

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS RIO VERDE PROGRAMA DE PÓS-
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS - AGRONOMIA

DINÂMICA DO HERBICIDA SAFLUFENACIL EM TRÊS
SOLOS DO CERRADO COM DIFERENTES TEXTURAS

Autor: Fernando Rezende Corrêa
Orientador: Prof. Dr. Alberto Leão de Lemos Barroso

Rio Verde - GO
Agosto – 2016

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE PROGRAMA DE PÓS-
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS - AGRONOMIA

DINÂMICA DO HERBICIDA SAFLUFENACIL EM TRÊS
SOLOS DO CERRADO COM DIFERENTES TEXTURAS

Autor: Fernando Rezende Corrêa
Orientador: Prof. Dr. Alberto Leão de Lemos Barroso

Dissertação apresentada como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS - AGRONOMIA no Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias - Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde.

Rio Verde - GO
Agosto – 2016

Corrêa, Fernando Rezende

C824d Dinâmica do herbicida Saflufenacil em três solos do Cerrado com diferentes texturas / Fernando Rezende Corrêa. – Rio Verde. – 2016.

50 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Instituto Federal Goiano – Câmpus Rio Verde, 2016.

Orientador: Dr. Alberto Leão de Lemos Barroso.

Bibliografia

1. Dose resposta. 2. Comportamento. 3. Lixiviação.
I. Título. II. Instituto Federal Goiano – Câmpus Rio Verde.

CDD: 615.954

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CÂMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
AGRÁRIAS-AGRONOMIA**

**DINÂMICA DO HERBICIDA SAFUFENACIL EM TRÊS
SOLOS DO CERRADO COM DIFERENTES TEXTURAS**

Autor: Fernando Rezende Corrêa
Orientador: Alberto Leão De Lemos Barroso

TITULAÇÃO: Mestre em Ciências Agrárias-Agronomia - Área de
Concentração em Produção Vegetal Sustentável no Cerrado

APROVADA em 16 de Agosto de 2016.

Dr. Cícero Teixeira Silva Costa
Avaliador externo
PNPD/IF Goiano/RV

Prof. Dr. David Vieira Lima
Avaliador externo
IF Goiano/RV

Prof. Dr. Alberto Leão De Lemos Barroso
Presidente da banca
UniRV

DEDICATÓRIA

A Deus, por ser essencial em minha vida. Ao meu orientador Prof. Dr. Alberto Leão de Lemos Barroso, por toda dedicação, determinação e confiança. Aos meus pais Antonino Disterro Corrêa e Roseli Rezende Machado Corrêa, a minha irmã Máira Rezende Corrêa, por serem a razão e o estímulo para que eu alcançasse o que almejei para minha vida profissional.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por todas bênçãos, oportunidades concedidas e pelas pessoas que coloca em meu caminho me auxiliando em mais uma etapa vitoriosa a vida profissional.

Aos meus pais Antonino Disterro Corrêa e Roseli Rezende Machado Corrêa e a minha irmã Maíra, por terem me encorajado e incentivado. Essa vitória é nossa.

Fica minha sincera gratidão ao meu orientador Alberto Leão de Lemos Barroso, ao Grupo de Estudos em Plantas Daninhas no Cerrado (GEPDC / UniRV) pela confiança e oportunidade a mim concedidas como pesquisador, ao Dr. Hugo de Almeida Dan, Ms. José Arnaldo de Souza Junior e aos alunos que realizam estágio junto ao grupo de estudos pelo auxílio nas instalações dos ensaios e também pelo interesse em adquirir conhecimento junto aos pesquisadores do grupo.

A professora adjunta da Universidade Federal de Goiás Dr.^a Virginia Damin, pelo auxílio e tempo dedicados para a concretização e realização deste trabalho.

Ao Daniel Arisawa Capelare e Régis Soffa pela amizade e companherismo que foram essenciais para que pudesse alcançar o final de mais esta jornada.

Agradeço ao Dr. David Vieira Lima pela amizade, incentivo e ensinamentos adquiridos, assim como agradeço ao Dr. Cicero Teixeira Silva Costa, pela amizade e aceite na participação da banca de defesa da dissertação.

Estendo meu reconhecimento ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, pela oportunidade e pelos conhecimentos adquiridos desde a graduação até a conclusão do Mestrado.

A CAPES, pela concessão da bolsa.

Enfim, quero aqui retribuir o meu reconhecimento e gratidão a todos que, de forma direta ou indireta contribuíram para a execução e realização desse projeto.

BIOGRAFIA DO AUTOR

FERNANDO REZENDE CORRÊA, nascido em Rio Verde – GO em 25 de junho de 1985, filho de Antonino Disterro Corrêa e Roseli Rezende Machado Corrêa.

Engenheiro Agrônomo, graduado pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde em 2014.

No segundo semestre de 2014, pleiteou uma vaga no Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias - Agronomia do Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde, finalizando no ano de 2016, sob orientação do Dr. Alberto Leão de Lemos Barroso.

ÍNDICE GERAL

	Página
ÍNDICE DE TABELAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES.....	ix
RESUMO GERAL.....	x
ABSTRACT	xii
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2. OBJETIVOS.....	6
CAPÍTULO I.....	7
RESUMO.....	8
ABSTRACT	8
3.1. INTRODUÇÃO	8
3.2. MATERIAL E MÉTODOS	10
3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
3.4. CONCLUSÃO	20
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20
CAPÍTULO II	23
RESUMO.....	24
ABSTRACT	24
4.1. INTRODUÇÃO	24
4.2. MATERIAL E MÉTODOS	25
4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4.4. CONCLUSÃO	31
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31

5. CONCLUSÃO GERAL	33
APÊNDICE	34

ÍNDICE DE TABELAS

	Página
Tabela 1 – Principais características químicas e textura dos solos.....	11 a 27
Tabela 2 – Valores médios de massa seca da parte aérea de plantas de pepino cultivadas em solos submetidos a aplicação de Saflufenacil seguido por precipitação de 40mm em amostras de três solos sob Cerrado.	30
Tabela 1 A – Avaliação de fitotoxicidade adaptado da escala SBCPD (1995).	34

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
CAPÍTULO I	
Figura 1 – Estimativa da porcentagem de fitointoxicação das plantas bioindicadoras aos 7 dias após aplicação do herbicida saflufenacil.	13
Figura 2 – Estimativa da porcentagem de fitointoxicação das plantas bioindicadoras aos 14 dias após aplicação do herbicida saflufenacil.	14
Figura 3 – Estimativa da porcentagem de fitointoxicação das plantas bioindicadoras aos 21 dias após aplicação do herbicida saflufenacil.	15
Figura 4 – Curva de dose resposta e redução da massa seca das plantas bioindicadoras aos 21 dias após aplicação do herbicida Saflufenacil nos solos LVd e AL.	17
Figura 5 – Curva de dose resposta e redução da massa seca das plantas bioindicadoras aos 21 dias após aplicação do herbicida Saflufenacil nos solos LVw e AL.	18
Figura 6 – Curva de dose resposta e redução da massa seca das plantas bioindicadoras aos 21 dias após aplicação do herbicida Saflufenacil nos solos RQo e AL.	19
CAPÍTULO II	
Figura 1 – Lixiviação do herbicida Saflufenacil em Latossolo Vermelho Distrófico Típico (LVd), Latossolo Vermelho Ácrico Típico (LVw) e Neosolo Quartzarênico Órtico Típico (RQo) após simulação de 40 mm de chuva um dia após aplicação do herbicida Saflufenacil.	29

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

%	Porcentagem
AL	Areia Lavada
CaCl₂	Cloreto de Cálcio
CC	Capacidade de Campo
cmol_c	Centimol de Carga
CTC	Capacidade de Troca Catiônica
DAA	Dias Após Aplicação
dm⁻³	Decímetro cúbico
GR	Growth Reduction
ha⁻¹	Hectare
i.a	Ingrediente Ativo
LVd	Latossolo Vermelho Distrófico Típico
LVw	Latossolo Vermelho Ácrico Típico
mg	Miligrama
MO	Matéria Orgânica
pKa	Constante de Ionização Ácido
RQo	Neossolo Quartzarênico Ortico Típico
TFSA	Terra Fina Seca ao Ar

RESUMO GERAL

CORRÊA, F.R., M. Sc., Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde – GO, agosto de 2016. **Dinâmica do herbicida Saflufenacil em três solos do Cerrado com diferentes texturas.** Orientador: Dr. Alberto Leão de Lemos Barroso.

