

DIFERENTES TEXTURAS DE SOLO SOB EFEITO RESIDUAL DA MISTURA FORMULADA DIURON + HEXAZINONE + SULFOMETURON-METÍLICO

FREITAS, Angélica Padilha de¹
SANTOS, Andressa da Silva

Recebido em: 2019.07.17

Aprovado em: 2019.10.04

ISSUE DOI: 10.3738/1982.2278.3674

RESUMO: A utilização de herbicidas pré-emergentes com efeito residual prolongado no solo é um dos fatores que proporcionam grande eficiência no controle de plantas daninhas. Este estudo objetivou avaliar o efeito residual da mistura formulada diuron + hexazinone + sulfometuron-metílico em diferentes doses em solos de texturas arenosa e argilosa. Foram realizados dois experimentos, um para cada solo, adotando o esquema fatorial $2 \times 8 + 1$ com três repetições, sendo avaliadas duas doses (0,605 + 0,170 + 0,014 e 1,072,07 + 0,302 + 0,025 kg ha⁻¹ de diuron + hexazinone + sulfometuron-metílico, respectivamente) em oito épocas (0, 20, 40, 60, 80, 100, 120 e 140 dias, entre a aplicação da mistura formulada e a sementeira do bioindicador) e mais um controle sem aplicação. Aos 20 e 40 dias após a sementeira do bioindicador *Cucumis sativus* realizaram-se as avaliações de fitointoxicação. Utilizando o modelo log-logístico não linear, determinou-se o $t_{1/2}$ da mistura formulada para os dois solos estudados. No solo de textura argilosa obteve-se $t_{1/2}$ de 101 dias, enquanto que para o solo arenoso o $t_{1/2}$ da mistura formulada foi de 52 dias, para ambas as doses. O efeito residual prolongado no solo de textura argilosa pode ser uma ferramenta essencial no manejo de plantas daninhas na cana-de-açúcar, por outro lado, em solos arenosos devem-se utilizar menores doses devido ao menor efeito residual da mistura e, conseqüentemente, evitar a contaminação ambiental.

Palavras-chave: Eficiência. Impacto ambiental. Resíduos

RESIDUAL EFFECT OF THE MIXTURE FORMULATED DIURON + HEXAZINONE + SULFOMETURON-METHYL IN DIFFERENT SOIL TEXTURES

SUMMARY: The use of pre-emergent herbicides with prolonged residual effect on the soil is one of the factors that provide great efficiency in the control of the weeds. This study objected to evaluate the residual activity of the formulated mixture diuron + hexazinone + sulfometuron-methyl in different doses in soils of sandy and clayey textures. Two experiments were realized out, one for each soil, adopting the factorial scheme $2 \times 8 + 1$ with three repetitions. Two doses (0.605 + 0.170 + 0.014 and 1.072.07 + 0.302 + 0.025 kg ha⁻¹ of diuron + hexazinone + respectively) at eight times (0, 20, 40, 60, 80, 100, 120 and 140 days, between the application of the formulated mixture and the bioindicator sowing) and another control without application. At 20 and 40 days after sowing of the bioindicator *Cucumis sativus*, phytotoxication was carried out. Using the non-linear log-logistic model, the $t_{1/2}$ of the formulated mixture was determined for the two soils studied. In the soil of clay texture, $t_{1/2}$ of 101 days was obtained, while for the sandy soil the $t_{1/2}$ of the formulated mixture was of 52 days, for both doses. The prolonged residual effect on clayey soils may be an essential tool in the management of weeds in sugarcane. However, in sandy soils, smaller doses should be used because of the lower residual effect of the mixture and, consequently, avoid environmental contamination.

Keywords: Efficiency. Environmental impact. Combinations

INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) é considerada como uma cultura que vem exercendo um papel significativo na participação da economia brasileira. De acordo com a CONAB (2018), a área a ser colhida no Brasil de cana-de-açúcar destinada à atividade sucroalcooleira, na safra 2018/19, deverá atingir 8.613,6 mil hectares, e o Estado de Mato Grosso conta com uma participação na colheita de

¹ UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO

232,1 mil hectares, com uma produtividade estimada em 73.02 k ha⁻¹.

