

Sendo assim, este capítulo está organizado em quatro seções que se dedicarão a apresentar os pontos mais importantes referentes às plantas daninhas e seu manejo nas culturas de cana-de-açúcar, eucalipto, citros e café.

## SEÇÃO I

# Manejo de Plantas Daninhas da Cultura da Cana-de-açúcar

Marcos A. Kuva, Tiago P. Salgado

## Introdução

Plantas daninhas são aquelas que germinam e crescem espontaneamente em áreas de interesse humano e que, de alguma forma, interferem prejudicialmente nas atividades do homem (BLANCO, 1972), em especial na agricultura. A composição da comunidade de plantas daninhas associada a uma cultura é dinâmica, pois pode ser alterada ao longo do tempo. Essa mudança de composição é governada, principalmente, pela alteração no sistema de produção e suas consequências.

Nas duas últimas décadas, o sistema de produção de cana-de-açúcar sofreu intensas alterações para atender às legislações ambientais, que proibiram a utilização do fogo na pré-colheita dos canaviais. As principais modificações decorrentes da adoção desse novo sistema e que impactaram as populações de plantas daninhas são: (i) eliminação do distúrbio pelo fogo; (ii) redução da movimentação do solo pelo cultivo mecânico; (iii) ampliação do espaçamento entrelinhas; (iv) introdução da colhedora como agente disseminador de diásporos; (v) manutenção de uma camada de palha sobre o solo; e (vi) operação de nivelamento do solo após o plantio na fase de desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar recém-plantada (KUYVA et al., 2013).

Os efeitos do fogo sobre as sementes de plantas daninhas são pouco conhecidos, mas sabe-se que variam desde a morte de sementes de algumas espécies até a promoção da germinação de outras, principalmente quando estão soterradas. A redução na movimentação do solo pelo uso de cultivadores mecânicos minimizou a incorporação de sementes mais novas no solo e o resgate de sementes de outras gerações para a superfície. Com a eliminação desse efeito, as sementes recém-formadas ficam mais sujeitas à ação de preda-

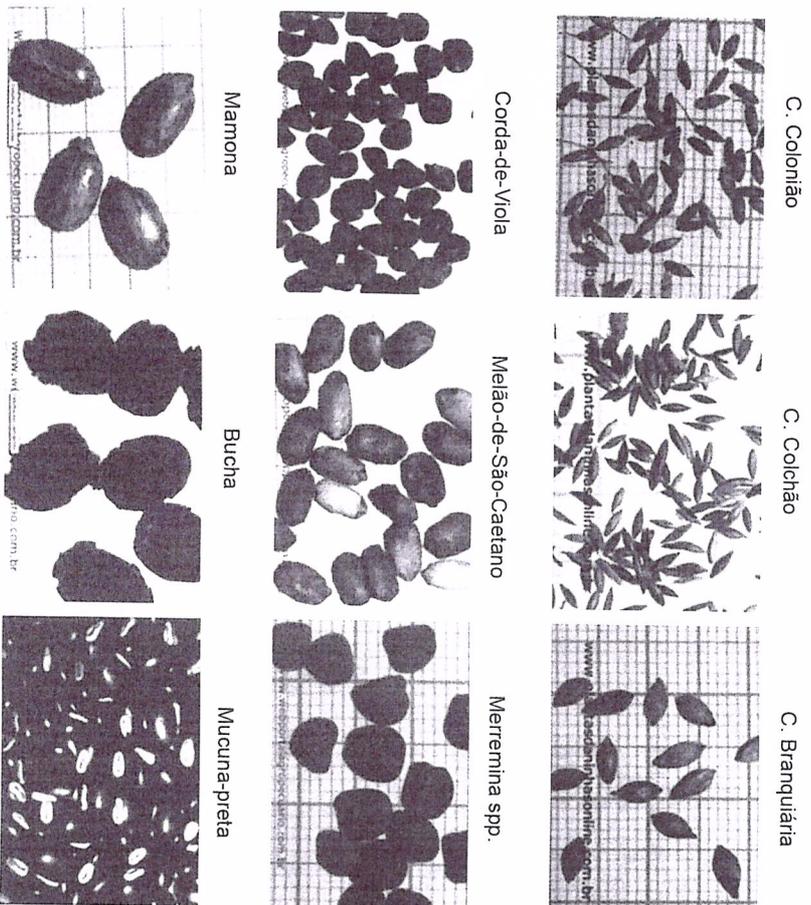
dores (YENISHI et al., 1992) e menos sujeitas à indução de dormência secundária. A adoção de maiores espaçamentos de plantio foi uma necessidade para viabilizar a colheita mecanizada por se adaptar melhor às máquinas disponíveis. Como consequência direta há um retardamento do sombreamento das entrelinhas pelo dossel da cultura e maior disponibilidade de recursos para o desenvolvimento das plantas daninhas. A obrigatoriedade do nivelamento do solo em áreas recém-plantadas (cana-planta) requer que se faça uma segunda aplicação em áreas de plantio, pois ocorrem estímulos para germinação de novos fluxos de emergência de plantas daninhas e desuniformização na distribuição dos herbicidas anteriormente aplicados.

A presença da colhedora passou a ser um importante agente de disseminação de sementes, principalmente para aquelas espécies que apresentam os frutos maduros e ligados à planta mãe por ocasião da passagem da colhedora, e as pequenas reboladeiras iniciais passaram a se expandir com maior velocidade. Neste aspecto destacam-se as plantas trepadeiras e volúveis que se entrelaçam aos colmos, alojam seus frutos e sementes na altura do dossel do canavial e são levadas a médias e longas distâncias pelas colhedoras (KUYVA et al., 2013).

A camada de palha mantida nesse sistema de produção e colheita atua como barreira física para plântulas em emergência, altera o balanço hídrico, a amplitude térmica nas camadas superficiais do solo, a quantidade e a qualidade da luz que atinge a superfície do solo (VELINI; NEGRISOLI, 2000) e a expressão do controle biológico de plantas daninhas por fungos e pequenos artrópodes que atacam sementes ou plântulas. O desencadeamento da germinação é atribuído a fatores internos e externos. Os principais fatores internos são: permeabilidade da casca da semente, presença de inibidores bioquímicos e imaturidade do embrião. Já os fatores externos são: disponibilidade de água, temperatura do solo, intensidade e qualidade da luz (FERNANDEZ-QUINTANILLA et al., 1991).

As práticas culturais alteram substancialmente os fatores externos (condições microclimáticas), daí o grande impacto que exercem na composição da flora de plantas daninhas. O balanço desses fatores é essencial para a germinação das sementes e para o estabelecimento das plântulas, e seus efeitos são diferenciados de espécie para espécie e, em vários casos, de semente para semente da mesma espécie. A barreira física formada pela cobertura morta reduz a oportunidade de sobrevivência de plantas daninhas com pequenas quantidades de reservas nas sementes, pois estas podem não ser suficientes para garantir a sobrevivência das plântulas durante a transposição da camada de palha para ter acesso à luz e aumentar o processo fotossintético (PITELLI, 1998). Sendo assim, as gramíneas tradicionais têm sua emergência

prejudicada pela camada de palha, porém, em virtude da baixa uniformidade de distribuição dessa palha e da alta velocidade de degradação nas condições climáticas de algumas regiões canavieiras, ainda continuam importantes e dividem as atenções com as plantas daninhas de folha larga, populações cuja importância vem aumentando (“emergentes”). Na Figura 1 são apresentadas sementes de plantas daninhas organizadas por gradiente de tamanho. Na parte superior estão as sementes pequenas de plantas daninhas tradicionais e, partindo para a parte inferior, sementes grandes das novas espécies de folhas largas cuja presença e importância é emergente nos canaviais em geral.



**Figura 1** Fotografias ilustrando o tamanho das sementes de plantas daninhas tradicionais e emergentes associadas à cultura da cana-de-açúcar.  
Fotografia: <http://www.plantasdanihasonline.com.br>.

Quando comparado ao solo nu, a presença da palha protege a superfície do solo da elevação de temperatura durante as horas mais quentes do dia

e, em contrapartida, durante a noite exerce maior resistência à dissipação de calor retido pelo solo, mantendo a temperatura mais elevada (EGLEY; DUKE, 1995). A amplitude da variação térmica nas camadas superficiais do solo tende a ser menor sob a cobertura da palha. Esse comportamento exerce grande influência na germinação das espécies de plantas daninhas (PITTELLI, 1998) e, conseqüentemente, na composição de espécies das comunidades.

Com a deposição anual e manutenção de uma camada de palha sobre a superfície do solo é de se esperar que ocorra aumento na manifestação do fenômeno alelopático da cana-de-açúcar sobre as plantas daninhas (CORREIA; DURIGAN, 2004). A alelopatia é definida como efeitos prejudiciais das plantas de uma espécie vegetal sobre a germinação, crescimento ou desenvolvimento de outras plantas de mesma ou de outra espécie por meio da liberação de substâncias químicas no ambiente comum (PITTELLI, 1985).

Além dessas modificações anteriormente citadas, a presença da palha altera a dinâmica dos principais herbicidas utilizados na cultura da cana-de-açúcar, refletindo-se na eficiência dos mesmos, no período residual de controle e, conseqüentemente, na composição de plantas daninhas.

A agricultura é dinâmica, e as transformações ainda continuam acontecendo. Novas questões estão surgindo e mobilizarão a pesquisa da ciência das plantas daninhas nessa cultura nos próximos anos. Diferentes formas de manejo da palha estão sendo realizadas para sanar problemas de lentidão da rebrota dos canaviais e para auxiliar ou facilitar o controle de insetos e pragas. O recolhimento total ou parcial de palha para geração de energia elétrica ou outra forma de energia é uma realidade nas usinas e a cada dia se torna mais viável economicamente. Várias perguntas surgem. Qual será o cenário para os próximos anos? Quais as implicações sobre a comunidade de plantas daninhas dos canaviais?

