com a espécie daninha resistente ocorrente na área.

O comportamento das misturas de glyphosate com outros herbicidas pode variar conforme a dose de glyphosate, o herbicida utilizado em mistura, a espécie e o estágio de desenvolvimento da planta daninha (RAMIRES et al., 2010).

Nonemacher et al. (2017), ao avaliarem o controle de milhã - *Digitaria ciliaris* (Tabela 4) e papuã - *Urochloa plantaginea* (Tabela 5) ao utilizarem o glyphosate em misturas com herbicidas de pré e de pós-emergência em soja observaram controles superiores a 88% dos 7 aos 28 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT), chegando a 82% de controle das plantas daninhas na pré colheita da cultura. Desse modo fica evidente que a mistura em tanque de herbicidas com efeitos residuais ao glyphosate favorece que se controle as plantas daninhas por mais tempo ou que se mantenha a cultura no limpo até próximo da colheita.

Ressalta-se que em condições de seca durante o crescimento vegetativo da soja, aplicações de glyphosate, herbicidas pré ou pós-emergentes que necessitam de umidade no solo podem ser menos eficazes para o controle de plantas daninhas e a consequente competição pode reduzir a produtividade da cultura.

Tabela 3. Alternativas de herbicidas para o controle de plantas daninhas resistentes ao glyphosate usados em lavouras de soja no Brasil.

Plantas daninhas	Época de aplicação	Herbicidas alternativos
<i>Lolium multiflorum</i>	Pós-emergência	Clethodim, fluazifop-p, haloxyfop e sethoxydim
<i>Lolium multiflorum</i>	Dessecação	Ammonium-glufosinate e diquat
<i>Conyza bonariensis/C. canadensis</i>	Dessecação	Ammonium-glufosinate, chlorimuron -ethyl, diquat, 2,4 -D, metsulfuron-methyl e saftufenacil
<i>Conyza bonariensis/C. canadensis</i>	Pré-emergência	Diclosulam, imazethapyr+flumioxazin e sulfentrazone+diuron
<i>Conyza bonariensis/C. canadensis</i>	Pós-emergência	Chlorimuron-ethyl
<i>Digitaria insularis</i>	Pós-emergência	Clethodim e haloxyfop
<i>Digitaria insularis</i>	Dessecação	Diquat, ammonium-glufosinate, clethodim, haloxyfop
<i>Amaranthus retroflexus/A. viridis</i>	Dessecação	Ammonium-glufosinate, diquat e saftufenacil
<i>Amaranthus retroflexus/A. viridis</i>	Pós-emergência	Lactofen, fomesafen

Norsworthy (2004), avaliando o controle de plantas daninhas latifoliadas e o custo de herbicidas convencionais e de glyphosate em soja resistente ao glyphosate, descobriu que herbicidas pré-emergentes seguidos de glyphosate, controlaram *I. lacunosa* oito semanas após a emergência. O controle de *I. hederacea* com herbicidas pré-emergentes seguido da aplicação de glyphosate foi de 100%, similar ao obtido por chlorimuron mais sulfentrazone seguido por lactofen. No entanto, a competição com plantas daninhas no início do ciclo, quando uma única aplicação de glyphosate foi adiada em até quatro semanas, reduziu em 389 kg ha⁻¹ a produtividade da soja quando comparado ao glyphosate seguido de herbicidas pré-emergentes.

Em suma, para se adotar uma estratégia adequada de controle de plantas daninhas deve-se integrar as seguintes práticas:

1. Utilizar práticas agronômicas que limitem a introdução e disseminação de plantas daninhas, evitando problemas antes da ocorrência das mesmas;
2. Favorecer a cultura na competição com as plantas daninhas, ou seja, o uso de cultivares mais competitivas, boa fertilidade do solo, correto tratamento fitossanitário, dentre outros;
3. Utilizar práticas que mantenham as plantas daninhas em condições desfavoráveis e não permitam sua adaptação.

Tabela 4. Controle (%) de milhã (*Digitaria ciliaris*) na cultura da soja, em função da aplicação de herbicidas em pré e pós-emergência. UFFS/Erechim/RS.