Dentre os fatores de produção da cana-de-açúcar as plantas daninhas são um dos principais componentes do agroecossistema desta cultura, que interferem no desenvolvimento e na produtividade da mesma (KUVA *et al.*, 2003). Segundo Christoffoleti (1997), o manejo de plantas daninhas no sistema de produção brasileiro de cana-de-açúcar está baseado na integração das medidas culturais, mecânicas, físicas e químicas.

No entanto, o principal método empregado no controle destas infestantes é por meio do uso de herbicidas, por ser um método rápido e eficiente, (INOUE *et al.*, 2003; CHRISTOFFOLETI *et al.*, 2005). Com o intuito de obter-se um controle efetivo dessas infestantes, o uso de herbicidas aplicados em pré-emergência tem sido muito utilizado, pois permite reduzir a interferência das plantas daninhas nas áreas cultivadas, que é considerada um dos pontos críticos no processo produtivo da cana-de-açúcar (KUVA *et al.*, 2000). De acordo com Kruse (2001), a utilização simultânea de dois ou mais herbicidas sobre uma mesma cultura, vem sendo cada vez mais empregada na agricultura, e representa um avanço nas estratégias de controle sobre as plantas daninhas resistentes e também de difícil controle.

A utilização de herbicidas com efeito residual prolongado é um dos fatores que determinam a eficiência no controle de plantas daninhas durante o período crítico de competição (MILLER; WESTRA, 1998; MANCUSO *et al.*, 2011).

De acordo com Blanco (2003), características importantes como tipo de solo e seu teor de matéria orgânica, devem ser consideradas na escolha de herbicidas aplicados em pré-emergência, pois estes herbicidas, devido suas características químicas, podem ser influenciados no solo pelos processos de sorção (dessorção e adsorção) aos colóides do solo (argila e matéria orgânica).

O solo é o destino final da maioria dos herbicidas utilizados na agricultura, podendo permanecer na solução ou serem lixiviados no perfil solo. A capacidade de movimentação de um herbicida no solo afeta o seu destino final no ambiente, devido a processos como lixiviação, retenção, escoamento superficial e absorção pelas plantas. Sendo assim, é importante entender o comportamento dos herbicidas, sua eficiência, seu impacto ambiental e seu destino no agrossistema da cana-de-açúcar (Santana, 2012).

No final de 2010 foi lançada a mistura formulada diuron + hexazinone + sulfometuron-metílico, que controla uma grande gama de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. A eficiência no controle de plantas daninhas e o destino de herbicidas no ambiente são influenciados por processos de lixiviação e efeito residual. Diante do exposto, objetivou-se avaliar o potencial de lixiviação e o efeito residual de diuron + hexazinone + sulfometuron- metílico em amostras de solos argiloso e arenoso. no município de Tangará da Serra-MT.

MATERIAL E MÉTODO

O ensaio foi realizado no campo experimental da Universidade do Estado de Mato Grosso, *Campus* Universitário de Tangará da Serra-MT, durante os meses de fevereiro a junho de 2016. Utilizaram-se dois solos com texturas contrastantes. O solo de textura argilosa classificado como Latossolo Vermelho, foi proveniente da Universidade do Estado de Mato Grosso (latitude 14° 39' 07" S, longitude 57° 25' 23" O e altitude 440 m), e o solo de textura arenosa, classificado como Neossolo Quartzarênico, coletado na Fazenda Três Irmãos no município de Tangará da Serra (latitude 14° 39' 42" S, longitude 57° 23' 43" O e altitude 474 m). Ambas as amostras foram coletadas na profundidade de 0-10 cm, removendo os resíduos da superfície e, posteriormente, foram secadas ao ar por um período de cinco dias, e posteriormente foram passadas em peneira com malha de 2 mm. As características físico-químicas

das amostras encontram-se descritas na tabela 1.