Foram realizados dois estudos distintos para avaliar a dinâmica do herbicida saflufenacil em solos do Cerrado com diferentes texturas. O primeiro estudo caracterizou por avaliar o comportamento do herbicida saflufenacil em Latossolo Vermelho Distrófico Típico [LVd] (pH 4,6), Latossolo Vermelho Ácrico Típico [LVw] (pH 5,5), Neossolo Quartzarenico Órtico Típico [RQo] (pH 4,4) e Areia Lavada [AL] (pH 5,8) com aplicação de oito doses do herbicida (0; 12,25; 16,33; 24,50; 49; 98; 147 e 196 g i.a ha⁻¹). Utilizou-se vasos de 1 dm³ de capacidade que foram preenchidos com terra fina seca ao ar (TFSA) de cada solo para montar a unidade experimental, os vasos foram irrigados com água suficiente para atingir 70% de sua capacidade de campo e mantido a essa capacidade durante todo o ensaio, após irrigação semeou-se quatro sementes de pepino por vaso, 24 horas após a semeadura ocorreu a aplicação dos tratamentos com pulverizador costal pressurizado com CO₂ com pontas espaçadas 0,5 m, jato duplo tipo leque ADIA-110.02, sob pressão de 2,0 Kgf cm⁻², com volume de calda de 150 L ha⁻¹. Foram avaliadas a fitotoxicidade aos 7, 14 e 21 dias após aplicação por escala percentual de notas. Os gráficos de fitointoxicação demonstraram evolução de 7 a 21 dias após aplicação. As curvas de porcentagem de redução de massa seca demonstraram que o solo LVd obteve maior redução da massa seca das plantas bioindicadoras sendo necessário uma dose de 11,76 g i.a ha⁻¹ para atingir redução de 50% da massa seca para este solo. Doses de 30,87; 44,10 e 119,56 g i.a ha⁻¹, são respectivamente necessárias para atingir redução de 50% da massa seca nos solos LVw, RQo e AL. O segundo estudo teve por objetivo avaliar a lixiviação do herbicida Saflufenacil em Latossolo Vermelho Distrófico Típico (pH 4,6), Latossolo Vermelho Ácrico Típico (pH 5,5) e Neossolo Quartzarenico Órtico Típico (pH 4,4), em cinco faixas de profundidades (0-5, 5-10, 10-15, 15-20 e 20-25 cm). A lixiviação de saflufenacil (49 g i.a ha⁻¹) foi avaliada sob simulação de chuva (40 mm). Foram montadas colunas de solo em tubos de PVC de 10 cm de diâmetro, após montagem os tubos foram irrigados por capilaridade até atingir 100% da capacidade de campo, 24 horas após drenagem do excesso de água foi

aplicado o herbicida com pulverizador costal pressurizado com CO₂, 24 horas após aplicação as colunas foram abertas e foram semeadas 4 sementes de pepino por faixa de profundidade. O herbicida saflufenacil aplicado em Latossolo Vermelho Distrófico típico com pH de 4,6 não promoveu redução da massa seca de forma significativa, evidenciado por pouca fitointoxicação das plantas bioindicadoras. Para o Neossolo Quartzarenico Órtico Típico com pH de 4,4 houve redução da massa seca até a camada de 0-5 cm, já aplicação em Latossolo Vermelho Ácrico Típico com pH 5,5 apresentou redução da massa seca das plantas de pepino até a profundidade de 25 cm, porém de forma mais pronunciada na faixa de 0 a 5 cm. O herbicida Saflufenacil pode ter comportamento variado dependente das características químicas, fração mineralógica, da matéria orgânica e o teor de argila do solo que podem influenciar a disponibilização do herbicida para as plantas e sua lixiviação no perfil do solo.

Palavras-chave: dose resposta, comportamento, lixiviação

ABSTRACT

CORRÊA, F.R., M.Sc., Goiano Federal Institute of Education, Science and Technology. - Campus Rio Verde - GO, August 2016. **Dynamic of saflufenacil herbicide in three Cerrado soils with difrent textures.** Advisor: Dr. Alberto Leão de Lemos Barroso.

Two separate studies to evaluate the dynamics of saflufenacil herbicide in Cerrado soils with different textures were made. The first evaluated the behavior of saflufenacil herbicide in Red Oxisoil Typical [LVd] (pH 4.6), Rhodic Acric Typical [LVw] (pH 5.5), Quartzarenic Neosol Orthic Typical [RQo] (pH 4.4) and Sand Washed [AL] (pH 5.8) with application of eight herbicide doses (0; 12.25; 16.33; 24.50; 49; 98; 147 and 196 g ai ha⁻¹). Used vessel of 1 dm³ of capacity that were filled with fine air dry ground (TFSA) of each soil to maket the experimental unit, the pots were irrigated with enough water to achieve 70% of its field capacity and maintained at this capacity throughout all the experimental period, after irrigation it was seeded four cucumber seeds per pot, and 24 hours after seeding the treatments were applied using pressurized knapsack sprayer with CO₂ with tips spaced 0.5 m, double jet type range ADIA -110.02 under pressure of 2.0 kgf cm⁻² with spray volume of 150 L ha⁻¹. Phytotoxicity at 7, 14 and 21 days after application by the percentage scale scores were evaluated. The phytotoxicity charts shown evolution from 7 to 21 days after application. The dry mass percentage reduction curves demonstrated that soil LVd had higher reduction of dry mass of bioindicators plants requiring a dose of 11.76 g a.i. ha⁻¹ to achieve 50% reduction of dry matter for this soil. Doses of 30.87; 44.10 and 119.56 g a.i. ha⁻¹ are respectively required to achieve 50% of reduction of dry mass in LVw, RQo and AL soils. The second study was to evaluate the leaching of saflufenacil herbicide in Red Oxisoil Typical (pH 4.6), Red Acric Typical Latossolo (pH 5.5) and Quartzarenic Neosol Orthic Typical (pH 4.4), in five depth layers (0-5, 5-10, 10-15, 15-20 and 20-25 cm). The leaching of saflufenacil (49 g a.i. ha⁻¹) was evaluated under rain simulation (40 mm). Soil columns were placed on PVC tubes with 10 cm in diameter after that the tubes were irrigated by capillarity up to 100% of field capacity, 24 hours after drainage of the excess of water the herbicide was applied with pressurized backpack sprayer with CO₂. Twenty four hours after application the columns were opened and sown with 4 seeds of cucumber per depth. The saflufenacil herbicide applied in Red Oxisoil Typical soils with a pH of 4.6 did not cause reduction of the dry mass significantly, evidenced by low phytotoxicity of

bioindicator plants. For Quartzarenic Neosol Orthic Typical with pH of 4.4 was a decrease in dry matter until 0-5 cm layer, however the Rhodic Acric Typical with pH 5.5 showed a reduction of the dry mass of cucumber plants to a depth 25 cm, but more pronounced in the range from 0 to 5 cm. The saflufenacil herbicide may have varied behavior dependent on chemical, mineralogical fraction organic matter and soil clay content, which may influence the availability of herbicide to plants and leaching in the soil profile.

Key words: dose response, behavior, leaching

1. INTRODUÇÃO GERAL

As plantas daninhas podem interferir na produção dos sistemas agrícolas competindo por recursos como água, luz e nutrientes, ainda podendo atuar como hospedeiro de pragas e doenças comuns à cultura e interferir nas práticas de colheita (PITELLI, 1985).

A utilização de herbicida para o controle de plantas daninhas é indispensável nas áreas com agricultura em grande escala, no entanto, essa utilização do controle químico deve ser adequada preservando a qualidade final dos produtos colhidos, assim como os recursos naturais que sustentam a produção, em especial o solo e a água (MONQUEIRO et al., 2014).

A maioria dos herbicidas são recomendados para aplicação em pré-emergência e/ou pós-emergência inicial da cultura e das plantas daninhas, sendo o solo um dos destinos para esses produtos. Além das características físico-químicas do herbicida, fatores como os atributos do solo, fatores ambientais e as práticas adotadas nos sistemas de produção agrícola afetam o comportamento dos produtos no controle das plantas daninhas e, como consequência, sua eficácia agrônômica e impacto ao meio ambiente. Sendo assim, a decisão quanto o herbicida a ser utilizado, a época de aplicação, a dose e a necessidade de irrigação ou incorporação, devem ser fundamentadas na interação desses fatores (CHRISTOFFOLETI et al., 2009).

Cerca de 60 a 70% dos pesticidas aplicados em áreas agrícolas não atingem a superfície alvo de interesse, sendo de forma direta ou indireta o solo atuando como receptor e acumulador para esses produtos (LAW, 2001).

Atingindo o solo o herbicida pode sofrer diversos processos como sorção, lixiviação e/ou degradação por efeitos físicos, químicos e biológicos, além de serem absorvidos por plantas daninhas e/ou plantas cultivadas (FILIZOLA et al., 2002).

A retenção de herbicidas pela fase sólida do solo pode ocorrer por processos específicos como adsorção, absorção, precipitação e partição hidrofóbica, entretanto nem sempre é possível saber qual ou quais processos ocorreram, com isso utiliza-se o termo sorção para essa retenção (KOSKINEN; HARPER, 1990). Moléculas de herbicidas sorvidas podem retornar à solução do solo, pelo processo de dessorção podendo ser absorvidas por plantas, ou permanecerem retidas em uma forma indisponível para absorção (CHRISTOFFOLETI et al., 2009).