### Principais espécies de plantas daninhas associadas à cultura da cana-de-açúcar

Como resultado das intensas transformações, pode-se elaborar uma lista mais atualizada das principais plantas daninhas que ocorrem nas áreas de cana-de-açúcar. De modo geral, podemos separar em grupos: (i) tradicionais de ocorrência generalizada; (ii) tradicionais de ocorrência regional; e (iii), emergentes com o novo sistema de produção e colheita mecanizada de cana crua. Na Tabela 1 são apresentadas as principais espécies de plantas daninhas associadas à cultura da cana-de-açúcar com a indicação do grupo ao qual pertence.

**Tabela 1** Relação das principais espécies de plantas daninhas presentes nas áreas de cana-de-açúcar.

Espécies de plantas daninhas			Grupo
Nome científico	Nome popular	Carurus (complexo de espécies)	
<i>Amaranthus spp</i>	Carurus (complexo de espécies)	i	
<i>Brachiaria brizantha</i>	Capim-braquiaria	i	
<i>Brachiaria decumbens</i>	Capim-braquiária	i	
<i>Brachiaria plantaginea</i>	Capim-marmelada	i	
<i>Cynodon dactylon</i>	Gramma-seda	i	
<i>Cyperus rotundus</i>	Tiririca	i	
<i>Digitaria spp</i>	Capim-colchão (complexo de espécies)	i	
<i>Eleusine indica</i>	Capim-pé-de-galinha	i	
<i>Euphorbia heterophylla</i>	Leiteiro	iii	
<i>Ipomoea grandifolia</i>	Corda-de-viola	iii	
<i>Ipomoea hederifolia</i>	Corda-de-viola	iii	
<i>Ipomoea nil</i>	Corda-de-viola	iii	
<i>Ipomoea purpurea</i>	Corda-de-viola	iii	
<i>Ipomoea quamoclit</i>	Corda-de-viola	iii	
<i>Luffa aegyptiaca</i>	Bucha	iii	
<i>Macroptilium atropurpureum</i>	Siratro	iii	
<i>Merremia aegyptia</i>	Corda-de-viola	iii	
<i>Merremia dissoides</i>	Corda-de-viola	iii	
<i>Momordica charantia</i>	Melão-de-são-caetano	iii	
<i>Panicum maximum</i>	Capim-colonião (complexo de variedades)	i	
<i>Portulaca oleraceae</i>	Beldroega	i	
<i>Ricinus communis</i>	Mamoná	iii	
<i>Rotboellia exaltata</i>	Capim-camalote	ii	
<i>Sida spp</i>	Fedegoso	ii	
<i>Sorghum helipense</i>	Guaxumás (complexo de espécies)	i	
<i>Stilozobium aterrimum</i>	Capim-massambará	ii	
	Mucuna-preta	iii	

## Novas espécies de plantas daninhas em canaviais (espécies emergentes)

Com todo esse dinamismo que ocorre nos sistemas de produção, a flora de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar tem se alterado significativamente e a importância de algumas espécies tem aumentado, podendo ser classificadas como espécies emergentes (KUVA et al., 2013). Para maior organização, essas espécies de plantas daninhas serão separadas em três famílias botânicas que abrangem as espécies mais preocupantes e de maior dificuldade de controle pelos herbicidas: Leguminosas volúveis, Cucurbitáceas trepadeiras, Convolvuláceas volúveis e (iii) Euforbiáceas.

### Leguminosas volúveis

Os benefícios do cultivo de leguminosas em relação à fixação de nitrogênio ao solo são bastante conhecidos e explorados, seja em rotação de culturas, na renovação do canavial, ou como cultura intercalar em pomares. Além disso, em virtude da palatabilidade e propriedades nutricionais para animais, são frequentemente utilizadas como banco de proteínas em consórcio com gramíneas em pastagens. Com isso, algumas espécies dessa família botânica têm ocorrido com frequência infestando a cultura da cana-de-açúcar em diversas regiões (ROGERIO et al., 2010). A principal espécie presente em canaviais é o *Stilozobium aterrimum* (mucuna-preta), no entanto, outras espécies como *Macroptilium atropurpureum* (siratro) e *Neonotonia wightii* (soja-perene) também são encontradas.

Segundo Kuva et al. (2013), o *Stilozobium aterrimum* (Figura 2), assim como as demais espécies, apresenta sementes grandes com tegumento bastante duro, o que lhe confere dormência e capacidade de emergir mesmo quando localizadas em camadas mais profundas do solo de onde a maioria das espécies de plantas daninhas não conseguiria emergir. Nos locais onde ocorrem, causam danos drásticos ao desenvolvimento do canavial. Seus ramos são longos e volúveis e ao se entrelaçarem aos colmos ocasionam dobramento dos ápices e quebra dos mesmos. Seus frutos e sementes, mesmo quando maduros, permanecem ligados à planta mãe, o que favorece a dispersão pelas colhedoras a média e longas distâncias. Os tratamentos químicos isolados, em pré-emergência ou pós-emergência inicial, não têm sido suficientes para eliminar seus danos e a implantação de programas integrados de controle tem sido necessária.



do com a cana-de-açúcar mantida livre de competição durante todo o ciclo. Esses resultados indicam que essa espécie interfere indiretamente, dificultando a colheita, e diretamente, reduzindo a produtividade da cana-de-açúcar.

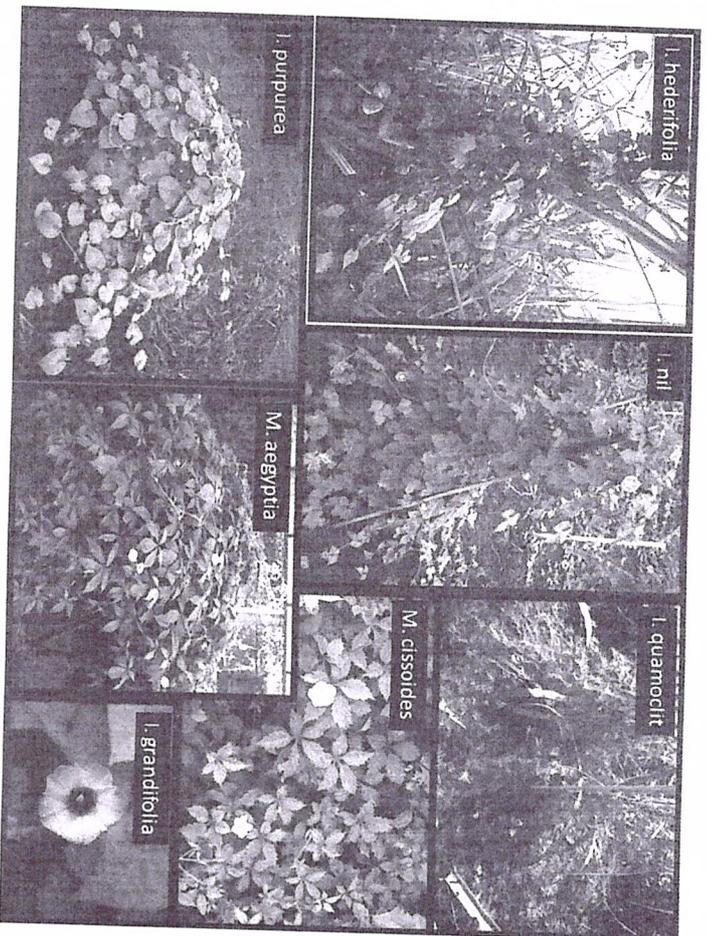


Figura 3 Principais espécies de *Ipomoea* e *Merremia* que compõe o complexo das “cordas-de-violão” que infestam os canaviais.

### Euphorbiaceas

A principal espécie desta família de presença importante na cultura da cana-de-açúcar é a *Ricinus communis* (mamona) (Figura 4). As características marcantes desta família são os frutos do tipo tricoco, presença de látex e a deiscência elástica de seus frutos, que lançam suas sementes para médias distâncias. As sementes são grandes e estão mais associadas às áreas colhidas mecanicamente, pois suas plântulas são capazes de ultrapassar a camada de palha com facilidade. *Ricinus communis* destaca-se pelo porte da planta adulta e pelo difícil controle com aplicações isoladas de herbicidas (KUYVA et al., 2013). Quando em baixas densidades, as plantas individuais são facilmente cortadas pelas colhedoras, que disseminam suas sementes, porém, ao longo do tempo podem formar manchas localizadas de grandes extensões, obrigando a paralisação da colheita mecanizada nessas regiões (Kuva et al., 2013).

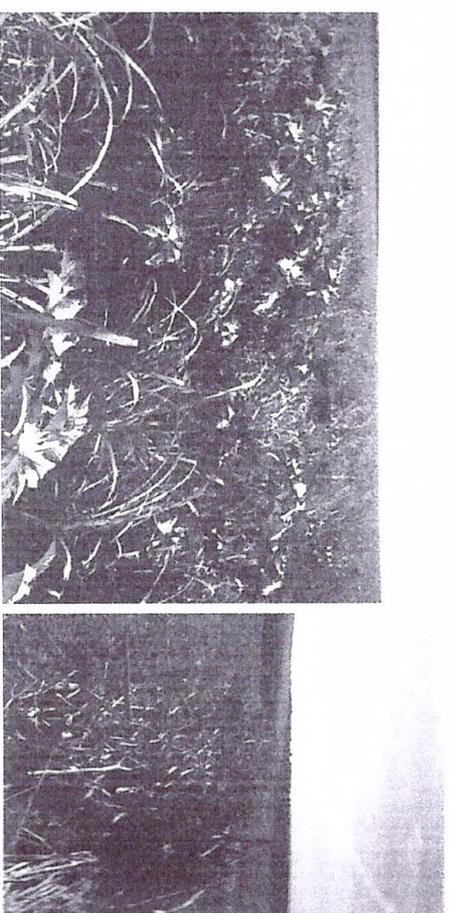


Figura 4 Fotografias ilustrando as “ilhas” de infestação de mamona num talhão de cana e os caules e troncos recolhidos após a colheita de um canavial infestado.

### Interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar

A competição é o principal fator de interferência, e o resultado final é a redução da produtividade da cultura. Duas questões são importantes em relação à competição: (i) qual o potencial de redução de produtividade das diferentes espécies de plantas daninhas ou dos diferentes tipos de infestação; (ii) qual o período no qual a convivência entre a comunidade de plantas daninhas e a cultura da cana-de-açúcar é mais crítica e deve ser evitada.

A redução da produtividade da cana-de-açúcar por conta da presença da comunidade de plantas daninhas tem sido relatada na literatura. Em cana-planta nas condições de outono no estado de São Paulo, as perdas de produtividade em decorrência da interferência das plantas daninhas variaram dependendo da composição da comunidade de plantas daninhas. Numa área em que predominava *Cyperus rotundus*, a produtividade foi reduzida em 20% (KUYVA et al., 2000); infestação predominantemente de *Brachiaria decumbens* promoveu perdas de até 82% (KUYVA et al., 2001) e infestação mista de *Brachiaria decumbens* e *Panicum maximum* promoveu redução de 40% (KUYVA et al., 2003); infestação mista de *Panicum maximum* e folhas largas promoveu perdas de 33% (MEIRELLES et al., 2009); e infestação predominantemente de *Ipomoea hederifolia* promoveu redução de 46% (SILVA et al., 2009).

Quanto ao período crítico de interferência, também há várias pesquisas voltadas para a sua determinação. Porém, os resultados obtidos têm valida-

de local, pois o fenômeno da interferência entre cana-de-açúcar e comunidade de plantas daninhas é bilateral e governado por diversos fatores relacionados às plantas daninhas, à cultura e ao ambiente em que ocorre a relação de interferência. Quando o desenvolvimento inicial do canavial ocorre em condições de alta umidade e temperatura, a competição por nutrientes tende a se estabelecer precocemente, pois tanto a comunidade de plantas daninhas quanto a cultura de cana-de-açúcar acessam rapidamente os recursos do meio. Quando pelo menos um recurso é limitante ao desenvolvimento, se estabelece a competição. Neste cenário o período anterior à interferência (PAI) e o período total de prevenção à interferência (PTPI) tendem a ser os mais curtos, e o período crítico de prevenção à interferência (PCPI) situa-se, na média, entre 30 e 120 dias após o plantio (cana-planta) ou corte (cana-soca).

Por outro lado, quando o desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar ocorre nas condições de restrição de umidade e na condição de solo coberto com palha, as comunidades de plantas daninhas e a cultura se estabelecem mais lentamente ou somente após a estabilização das chuvas. Como resultado, o período anterior à interferência (PAI) e o período total de prevenção à interferência (PTPI) são mais extensos. Neste cenário, o período crítico de prevenção à interferência inicia-se aos 30 dias após a estabilização das chuvas e pode estender-se até mais de 150 dias após o plantio (cana-planta) ou corte (cana-soca) do canavial.

Outro fator de interferência é a alelopatia, que é definida como os efeitos prejudiciais das plantas de uma espécie vegetal sobre a germinação, crescimento ou desenvolvimento de outras plantas de mesma ou de outra espécie. A influência ocorre por meio da liberação de substâncias químicas no ambiente comum (PITELLI, 1985). No processo de decomposição vegetal ocorre perda da integridade da membrana celular, permitindo a liberação direta de compostos que podem atuar no desenvolvimento das plantas. Com a introdução da colheita mecanizada de cana-crua e a consequente deposição anual e/ou manutenção de uma camada de palha sobre a superfície do solo, é de se esperar que ocorra um aumento na manifestação do processo alelopático da cana-de-açúcar sobre as plantas daninhas (CORREIA; DURIGAN, 2004).

Com relação à interferência nos processos, atualmente destacam-se plantas daninhas de hábito trepador por causarem problemas, particularmente, na colheita mecanizada de cana-crua. As plantas daninhas trepadeiras necessitam de outras plantas para apoio, nas quais sobem por enrolamento (volúveis) ou se prendendo a elas por meio de gavinhas, garras ou espinhos (cirriferas), podendo produzir várias ramificações, as quais atingem vários metros de comprimento. Algumas dessas plantas encontraram na cana-de-açúcar um habitat adequado para seu desenvolvimento e têm causado inter-

ferência generalizada (*Ipomoea* spp e *Merrimia* spp.) ou esporádica (*Momordica charantia*, *Cissampelos glaberrima*, *Stilozobium aterrimum*, *Macroptilium atropurpureum* e *Luffa aegyptiaca*) na colheita mecanizada. A espécie *Ricinus communis*, com hábito diferenciado desse grupo, também pode ser destacada em virtude das grandes reboleras que forma e do grande porte que atinge no interior dos canaviais, limitando a passagem das colhedoras.

## Métodos de controle de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar

### Preventivo

Entende-se por controle preventivo as medidas que podem ser tomadas para evitar a entrada de diásporos de plantas daninhas, provenientes de outras áreas, nos cultivos de cana-de-açúcar (DEUBER, 1992). Neste aspecto, atenção especial deve ser dada aos mecanismos de dispersão de sementes. As medidas de contenção da dispersão por animais (epizoocoria e endozoocoria) e pelo vento (anemocoria) são de difícil adoção, considerando a cultura da cana-de-açúcar, no entanto, cuidados especiais que minimizam a dispersão pela água (hidrocoria) ou pelas atividades do homem (antropocoria) podem ser adotados.

Os canais de irrigação e vinhaça se distribuem em grande parte dos canaviais e são regiões com alta disponibilidade de luz e nutrientes, pois as plantas daninhas se desenvolvem livres da competição com o canavial. As plantas daninhas dessas regiões, se não forem contidas com algum método de controle, depositam suas sementes e podem adentrar as lavouras pelo vento ou por meio da água de irrigação ou vinhaça. Nessas regiões é importante a utilização de herbicidas de longo residual para minimizar a entrada de sementes por essa via de dispersão. A utilização de torta de filtro e de adubos organo-minerais à base de torta de filtro deve ser criteriosa, pois pode conter sementes de plantas daninhas e contribuir para a entrada e dispersão de novas espécies de plantas daninhas nos talhões de cana-de-açúcar.

A utilização de mudas com diásporos de plantas daninhas também pode ser uma via importante de dispersão, ainda mais quando se recorre ao transporte de mudas para longas distâncias. É importante, portanto, atenção especial às áreas destinadas ao fornecimento de mudas e ao estabelecimento de vistorias que possam apontar a presença de plantas daninhas passíveis de dispersão, principalmente aquelas cujas sementes se mantêm dependuradas no dossel da cultura, ou seja, não apresentam frutos deiscentes (exemplo: *Stilozobium aterrimum* e *Luffa aegyptiaca*). Esse problema se agravou com a introdução de colheita mecanizada de muda e plantio mecanizado, em que o processo de limpeza das mudas é prejudicado.

A dispersão pelas máquinas utilizadas para o preparo de solo e, principalmente, pelas máquinas que realizam a colheita de cana-de-açúcar tem papel importante na entrada de plantas daninhas em novas áreas. O arado e a grade contribuíram bastante para a dispersão de *Cyperus rotundus* nos canaviais (DURIGAN, 1991), e nos dias de hoje ainda contribuem. Alguns cuidados devem ser tomados com a limpeza e transporte desses implementos, em especial na presença de plantas daninhas providas de estrutura de propagação vegetativa, tais como *Cynodon dactylon*, *Cissampelos glaberrima* e *Talinum paniculatum*. Essas plantas daninhas atualmente têm distribuição localizada em manchas ou restritas a pequenas regiões, no entanto, assim como *Cyperus rotundus*, podem se configurar em grandes problemas para a cultura da cana-de-açúcar.

No sistema de produção atual, com a colheita mecanizada de cana-crua, a colhedora é um importante mecanismo de dispersão de diásporos de plantas daninhas. Com a utilização de máquinas, a dispersão de sementes passou a ocorrer numa velocidade muito grande, mesmo para espécies providas de estruturas adaptadas para dispersão pelo vento. Além das espécies do complexo das cordas-de-violão (*Pomoea* spp. e *Merremia* spp.), outras têm se dispersado pelas colhedoras, dentre as quais: *Stilozobium atterimum*, *Ricinus communis*, *Momordica charantia* e *Macropitilium atropurpureum*. A adoção de um plano de limpeza das colhedoras durante a transição de uma área para outra é medida importante para reduzir a velocidade de dispersão dessas novas espécies de plantas daninhas associadas à cultura da cana-de-açúcar, cujo controle com os herbicidas disponíveis é difícil.

### Controle cultural

O controle cultural consiste na adoção de técnicas no sistema de produção que favoreçam o desenvolvimento da cana-de-açúcar em detrimento do desenvolvimento da comunidade de plantas daninhas (PROCCPIO et al., 2008). Esse autor faz uma aprofundada discussão das técnicas adotadas no sistema de produção da cana-de-açúcar e que impactam positivamente o manejo de plantas daninhas, com destaque para o controle de pragas e doenças e rotação de culturas na renovação do canavial.

No sistema de produção da cana-de-açúcar, o processo de controle de plantas daninhas é apenas um dos componentes. Outros processos importantes também fazem parte do sistema de produção, dentre os quais: controle de pragas e doenças, manejo de variedades, preparo de solo e plantio, nutrição e colheita. Uma medida adotada para melhorar um dos processos do sistema de produção pode afetar negativa ou positivamente outro processo. A adequação do espaçamento entre linhas em 1,5 metro ou para espaçamento duplo de 1,4 x 0,9 (distância entre linhas alternadas, uma com 1,4 metro e outra com 0,9 metro) ou até 1,3 x 0,6, para favorecer a colheita mecanizada, o deslocamento

do plantio para a estação seca e mais fria do ano nas principais regiões de expansão, a movimentação da palha para amenizar a incidência de pragas ou favorecer o estabelecimento inicial das soqueiras, o recolhimento da palha para geração de energia elétrica e o desenvolvimento de variedades mais aptas à alta produtividade e colheita mecanizada são medidas adotadas nos últimos anos que influenciam o desenvolvimento de plantas daninhas nos canaviais. De maneira geral, quanto maior a precocidade de sombreamento das entrelinhas do canavial, menores as chances de problemas mais sérios com as plantas daninhas e mais facilitado será o papel dos herbicidas químicos.