Para verificar o efeito residual da mistura formulada diuron + hexazinone + sulfometuron-metílico, utilizaram-se vasos com capacidade de dois litros preenchidos com as amostras dos solos, sendo realizado um experimento para cada solo.

Em cada experimento o delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial $2 \times 8 + 1$, com três repetições, em que avaliaram-se duas doses da mistura formulada, aplicadas em oito épocas, e um controle, sem aplicação, a testemunha. As doses utilizadas foram de $0 + 0 + 0$ (D1) testemunha; $0,605 + 0,170 + 0,014$ (D2) e $1,072,07 + 0,302 + 0,025$ (D3) kg ha^{-1} de diuron + hexazinone + sulfometuron-metílico, respectivamente. Já as oito épocas de aplicação foram 0, 20, 40, 60, 80, 100, 120 e 140 dias entre a aplicação do herbicida e a semeadura do bioindicador (*Cucumis sativus*).

As aplicações dos tratamentos de herbicidas foram realizadas com auxílio de um pulverizador costal a base de CO_2 munido com quatro pontas XR110.02, espaçadas entre si a 0,50 m, proporcionando o equivalente a 200 L ha^{-1} de calda.

Na última aplicação dos tratamentos foi realizada a semeadura do bioindicador em todos os vasos, que foram depositadas dez sementes de *C. sativus* em cada vaso, sendo irrigadas desde a semeadura até o último dia de avaliação com lâmina de 20 mm diários.

A variável analisada foi a porcentagem de fitointoxicação aos 20 e 40 dias após a semeadura do bioindicador, utilizando uma escala de notas de zero a 100, em que zero é ausência de danos e 100 a morte total do bioindicador, conforme proposto pela SBCPD (1995).

Utilizou-se do modelo log-logístico não linear proposto por Seefeldt *et al.*, (1995), conforme descrita na equação: $\hat{y} = a + (a - b)/(1 + (x/t_{1/2})^{-c})$, sendo, a = controle mínimo, b = controle máximo, do bioindicador; c = declive da curva; $t_{1/2}$ = tempo de meia-vida (dias) da mistura formulada de diuron + hexazinone + sulfometuron-metílico, ou seja, o tempo necessário para que 50% do herbicida aplicado inicialmente seja dissipado do ambiente.

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância pelo teste F utilizando o programa R (R CORE TEAM, 2015) e, posteriormente, plotadas equações de regressões e as curvas com o programa Sigma Plot.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Pôde-se observar diferença significativa, nos dois períodos de avaliação, aos 20 e 40 dias após a semeadura (DAS), para a interação entre doses de diuron + hexazinone + sulfometuron-metílico e o intervalo de aplicação e semeadura do bioindicador.

O efeito residual da mistura de diuron + hexazinone + sulfometuron-metílico foi menor para o solo arenoso, em que, aos 20 DAS, houve 100% de controle, para ambas as doses, até aos 20 dias entre aplicação da mistura formulada e semeadura do bioindicador; após os 40 dias de intervalo, observou-se grande redução na eficiência de controle do bioindicador, evidenciando-se a diminuição no efeito residual da mistura (Figura 1A); aos 40 DAS, a eficiência de 100% no controle foi até aos 40 dias de intervalo, com acentuada redução do efeito residual também após esse período (Figura 1C).

Já para o solo de textura argilosa, obteve-se efeito residual mais prolongado da mistura, em que, nas avaliações dos 20 DAS, até aos 60 dias de intervalo entre aplicação da mistura formulada e a semeadura do bioindicador, a eficiência de controle foi superior a 92%; a partir deste ponto, observou-se, então, a diminuição no efeito residual, sendo que, aos 100 dias de intervalo, a eficiência de controle foi de 51 e 57% para D2 e D3, respectivamente (Figura 1B), ou seja, a maior eficiência apresentada refere-se

à dose recomendada para este tipo de solo.