Tratamentos	Época de Aplicação	Controle de milhã (%)			
		7DAT ¹	14DAT	21DAT	P.C
Testemunhainfestada	...	0 ^c	0 ^b	0 ^d	0 ^b
Testemunhacapinada	...	100a	100a	100a	100a
Glyphosate	Pós	98b	100a	96a	98a
Glyphosate+clomazone	Pós+Pré	100a	100a	96a	97a
Glyphosate+flumioxazin	Pós+Pré	98b	99a	93b	96a
Glyphosate+diclosulam	Pós+Pré	100a	99a	95b	86a
Glyphosate+s-metolachlor	Pós+Pré	99b	99a	97a	98a
Glyphosate+(sulfometuron+chlorimuron)	Pós+(Pré)	100a	100a	88c	87a
Glyphosate+pendimethalin	Pós+Pré	98b	100a	98a	99a
Glyphosate+sulfentrazone	Pós+Pré	100a	100a	94b	99a
Glyphosate+imazethapyr	Pós+Pré	98b	100a	99a	100a
Glyphosate+clethodim	Pós	98b	99a	97a	97a
Glyphosate+chlorimuron-ethyl	Pós	98b	99a	98a	98a
Glyphosate+(sulfentrazone+chlorimuron)	Pós+(Pré)	100a	99a	92b	97a
Glyphosate+(imazethapyr+sulfentrazone)	Pós+Pré	100a	99a	97a	96a
Glyphosate+imazaquin	Pós+Pré	100a	99a	93b	93a
C.V.(%)		0,68	0,93	2,75	7,02

¹ Dias após a aplicação dos tratamentos. P.C: avaliação de controle em pré-colheita. ² Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna, em cada época de avaliação, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a $p < 0,05$. Fonte: Nonemacher et al., (2017.)

O uso combinado das práticas agronômicas com base nestas regras permitirá ao produtor elaborar um programa de MIPD para sua realidade. Não há receita única para todas as condições e anos; o planejamento deverá ser modificado e atualizado continuamente.

O manejo adequado das plantas daninhas é alcançado através da redução do número de plantas e propágulos até o ponto em que a sua presença não interfira seriamente na produção. O planejamento do controle deve ser feito de tal forma que o acúmulo de sementes seja reduzido drasticamente. Deve-se tomar cuidado para restringir o tamanho do banco de sementes através de métodos integrados de controle de plantas daninhas. Em sistema de plantio direto, sementes de plantas daninhas e voluntárias são depositadas na superfície do solo (LOCKE et al., 2002; FORTE et al., 2018b), onde ficam mais expostas a ação de predadores, patógenos e dos efeitos climáticos.

Portanto, é necessária a adoção do MIPD, com integração de métodos de controle, tais como o preventivo, cultural, físico, biológico, mecânico e/ou químico, para evitar altas infestações de plantas daninhas e evitar competição com a cultura. Tem-se várias possibilidades de combinações de métodos de manejo de plantas daninhas, sendo prática comum, nos sistemas de produção que utilizam herbicidas, aplicados em diferentes modalidades, utilizarem em adição os métodos culturais, mecânicos, físicos e até mesmo o biológico. Nos sistemas de produção orgânica, a integração dos métodos supracitados torna-se prática obrigatória, já que não contam com os efeitos residuais dos herbicidas.

Tabela 5. Controle (%) de papuã (*Urochloa plantaginea*) na cultura da soja, em função da aplicação de herbicidas em pré e pós-emergência. UFFS/Erechim/RS.

Tratamentos	Época de Aplicação	Controle de papuã (%)			
		7 DAT ¹	14 DAT	21 DAT	P.C
Testemunha infestada	...	0 ² c	0 b	0 c	0 b
Testemunha capinada	...	100 a	100 a	100 a	100 a
Glyphosate	Pós	98 b	100 a	94 b	97 a
Glyphosate+clomazone	Pós+Pré	100 a	99 a	91 b	95 a
Glyphosate+flumioxazin	Pós+Pré	98 b	100 a	97 a	95 a
Glyphosate+diclosulam	Pós+Pré	100 a	100 a	91 b	86 a
Glyphosate+s-metolachlor	Pós+Pré	98 b	100 a	99 a	96 a
Glyphosate+(sulfometuron+chlorimuron)	Pós+(Pré)	100 a	99 a	88 b	85 a
Glyphosate+pendimethalin	Pós+Pré	97 b	100 a	97 a	97 a
Glyphosate+sulfentrazone	Pós+Pré	100 a	100 a	94 b	86 a
Glyphosate+imazethapyr	Pós+Pré	98 b	100 a	99 a	99 a
Glyphosate+clethodim	Pós	98 b	99 a	92 b	92 a
Glyphosate+chlorimuron-ethyl	Pós	98 b	99 a	97 a	93 a
Glyphosate+(sulfentrazone+chlorimuron)	Pós+(Pré)	100 a	99 a	91 b	82 a
Glyphosate+(imazethapyr+sulfentrazone)	Pós+Pré	100 a	99 a	96 a	94 a
Glyphosate+imazaquin	Pós+Pré	99 a	99 a	92 b	93 a
C.V. (%)		0,79	1,07	3,01	11,48

¹ Dias após a aplicação dos tratamentos. P.C: avaliação de controle em pré-colheita. ² Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna, em cada época de avaliação, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a $p < 0,05$. Fonte: Nonemacher et al., (2017.)