A lixiviação é a principal forma de transporte das moléculas não voláteis e solúveis em água, deslocando-se no perfil do solo, acompanhando o fluxo de água (PRATA et al., 2003).

Além das propriedades físico-químicas das moléculas de herbicidas fatores como os atributos do solo (textura, estrutura, teor de matéria orgânica, pH, capacidade de troca catiônica [CTC], conteúdo de água, relevo, comunidade microbiana e equilíbrio nutricional); as condições ambientais (umidade relativa do ar, temperatura, luminosidade, vento e chuvas); as formas de manejo da cultura, a tecnologia de aplicação dos herbicidas, a presença ou ausência de plantas e a interação destes fatores governam o comportamento dos herbicidas (CHRISTOFFOLETI et al., 2009).

A argila é a fração mineral que mais contribui para a capacidade sorvida do solo, sendo assim, o conteúdo de argila tem sido associado à capacidade do solo de reter nutrientes, moléculas orgânicas e água, para medir a capacidade de retenção da fração argila são utilizados os dados de CTC e a capacidade de troca de ânions (CTA) (CHRISTOFFOLETI et al., 2009). Herbicidas de caráter básico e não iônicos podem ter sua sorção aumentada com o incremento da CTC (OLIVEIRA JR. et al., 1999). Por outro lado, para herbicidas de caráter ácido os atributos de maior importância na sorção do herbicida ao solo são o potencial hidrogeniônico (pH) e a mineralogia do solo (GUO, 2003; OLIVEIRA JR; REGINATO, 2009).

A matéria orgânica (MO) tem grande importância nos processos de retenção de cátions e complexação de elementos tóxicos, sendo o principal fator relacionado à sorção de íons e produtos químicos aplicados em solos tropicais e subtropicais por serem solos altamente intemperizados (SANTOS; CAMARGO, 1999; STEVENSON, 1994).

Hixson (2008) observou maior fitotoxicidade promovida pelo herbicida saflufenacil em plantas de canola em solos com teor de matéria orgânica menor que 1,5%, em solos com teores acima de 4% de matéria orgânica ocorreu menor atividade fitotóxica independentemente da textura dos solos.

O pH do solo pode interferir diretamente sobre a atividade de herbicidas que possuem características físico-químicas que possam ser alteradas pelo meio, afetando sua atividade sobre as plantas e seu destino no ambiente (OLIVEIRA, 2001).

Moléculas de herbicidas não iônicos não sofrem alterações em suas propriedades físico-químicas, independente do pH da solução. Entretanto, herbicidas iônicos podem variar o grau de ionização em razão do pH da solução (CHRISTOFFOLETI et al., 2009). Os herbicidas que possuem caráter de ácido fraco ou base fraca, respectivamente, representam tendência de ionização em determinada faixa de valores de pH. A constante de ionização ácido (pKa) é o valor de pH em que metade das moléculas do herbicida está ionizada e metade está na forma molecular (não ionizado), as formas ionizadas têm comportamento distinto das não ionizadas conforme a polaridade (REGITANO, 2002).

Spadotto et al. (2003), observaram para o herbicida 2,4-D, que conforme o pH do solo aumenta (2,5 para 6,0) menor foi a sorção do herbicida ao solo. Trabalho realizado por Oliveira et al. (2004) evidenciou que a retenção dos herbicidas imazaquin do grupo químico das imidazolinonas foi maior nas áreas com pH menores e altos teores de matéria orgânica. Goetz et al. (1986), trabalhando com o mesmo herbicida imazaquin, verificaram que a quantidade do herbicida que fica sorvido está diretamente relacionada ao pH do solo.

O conhecimento teórico das propriedades dos compostos do solo, dos fatores ambientais e dos mecanismos de interação herbicida-ambiente nem sempre representam o comportamento em condições naturais de campo, evidenciando a importância de pesquisas regionais principalmente em solos brasileiros para prevenir possíveis distúrbios ambientais provocados por estes compostos (MONQUEIRO et al., 2014).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHRISTOFFOLETI P.J et al. - **Comportamento dos herbicidas aplicados ao solo na cultura da cana-de-açúcar**. Organização de Pedro Jacob Christoffoleti e Ramiro Fernando López-Ovejero. - Piracicaba: CP 2, 2009. 72 p. : il.

FILIZOLA, H. F. et al. Monitoramento e avaliação do risco de contaminação por pesticidas em água superficial e subterrânea na região de Guairá. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 5, p. 659-667, 2002.

GOETZ, A.J.; WEHTJE, G.R.; WALKER, R.H.; HOJEK, B. Soil solution and mobility characterization of imazaquin. **Weed Science**, v.34, p.788-793, 1986.

GUO, J. et al. **Adsorption, desorption and mobility of fomesafen in Chinese soils**. Air, Water Soil Poll., v. 14, n. 8, p. 77-85, 2003.

HIXSON, A.C. **Soil properties affect simazine and saflufenacil fate, behavior, and performace**. 2008. 242 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Faculty of North Caroline Satate University, 2008.

KOSKINEN, W.C.; HARPER, S.S. The retention process: mechanisms. In: CHENG, H.H. (ed.) **Pesticides in the soil environment: processes, impacts, and modeling**. Madison: Soil Sci. Soc. Am., Inc, 1990. 530p.

LAW, S. E. Agricultural electrostatic spray application: a review of significant research and development during the 20th century. **Journal of Electrostatics**, v. 51, p. 25-42, 2001.

MONQUERO, P.A. "**Aspectos da biologia e manejo das plantas daninhas**". São Carlos: RIMA: 2014. 400p.

OLIVEIRA JR., R. S. et al. Spatial variability of imazethapyr sorption in soil. **Weed Science**, v. 47, n. 2, p. 243-248, 1999.

OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; REGITANO, J. B. Dinâmica de pesticidas no solo. In: MELO V. F.; ALLEONI, L. R. F. (Ed.). **Química e mineralogia do solo: parte II, aplicações**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. p. 187-248.

OLIVEIRA, M. F. et al. Sorção do herbicida imazaquin em Latossolo sob plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 8, p. 787-793, 2004.

OLIVEIRA, M.F.de. Comportamento de herbicidas no ambiente. In: OLIVEIRA Jr., R.S.; CONSTANTIN, J. **Plantas daninhas e seu manejo**. Guaíba: Agropecuária, 2001. p.315-355.

PITELLI, R.A. Interferência de plantas daninhas em culturas agrícolas. **Informe Agropecuário**, v.11, n.129, p.16-27, 1985.

PRATA, F.; CARDINALI, V.C.B.; LAVORENTI, A.; TORNISIELO, V. L.; REGITANO, J.B. Glyphosate sorption and desorption in soils with different phosphorous levels. *Scientia Agricola*, v.60, p.175-180, 2003.

REGITANO, J.B. Propriedades físico-químicas dos defensivos e seu destino no ambiente. In: ALLEONI, L.R.F.; REGITANO, J.B. (Coord.) SIMPÓSIO SOBRE DINÂMICA DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS NO SOLO: ASPECTOS PRÁTICOS E AMBIENTAIS, Piracicaba, 2002. *Anais...* Piracicaba: LSN, ESALQ/USP, 2002. p.40-50.

SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais*. Gênese: Porto Alegre, 1999. 508p.

SPADOTTO, C.A.; MATALLO, M.B.; GOMES, M.A.F. Sorção do herbicida 2, 4-D em solos brasileiros. **Pesticidas**: revista de ecotoxicologia e meio ambiente, v. 13, p. 103-110, 2003.

STEVENSON, F.J. **Humus chemistry: genesis, composition, reactions**. New York, John Wiley, 1994. 496 p.

2. OBJETIVOS

1. Geral

Conhecer a dinâmica do herbicida saflufenacil em solos do Cerrado com diferentes texturas.

2. Específicos

Determinar a curva de dose-resposta do herbicida saflufenacil em três diferentes solos do Cerrado.

Avaliar o potencial de lixiviação do herbicida saflufenacil em três solos do Cerrado com diferentes texturas.