Inoue *et al.*, (2015) em estudos com essa mesma mistura também observaram maior efeito residual com o uso da maior dose em solo de textura argilosa. Já para o solo de textura arenosa, Inoue *et al.*, (2011) verificaram que mesmo empregando doses mais elevadas, a mistura proporcionou um efeito residual menor neste tipo de solo.

Este maior efeito residual da mistura em solo argiloso é explicado pela maior capacidade de troca catiônica existente neste tipo de solo, devido aos colóides que o formam, com maior área superficial específica, fazendo com que as moléculas de herbicidas sejam retidas por mais tempo, diferentemente dos solos arenosos (INOUE *et al.*, 2008; SOUZA JUNIOR *et al.*, 2007). Estes solos apresentam pouca atividade em seus processos pedogenéticos, resultando assim em solos poucos evoluídos e com baixas profundidades, apresentando baixa capacidade de troca de cátions e conseqüentemente menor condição de reter nutrientes. Esses solos apresentam-se susceptível as perdas de nutrientes através da lixiviação, em caso de excesso de chuvas (JACOMINE *et al.*, 1996).

Aos 40 DAS, não foram observadas diferença significativa entre as doses até aos 60 dias de intervalo entre a aplicação e semeadura, com 100% de eficiência no controle; a partir deste ponto, iniciou-se a redução no efeito residual da mistura (Figura 1D).

Alves (2010) também não observou diferença significativa entre a maior e menor dose aplicada, em avaliação da eficiência da mistura diuron + hexazinone + sulfometuron metílico no controle de *Ipomoea triloba*, até aos 120 dias após a aplicação, em Latossolo Vermelho Eutrófico, cujo teor de argila correspondia a 57% e MO a 22 g dm⁻³.

Com relação ao tempo de meia vida $t_{1/2}$ da mistura, neste trabalho, obteve-se para cada um dos solos, 52 dias para o solo arenoso e 101 dias para o solo argiloso, sem diferença significativa entre as doses. O que corrobora com os dados obtidos por Inoue *et al.*, (2015) que também observaram valores de 80 a 100 dias para o solo argiloso, e 52 dias para o solo arenoso.

As características físico-químicas dos solos interferem no potencial de lixiviação dos herbicidas, o que pode ser observado na presente pesquisa, com o maior efeito residual da mistura sendo apresentado no solo argiloso. De acordo com Garcia *et al.*, (2012), a eficiência da mistura de diuron + hexazinone + sulfometuron-metílico está relacionada às quantidades de argila e matéria orgânica no solo, em que em solo arenoso, esta mistura apresenta maior potencial de lixiviação.

A degradação dos herbicidas pode ser favorecida quando materiais orgânicos são adicionados ao solo, já que estes fornecem nutrientes e energia aos microrganismos capazes de promover a degradação da molécula (OLIVEIRA, 2016).

O alto teor de matéria orgânica presente nos solos, também proporciona maior potencial de retenção das moléculas, diminuindo o poder de lixiviação e aumentando a disponibilidade dos herbicidas às plantas e aos microrganismos (GREEN; KARICKHOFF, 1990).

Diversos estudos indicaram que o comportamento sortivo do diuron apresenta correlação positiva com os teores de matéria orgânica e CT C do solo (SPURLOCK; BIGGAR, 1994), sendo que solos com baixos teores de matéria orgânica apresentam maior potencial de lixiviação do herbicida.

Observou-se maior teor de matéria orgânica presente no solo arenoso (tabela 1), isso pode ser explicado devido este solo já ser utilizado e corrigido em outros cultivos, além da prática de manejo exercida, com o uso do sistema de plantio direto, em que o mesmo contribui com a formação de palhada, e conseqüentemente um maior acúmulo de MO, diferentemente do argiloso, onde este era solo de primeiro cultivo. Mesmo com essas características, pôde-se observar que o solo arenoso não proporcionou efeito residual maior ou igual ao obtido no solo de textura argilosa.