Plantas daninhas resistentes a herbicidas em soja transgênica

O manejo de plantas daninhas nas lavouras de soja é caracterizada pela elevada demanda de herbicidas, sendo o controle químico o mais usado em função da praticidade, eficácia, rapidez e também pelo menor custo quando comparado a outros métodos de controle. No entanto, a maioria dos produtores tem apenas a visão imediatista do controle de plantas daninhas, o que pode levar a problemas ambientais, surgimento da resistência a médio e a longo prazo.

Aplicações repetidas de herbicidas com o mesmo mecanismo de ação sobre uma população geneticamente diversificada de plantas daninhas ocasiona forte pressão de seleção e resulta na evolução da resistência (VARGAS et al., 2007). Como consequência, a população de plantas daninhas resistentes a herbicidas tem se expandido rapidamente em várias regiões, tornando-se um problema de difícil solução em muitas áreas com agricultura intensiva. Evidências sugerem que o aparecimento da

resistência a um herbicida em uma população de plantas deve-se à seleção de biótipos pré-existentes, que encontram condições propícias para propagação e prevalência (FERREIRA et al., 2009).

Em 2005 a soja resistente ao glyphosate foi liberada oficialmente para cultivo no Brasil. A partir deste momento, vários herbicidas e combinações de produtos têm sido substituídos por um único ingrediente ativo, o glyphosate. Este é um herbicida sistêmico usado para controle pós-emergente de gramíneas e dicotiledôneas (RODRIGUES & ALMEIDA, 2018). Em soja transgênica, é utilizado em aplicações isoladas ou em sequência, em doses e momentos variáveis. A tecnologia da soja resistente ao glyphosate foi prontamente aceita e adotada pelos produtores, que realizam em média três aplicações desse herbicida por ciclo da cultura da soja. Além disso, o glyphosate é o principal herbicida utilizado em culturas como pastagens, frutas, café, eucalipto e na dessecação para implantação do sistema de plantio direto (FERREIRA et al., 2009), o que agrava o problema do surgimento de plantas daninhas resistentes ao mesmo.

O manejo e os herbicidas usados em uma área causam alterações no tipo e proporção de espécies que compõem a população local. Isso é explicado pelo fato de que os herbicidas não controlam de maneira uniforme as espécies na área; assim, algumas acabam sendo beneficiadas e se multiplicam. Nestas situações, a ocorrência de plantas daninhas de difícil controle na área pode se tornar um problema sério para o produtor em pouco tempo (GALON et al., 2014). O planejamento técnico da aplicação de herbicidas resulta em menor risco de evolução de plantas resistentes, devendo sempre estar associado ao manejo cultural e à presença contínua de palha na superfície do solo (Figura 6).



Figura 6. A tecnologia de aplicação, com aplicação de herbicidas sob condições ambientais favoráveis, aliado à rotação de princípios ativos e presença de palha abundante na superfície do solo ao longo do ano maximizam os resultados de controle de plantas daninhas.

A buva (*Conyza* spp.) é um exemplo de planta daninha problemática na soja, com casos de resistência ao glyphosate em várias partes do mundo em áreas de soja transgênica. Experimentos conduzidos por VARGAS et al. (2007), MOREIRA et al. (2007) e LAMEGO & VIDAL (2008) demonstraram que a aplicação de 360 g ha^{-1} de glyphosate é suficiente para distinguir biótipos resistentes dos suscetíveis ao referido herbicida. Os fatores de resistência (GR_{50}) variaram entre 7 e 11 para *C. canadensis* (MOREIRA et al., 2007) e entre 2,4 e 15 (MOREIRA et al., 2007; LAMEGO & VIDAL, 2008) para *C. bonariensis*. Ressalta-se que a determinação do nível de resistência de populações suspeitas é fundamental para a tomada de decisões sobre as estratégias de seu controle. No momento são reconhecidos 56 casos de espécies de plantas daninhas resistentes ao glyphosate no mundo (HEAP, 2022).

Em quase sua totalidade a semeadura da soja no Brasil vem sendo efetuado no sistema de plantio direto (SPD), onde se alia o uso de herbicidas em dessecação da vegetação (com uso de glyphosate, diquat, amonio-glufosinate, saflufenacil, graminicidas, dentre outros) com o efeito dos resíduos de palhada que permanecem sobre o solo.