### Controle mecânico

O controle mecânico consiste em eliminar as plantas daninhas por meio de arranquio, ceifa ou enterro, mediante utilização de implementos agrícolas. No sistema de produção atualmente adotado, esse método tem papel importante na época de renovação do canavial e após o plantio da cana-de-açúcar, durante a operação de nivelamento, adequando o terreno para o trânsito das máquinas da colheita mecanizada (operação de “quebra-lombo”), principalmente quando integrado com o controle químico. Quando adotado isoladamente é mais efetivo se precedido de período quente e seco. Durante a fase de preparo de solo, as operações com arados e grades eliminam plantas emergidas e fracionam estruturas de propagação vegetativa de plantas daninhas e as expõem ao sol, matando por desidratação ou estufando a brotação que, por sua vez, favorece a ação de herbicidas, como no caso da tiririca e da grama seda. Por outro lado,

implementos mecânicos podem ser importantes vias de disseminação de plantas daninhas, como ocorreu no caso de *Cyperus rotundus* (DURIGAN, 1991).

### Controle biológico

A manifestação do controle biológico de plantas daninhas na cana-de-açúcar, numa primeira avaliação, pode não ser devidamente reconhecida. No solo há um estoque de sementes, que é uma das principais estratégias de sobrevivência das espécies daninhas nos agroecossistemas. Esse estoque é denominado banco de sementes, e seus principais meios de esgotamento são a predação por pequenos artrópodes, a deterioração pela ação de micro-organismos e a germinação seguida de morte das plântulas (CARMONA, 1992). Nos sistemas de cana-crua, a camada de palha proporciona ambiente favorável para ação desses agentes de controle biológico de sementes ou plântulas de espécies daninhas.

### Controle químico

O estabelecimento de um programa de controle de plantas daninhas em canaviais passa pelo conhecimento de fatores importantes que se

interagem: (1) herbicidas, (2) plantas daninhas e (3) cenários. Passa também pela (4) implantação de um programa de monitoramento das plantas daninhas e eficácia de controle pelos tratamentos químicos e (5) pelo gerenciamento e entrosamento entre os processos que compõem o sistema produtivo da cana-de-açúcar.

## Herbicidas

O método de controle químico é, sem dúvida, o mais utilizado nos canaviais em virtude do menor custo e da praticidade de emprego. Há vários herbicidas registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para a cultura da cana-de-açúcar. Atualmente, são mais de 40 moléculas de herbicidas com registro (RODRIGUES; ALMEIDA 2011), no entanto, aproximadamente de 15 a 20 são os mais usuais. Além de herbicidas isolados há opções de misturas formuladas duplas ou triplas. Nessa ampla gama incluem-se herbicidas de ação pré-emergente, pós-emergente precoce e pós-emergente tardios, absorvidos pelo sistema radicular, pelas folhas ou pelo caulículo, sistêmicos e de contato, que podem ser utilizados em época seca, úmida e nas transições entre as duas épocas. Esses produtos pertencem a diferentes grupos químicos e mecanismos de ação, com características físico-químicas distintas. Na Tabela 2 constam os principais herbicidas da cana-de-açúcar com os respectivos grupos químicos e mecanismos de ação. Na Tabela 3 são listados os principais herbicidas e misturas formuladas de herbicidas registrados para a cultura da cana-de-açúcar, com as informações mais importantes a serem consideradas por ocasião da escolha dos tratamentos químicos.

As características físico-químicas das moléculas de herbicidas são fundamentais e governam o comportamento dos mesmos no sistema solo-planta-atmosfera e, consequentemente, na determinação de quais épocas cada herbicida pode ser utilizado dentro do sistema produtivo de cana-de-açúcar (CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ-OVEJERO, 2005). As características físico-químicas de um herbicida são: solubilidade em água (S); pressão de vapor (P); coeficiente de partição octanol-água (Kow); constante de equilíbrio de ionização ácido (pKa) ou base (pKb); constante da Lei de Henry (H) e meia-vida ( $t_{1/2}$ ); e fotodecomposição. Além das características físico-químicas também são importantes alguns coeficientes relacionados com a interação das moléculas de herbicidas com o solo, tais como coeficiente de adsorção (Kd) e coeficiente de adsorção ao carbono orgânico do solo (Koc). De forma simplificada, herbicidas adequados para aplicação em época úmida devem ter de baixa a moderada solubilidade. Herbicidas para aplicação em época seca devem apresentar alta solubilidade, baixa pressão de vapor e baixa fotodecomposição, e herbicidas para aplicação em áreas com altos teores de matéria orgânica devem apresentar baixo coeficiente de adsorção ao carbono orgânico do solo.

**Tabela 2** Principais herbicidas registrados para a cultura da cana-de-açúcar com os respectivos grupos químicos, vias de absorção e translocação e mecanismos de ação.

Herbicida (ingrediente ativo)	Grupo químico	Vias de absorção	Vias de translocação	Mecanismo de ação
2,4 D	ácidos fenoxiacéticos	radicular e foliar	floema e xilema	mimetizadores de auxina
ametrina	triazinas	radicular e foliar	xilema	inibidores do fotossistema II
amicarbazona	triazolinonas	radicular e foliar	sem informação	inibidores do fotossistema II
clomazona	isoxazolidinonas	radicular e via coleóptilo	xilema	inibidores da síntese de caroteno
carfentrazone-etilica	triazolinona	foliar	floema (limitada)	inibidor da Prototox
diclosulam	triazolopirimidinas	radícula e caulículo	xilema	inibidores da ALS
diuron	ureias substituídas	radicular e com menor intensidade via foliar	xilema	inibidores do fotossistema II
flumioxazina	ftalimidas	foliar e radicular	xilema	inibidores da Prototox
glifosato	derivados da glicina	foliar	floema (simpástico)	inibidores da EPSPs
halosulfuron-metilico	sulfonilureias	foliar	xilema e floema	inibidores da ALS
hexazinona	triazinonas	radicular e foliar	xilema	inibidores do fotossistema II
imazapique	imidazolinonas	radicular e foliar	xilema e floema	inibidores da ALS
imazapir	imidazolinonas	radicular e foliar	xilema e floema	inibidores da ALS
isoxaflutol <sup>®</sup>	isoxazoles	radicular	xilema	inibidores da síntese de carotenos
mesotriona	tricetonas	radicular, foliar e ramos	xilema e floema	inibidores da síntese de carotenos
metribuzim	triazinonas	radicular e foliar (moderada)	xilema	inibidores do fotossistema II
MSMA	organosarrelcais	foliar	xilema e floema	desconhecido
oxifluorfen	difenil éteres	foliar	pouco translocável	inibidores da Prototox
pendimetalina	dinitroanilinas	radicular e coleóptilo	insignificante	inibidores da formação de microtúbulos na divisão celular
s-metolacoro	cloroacetamidas	coleóptilo e hipocótilo	xilema	inibidores da divisão celular (síntese de lipídeos)
sulfentrazone	triazolinonas	radicular	xilema	inibidores da Prototox
tebutiuron	ureias substituídas	radicular	xilema	inibidores do fotossistema II
trifluralina	dinitroanilinas	coleóptilo	insignificante	inibidores da formação de microtúbulos na divisão celular

**Tabela 3** Principais herbicidas e misturas formuladas com registro para a cultura da cana-de-açúcar, com as principais informações para seu posicionamento dentro de programas de controle químico de plantas daninhas.

Herbicida (ingrediente ativo)	Principais possibilidades de uso	Limite de aplicação quanto ao estágio da cana	Limitações quanto aos fatores edafoclimáticos	Espectro de ação
2,4 D	Dessecação pré-plantio/Pós-plantio ou colheita da cana com plantas daninhas em pós-inicial ou tardio em área total/Catálogo química/Carreadores e canais de vinhaça	Sem limitação	Baixa umidade relativa do ar	Dicotiledôneas
ametrina	Pós-plantio ou colheita da cana com plantas daninhas em pós-inicial ou pós-tardio em área total/Pós-quebra-lombo/Catálogo química	Sem limitação	Baixa umidade do solo	Monocotiledôneas e dicotiledôneas
amicarbazona	Desinfestação de áreas de folhas largas de sementes grandes/Pré-plantio	Início da brotação	Períodos com alto risco de chuvas intensas em solos leves	Monocotiledôneas e dicotiledôneas
diomazona	Incorporado em áreas de <i>Cynodon dactylon</i> /Pós-plantio ou colheita da cana com plantas daninhas em pré-emergência/Pós-quebra-lombo	Início da brotação	Baixa umidade do solo e umidade relativa do ar	Monocotiledôneas
carfentrazona-etílica	Dessecação pré-plantio/dessecação pré-colheita	Antes da implantação do canavial ou com canavial na fase de maturação	Baixa umidade do solo com plantas sob stress hídrico	<i>Ipomoea</i> spp e <i>Mertensia</i> spp
diclosulam	Pós-plantio ou colheita da cana com plantas daninhas em pré-emergência/Pós-quebra-lombo	Início da brotação	Baixa umidade do solo	Monocotiledôneas incluindo ciperáceas e dicotiledôneas
flumioxazina	Dessecação pré-plantio/Catálogo química/Carreadores e canais de vinhaça	Antes da implantação do canavial ou em jato dirigido	Altas temperaturas, baixa umidade do solo e plantas com stress hídrico	Monocotiledôneas incluindo ciperáceas e dicotiledôneas