A matéria orgânica sofre influência das características físicas e químicas do solo. Nas áreas de Neossolos Quartzarênicos, a formação de palhada é fundamental para proteção do solo, em que o acúmulo de resíduos orgânicos sobre o solo, a médio e longo prazo, contribui com o aumento de teor de MO em solos arenosos (OLIVEIRA, 2016).

Percebe-se dessa forma, que os resultados referentes ao menor efeito residual da mistura estão ligados principalmente às características de textura do solo, em comparação ao teor de matéria orgânica presente, o que confirma as informações de Oliveira Junior *et al.*, (2001) afirmando que no Brasil, a recomendação de doses de herbicidas aplicados no solo se baseiam primeiramente em sua textura e não no teor de matéria orgânica.

Segundo Kah e Brown (2006), embora a matéria orgânica ofereça a maioria dos sítios de adsorção entre as moléculas e o solo, esta correlação entre adsorção e presença de matéria orgânica depende também da natureza do herbicida e tipo de solo, onde a boa influência da matéria orgânica nem sempre é evidente.

Levando em consideração a natureza dos herbicidas, o potencial de lixiviação dos produtos no solo pode ser favorecido, ou não, com relação ao tipo de solo em que foi aplicado, em que herbicidas mais solúveis, como é o caso do hexazinone, pode apresentar maior potencial de lixiviação em solos arenosos, os quais apresentam menor retenção de cargas (GARCIA *et al.*, 2012). Arsego (2009) observou que a aplicação deste herbicida, mesmo em solos com alto teor de argila e matéria orgânica, apresenta dessorção intensa, o que caracteriza seu alto potencial de lixiviação.

A lixiviação do hexazinone é explicada em grande parte pela sua alta solubilidade em água aliada ao fato de estar mais presente na forma molecular (não dissociada), o que é comum na amplitude de pH de 4,0 a 6,5, bastante encontrados em solos brasileiros, sendo considerado um herbicida com elevado potencial de lixiviação por vários autores (INOUE *et al.*, 2003; CERDEIRA *et al.*, 2005; PESSOA *et al.*, 2007; QUEIROZ *et al.*, 2009; ARSEGO, 2009).

Já o diuron apresenta característica de ser persistente em solos, com tempo de meia-vida de 90 a 180 dias, possuindo uma baixa solubilidade (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011), apresentando baixo potencial de lixiviação, mesmo em solos arenosos (POSSAMAI, 2012).

Pelas propriedades físico-químicas que conferem ao diuron características hidrofóbicas, há indícios que a interação hidrofóbica entre o diuron e a matéria orgânica do solo é um componente importante na sua sorção ao solo, fato que pode justificar a maior sorção em solos com teores mais elevados de matéria orgânica (INOUE *et al.*, 2008).

O sulfometuron é altamente influenciado pelo valor de pH do solo (POSSAMAI, 2012), em que, seu tempo de meia vida $t_{1/2}$ pode variar de 20 a 13 dias, para Latossolo Vermelho, no Estado do Paraná, com características de pH 6,3 e em Minas Gerais com pH 4,8, respectivamente. Ou seja, para o sulfometuron-metílico, a sorção no solo é baixa e o potencial de lixiviação é maior em solos alcalinos do que em solos ácidos (OLIVEIRA JUNIOR *et al.*, 2001).

Diante destas características, o uso da mistura destes herbicidas pode auxiliar no manejo de plantas daninhas, proporcionando um controle mais efetivo, aproveitando-se as diferentes características de cada produto. De acordo com Inoue *et al.*, (2015), a mistura desses herbicidas pode apresentar uma persistência moderada no solo, propiciando um controle prolongado ao longo do tempo, sendo, ainda importante o conhecimento sobre as características físico-químicas do solo, de modo a melhor manejar o seu uso.