A cobertura do solo no SPD pode afetar as plântulas em desenvolvimento, em função da barreira física, o que causa o estiolamento das mesmas tornando-se

suscetíveis aos danos mecânicos. Pode ainda favorecer o desenvolvimento de insetos e fungos, sendo muitos desses predadores e patógenos de sementes e parte aérea de plantas daninhas. Entretanto aquelas plantas que conseguem sobreviver as dificuldades iniciais de estabelecimento quando a superfície do solo estiver bem coberta por restos de culturas, essas espécies podem ser beneficiadas pela baixa população o que as deixa em vantagem competitiva, assim sobram mais recursos do meio disponíveis ao crescimento e desenvolvimento (RIZZARDI & SILVA, 2014; FORTE et al., 2018a; FORTE et al., 2018b).

A implantação do SPD ocasionou o incremento do uso de herbicidas em substituição ao controle efetuado por meios mecânicos no cultivo convencional. O herbicida geralmente utilizado no SPD é o glyphosate. Em culturas transgênicas, além de ser usado na dessecação das coberturas de solo também é utilizado para o controle das plantas daninhas em pós-emergência. Porém, estudos têm demonstrado que o uso contínuo desse produto e quando manejado inadequadamente, tem ocasionado o surgimento de plantas daninhas resistentes (VARGAS et al., 2005; FERREIRA et al., 2008). Aplicações repetidas de glyphosate podem alterar a composição específica de plantas daninhas nas lavouras e favorecer a predominância de espécies tolerantes como *Andropogon* spp.; *Ambrosia elatior*; *Ipomoea* spp., *Richardia brasiliensis* e *Spermacoce latifolia*.

Na atualidade uma das recomendações para o manejo de plantas daninhas resistentes ou mesmo para evitar a resistência são as aplicações de herbicidas em mistura em tanque ou associados. Em trabalho de GALON (dados não publicados), constatou-se que ao se misturar dois produtos em tanque para a dessecação da buva antes da semeadura da soja houve um melhor controle da planta daninha, dos 14 aos 28 DAT, especialmente o glyphosate onde essa espécie é resistente ao mesmo e desse modo tem-se a necessidade de se efetuar misturas com outros produtos (Tabela 5).

Tabela 6. Controle de (%) de buva (*Conyza bonariensis*) aos 14 e 28 dias após a aplicação dos tratamentos. UFFS, Erechim/ RS 2018/19.

Tratamentos	Controle (%) de buva	
	14 DAA ¹	28 DAA
Glyphosate	55 e ²	36 c
2,4-D	49 e	38 c
Glyphosate+sulfentrazone	63 d	36 c
Glyphosate+metsulfuron	84 b	88 a
Glyphosate+safinufenacil	94 a	84 a
Glyphosate+ 2,4-D	82 b	78 a
Glyphosate+flumioxazin	65 d	36 c
Glyphosate+chlorimuron	75 c	67 b
Paraquat+diclosulam	88 a	70 b
Paraquat	81 b	29 c
Glufosinato de amônia	95 a	83 a
Paraquat+diuron	85 b	37 c
Safinufenacil	90 a	71 b
Testemunha sem aplicação	0 f	0 d
C.V (%)	7,07	11,32

¹ Dias após a aplicação dos herbicidas. ² Médias seguidas por mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5%.

Portanto não se tem um melhor método de controle de plantas daninhas infestantes da soja, mas sim o mais adequado para cada situação específica, e para se ter vantagens no uso de dois ou mais métodos associados torna-se necessário estudar as condições da espécie infestante, da capacidade competitiva das cultivares de soja, do período crítico de competição, das táticas de manejo adotados, das condições edafoclimáticas, dentre outras.

A resistência de plantas daninhas a herbicidas é um fenômeno em evolução no mundo e, em certos casos, pode restringir o uso de alguns herbicidas. Portanto, o problema deve ser gerenciado com uso de estratégias alternativas associadas à aplicação de herbicidas. A rotação de culturas é uma boa estratégia para quebrar o ciclo de vida das plantas daninhas, evitando a sua posição dominante na área e também a adoção do MIPD. Quando são aplicadas as mesmas técnicas culturais, ano após ano, no mesmo local, a interferência destas plantas daninhas é muito maior. Quando o objetivo principal é o controle de plantas daninhas, a escolha da cultura a ser implantada em rotação deve dar preferência a plantas

com hábitos de crescimento e características culturais muito contrastantes (FORTE et al., 2018a e b).

Assim, a alteração promovida no ambiente de crescimento das plantas daninhas de uma cultura para outra, associada à mudança nos herbicidas aplicados, contribuirá para o controle eficiente das espécies infestantes. A rotação de culturas é um método eficaz tanto na prevenção do aparecimento de biótipos resistentes como no manejo da resistência já estabelecida.