CAPÍTULO I

(Normas de Acordo com a Revista da Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas)

CURVA DE DOSE RESPOSTA DO HERBICIDA SAFLUFENACIL APLICADO EM SOLOS DO CERRADO COM DIFERENTES TEXTURAS

RESUMO: Este trabalho teve por objetivo avaliar o comportamento do herbicida saflufenacil em Latossolo Vermelho Distrófico Típico [LVd] (pH 4,6), Latossolo Vermelho Ácrico Típico [LVw] (pH 5,5), Neossolo Quartzarenico Órtico Típico [RQo] (pH 4,4) e Areia Lavada [AL] (pH 5,8) com aplicação de oito doses do herbicida (0; 12,25; 16,33; 24,50; 49; 98; 147 e 196 g i.a ha⁻¹). Utilizou-se vasos de 1 dm³ de capacidade que foram irrigados com água suficiente para atingir 70% de sua capacidade de campo e mantido a essa capacidade durante todo o ensaio, após irrigação semeou-se quatro sementes de pepino por vaso, 24 horas após a semeadura ocorreu a aplicação dos tratamentos. Foram avaliadas a fitotoxicidade aos 7, 14 e 21 dias após aplicação por escala percentual de notas. Os gráficos de fitointoxicação demonstraram evolução de 7 a 21 dias após aplicação. As curvas de porcentagem de redução de massa seca demonstraram que o solo LVd obteve maior redução da massa seca das plantas bioindicadoras sendo necessário uma dose de 11,76 g i.a ha⁻¹ para atingir redução de 50% da massa seca para este solo. Doses de 30,87; 44,10 e 119,56 g i.a ha⁻¹, são respectivamente necessárias para atingir redução de 50% da massa seca nos solos LVw, RQo e AL. O herbicida Saflufenacil pode ter comportamento variado dependente das características químicas, fração mineralógica, da matéria orgânica e o teor de argila do solo.

Palavras-chave: matéria orgânica, sorção, dinâmica, *cucumis sativum*

DOSE CURVE RESPONSE OF SAFLUFENACIL HERBICIDE APPLIED IN CERRADO SOIL WITH DIFFERENT TEXTURES

ABSTRACT: This study aimed to evaluate the saflufenacil herbicide behavior in Red Oxisoil Typical [LVd] (pH 4.6), Rhodic Acric Typical [LVw] (pH 5.5), Quartzarenic Neosol Orthic Typical [RQo] (pH 4.4) and Sand Washed [AL] (pH 5.8) with application of eight herbicide doses (0; 12.25; 16.33; 24.50; 49; 98; 147 and 196 g i.a ha⁻¹). It was used vessel of 1 dm³ capacity that were irrigated with enough water to achieve 70% of its field capacity and kept at this throughout the experimental period, after irrigation four cucumber seeds were seeded per pot and 24 hours after sowing the treatments were applied. Phytotoxicity at 7, 14 and 21 days after application by the percentage scale scores were evaluated. The phytotoxicity charts shown evolution from 7 to 21 days after application. The dry mass percentage reduction curves demonstrated that soil LVd had higher reduction of dry mass of bioindicators plants requiring a dose of 11.76 g a.i. ha⁻¹ to achieve 50% of dry matter reduction for this soil. Doses of 30.87; 44.10 and 119.56 g a.i. ha⁻¹, respectively are required to achieve 50% of the dry mass reduction in LVw, RQo and AL soils. The saflufenacil herbicide may have varied behavior dependent on chemical, mineralogical fraction, organic matter and soil clay content.

Key words: organic matter, sorption, dynamic, *cucumis sativum*

3.1.INTRODUÇÃO

Em agricultura de grande escala, torna-se indispensável a utilização do controle químico de plantas daninhas, sendo imprescindível a utilização de herbicidas nos sistemas agrícolas (MONQUEIRO, 2014).

Seja o herbicida aplicado em pré ou pós emergência o destino final de parte do produto é o solo. No solo, a disponibilidade do produto para as plantas e para a biota é influenciada pelos atributos químicos do solo como frações orgânicas e minerais. Em contato com os coloides do solo o herbicida pode sofrer adsorção, lixiviação e/ou degradação, isso ocorre mediante a processos físico-químicos e biológicos (BAILEY & WHITE, 1970; FILIZOLA et al., 2002).

Em solos tropicais, o teor e a qualidade da matéria orgânica (MO) são os principais componentes que influenciam a atividade do herbicida no solo. As propriedades químicas que mais se correlacionam com a sorção do herbicida aos solos brasileiros são a capacidade de troca catiônica (CTC) e o teor de MO (Oliveira Jr. et al.,

1999), sendo que a CTC destes solos está diretamente relacionada com os teores de matéria orgânica (MALLAWATANTRI & MULLA, 1992).

O pKa é uma constante de ionização ácido de moléculas que possuem caráter de ácido fraco, essa constante representa a tendência de ionização de uma molécula em determinada faixa de valores de pH, sendo assim, o pKa é o valor de pH no qual metade das moléculas está ionizada e metade está na forma molecular (REGITANO, 2002).

Em estudos de comportamento dos herbicidas no solo entre as técnicas analíticas que permitem a identificação e quantificação de resíduos, destacam-se o uso de radioisótopos e a cromatografia líquida ou gasosa (INOUE et al., 2002). Entretanto, como alternativa, podem ser utilizadas espécies vegetais (bioindicadoras). Plantas bioindicadoras, são plantas que possuem alta sensibilidade a determinada molécula. Essas plantas podem ser utilizadas para avaliar a permanência e o comportamento dos herbicidas no solo, através do bioensaio que proporciona a detecção de resíduos biologicamente ativos. Para a planta ser utilizada como bioindicadora algumas características como alta taxa de crescimento, ausência de dormência e menor variabilidade genética, são essenciais para escolha da espécie. Essas características podem proporcionar redução do erro experimental nas avaliações, visualização rápida dos sintomas ocorridos e ampla distribuição geográfica para que seja utilizada como bioindicadora em outros locais, essa técnica é mais acessível que as citadas anteriormente devido ao menor custo para sua realização (SILVA et al., 2007; NUNES & VIDAL, 2009).

Realizando ensaio de lixiviação de ametryn em colunas de solo, Andrade et al. (2010), compararam os resultados obtidos por bioensaios e cromatografia líquida, verificou-se que em regiões da coluna em que não foi possível quantificar o herbicida por cromatografia as plantas bioindicadoras apresentaram sintomas de intoxicação entre 20 e 40%, sendo assim, provavelmente o herbicida encontrava-se em concentração abaixo do limite de detecção do equipamento ($0,01 \text{ mg L}^{-1}$).

Havendo escassez de informações sobre o comportamento do herbicida Saflufenacil em solos do Cerrado brasileiro, objetivou-se neste trabalho avaliar o comportamento do saflufenacil em três solos do Cerrado com diferentes composições químicas e mineralógica.

3.2.MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Fitotecnia da Faculdade de Agronomia na Universidade de Rio Verde (UniRV), localizado a Latitude Sul com 17°47'14.20" e Longitude Oeste com 050°57'54.27" com 745m de Altitude. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente ao acaso em esquema fatorial (4x8), empregando-se cinco repetições, sendo utilizado quatro solos (Latosolo Vermelho Distrófico Típico [LVd], Latossolo Vermelho Ácrico Típico [LVw], Neossolo Quartzarenico Órtico Típico [RQo] e Areia Lavada [AL]) e oito níveis do fator herbicida (0; 0,25; 0,33; 0,5; 1; 2; 3 e 4), totalizando 160 parcelas. Sendo D a dose utilizada do herbicida Saflufenacil (49 g i.a ha⁻¹), os níveis do fator herbicida (dose) foram: 0D ; 0,25D; 0,33D; 0,5D; 1D; 2D; 3D e 4D.

Cada unidade experimental constou de um vaso de 1 dm³ de capacidade preenchido com TFSA (Terra Fina Seca ao Ar) coletada em áreas com agricultura consolidada a mais de dez anos em sistema de plantio direto. Os solos utilizados foram coletados na camada de 0-15cm, sendo que as características químicas e a fração mineral de cada solo constam na Tabela 1.

A metodologia utilizada para determinação das curvas de dose-resposta foi a do bioensaio (VIVIAN et al. 2007).

Determinou-se a capacidade de campo (CC) de cada solo segundo metodologia descrita por Costa (1983), sendo o teor de água do solo mantido a 70% CC durante todo o ensaio. Após o preenchimento dos vasos com a TFSA, os mesmos foram irrigados com a quantidade de água necessária para atingir 70% CC, logo após foram semeadas quatro sementes de pepino por vaso, posterior a emergência das plantulas ocorreu desbaste sendo mantidas apenas duas plantas por vaso.

Optou-se pela utilização do pepino (*Cucumis sativum*) como planta bioindicadora, relatada por Diesel et al. (2012), como a planta que apresentou maior sensibilidade em trabalho para determinação do herbicida Saflufenacil no solo.

As aplicações das doses do herbicida Saflufenacil ocorreram 24 horas após a semeadura. Para a aplicação foi utilizado pulverizador costal pressurizado com CO₂, provido de barra de pulverização contendo seis pontas espaçadas com 0,50 m, jato duplo tipo leque ADIA-110.02, sob pressão de 2,0 Kgf cm⁻², com volume de calda de 150 L ha⁻¹.

Tabela 1 – Principais características químicas e textura dos solos.