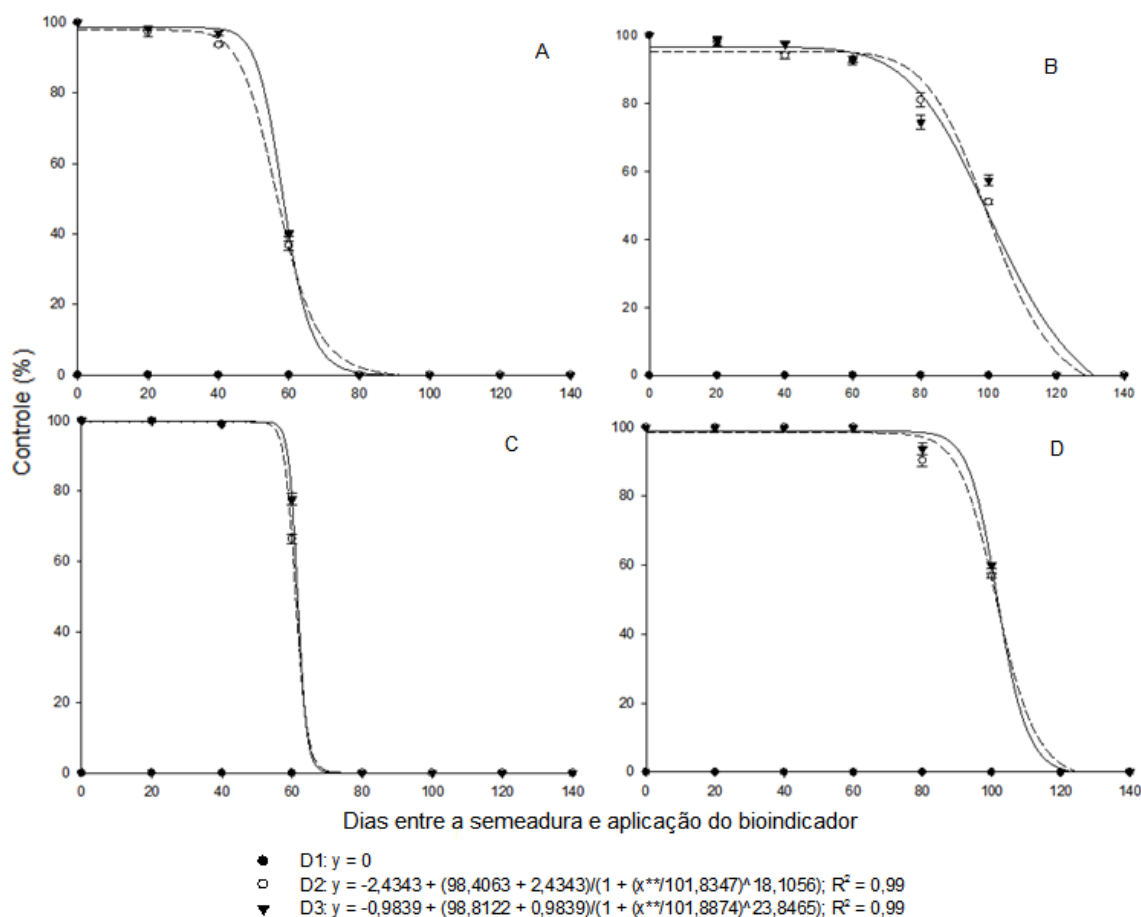
Tabela 1. Características físico-químicas das amostras de solos utilizados nos experimentos.

Solo	pH (H ₂ O)	Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	H ⁺ + AL ³⁺	Ca ⁺² + Mg ⁺²	Ca ⁺²	K ⁺	P (mg dm ⁻³)
NQ ^{1/}	7,22	0,65	4,3	1,33	0,63	0,01	3
LV ^{2/}	6,09	0,15	4,2	3,67	1,98	0,38	4
Solo	M.O. (g dm ⁻³)	CTC (cmol _c dm ⁻³)	V (%)	Areia	Silte (%)	Argila	
NQ ^{1/}	24,20	6,45	64,46	76,3	0,27	21	
LV ^{2/}	10,34	8,64	31,26	23,3	13,7	61	

Fonte: Padrão Análises. Tangará da Serra – MT.