Soja modificada geneticamente e resistente a outros herbicidas que não o glyphosate

Na atualidade se tem cultivares de soja que são resistente ao glyphosate, mas também a outros herbicidas como o amonio-glufosinate, o 2,4-D colina e resistentes a lagartas, tecnologia denominada de soja Enlist®. Outras cultivares resistentes ao glyphosate e ao dicamba com denominação de soja Xtend®, com tecnologia Bt inserida nos seus cultivares também estão no mercado a disposição do agricultor. Já a soja Balance traz a inserção de tolerância aos herbicidas inibidores de carotenos, do grupo químico HPPD e não possui resistência ao glyphosate. Entre todas as tecnologias descritas anteriormente Balance ainda não esta disponível ao sojicultor.

Outras tecnologias que também estão sendo utilizadas como a soja Cultivance, liberada para o cultivo pela CTNBio, com tolerância aos herbicidas inibidores da acetolactato sintase, pertencentes ao grupo das imidazolinonas, inclui herbicidas de uso em pré-emergência, com ação residual no solo e não possui resistência ao glyphosate. A soja liberty link (LL), foi inserido a resistência aos herbicidas inibidores da glutamina sintase, muito utilizada e aceita pelo produtor existindo cultivares com elevada produtividade a disposição do produtor. Na tecnologia LL não está inserida a resistência a insetos, além de ser sensível ao herbicida glyphosate.

Desse modo tem-se mais algumas “ferramentas químicas” para o controle de plantas daninhas resistentes ou tolerantes ao glyphosate, como a *Conyza* spp.,

Digitaria insularis, *Amaranthus palmeri*, *A. hybridus*, *Euphorbia heterophylla*, *Spermacoce latifolia*, *Richardia brasiliensis*, *Ipomoea* spp., dentre outras. No entanto essas novas tecnologias caso sejam utilizadas do mesmo modo que foi a soja RR, sem rotação de culturas e de mecanismos de ação dos herbicidas, com problemas de tecnologia de aplicação também irão ocasionar problemas muito mais sérios para serem resolvidos e em curto intervalo de tempo entre o lançamento e as dificuldades de controle de plantas daninhas.

Desse modo essas novas tecnologias podem ser usadas e irão trazer benéficos ao sistema produtivo da soja aliadas a boas praticas agronômicas, ou pode-se até dizer na adoção de um manejo integrado de plantas daninhas, onde se preconize a rotação de culturas, de mecanismos de ação, de tecnologias, uso de cobertura no inverno no sul do Brasil, dentre outros.

As novas tecnologias em especial a soja Enlist® e a Xtend® necessitam de cuidados importantes para o seu uso como uma ferramenta no controle de plantas daninhas. Alguns pontos importantes dizem respeito a tecnologia de aplicação e das condições ambientais, pois como serão usados herbicidas hormonais (2,4-D e dicamba) esses podem pelo processo conhecido como deriva (arraste das moléculas do herbicida para regiões ou culturas não alvo) ocasionar vários problemas de ordem ambiental, como a contaminação de locais não alvo, como de ordem econômica, como a intoxicação de culturas sensíveis, que em casos extremos podem levar essas plantas a morte.

Um dos pontos chaves para o uso dessas novas tecnologias é a tecnologia de aplicação e condições ambientais adequadas no momento da aplicação. Com relação a tecnologia de aplicação, é necessário a utilização de pulverizadores bem regulados, equipados com pontas de aplicação que reduzam o processo de deriva, como as pontas com tecnologia de indução de ar, que pode diminuir em mais de 60% a deriva do 2,4-D, produto esse recomendado para a tecnologia Enlist® (KALSING et al., 2018).

Pela complexidade e diversidade de eventos inseridos em cada uma das tecnologias, será necessária adquirir o conhecimento das mesmas, com uma efetiva capacitação dos produtores para utilizá-las, mas acima de tudo para que ele possa tirar o máximo de proveito do uso das mesmas. A grande vantagem que o agricultor passa a ter refere-se ao maior número de opções de uso que estarão disponíveis, permitindo a adoção de práticas de rotação de eventos OGMs dentro da propriedade, o que poderá levar a rotação de herbicidas com diferentes mecanismos de ação.

Para que a rotação de eventos seja positiva o agricultor obrigatoriamente deverá realizar o planejamento detalhado e antecipado das culturas e cultivares que usará na área, mas dentro de uma visão de sistema, não mais em uma análise simplista de uma cultura única.

Estas novas tecnologias reforçam ainda mais a necessidade do uso das boas práticas de manejo da cultura e da aplicação dos herbicidas. Práticas como: aplicar o herbicida na dose correta e nos estádios iniciais de desenvolvimento da planta daninha, além do uso de práticas agrícolas que favoreçam o estabelecimento e desenvolvimento da cultura será de extrema importância.