Solo	pH (CaCl ₂)	M.O g dm ⁻³	P mg dm ⁻³	K	Ca	Mg	Al+H cmol _c dm ⁻³	CTC	%			
									V	Areia	Silte	Argila
LVd	4,6	23,0	23,7	0,37	1,8	1,0	3,3	6,49	49,11	50	10	40
LVw	5,5	17,0	3,4	0,43	2,0	0,9	1,6	4,95	67,71	48	11	41
RQo	4,4	14,0	13,2	0,43	1,8	1,0	2,2	5,49	59,86	88	4	8
AL	5,8	3,0	7,4	0,04	0,3	0,2	0,7	1,25	43,89	90	3	7

LVd: Latossolo Vermelho Distrófico Típico; LVw: Latossolo Vermelho Ácrico Típico; RQo: Neossolo Quartzarênico Órtico Típico; AL: Areia Lavada; M.O: Matéria Orgânica; CTC: capacidade de troca catiônica a pH 7,0; V: Saturação por Bases.

A fitotoxicidade foi avaliada aos 7, 14 e 21 DAA (dias após aplicação) utilizando escala percentual de notas, descrita pela SBCPD (1995), 0 corresponde a nenhuma injúria na planta e 100 à morte das plantas. Aos 21 dias, as plantas de pepino foram cortadas rente ao solo e acondicionadas em saco de papel Kraft previamente identificado. As plantas foram levadas para a sala de secagem e colocadas em estufa com circulação forçada de ar, a 65 °C, por 72 horas para determinação da biomassa seca.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade. Quando significativo, os níveis do fator herbicida foram analisados com o emprego de regressões não lineares do tipo log-logística.

A equação de regressão que melhor se ajustou para os solos LVd, LVw e RQo foi; $\hat{y} = a * (1 - b^x)$, em que \hat{y} corresponde ao fator controle, a e b correspondem ao nível máximo e mínimo da curva de dose-resposta respectivamente e x corresponde a dose do herbicida. Para AL a equação que melhor se ajustou foi o modelo proposto por

Seefeldt et al. (1995); $\hat{y} = a + \frac{b}{\left[1 + \left(\frac{x}{c}\right)^d\right]}$ em que \hat{y} é o fator controle, x = dose do

herbicida em g i.a. ha⁻¹; e a , b , c e d são coeficientes da curva, sendo a o limite inferior da curva, b é a diferença entre o ponto máximo e o mínimo da curva, c é a dose que proporciona 50% de resposta da variável dependente e d é a declividade da curva ao redor de c .

O modelo log-logístico apresenta vantagens uma vez que substituindo a variável \hat{y} pelo valor de 50 e havendo a resolução da equação a fim de que se isole o fator x , determina-se o valor de GR₅₀. O GR₅₀ (*growth reduction 50%*) é a dose do herbicida necessária para promover 50% da redução de crescimento ou controle da parte aérea da planta (CHRISTOFFOLETI & LÓPEZ-OVEJERO, 2004).

Mesmo que a variável c forneça a estimativa do valor de x que proporciona 50% de redução da massa em y , pode-se realizar o cálculo matemático que permite a correção de eventuais distorções do modelo adotado para o solo AL, oferecendo assim valores mais próximos dos reais. Para realização do cálculo optou-se pela inversão do modelo log-logístico proposta por Carvalho et al., (2005) deixando-o em função de y , ficando a equação expressa por: $x = c * \sqrt{\frac{b}{(y-a)} - 1}$, e c será igual a x toda vez que o resultado da raiz apresentar valor igual a 1.

Em estudos de curvas do tipo dose-resposta, usualmente o primeiro ponto é a dose zero (sem a presença do herbicida), tendo como resultado zero fitointoxicação. Sendo assim, a raiz em uma curva de dose-resposta, será igual a 1 sempre que o y substituído for a metade do ponto máximo obtido pela curva. Com isso a variável c apresentará a estimativa de GR₅₀ quando, na curva de dose resposta, o ponto mínimo de controle for igual a 0 e o ponto máximo da variável reposta se estabilizar em 100%, sendo que, neste caso, a condição de raiz igual a 1 será atendida, pois o y lançado será 50 (CARVALHO et al., 2005).

Para a complementação do trabalho, além da realização do cálculo matemático da dose do herbicida, em g i.a. ha⁻¹, que proporcionaria 50% do controle ou redução do crescimento, realizou-se o cálculo para determinar a GR₈₀ que é a dose do herbicida que promove 80% de controle ou redução no crescimento das plantas para cada solo, tendo em vista que 80% é o controle mínimo aceitável pela legislação em vigor.

3.3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os gráficos de fitointoxicação aos 7, 14 e 21DAA (dias após aplicação) podem ser observados da Figura 1 a Figura 3 respectivamente. Observa-se na Figura 1, maior fitointoxicação para os tratamentos que possuem doses mais altas de Saflufenacil. Para o substrato AL observa-se fitointoxicação acima de 60% para a dose 4D (196 g i.a ha⁻¹), isso pode ser atribuído ao maior volume do herbicida disponível para absorção pelas radículas após germinação das sementes.

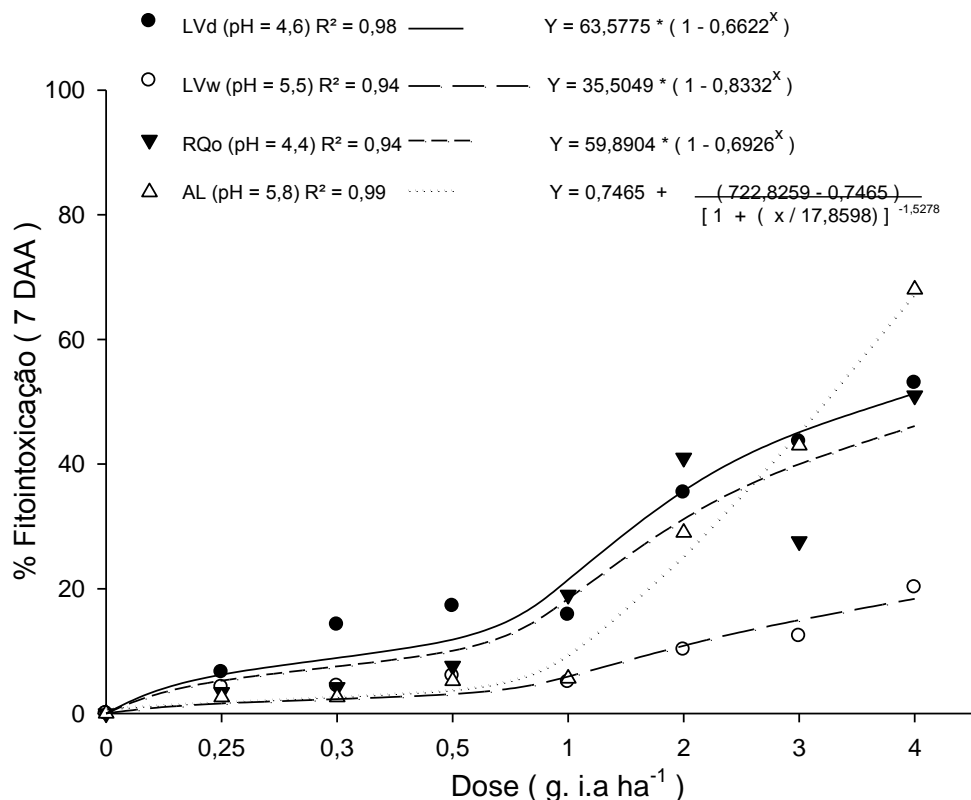


Figura 1 – Estimativa da porcentagem de fitointoxicação das plantas bioindicadoras aos 7 dias após aplicação do herbicida saflufenacil.

Observa-se na Figura 2, a evolução de fitointoxicação para todos os solos podendo chegar a valores próximo de 100% para os solos RQo e AL que correspondem a danos severos e irreversíveis podendo levar à morte da planta (SBCPD, 1995), essa evolução é esperada já que o saflufenacil é um herbicida que atua na inibição na enzima protoporfirinogen oxidase (PROTOX). Esta enzima é encontrada nos cloroplastos e mitocôndrias das células vegetais, sendo a última enzima comum às rotas de produção da síntese de clorofila e compostos heme (MONQUEIRO, 2014).

A evolução da fitointoxicação após aplicação do Saflufenacil pode ser explicada porque nas células do vegetal esse herbicida provoca o acúmulo de compostos que interagem com luz e oxigênio, consequentemente produzindo espécies altamente reativas de oxigênio (ERO's) levando então ao rompimento da membrana e morte celular (HESS, 2000).