**Tabela 3** (continuação).

Herbicida (ingrediente ativo)	Principais possibilidades de uso	Limite de aplicação quanto ao estágio da cana	Limitações quanto aos fatores edafoclimáticos	Espectro de ação
halosulfuron-metilico	Pós-plantio ou colheita da cana com <i>Cyperus rotundus</i> em pós-emergência (pré-florescimento)	Sem limitação	Solo com baixa umidade	<i>Cyperus rotundus</i>
hexazinona	Pós-plantio e colheita da cana com plantas daninhas em pré-emergência ou pós-emergência inicial/Pós-quebra-lombo	Início da brotação	Períodos com alto risco de chuvas intensas em solos leves	Monocotiledôneas e dicotiledôneas
imazapique	Desinfestação/Pós-colheita da cana com plantas daninhas em pré-emergência/Carreadores e canais de vinhaça	Pré-emergência total	Períodos com alto risco de chuvas intensas em solos leves	Monocotiledôneas incluindo ciperáceas e dicotiledôneas
imazapir	Desinfestação de <i>Cynodon dactylon</i> em áreas de reforma	Antes da implantação do canavial	Períodos com alto risco de chuvas intensas em solos leves	Monocotiledôneas incluindo ciperáceas e dicotiledôneas
isoxaflutol	Desinfestação de gramíneas/Pós-colheita da cana com plantas daninhas em pré-emergência/Pós-quebra-lombo/Catálogo química	Início da brotação	Períodos com alto risco de chuvas intensas em solos leves	Monocotiledôneas
mesotriona	Pós-plantio ou colheita da cana com plantas daninhas em pós-emergência inicial ou mediana/Catálogo química	Sem limitação	Altas temperaturas, baixa umidade do solo e plantas com stress hídrico	<i>Ipomoea</i> spp., <i>Mertensia</i> spp. e <i>Digitaria</i> spp
metribuzim	Pós-plantio ou colheita da cana com plantas daninhas em pré-emergência, pós-inicial ou pós-mediana de plantas daninhas/Catálogo química	Sem limitação	Solo com baixa umidade	Monocotiledôneas e dicotiledôneas
MSMA	Pós-colheita da cana com plantas daninhas em pós-inicial ou mediana em jato dirigido/ Catálogo química.	Início da brotação ou jato dirigido	Solo com baixa umidade e aplicação no período noturno	Monocotiledôneas e dicotiledôneas
oxifluorfen	Pós-plantio ou colheita da cana com plantas daninhas em pré-emergência	Início da brotação	--	Monocotiledôneas e dicotiledôneas
pendimetalina	Pós-plantio da cana com plantas daninhas em pré-emergência	Início da brotação	Solo com baixa umidade	Monocotiledôneas

Tabela 3 (continuação).

Herbicida (ingrediente ativo)	Principais possibilidades de uso	Limite de aplicação quanto ao estágio da cana	Limitações quanto aos fatores edafoclimáticos	Espectro de ação
s-metolaloro	Pré-plantio incorporado/Pós-plantio ou colheita da cana com plantas daninhas em pré-emergência/Pós-quebra- lombo/Carreadores e canais de vinhaça	Início da brotação ou perfilhamento	solo com baixa umidade	Monocotiledôneas e dicotiledôneas
sulfentazona	Desinfestação de áreas de <i>Ipomoea</i> spp. e <i>Cyperus rotundus</i> Pré-plantio Incorporado/Pós-plantio ou colheita com plantas daninhas em pré-emergência/Pós-quebra- lombo	Início da brotação	Solo com altos teores de óxidos de ferro e matéria orgânica	Monocotiledôneas e dicotiledôneas
tebutiuram	Pré-plantio incorporado/Pós-plantio ou colheita com plantas daninhas em pré-emergência/Pós-quebra- lombo/Carreadores e canais de vinhaça	Início da brotação ou perfilhamento	-	Monocotiledôneas e dicotiledôneas
trifluralina	Pré-plantio incorporado	Antes da implantação do canavial em PPI	Épocas mais secas do ano	Monocotiledôneas
diuron + hexazinona	Pós-plantio ou colheita com plantas daninhas em pré-emergência ou inicial/Pós-quebra- lombo/Catãção química	Início da brotação ou perfilhamento	--	Monocotiledôneas e dicotiledôneas
clomazona + hexazinona	Pós-plantio ou colheita com plantas daninhas em pré-emergência	Início da brotação	Baixa umidade do solo e unidade relativa do ar	Monocotiledôneas e dicotiledôneas
diuron + hexazinona + sulfometuron-metilico	Pós-colheita com plantas daninhas em pré-emergência	Antes da brotação	-	Monocotiledôneas e dicotiledôneas

## Plantas daninhas

### Composição específica

Conforme apresentado anteriormente há uma ampla gama de espécies de plantas daninhas associadas à cultura de cana-de-açúcar. É importante que os envolvidos nas recomendações sejam capazes de identificar as principais espécies presentes nos canaviais. Há variação no grau de dificuldade na identificação de plantas daninhas objeto de controle, sendo mais fácil quando os tratamentos serão realizados em pós-emergência tardia e mais difícil quando

os tratamentos serão realizados em pós-emergência inicial ou pré-emergência. No caso de aplicações em pré-emergência, levantar informações sobre o histórico de ocupação das áreas e observar as áreas vizinhas pode dar um indicativo das possíveis espécies de plantas daninhas que poderão infestar a área.

Essas espécies podem ocorrer praticamente isoladas (infestação monoespecífica) ou em arranjos com outras espécies (infestação poliespecífica). No segundo caso é importante saber discriminar aquelas mais importantes e sobre as quais se deve dirigir o processo de escolha dos tratamentos químicos. Numa comunidade de plantas daninhas, nem todas as espécies têm a mesma importância ou participação na interferência imposta ao desenvolvimento e produtividade da cultura. Normalmente, há as dominantes, que ocasionam a maior parte dos danos. Além dessas espécies, existem as secundárias, presentes em menor densidade e cobertura, e as acompanhantes, cuja presença é ocasional e, portanto, não resulta em problemas econômicos aos cultivos (FERNÁNDEZ-QUINTANILLA et al., 1991). A organização das unidades produtivas em grupos padrões de infestação de acordo com a composição e proporção de espécies poderá auxiliar na tomada de decisão por ocasião da escolha dos tratamentos químicos, ainda mais se as informações estiverem organizadas num banco de dados. Pesquisas realizadas por Kuva et al. (2010), Ferreira (2011) e Squassoni (2012) dedicaram-se em organizar comunidades de plantas daninhas típicas de canaviais, no entanto, os bancos de dados utilizados nesses trabalhos são muito restritos.

### Distribuição

Outro fator de decisão importante é a distribuição das espécies. De maneira simplificada, são dois os padrões de distribuições importantes: agregado e aleatório. O padrão de distribuição é importante para definir se o controle químico será realizado em área total ou de forma localizada ou, mesmo, se o controle em área total deve ser complementado por uma operação localizada para uma determinada espécie com população distribuída com padrão agregado. A detecção precoce de populações agregadas é uma importante informação para impedir o aumento e espalhamento dessas populações, que podem vir a apresentar padrão aleatório de controle num curto espaço de tempo, como ocorreu com *Ipomoea* spp e *Merremia* spp, que hoje figuram entre as principais plantas daninhas da cultura (KUVVA et al., 2007).

### Cenários

O sistema de produção de cana-de-açúcar proporciona uma grande variabilidade de condições de fatores relacionados ao solo, clima e manejo da cultura, sendo que este último pode alterar parcialmente fatores de solo e de microclima. A combinação desses fatores pode ser resumida pela palavra “cenário”. Identifi-

car e avaliar o cenário no qual vai ocorrer a interação entre herbicidas e as espécies de plantas daninhas é fundamental para a obtenção do sucesso.

Relacionados ao solo são pontos importantes aqueles diretamente relacionados à capacidade adsorativa de moléculas químicas empregadas ao solo, ou seja, teores de matéria orgânica e teores e qualidade da argila. Nos solos brasileiros, muito intemperizados, as argilas têm menor poder adsoritivo. Sendo assim, o teor de matéria orgânica é muito importante. Uma realidade nas áreas produtivas de cana-de-açúcar é a utilização de adubação orgânica aproveitando resíduos da indústria. Como a utilização desses materiais é, em algumas ocasiões, limitada pela distância, é comum que em áreas próximas às indústrias ocorram acúmulo e enriquecimento do solo em matéria orgânica, o que acarreta falhas na ação de alguns herbicidas. De maneira simplificada, quanto maiores os teores de argila e de matéria orgânica, maiores serão as doses necessárias para o controle de plantas daninhas e menores os riscos de intoxicação da cana-de-açúcar.

As possibilidades de interferência sobre os fatores do clima nas áreas de cana-de-açúcar são limitadas. A complementação hídrica por meio de irrigações é basicamente a única possibilidade de modificação significativa. Porém, a distribuição do plantio de canaviais em diferentes épocas do ano e o longo período de safra da cultura fazem com que existam canaviais em início de desenvolvimento durante o ano todo e, consequentemente, sujeitos às mais diversas condições climáticas. Em se tratando de cana-planta, temos condições de alta umidade e temperatura no início do ciclo, quando o plantio ocorre entre outubro e março, e condições de menor umidade e temperatura para plantios de abril a setembro. Para cana-soca temos o início de desenvolvimento em condições de alta umidade e temperaturas amenas no início de safra, baixa umidade e temperaturas amenas no meio de safra e alta umidade e temperatura no final de safra e soqueiras de muda.

Em relação ao manejo da cultura, o fator mais importante é o sistema de colheita e o manejo da camada de palha. Nas áreas mais antigas de cana-de-açúcar no Centro-Sul, a colheita mecanizada de cana-crua já ocorre em mais de 90% das áreas. Nas demais áreas, a substituição exigida pela legislação vem ocorrendo em ritmo acelerado. Porém, por outro lado, outra alteração significativa que vem ocorrendo é a forma de manejo dessa camada de palha. É crescente a realização da movimentação da palha para facilitar o controle de pragas ou o desenvolvimento inicial dos canaviais e também o recolhimento parcial da palha para co-geração de energia. Os fatores do solo, clima e manejo fazem com que os cenários para atuação dos herbicidas no controle de plantas daninhas se multipliquem, o que dificulta o acerto na escolha dos tratamentos químicos.