Pelas diferentes tolerâncias das culturas haverá a necessidade de se evoluir nos cuidados com as culturas sensíveis cultivadas próximas a essas tecnologias. A aplicação eficiente e cuidadosa dos herbicidas deverá ser reforçada, reduzindo os riscos de eventuais deslocamentos dos produtos para fora do alvo. Cuidados com a escolha da ponta de pulverização e volume de calda associada a uma boa tecnologia de aplicação serão fundamentais.

Conclusões e perspectivas

O desafio da sustentabilidade da agricultura requer balanço entre a produção quali-quantitativa satisfatória de produtos agrícolas, e a redução dos impactos ambientais e da demanda de recursos não-renováveis. O manejo de plantas daninhas é uma questão funda-

mental, porque os herbicidas são os agrotóxicos mais utilizados no mundo, e incluem algumas das substâncias contaminantes de águas superficiais e subterrâneas, além de solos, alimentos e o homem. Por isso, é necessário adotar estratégias corretas para o manejo de plantas daninhas, sendo, desse modo, necessário conhecer a habilidade das plantas daninhas em relação à cultura em competir por água, luz e nutrientes e demais fatores determinantes da produtividade de grãos da soja.

Medidas simples como a escolha da cultivar correta e a adoção de práticas de manejo tecnicamente embasadas, utilizando plantas de cobertura e rotação de culturas, são responsáveis por diminuir o uso de herbicidas e, consequentemente, contribuir para a sustentabilidade ambiental.

Convém destacar ainda que ao longo do tempo surgiram e surgem novas tecnologias, primeiro foi a soja resistente somente ao herbicida glyphosate e mais recentemente tem-se a soja resistente, além do glyphosate, ao 2,4-D, ao amonio-glufosinate, ao dicamba, dentre outros. No entanto todas essas tecnologias se não forem manejadas de modo correto, com boas práticas agronômicas e rotacionando os sistemas de cultivos e as próprias tecnologias de manejo de plantas daninhas, pode-se resultar, novamente em problemas graves para o controle de plantas daninhas na cultura da soja.

Referências

- AGOSTINETO, D.; VARGAS, L. **Resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil**. Pelotas/RS: UFPel, 2014. 398p.
- ALONSO, D.G.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JR., R.S.; SANTOS, G.; DAN, H.A.; OLIVEIRA NETO, A.M. Seletividade de glyphosate isolado ou em misturas para soja RR em aplicações sequenciais. **Planta Daninha**, v.31, p.203-212, 2013.
- ARREGUI, M.C.; SCOTTA, R.; SÁNCHEZ, D. Improved weed control with broadleaved herbicides in glyphosate-tolerant soybean (*Glycine max*). **Crop Protection**, v.25, p.653-656, 2006.

- BHOWMIKA, P.C.; INDERJIT. Challenges and opportunities in implementing allelopathy for natural weed management. **Crop Protection**, v.22, p.661-671, 2003.
- BLANCO, F.M.G. Classificação e mecanismo de sobrevivência das plantas daninhas. In: MONQUERO, P.A. **Aspectos da biologia e manejo das plantas daninhas**. São Carlos, SP: Editora Rima, 2014. Cap.2, p.33-60.
- CHARUDATTAN, R.; DINOOR, A. Biological control of weeds using plant pathogens: accomplishments and limitations. **Crop Protection**, Madison, v.19, p.691-695, 2000.
- CHAUHAN, B.S.; SINGH, R.G.; MAHAJAN, G. Ecology and management of
- CORREIA, N.M.; DURIGAN, J.C.; KLINK, U.P. Influence of type and amount of crop residues on weed emergence. **Planta Daninha**, v.24, p.245-253, 2006.
- ELLIS, J.M.; GRIFFIN, J.L. Benefits of soil-applied herbicides in glyphosate-resistant soybean (*Glycine max*). **Weed Technology**, v.16, p.541-547, 2002.
- FERNANDES, A.F.; COUTO, A.M.; BARRETO, R.W. Isolado 168-B, um potencial bioherbicida para controle da buva (*Conyza canadensis*)? In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 29, 2014, Gramado/RS. **Anais...** Londrina: SBCPD, 2014. CD-ROM.
- FERREIRA, E.A.; GALON, L.; SILVA, A.A.; CONCENÇO, G.; ASPIAZU, I.; SILVA, A.F.; OLIVEIRA, J.A.; VARGAS, L. Glyphosate translocation in hairy fleabane (*Conyza bonariensis*) biotypes. **Planta Daninha**, v.26, p.637-643, 2008.
- FERREIRA, E.A.; GERMANI, C.; VARGAS, L.; SILVA, A.A.; GALON, L. Resistência de *Lolium multiflorum* ao glyphosate. In: AGOSTINETTO, D.; VARGAS, L. **Resistência de plantas daninhas no Brasil**. Passo Fundo: Gráfica Berthier, 2009. Cap.15, p.271-289.
- FLECK, N.G.; RIZZARDI, M.A.; AGOSTINETTO, D.; BALBINOT JUNIOR, A.A. Interferência de picão-preto e guanxuma com soja: efeitos da densidade de plantas