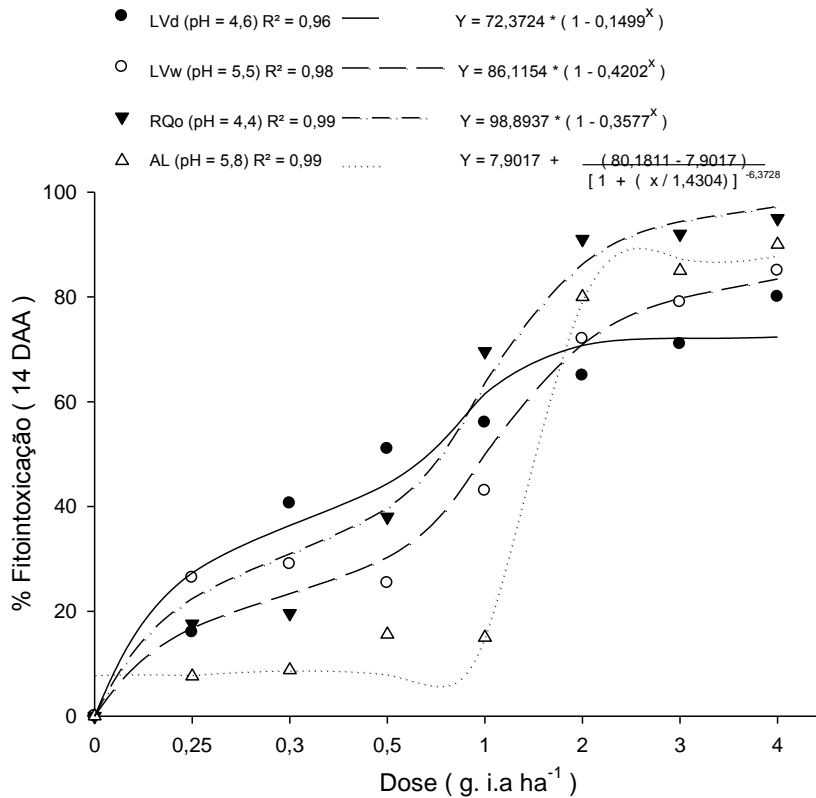


Figura 2 – Estimativa da porcentagem de fitointoxicação das plantas bioindicadoras aos 14 dias após aplicação do herbicida saflufenacil.

Na Figura 3, são apresentadas as curvas de fitointoxicação aos 21DAA para os solos estudados. Pode-se observar similaridade as curvas de dose resposta para a porcentagem de redução de massa seca da parte aérea das plantas de pepino (Figura 4 a Figura 6), na curva da Figura 3 ocorre elevada fitointoxicação mesmo para doses mais baixas para o substrato LVd, seguido pelos substratos LVw e RQo.

O Saflufenacil possui maior afinidade por solos com alto teor de MO, portanto menos herbicida permanece disponível na solução do solo (HIXSON, 2010). No entanto, a quantidade do herbicida na fase líquida do solo é diretamente proporcional ao conteúdo de água do solo.

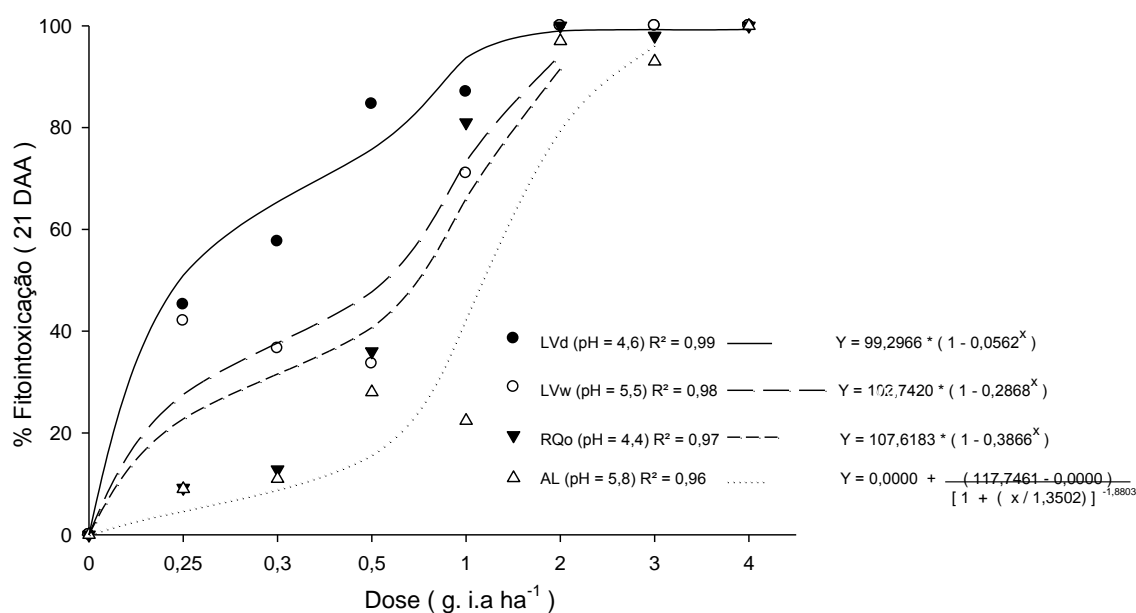


Figura 3 – Estimativa da porcentagem de fitointoxicação das plantas bioindicadoras aos 21 dias após aplicação do herbicida saflufenacil.

Um solo em capacidade de campo, pode favorecer a degradação microbiana e a sorção do herbicida, podendo aumentar também a difusão do herbicida dentro dos agregados do solo dando acesso a novos sítios sortivos, quando a água disponível no solo aumenta ocorre a dessorção do herbicida que estava sorvido, com isso, mesmo o herbicida que já estava sorvido pode voltar à solução do solo (CHRISTOFFOLETI et al., 2009).

A quantidade de herbicida dessorvido, em geral, é inferior a quantidade que foi sorvida (HARTZLER, 2002). Trabalho realizado por Rocha (2003), estudando a biodegradação e sorção de 2,4-D e Diuron em solos mantidos a 25, 50 e 75% da capacidade de campo, concluiu-se que tanto a biodegradação como a sorção dos herbicidas foram maiores nos solos com maior disponibilidade de água.

Observa-se da Figura 4 a Figura 6 a curva de dose resposta dos solos LVd, LVw e RQo respectivamente, sendo todas expressas com a curva de dose resposta para AL, assim como os respectivos valores (g i.a ha⁻¹) para GR₅₀ e GR₈₀ de cada solo.

A Figura 4 representa a curva de dose-resposta para o substrato LVd, observa-se redução da massa seca da parte aérea das plantas de pepino pela ação do herbicida saflufenacil, aumentando os níveis de redução até a dose de 49 g i.a ha⁻¹, após esta dose a curva se estabiliza evidenciando que mesmo aumentando a dose do herbicida a porcentagem de massa seca continuará igual, comprovado pela Figura 3, a partir da dose

de 49 g i.a ha⁻¹ as plantas de pepino apresentaram notas próximas da máxima para fitointoxicação. Observa-se que os valores de GR_{50} e GR_{80} obtidos para o solo LVd foram de 11,76 e 31,36 g i.a ha⁻¹ respectivamente, sendo doses inferior a dose 0,25D e 0,5D utilizada no trabalho.

Ainda na Figura 4, observando a curva de dose-resposta para o solo AL, verifica-se baixa redução da massa seca até a dose de 49 g i.a ha⁻¹, sendo que a partir desta dose a figura demonstra aumento na resução de massa seca das plantas de pepino. Os dados de GR_{50} e GR_{80} demonstram que para reduzir 50% da biomassa da parte aérea é necessário a aplicação de uma dose de 111,72 g i.a ha⁻¹ do herbicida Saflufenacil que corresponde a 2,28 vezes a dose de 1D utilizada neste estudo.

O Saflufenacil é um herbicida ácido moderado que apresenta pKa de 4,3 (BASF, 2008). Sendo o pKa do Saflufenacil menor que 5,0 ele permanece primariamente na forma de ânion (HIXSON, 2008). Com o herbicida na forma aniônica, a força de atração entre as moléculas do herbicida e as cargas predominantes do solo diminui, havendo menor sorção do herbicida com os coloides do solo (INOUE et al, 2002).

Isso explica porque as doses mais baixas de Saflufenacil causaram elevada redução da massa seca da parte aérea das plantas de pepino aos 21 DAA, assim como o valor encontrado para o GR_{50} que foi abaixo da menor dose utilizada para o solo LVd, havendo menor sorção do herbicida ao substrato a molécula pode ficar disponível na solução do solo podendo ser absorvida pela raiz mesmo nas menores doses.