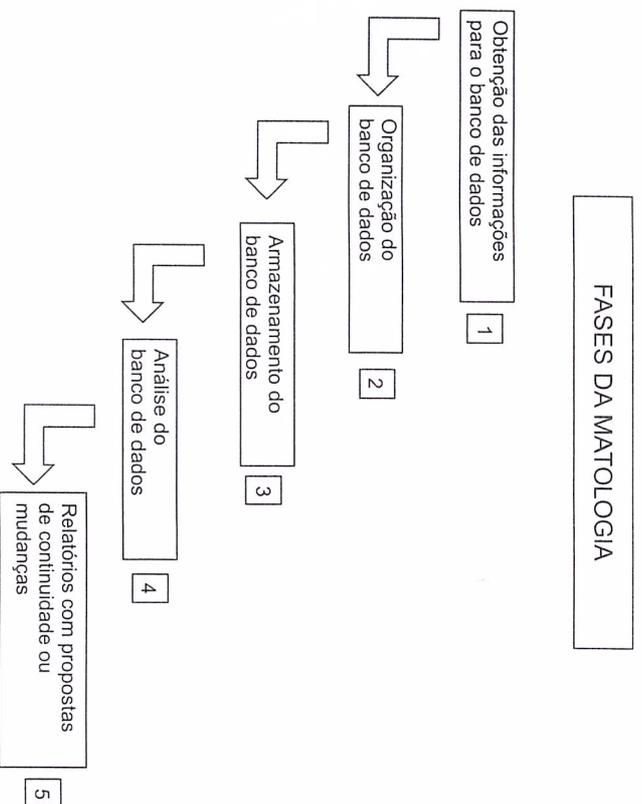
## Monitoramento

O estabelecimento de um sistema de monitoramento é de extrema importância, principalmente quando os dados são adequadamente armazenados. A adoção desse procedimento reduz ou elimina a subjetividade das recomendações e minimiza os malefícios da rotatividade de técnicos envolvidos no processo. O primeiro ponto positivo que um sistema de monitoramento proporciona é melhor conhecimento dos tipos de infestação de plantas daninhas nos diferentes setores de uma unidade produtiva, e isso foi discutido anteriormente na seção “composição específica”. Porém, o grande benefício de um sistema de monitoramento é, sem dúvida, a oportunidade de aferir os resultados dos diferentes tratamentos químicos que vêm sendo empregados no programa de controle químico de plantas daninhas e, com isso, realizar ajustes no programa, quando necessários. Esse monitoramento tem sido implantado por algumas usinas e tem sido denominado popularmente de “matologia”.

Uma definição bastante completa que pode ser dada à “matologia” nos canaviais é:

“Manutenção, de forma planejada, de áreas de observação livre da aplicação de herbicidas a fim de avaliar, de forma dinâmica, o potencial de infestação da área e a real contribuição do tratamento químico empregado em cada cenário, proporcionando evolução no processo.”

Esse programa de monitoramento pode ser organizado em diferentes fases, desde aqueles realizados no campo até aqueles feitos em laboratório com técnicas da informática e estatística, conforme esquema da Figura 5. As informações de infestação de potencial são coletadas visitando-se áreas de observação mantidas sem aplicação de herbicidas, cujo tamanho varia de usina para usina, e atribuindo-se conceitos para diferentes níveis de infestação. Já as informações de eficácia de controle dos tratamentos químicos empregados são levantadas percorrendo-se os arredores dessas áreas de observação e atribuindo-se porcentagem de controle, comparando-se com a infestação observada na área não aplicada. Vale lembrar que os dados obtidos são acumulativos ao longo da safra ou das safras num banco de dados único e devem ser organizados de forma que, num determinado momento, possam ser relacionados com outras informações que são importantes, tais como: tratamento químico (produtos e doses), padrão de solo, precipitação pluviométrica, tipo de canavial (variedade, espaçamento e manejo) e produtividade do canavial.



**Figura 5** Diferentes fases de um programa de monitoramento de plantas daninhas em canaviais.

### Harmonia entre os processos do sistema produtivo

O sistema de produção de cana-de-açúcar é composto por vários processos, e um deles é o controle de plantas daninhas. Os diferentes processos que compõem o sistema produtivo de cana-de-açúcar da usina devem trabalhar com o objetivo de facilitar o processo seguinte. Um bom preparo de solo facilita a distribuição e a ação de herbicidas e o plantio da cana-de-açúcar. Da mesma forma, um eficiente programa de controle de plantas daninhas entrega para as frentes de colheita áreas apropriadas, aumentando o rendimento e, consequentemente, o abastecimento da usina em matéria-prima. Uma programação de colheita bem estabelecida pode facilitar o controle de plantas daninhas, possibilitando a implantação de programas de redução do banco de sementes na renovação de canaviais e redução da infestação de plantas daninhas de difícil controle com o canavial já estabelecido, como é o caso de *Gynodon dactylon*.

### Oportunidades para intervir com herbicidas em canaviais

#### Cana-planta

**Dessecação pré-plantio:** Não se pode, em hipótese alguma, permitir que as frentes de preparo de solo e plantio de cana-de-açúcar adentrem a área sem a prévia dessecação, principalmente em áreas de expansão. A aplicação

de herbicidas de ação total como o glifosato apresenta baixo custo e é prioritário. Plantas daninhas perenizadas em canaviais recém-implantados são de difícil controle pelos herbicidas em aplicação em área total com barra e não podem ser aceitas. É bastante comum a ocorrência de duas situações extremas e indesejáveis:

1. **Dessecação seguida de revolvimento do solo sem o devido tempo para a translocação do herbicida glifosato para o sistema radicular.** Recomenda-se um prazo mínimo de 48 horas para as melhores formulações. Se houver incidência de chuva dentro do prazo de quatro horas, deve-se considerar a possibilidade de repetir a aplicação de glifosato.
2. **Dessecação e retardamento exagerado do preparo de solo e plantio, permitindo a reinfestação das plantas daninhas.** Neste caso deve-se repetir a dessecação. Uma forma de evitar ou minimizar a reinfestação é associar herbicidas residuais na dessecação. Destaca-se que esse procedimento não deve ser adotado de forma generalizada para todas as áreas, pois não dispensa as demais aplicações após o plantio da cana-de-açúcar.

**Pré-plantio incorporado:** A opção de aplicar herbicidas precedendo a operação de nivelamento de solo é bastante interessante para usinas em franca expansão. O grande benefício desta operação é ampliar a janela de aplicação, evitando a ocorrência de plantas daninhas em estágio avançado de desenvolvimento por ocasião da aplicação dos tratamentos pós-plantio. É preciso destacar que a incorporação não deve ultrapassar a camada superficial de 0 a 10 cm.

**Pós-plantio:** O manejo de plantas daninhas após o plantio da cana-de-açúcar compreende duas etapas: (1) do plantio até a operação de nivelamento do solo das entrelinhas “quebra lombo”; e (2) do “quebra-lombo” até o sombreamento total das entrelinhas. A extensão de cada uma dessas fases é importante na definição dos tratamentos químicos a serem empregados. O limite final da primeira fase é definido pelo desenvolvimento do canavial em altura, e o limite final da segunda fase, pelo sombreamento completo das entrelinhas. Outros fatores importantes na definição dos tratamentos, produtos e doses são as condições de umidade de solo nos períodos que sucedem as aplicações, as principais espécies de plantas daninhas e a textura do solo. Sendo assim, a operação de “quebra-lombo” pode ocorrer desde 45 até 150 dias após o plantio. A seguir são apresentadas diferentes situações de cana-planta de acordo com a extensão das duas etapas de controle de plantas daninhas. A primeira aplicação deve ser realizada em área total, e a segunda, em jato dirigido nas entrelinhas com o auxílio de pingente.

**Etapa 1: Do plantio até a operação de quebra-lombo**

**Situação 1** – O plantio e o desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar ocorrem sem restrição de umidade do solo e com elevadas temperaturas. O crescimento do canavial é acelerado e a operação de “quebra-lombo” é precoce, de 45 a 60 dias após o plantio. Não há necessidade de utilização de tratamentos com longos períodos residuais, uma vez que será realizada movimentação do solo, perda de residual e necessidade de recarga com uma segunda aplicação. Para o Centro-Sul normalmente ocorre para plantios de novembro a março.

**Situação 2** – O plantio e o desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar ocorrem sem restrição de umidade do solo, mas, com o decorrer do tempo, a disponibilidade de água no solo e as temperaturas noturnas tendem a diminuir. O crescimento do canavial ocorre num ritmo moderado, e a operação de quebra-lombo acontece por volta de 60 a 90 dias após o plantio. Essa situação ocorre para canaviais plantados de março a maio, havendo necessidade de períodos residuais um pouco mais prolongado.

**Situação 3** – O plantio e o desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar ocorrem com restrição de umidade do solo, sendo mantido somente com irrigações de “salvamento”, e as temperaturas médias são as menores do ano. O crescimento do canavial ocorre num ritmo lento, e a operação de quebra-lombo acontece somente com a estabilização das chuvas da primavera, ou seja, 90 a 150 dias após o plantio. Essa situação é típica de canaviais plantados de final de maio a setembro (plantio de inverno), havendo necessidade de tratamentos tolerantes à seca e com algum período residual para conter possíveis fluxos de emergência que ocorrem em resposta às chuvas de inverno e irrigação.

**Etapa 2: Da operação de quebra-lombo até o sombreamento completo das entrelinhas**

**Situação 1** – Após a operação de quebra-lombo ainda prevalece condições de alta umidade e temperatura e o canavial rapidamente promove sombreamento das entrelinhas. Esta situação ocorre quando a operação de quebra-lombo é realizada entre dezembro e meados de abril. Em média, o residual necessário ainda gira em torno de 60 a 80 dias.

**Situação 2** – Após a operação de quebra-lombo, a umidade de solo entra em declínio e as temperaturas noturnas tendem a reduzir. No entanto, ainda existe o risco de ocorrência de chuvas de inverno. Essa situação acontece quando a operação de quebra-lombo é realizada entre maio e agosto. Em média, o residual necessário gira em torno de 90 a 150 dias, atravessando um período de seca prolongada. Em outubro/novembro, com a reincidência de chuvas, os herbicidas que compõem os tratamentos devem ser reativados e exercer algum controle de novos fluxos de emergência de plantas daninhas.