- e época relativa de emergência. **Ciência Rural**, v.34, n.1, p 41-48. 2004.
- FORTE, C.T.; BASSO, F.J.M.; GALON, L.; AGAZZI, L.R.; NONEMACHER, F.; CONCENÇO, G. Habilidade competitiva de cultivares de soja transgênica convivendo com plantas daninhas. **Agrária**, v.12, n.2, p.185-193, 2017.
- FORTE, C.T.; GALON, L.; BEUTLER, A.N.; BASSO, F.J.M.; NONEMACHER, F.; REICHERT Jr. F.W.; PERIN, G.F.; TIRONI, S.P. Soil management systems and their effect on the weed seed bank. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n.4, p. 435-442, 2018a.
- FORTE, C.T.; GALON, L.; BEUTLER, A.N.; REICHERT Jr., F.W.; MENEGAT, A.D.; PERIN, G.F.; TIRONI, S.P. Cultivation systems, vegetable soil Covers and their Influence on the phytosocology of weeds. **Planta Daninha**, v. 36, n.1, p. 1-15, 2018b.
- GALON, L.; FERRERIRA, E.A.; CONCENÇO, G.; SILVA, A.A.; VARGAS, L. Tolerância de plantas daninhas a herbicidas. In: AGOSTINETTO, D.; VARGAS, L. (Editores). **Resistencia de plantas daninhas a herbicidas no Brasil**. Pelotas: UFPel, 2014. p.33-43, CAP. 2.
- GALON, L.; MOSSI, A.J.; REICHERT Jr. F.W.; REIK, G.G.; TREICHEL, H.; FORTE, C.T. Biological weed management – A short review. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.15, n.1, p.116-125, 2016.
- GALON, L.; ROSSETTO, E.R.O.; FRANSCESCETTI, M.B.; BAGNARA, M.A.M.; BIANCHESSI, F.; MENEGAT, A.D.; BRUNETTO, L.; SILVA, A.M.L.; GALLINA, A.; BASSO, F.J.M.; WINTER, F.L.; PERIN, G.F.; FORTE, C.T. Interference and economic threshold level of Alexander grass in soybean as a function of cultivars and weed populations. **International Journal of Advanced Engineering Research and Science**, v. 6, n.1, p. 73-81, 2019.
- GAZZIERO, D.L.P.; PRETE, C.E.C.; SUMIYA, M. Manejo de *Bidens subalternan* aos herbicidas inibidores da acetolactato sintase. **Planta Daninha**, v.21, p.283-291, 2003.

- HEAP, I. **The International Survey of Herbicide Resistant Weeds**. Acessado em 11 jul. 2022. O line. Disponível em: <<http://www.weedscience.org>>.
- KALSING, A.; ROSSI, C.V.S. LUCIO, F.R.; ZOBIOLE, L.H.S.; CUNHA, L.C.V.; MINOZZI, G.B. Effect of formulations and spray nozzles on 2,4-D spray drift under field conditions. **Weed Technology**, v.32, p.4, p.379-384, 2018.
- KELLEY, K.W.; LONG JR., J.H.; TODD, T.C. Long-term crop rotations affect soybean yield, seed weight, and soil chemical properties. **Field Crops Research**, v.83, n.1, p.41-50, 2003.
- LAMEGO, F.P.; VIDAL, R.A. Resistência ao glyphosate em biótipos de *Conyza bonariensis* e *Conyza canadensis* no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Planta Daninha**, v.26, p.467-471, 2008.
- LOCKE, M.A.; REDDY, K.N.; ZABLOTOWICZ, R.M. Weed management in conservation crop production systems. **Weed Biology and Management**, v.2, p.123-132, 2002.
- MOREIRA, M.S.; NICOLAI, M.; CARVALHO, S.J.P.; CRISTOFFOLETI, P.J. Resistência de *Conyza canadensis* e *C. bonariensis* ao herbicida ghyphosate. **Planta Daninha**, v.25, p.157-164, 2007.
- NONEMACHER, F.; GALON, L.; SANTIN, C.O.; FORTE, C.T.; FIABANE, R.C.; WINTER, F.L.; AGAZZI, L.R.; BASSO, F.J.M.; PERIN, R.R.K. Herbicide association applied to control weeds in glyphosate-resistant soybean. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.16, n.2, p.152-162, 2017.
- NORSWORTHY, J.K. Broadleaved weed control in wide-row soybean (*Glycine max*) using conventional and glyphosate herbicide programmes. **Crop Protection**, v.23, p.1229-1235, 2004.
- OLIVEIRA, JR., R.S.; CONSTANTIN, J.; COSTA, J.M.; CAVALIERI, S.D.; ARANTES, J.G.Z.; ALONSO, D.G.; ROSO, A.C.; BIFFE, D.F. Interação entre sistemas de manejo e de controle de plantas daninhas em pós-mergência afetando o desenvolvimento e a produ