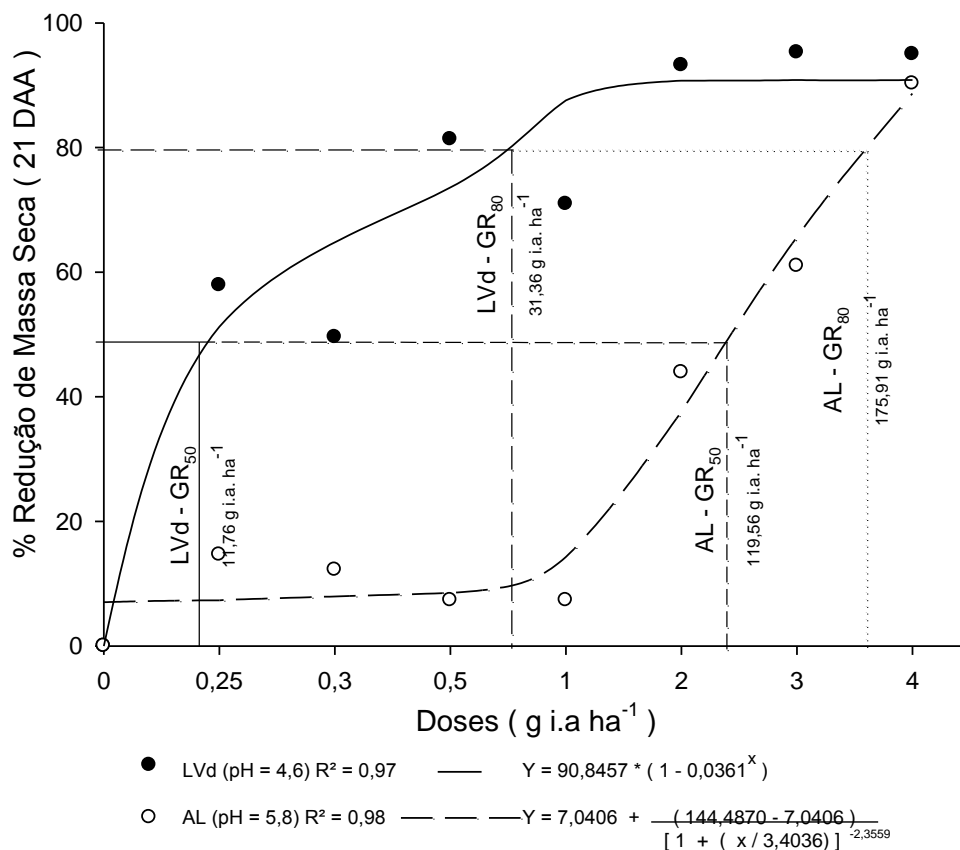


Figura 4 – Curva de dose resposta e redução da massa seca das plantas bioindicadoras aos 21 dias após aplicação do herbicida Saflufenacil nos solos LVD e AL.

Pode-se observar na Figura 5, a curva de porcentagem de redução da massa seca da parte aérea de plantas de pepino para os solos LVw e AL. Observa-se que para LVw ocorreu redução da biomassa com o aumento das doses do herbicida saflufenacil até aproximadamente a dose de 140 g i.a ha⁻¹, sendo que a partir desta dose a curva não demonstra evolução na redução de massa seca, ou seja, mesmo que a dose seja maior a porcentagem de massa seca será semelhante.

Na curva de LVD na Figura 4 e LVw na Figura 5, pode ser observado comportamento diferente do herbicida no solo isso pode ser representado pelo valor calculado do GR₅₀ sendo estes 11,76 e 30,87 g i.a ha⁻¹ respectivamente para cada solo, apesar dos valores de MO e argila destes solos estarem próximos nota-se na Tabela 1 a discrepância nos teores de pH de cada solo, sendo 4,6 e 5,5 respectivamente para os solos LVD e LVw, podendo assim, ter influenciado na quantidade do herbicida disponível para absorção pelas plantas.

Em estudo de lixiviação com o herbicida Saflufenacil Monquero et al. (2012), observaram que o pH do solo estando mais próximo do neutro favorece a lixiviação desta molécula. Entretanto, o saflufenacil é um herbicida ácido, que tendem a ser repellido pelas argilas em condições de pH do solo neutro, mas em condições de pH ácido tendem a ser sorvidos através de mecanismos de ligação física ou química, quando estão na forma molecular (GREY et al., 1997).

Solos com o pH mais próximo do neutro proporciona maior concentração de herbicidas ácidos aniônicos que permanecem na solução do solo, podendo estar disponíveis para absorção pelas plantas ou dissipação. No entanto, o movimento de agroquímicos através do perfil do solo é influenciado pela infiltração de água, espera-se correlação positiva entre a precipitação e a lixiviação para os herbicidas potencialmente lixiviáveis (MONQUERO et al., 2012).

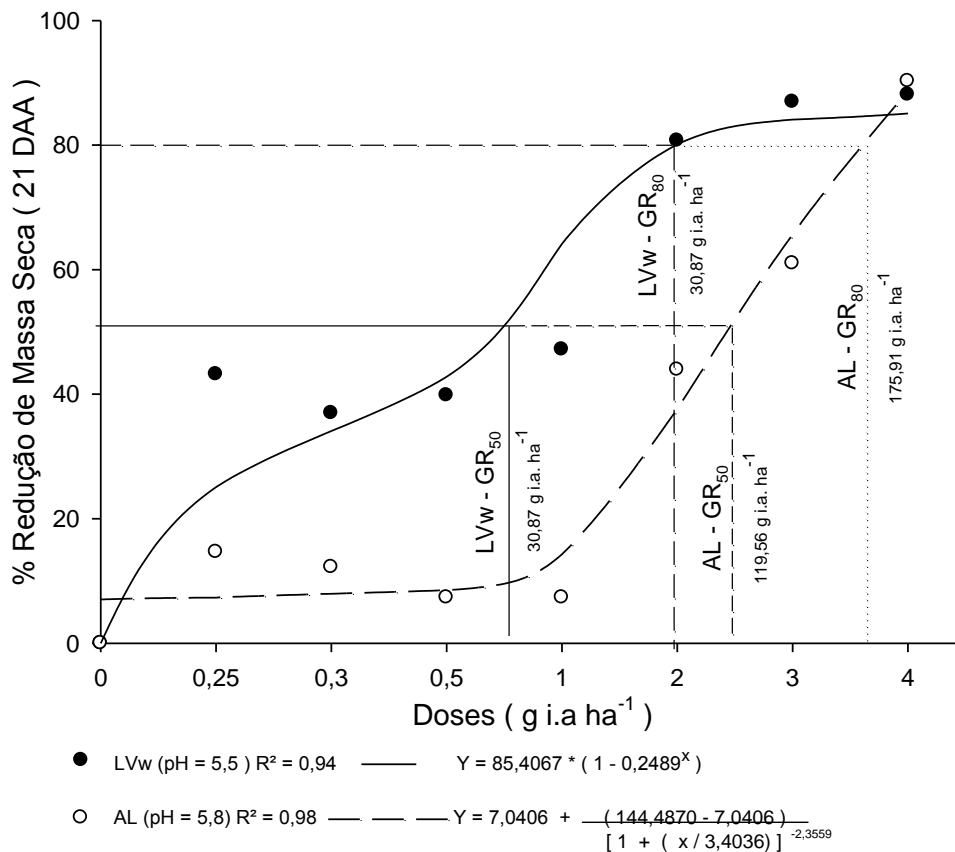


Figura 5 – Curva de dose resposta e redução da massa seca das plantas bioindicadoras aos 21 dias após aplicação do herbicida Saflufenacil nos solos LVw e AL.

Na Figura 6, tem-se a representação gráfica da curva de porcentagem de redução de biomassa das plantas de pepino aos 21 DAA para o solo RQo, observa-se que

conforme a dose do herbicida Saflufenacil foi aumentando ocorreu diminuição da massa seca das plantas bioindicadoras até a dose de 147 g i.a ha⁻¹, a partir da qual, mesmo havendo incremento na dose não foi constatada redução da massa seca das plantas.