**Situação 3** – Após a operação de quebra-lombo, que é realizada depois da ocorrência e estabilização das primeiras chuvas de primavera/verão, a umidade do solo e a temperatura são altas. Os novos fluxos de emergência das plantas daninhas ocorrem rapidamente. O canavial ainda não está sombreando as entrelinhas, mas o desenvolvimento é bem acelerado. Essa situação acontece quando a operação de quebra-lombo é realizada entre outubro e janeiro. Em média, o residual necessário gira em torno de 45 a 90 dias. Os tratamentos devem conter produtos tolerantes à ocorrência de chuvas pesadas e torrenciais.

**Cana-soca**

Como mencionado anteriormente, há canaviais em processo de rebrota em todas as épocas do ano, seja em áreas colhidas para processamento nas indústrias ou para fornecimento de muda. Sendo assim, existe grande variabilidade de condições de umidade de solo e temperatura para atuação de herbicidas. Considerando somente os canaviais destinados à indústria, as primeiras áreas são colhidas em meados de abril e as últimas, do final de novembro até início de dezembro, com alguma variação dependendo do ano. Na presença de umidade no solo, início e final de safra, não há dúvidas sobre a viabilidade e necessidade da aplicação de herbicidas imediatamente após o corte. Já na época mais seca do ano existe certa objeção por parte de algumas unidades produtivas, o que resulta em diferentes modelos de programas de controle: (a) janela de período seco totalmente fechado, (b) janela de período seco parcialmente fechado e (c) janela de período seco totalmente aberto.

Nas Figuras 6a e 6b, 7 e 8 são esquematizados hipoteticamente os três principais modelos de controle de plantas daninhas em cana-soca colhida no meio de safra para uma área de 30.000 ha, em que as barras na cor marrom do gráfico representam a evolução da área colhida e liberada para tratamento com herbicida, os retângulos azuis com gôticulas representam períodos cobertos pela aplicação de herbicida e os valores no retângulo verde, a área acumulada para tratamento a partir do reinício das chuvas de primavera/verão.

No primeiro modelo (Figura 6a), são de extrema importância os produtos adaptados para aplicação com solo seco, mesmo quando mantidos por longos períodos nessa condição (alta solubilidade, baixa pressão de vapor, baixa degradação microbiana ou por fotodecomposição). Esse modelo tem várias vantagens, dentre as quais: menores riscos de intoxicação da cana-de-açúcar em virtude da absorção por folhas e raízes ativas, menores danos à lavoura com pisoteio em solo úmido, melhor aproveitamento e distribuição na utilização de máquinas, ausência de efeito “guarda-chuva”, ausência de competição inicial e ausência de riscos de perdas pela lavagem de herbicidas pela chuva.

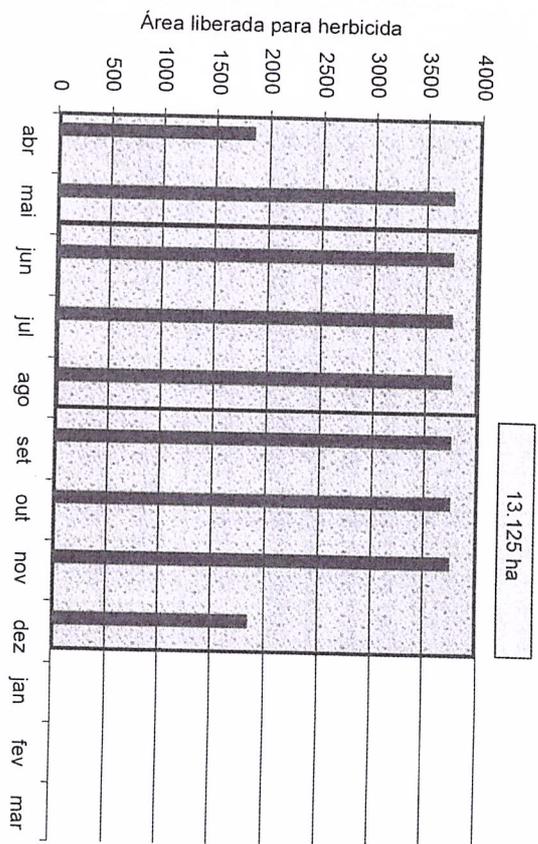


Figura 6a Esquema hipotético ilustrando um modelo de controle de plantas daninhas com janela de aplicação na seca totalmente fechada e com alta eficiência no período seco.

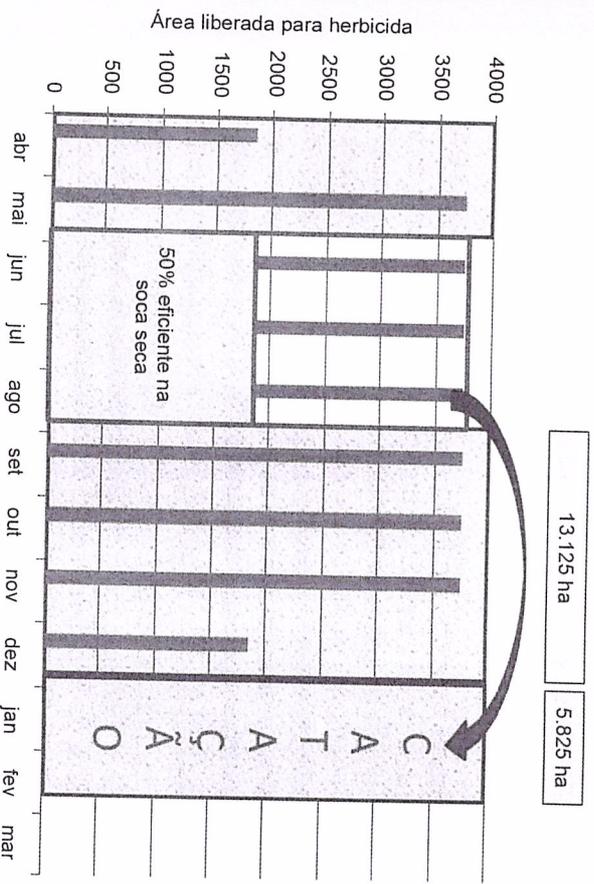


Figura 6b Esquema hipotético ilustrando um modelo de controle de plantas daninhas com janela de aplicação na seca totalmente fechada e com baixa eficiência no período seco.

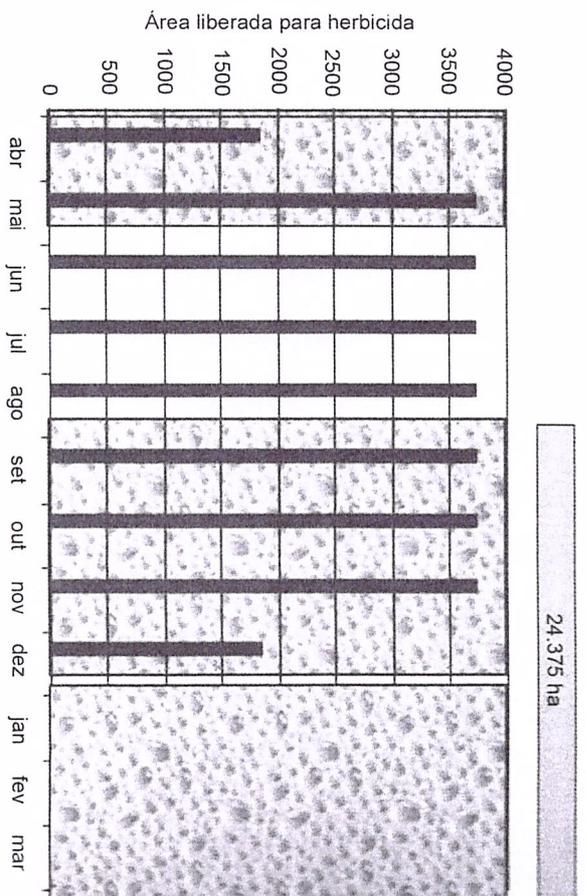


Figura 7 Esquema hipotético ilustrando um modelo de controle de plantas daninhas com janela de aplicação na seca totalmente aberta.

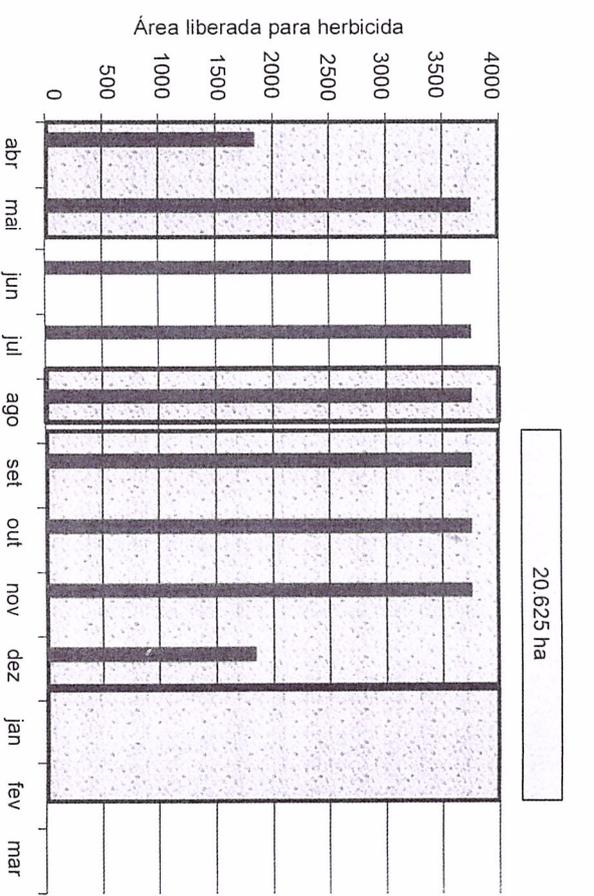


Figura 8 Esquema hipotético ilustrando um modelo de controle de plantas daninhas com janela de aplicação na seca parcialmente aberta.