^{1/}NQ= Neossolo Quartzarênico (textura arenosa); ^{2/}LV = Latossolo Vermelho (textura argilosa). M.O.= Matéria Orgânica; CTC= Capacidade de Troca Catiônica; V = Saturação de Bases.

Figura 1. Porcentagem de fitointoxicação de *C. sativus* para Neossolo Quartzarênico (gráficos à esquerda, A e C) e Latossolo Vermelho (gráficos à direita, B e D), aos 20 dias (gráficos superiores, A e B) e aos 40 dias (gráficos inferiores, C e D), após a semeadura dos bioindicadores para as doses 0 (D1), 0,605 + 0,170 + 0,014 (D2) e 1072,07 + 0,302 + 0,025 (D3) kg ha⁻¹ de diuron + hexazinone + sulfometuron metílico, respectivamente.



CONCLUSÃO

Mesmo utilizando baixas doses em solo de textura argilosa, a mistura formulada diuron + hexazinone + sulfometuron metílico proporcionou $t_{1/2}$ de 101 dias, promovendo maior efeito residual

quando comparado ao solo de textura arenosa, onde a mistura proporcionou $t_{1/2}$ médio de 51 dias no solo arenoso quando aplicada.

No solo de textura arenosa é recomendada a utilização de menores doses devido ao menor tempo de efeito residual no solo e provável contaminação de águas subterrâneas em doses inadequadas para este tipo de solo.

O comportamento de herbicidas no solo, bem como a sua eficiência no controle de plantas daninhas, variam de acordo com as características físico-químicas, principalmente, teores de MO e argila, sendo assim, estas propriedades do solo são de suma importância na escolha do herbicida.

REFERÊNCIAS

ALVES, S.N.R. **Efeito residual de herbicidas aplicados em pré-emergência em diferentes condições de restrição hídrica no solo na cultura da cana-de-açúcar**. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2010.

ARSEGO, I.B. **Sorção dos herbicidas diuron e hexazinone em solos de texturas contrastantes**. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2009.

BLANCO, F.M.G. Controle das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. In: REUNIÃO ITINERANTE DE FITOSSANIDADE DO INSTITUTO BIOLÓGICO, Catanduva. **Anais [...]**. São Paulo: Instituto Biológico, 2003. p. 83-89.

CERDEIRA, A.L. *et al.* Herbicide leaching on a recharge area of the Guarany Aquifer in Brazil. **Journal of Environmental Science and Health**. v. 40, p.159-65, 2005.

CHRISTOFFOLETI, P.J. Manejo de plantas daninhas em cana-de-açúcar. **Sinal Verde**, v.10, p.12-14, 1997.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; LÓPES-OVEJERO R.F. **Dinâmica dos herbicidas aplicados ao solo na cultura da cana-de-açúcar**. Piracicaba: BASF, 2005.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira: **Cana-de-açúcar**. v. 5, n. 1, p. 1-66, 2011. Disponível: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_boletim_cana_portugues_-_2o_lev_-_18-19.pdf>. Acesso em: 02 out 2019.

GREEN, R.E., Karickhoff S.W. Sorption estimates for modeling. In: CHENG, H.H. (Ed.). Pesticides in the soil environment: processes, impacts, and modeling. **Madison**: Soil Science Society of America, 1990. p.79-101.

INOUE, M.H. *et al.* Atividade residual de herbicidas pré-emergentes aplicados em solos contrastantes. **Revista Brasileira de Herbicidas**. v.10, p.232-42, 2011.

INOUE, M.H. *et al.* Critérios para avaliação do potencial de lixiviação dos herbicidas comercializados no estado do Paraná. **Planta Daninha**. v.21, p.313-23, 2003.