- vidade da soja. **Planta Daninha**, v.24, p.721-732, 2006.
- PROCÓPIO, S.O.; PIRES, F.R.; MENEZES, C.C.E.; BARROSO, A.L.L.; MORAES, R.V.; SILVA, M.V.V.; QUEIROZ, R.G.; CARMO, M.L. Efeitos de dessecantes no controle de plantas daninhas na cultura da soja. **Planta Daninha**, v.24, p.193-197, 2006.
- RAMIRES, A.C.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JR., R.S.; GUERRA, N.; ALONSO, D.G.; BIFFE, D.F. Controle de *Euphorbia heterophylla* e *Ipomoea grandifolia* com a utilização de glyphosate isolado ou em associação com latifolicidas. **Planta Daninha**, v.28, p.621-629, 2010.
- REDDY, K.N. Weed control in soybean (*Glycine max*) with cloransulam and diclosulam. **Weed Technology**, v.14, p.293-297, 2000.
- REZENDES, I.; BASEGGIO, E.R.; GALON, L.; BRANDLER, D.; FORTE, C.T.; ASPIAZÚ, I.; FRANCESCHETTI, M.B.; SILVA, A.F. Allelopathy of weeds on the growth of vegetables. **Communications in Plant Sciences**, v.10, p.8-17, 2020.
- RIZZARDI, M.A.; FLECK, N.G.; MUNDSTOCK, N.G.; BIANCHI, M.A. Perdas de rendimento de grãos de soja causadas pela interferência de picão-preto e guanxuma. **Ciência Rural**, v.33, n.4, p.621-627. 2003.
- RIZZARDI, M.A.; SILVA, L. Manejo de plantas daninhas eudicotiledôneas na cultura da soja Roundup Ready. **Planta Daninha**, v.32, n.4. p.683-697. 2014.
- RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. R. **Guia de herbicidas**. 7. ed. Londrina: Edição dos Autores, 2018. 764 p.
- SANTIN, C.O. GIACOMIN, E.; GALON, L.; MENEGAT, A. D.; ROSSETTO, E. R.O.; FRANCESCHETTI, M.B.; BAGNARA, M. A. M.; SILVA, A. M. L.; TONIN, R. J.; BRUNETTO, L.; FORTE, C.T. Association of herbicides for management of weed plants in pre-emergence of soybean culture. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n.4, p. 217-224, 2019.
- SILVA, A.A.; FERREIRA, F.A.; FERREIRA, L.R.; SANTOS, J.B. Biologia de plantas daninhas. In: SILVA, A.A.;

- SILVA, J.F. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2007a. Cap.1, p.18-61.
- SILVA, A.A.; FERREIRA, F.A.; FERREIRA, L.R.; SANTOS, J.B. Métodos de controle de plantas daninhas. In: SILVA, A.A.; SILVA, J.F. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2007c. Cap.2, p.64-82.
- THEISEN, G.; VIDAL, R.A. Efeito da cobertura do solo com resíduos de aveia preta nas etapas do ciclo de vida do capim-marmelada. **Planta Daninha**, v.17, p.189-196, 1999.
- TREZZI, M.M.; VIDAL, R.A. Potential of sorghum and pearl millet cover crops in weed suppression in the field: II – Mulching effect. **Planta Daninha**, v.22, n.1, p.1-10, 2004.
- VARGAS, L.; BIANCHI, M.A.; RIZZARDI, M.A.; AGOSTINETTO, D. DAL MAGRO, T. Buva (*Conyza bonariensis*) resistente ao glyphosate na região Sul do Brasil. **Planta Daninha**, v.25, p.573-578, 2007.
- VARGAS, L.; ROMAN, E.S. **Manejo e controle de plantas daninhas na cultura da soja**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 23p. Embrapa Trigo. Documento Online, 62). Disponível em: <<http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/>>
- VARGAS, L.; ROMAN, E.S.; RIZZARDI, M.A.; SILVA, V.C. Alteração das características biológicas dos biótipos de azévem (*Lolium multiflorum*) ocasionada pela resistência ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, v.23, p.153-160, 2005.