Por outro lado, a grande desvantagem é a menor previsibilidade dos alvos a serem controlados, exigindo, portanto, melhor conhecimento do histórico de infestação da área. Deve-se destacar que a escolha dos tratamentos no período seco deve ser criteriosa e técnica, cercando-se todos os fatores envolvidos, pois o fracasso pode implicar um grande porcentual de repasse e elevação dos custos, conforme ilustrado pela Figura 6b.

No segundo modelo (Figura 7) são mais importantes os herbicidas mais adaptados para a condição de umidade ou períodos curtos de seca (baixa a moderada solubilidade). A adoção ou não desse modelo deve levar em conta a capacidade operacional, estrutura disponível e a logística, pois há grande acúmulo de área para ser tratada na época mais úmida. Em boa parte das áreas é necessário combinar produtos de ação pós-emergente inicial, e até tardio, com produtos de ação residual. Como principal vantagem está o fato de que a identificação das principais plantas daninhas a serem controladas é facilitada, bastando para isso inspecionar a área. Por outro lado, os principais pontos negativos são: maior risco de intoxicação da cana-de-açúcar em virtude da presença de folhas e raízes ativas, maiores danos com pisoteio, menor aproveitamento de máquinas, possibilidade de ocorrência de mão-competição inicial e maiores riscos de perdas por lavagem pela água da chuva.

O terceiro modelo (Figura 8), adequado a algumas situações, valoriza os herbicidas adaptados para a condição de solo seco e também aqueles adaptados à condição de umidade, tanto pré-emergentes como pós-emergentes. Busca distribuir a utilização de máquinas e mão de obra, mas dentro de certos limites, pois as aplicações são interrompidas nas situações extremas de adversidade climática. Neste modelo, primeiro se avalia a capacidade operacional da estrutura disponível e depois se define o tamanho da janela de aplicação mantida aberta no período seco.

Ainda se tratando de controle químico de plantas daninhas em cana-soca, é extremamente importante entender a dinâmica dos principais herbicidas perante a camada de palha. Sobre esse assunto são pontos importantes: espessura, distribuição e uniformidade da camada de palha, o tempo de espera para ocorrência da primeira chuva, a intensidade da primeira chuva e a chuva acumulada num determinado período.

Alguns trabalhos de pesquisa foram dedicados para responder a essas questões nos últimos anos. Velini e Negrisoli (2000) estudaram a interceptação da calda de herbicida pela camada de palha de cana-de-açúcar com o auxílio de corantes e constataram que 35,5% da calda atingiu o solo coberto com 1,0 t.ha<sup>-1</sup>. Para camadas mais espessas, 10 e 15 t.ha<sup>-1</sup>, a interceptação chegou a atingir 99,4% e 99,5%, respectivamente.

Segundo Hernandez et al. (2001), uma precipitação simulada com 30 mm aplicada sobre camada de palha equivalente a 12 t.ha<sup>-1</sup>, após 24 horas da aplicação, foi suficiente para levar o herbicida imazapique para os primeiros 15 centímetros de profundidade e proporcionar controle eficiente das plantas estudadas.

Velini et al. (2002a) estudaram a remoção do herbicida tebutiurum da palha de cana-de-açúcar, tendo como fatores: (i) duas formulações, Combine 500 SC e Perflan 800 BR; (ii) várias espessuras da lâmina d'água aplicada na forma de chuva simulada (2,5; 5; 10; 20; 35; 50; e 65 mm após a aplicação e duas outras simulações complementares de 20 mm espaçadas de uma semana); (iii) diferentes quantidades de palha de cana-de-açúcar sobre o solo (5, 10, 15 e 20 t/ha); e (iv) umidade da palha no momento da aplicação (seco e úmido). Observaram que a formulação Combine 500 SC permitiu que fosse removido, em média, 25% mais tebutiurum da palha quando comparada à formulação Perflan 800 BR. Entretanto, o pré-molhamento reduziu em 44%, na média das duas formulações, a remoção do herbicida pela água da chuva simulada. Concluíram, ainda, que a partir de 20 mm de chuva houve boa remoção do herbicida e que as situações experimentais complementares pouco colaboraram para a remoção. Por outro lado, segundo Velini et al. (2002b), a aplicação de tebutiurum sobre palha de cana-de-açúcar, seguida por longos períodos sem chuva, reduziu a liberação desse herbicida para o solo, com possível redução de eficiência no controle de plantas daninhas.

Medeiros e Christoffoleti (2002) estudaram o efeito de diferentes quantidades de palha (0, 5, 10 e 15 t.ha<sup>-1</sup>) e chuva simulada (0, 10, 20, 30, 40 e 50 mm, 24 horas após a aplicação dos herbicidas) sobre o controle de plantas daninhas anuais com a mistura formulada dos herbicidas diurom e hexazinona, e no controle de tiririca com sulfentrazone. Concluíram que a transposição dos herbicidas estudados através da palha de cana-de-açúcar aumenta com a ocorrência de chuvas acima de 10 mm.

Em estudo conduzido por Negrisoli et al. (2002), observou-se que, quando aplicado sobre camada de palha equivalente a 10 t.ha<sup>-1</sup> e submetido à precipitação simulada na ordem de 2,5; 5; 10; 20; 35; 50; e 65 mm (um dia após a aplicação), 8%, 19%, 31%, 41%, 50%, 65% e 59%, respectivamente, do herbicida diurom transpôs a camada. Em trabalho utilizando metodologia semelhante, com as mesmas precipitações, porém para o herbicida atrazina, Tofoli et al. (2002) determinaram que 17%, 32%, 50%, 63%, 76%, 86% e 92% do herbicida transpôs camada de palha de cana-de-açúcar equivalente a 10 t/ha.

## Catagão química ou manual

A catagão química é tratada à parte neste item que discorre sobre oportunidades de intervenção, pois pode ser necessário para áreas de cana-planta ou soca. Para cana-planta é inadmissível, porém não é raro acontecer, pois na fase de implantação do canavial não é o momento de colocar o custo acima de tudo, inclusive da técnica correta. Vários investimentos já foram realizados antes da aplicação do tratamento herbicida e não se pode deixar as plantas daninhas retirarem parte dos insumos utilizados para o seu crescimento sob o risco de ter uma lavoura mal formada com falhas em virtude da matocompetição. Para cana-soca, independentemente do modelo adotado dentro os apresentados, sempre haverá necessidade de repasse em algum percentual da área tratada, daí algumas questões devem ser analisadas:

### 1. Catagão ou renovação?

Esta questão merece uma análise criteriosa, em que se deve considerar: idade do canavial; produtividade anterior e a estimada para o próximo corte; preço da cana; intensidade de infestação; rendimento da operação; custo e disponibilidade de mão de obra; e aumento do banco de sementes.

### 2. Fazer com o quê?

Vários são os produtos utilizados nesta modalidade de aplicação, alguns de ação total e outros seletivos para a cultura da cana-de-açúcar, de ação de contato ou sistêmico, de absorção foliar ou radicular. A escolha dos herbicidas depende também das espécies de plantas daninhas, sendo as principais causas de catagão: *B. decumbens* e *B. brizantha*, *P. maximum*, *Ipomoea* spp., *Merremia* spp. e *Cynodon dactylon*. Os principais herbicidas utilizados em catagão são: glifosato, MSMA, diuron + hexazinona, ametrina, metribuzim, 2,4-D, 2,4-D + picloram e carfentrazona-etílica.

### 3. Como fazer?

A catagão pode ser realizada com pulverizadores costais manuais ou pressurizados ou com equipamentos montados sobre tratores, pressurizados e com mangueiras, lanças e pontas de pulverização acopladas, porém, de acionamento manual. Outros equipamentos acessórios que podem ser utilizados são: limitador de volume; e corante e protetor de deriva do tipo “chapéu de Napoleão”. Para todas as formas, um grande empecilho é a dificuldade de dimensionar o rendimento da operação e, consequentemente, o custo real da operação antes de realizá-la. No caso de catagão com pulverizadores costais, a uniformidade e a qualidade do tratamento é outro ponto difícil de obter, pois a padronização e o controle do desempenho de pessoas são difíceis.

## Considerações finais

Como discutido, a catagão química é uma operação bastante onerosa e deve ser evitada. Quanto maior o percentual de acerto nas decisões acerca dos tratamentos químicos em área total na cana-planta ou cana-soca, menor será a necessidade de repasse. Foi ainda discutido que as chances de acertar a escolha de tratamentos aumentam quando se conhecem os principais pilares de um bom programa de controle de plantas daninhas, ou seja, os herbicidas e suas principais características, as principais plantas daninhas e sua distribuição e os diferentes cenários em que ocorre a interação entre herbicidas e plantas daninhas. Mesmo com todo o conhecimento técnico, ainda há casos de fracasso, pois o controle sobre os fatores de clima e do solo não é completo e os diferentes processos que compõem o sistema de produção nem sempre estão em harmonia, de tal forma que um processo facilite o processo seguinte. Além disso, pouco se conhece sobre a comunidade infestante, que é dinâmica e acompanha as modificações dos sistemas produtivo da cana-de-açúcar. Sendo assim, um programa de controle de plantas daninhas só ficaria completo com a implantação de sistema de monitoramento que pudesse apontar as mudanças na comunidade infestante e a eficácia daquilo que se tem escolhido para compor o portfólio de tratamentos utilizados nesse programa.

## SEÇÃO II

# Manejo de Plantas Daninhas na Cultura do Eucalipto

Tiago P. Salgado, Pedro Luís da Costa Aguiar Alves,  
Marcos A. Kuva

## Introdução

A área existente de florestas plantadas apresentou, pela primeira vez nos últimos 10 anos, uma estagnação. Em 2011, a área ocupada por plantios florestais de *Eucalyptus* e *Pinus* no Brasil totalizou 6,5 milhões de ha, sendo 74,8% correspondente à área de plantios de *Eucalyptus* e 25,2% de plantios de *Pinus*. Importante ressaltar que, apesar da redução de áreas plantadas nos principais estados produtores de florestas nas regiões Sudeste e Sul do país,