INOUE, M.H. *et al.* Lixiviação e degradação de diuron em dois solos de textura contrastante. **Acta Scientiarum Agronomy**. v.30, p.631-38, 2008.

INOUE M.H. *et al.* Potencial de lixiviação e efeito residual de diuron + hexazinone + sulfometuron-methyl em solos de textura contrastante. **Revista de Ciências Agrárias**. 2015;58:418-26.

JACOMINE, P.K.T. Solos sob caatinga: Características e uso agrícola. In: ALVAREZ V., V.H.; FONTES, L.E.F.; FONTES, M.P.F., eds. O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. Viçosa, MG, SBCS/UFV/DPS, 1996. p.95-111.

KAH, M., B. C.D. Adsorption of ionisable pesticides in soils. **Reviews of Environmental Contamination & Toxicology**. 2006;188:149-17.

KRUSE, N.D. *et al.* Sinergismo potencial entre herbicidas inibidores do fotossistema II e da síntese de carotenóides. *Ciência Rural*. 2001;31:569-75.

KUVA, M.A. *et al.* Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar: III - capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) e capim-colonião (*Panicum maximum*). **Planta Daninha**. 2003;21: 37-44.

KUVA, M.A. *et al.* Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. I – tiririca. **Planta Daninha**. 2000;18:241-51.

Mancuso M.A.C. *et al.* Efeito residual de herbicidas no solo (“Carryover”). **Revista Brasileira de Herbicidas**. 2011;10:151-64.

MILLER, D., Westra P. Herbicide selectivity and performance. Fort Collins: Colorado State University. **Cooperative Extension Service**, 1998.

OLIVEIRA, H.L.M. **Manejo de solo arenoso como aporte de matéria orgânica**. 2016. Disponível em: <<http://www.pioneersementes.com.br/blog/107/manejo-de-solo-arenoso-com-aporte-de-materia-organica>>. Acesso em: 02 de Janeiro de 2018.

OLIVEIRA JUNIOR, R.S. *et al.* **Sorption and leaching potential of herbicides on Brazilian soils**. 2001;41:97-10.

PESSOA, M.C.P.Y. *et al.* Avaliação do potencial de transporte de agrotóxicos usados no Brasil por modelos screening e planilha eletrônica. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, 44. Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna. 24p, 2007.

Possamai A.C.S. Potencial de lixiviação dos herbicidas diuron e diuron + hexazinone + sulfometuron-metílico em solos com texturas contrastantes [dissertação]. **Aquidauana**: Universidade do Estado de Mato Grosso do Sul, 2012.

QUEIROZ, S.C.N. *et al.* Comportamento do herbicida hexazinone em área de recarga do aquífero guarani cultivada com cana-de-açúcar. **Química Nova**. 2009;32:378-81.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Áustria: R Foundation for Statistical Computing, 2015.

RODRIGUES, B.N., Almeida F.L.S. **Guia de herbicidas**. 6. Ed. Londrina: IAPAR, 2011.

SANTANA, D.C. **Estudo da lixiviação de herbicidas utilizados na cultura da cana-de-açúcar com plantas bioindicadoras** [dissertação]. Botucatu: Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, 2012.

Seefeldt S.S. *et al.* **Log-logistic analysis of herbicide dose-response relationship**. *Weed Technology*. 1995;9:218-27.

SBCPD - Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas -. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: 1995. 42p.

SOUZA JUNIOR I.G. *et al.* Contribuição dos constituintes da fração argila de solos subtropicais à área superficial específica e à capacidade de troca catiônica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 2007;31:1355-65.

SPURLOCK, F.; BIGGAR, J.W. Thermodynamics of organic chemical partition in soils. II: Nonlinear partition of substituted phenylureas from aqueous solution. *Environ. Sci. Technol.*, Iowa, v. 28, n. 4, p. 996-1002, 1994.