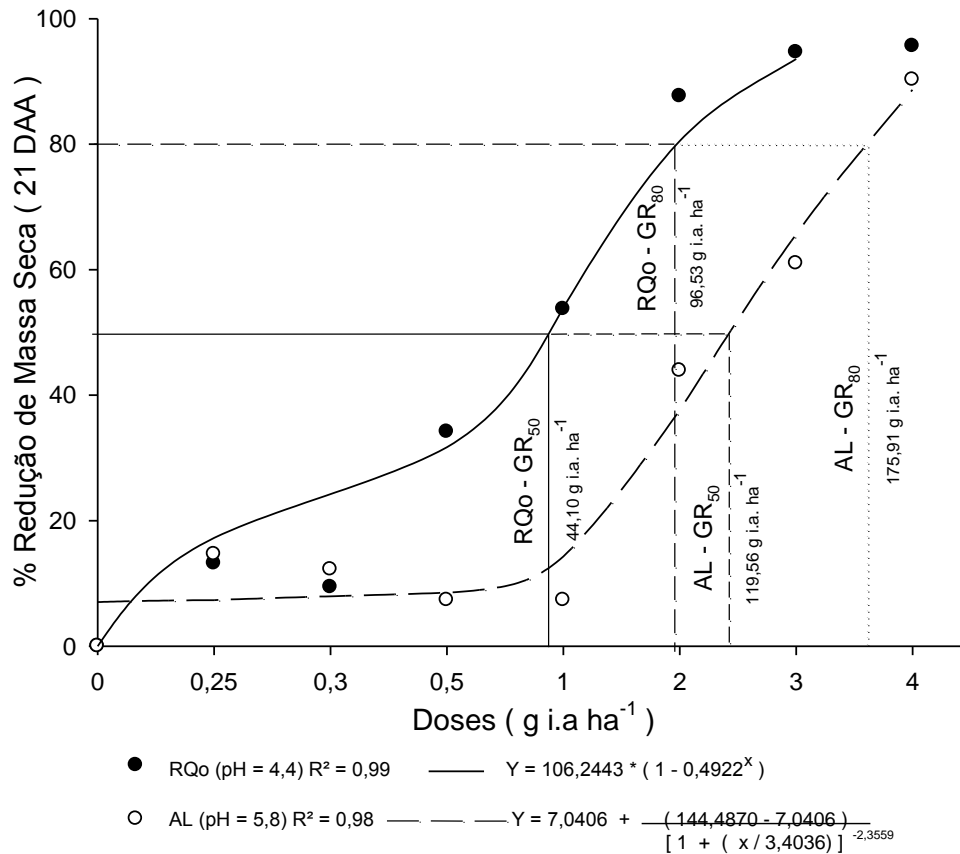


Figura 6 – Curva de dose resposta e redução da massa seca das plantas bioindicadoras aos 21 dias após aplicação do herbicida Saflufenacil nos solos RQo e AL.

Quando se observam as figuras de comportamento do herbicida Saflufenacil nos solos LVd, LVw e RQo, verifica-se que a ação do herbicida foi menor para o RQo evidenciado pelo valor de GR₅₀ calculado que foi igual a 44,10 g i.a ha⁻¹ sendo o maior valor de GR encontrado entre estes três solos, este fator demonstra que para alcançar redução de cinquenta por cento da biomassa da parte aérea das planta é necessário aumentar a dose do herbicida para o solo RQo. Este fato também pode ser observado para AL, que precisou de alta dose do herbicida para que atingisse redução de cinquenta por cento da biomassa da parte aérea das plantas de pepino aos 21 dias após aplicação do herbicida.

No presente estudo, as doses de GR_{50} para RQo e para AL foram maiores do que a dose de GR_{50} para LVd e LVw. Supõe-se que, como ocorreu irrigação diária dos vasos com volume suficiente para que o solo fosse mantido a 70% CC, essa água de irrigação possa ter lixiviado o herbicida para camadas mais profundas do vaso, evitando a absorção do herbicida pelas raízes das plantas de pepino, por outro lado, a água de irrigação não conseguiu lixiviar todo o herbicida das doses com maior concentração de Saflufenacil, deixando-o disponível na camada radicular podendo ser absorvido pelas raízes das plantas, uma vez que não havia condições adequadas para que ele fosse sorvido no material destes solos.

Corroborando com esta suposição, Matallo et al. (2014), utilizando dois Latossolos Vermelho Amarelo com diferença em sua fração orgânica e em suas características químicas coletados no Estado de São Paulo, verificaram que a ocorrência de fortes chuvas após a aplicação de Saflufenacil pode contribuir para a lixiviação do herbicida, reduzindo a sua biodisponibilidade e, portanto, a sua eficácia.

3.4.CONCLUSÃO

O herbicida Saflufenacil apresenta variação dependendo das características químicas e fração mineralógica, depende principalmente da porcentagem de MO e do teor de argila do substrato. Estudos em condições de campo devem ser realizados para melhor compreensão do comportamento deste herbicida em solos sob Cerrado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, S.R.B. et al. Lixiviação do ametryn em Argissolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Vermelho-Amarelo, com diferentes valores de pH. **Planta Daninha**, v.28, n.3, p.655-663, 2010.

BAILEY, G.W.; WHITE, J.L. **Factors influencing the adsorption, desorption, and movement of pesticides in soil**. In: Single Pesticide Volume: The Triazine Herbicides. Springer New York, 1970. p. 29-92.

BASF Agricultural Products. **KIXORTM herbicide**: Worldwide Technical Brochure (GL-69288). Agricultural Products Division, Research Triangle Park, NC.2008.

CARVALHO, S.J.P. et al. Curvas de doseresposta para avaliação do controle de fluxos de emergência de plantas daninhas pelo herbicida imazapic. **Planta Daninha**, v.23, n.3, p.535-542, 2005.

CHRISTOFFOLETI P.J [et al.] - **Comportamento dos herbicidas aplicados ao solo na cultura da cana-de-açúcar**. Organização de Pedro Jacob Christoffoleti e Ramiro Fernando López-Ovejero. - Piracicaba: CP 2, 2009. 72 p. : il.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F. **Definições e situação da resistência de plantas daninhas aos herbicidas no Brasil e no Mundo**. In: CHRISTOFFOLETI, P.J. (Coord.) Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas. 2.ed. Campinas: Associação Brasileira de Ação a Resistência de Plantas aos Herbicidas (HRAC-BR), 2004. p. 3-22.

COSTA, M.P. **Efeito da matéria orgânica em alguns atributos do solo**. Piracicaba, 1983. 137p. Dissertação (Mestrado) – escola superior de agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

DIESEL, F.; TREZZI, M.M.; PAZUCH, D.; XAVIER, E.; ROSIN, D.; PAGNONCELLI, F. - Seleção de espécies da família cucurbitaceae e chenopodiaceae para indicação da presença de saflufenacil no solo - **Pesticidas: Revista de ecotoxicologia e meio ambiente**, Curitiba, v. 22, p. 35-42, jan./dez. 2012.

FILIZOLA, H. F. et al. Monitoramento e avaliação do risco de contaminação por pesticidas em água superficial e subterrânea na região de Guairá. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 5, p. 659-667, 2002.

HARTZLER, B. **Absorption of soil-applied herbicides**. Disponível em: <http://www.weeds.iastate.edu/>. Consultado em 2016.

HESS, F. D. Light-dependent herbicides: an overview. **Weed Science**, v. 48, n. 2, p. 160-170, 2000.

HIXSON, A.C. **Soil properties affect simazine and saflufenacil fate, behavior, and performance**. 2008. 242 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Faculty of North Caroline Satate University, 2008.

INOUE, M.H. et al. Calagem e o potencial de lixiviação de imazaquin em colunas de solo. **Planta Daninha**, v.20, n.1, p.125-132, 2002.

MALLAWATANTRI, A.P.; MULLA, D.J. Herbicide adsorption and organic carbon contents on adjacent low-input versus conventional farms. **Journal Environmental Quality**, v.21, n.4, p.546-551, 1992.

MATALLO, M.B.; FRANCO, D.A.S.; ALMEIDA, S.D.B. and CERDEIRA, A.L. Sorption and desorption of suflafenacil in two soils in the state of são paulo with different physical and chemical attributes. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 32, n. 2, p. 393-399, 2014.

MONQUERO, P.A. **Aspectos da biologia e manejo das plantas daninhas.** São Carlos: RIMA (2014): 400.

MONQUERO, P.A.; SABRAG, R.; ORZARI, I.; HIJANO, N.; GALVANI FILHO, M.; DALLACOSTA, V.; KROLIKOWSKI, V. e SILVA HIRATA, A.C. Lixiviação de saflufenacil e residual após período de seca. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 30, n. 2, p. 415-423, 2012.

NUNES, A.L.; VIDAL, R.A. Seleção de plantas quantificadoras de herbicidas residuais. **Revista ecotoxicológica e meio ambiente**, v.19, n.1, p.19-28, 2009.

OLIVEIRA JR., R.S.; KOSKINEN, W.C.; FERREIRA, F.A.; KHAKURAL, B.R.; MULLA, D.J. & ROBERT, P.C. Spatial variability of imazethapyr sorption in soil. **Weed Science**, 47:243248, 1999.

REGITANO, J.B. Propriedades físico-químicas dos defensivos e seu destino no ambiente. In: ALLEONI, L.R.F.; REGITANO, J.B. (Coord.) SIMPÓSIO SOBRE DINÂMICA DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS NO SOLO: ASPECTOS PRÁTICOS E AMBIENTAIS, Piracicaba, 2002. *Anais...* Piracicaba: LSN, ESALQ/USP, 2002. p.40-50.

ROCHA, W.B.D. **Sorção de 2,4-D e diuron nos agregados organominerais de latossolos em função dos conteúdos de matéria orgânica e de água.** 2003. 75f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SEEFELDT, S. S.; JENSEN, S. E.; FUERST, E. P. Loglogistic analysis of herbicide dose-response relationship. **Weed Technology**, v. 9, p. 218-227, 1995.

SILVA, A.A.; FERREIRA, F.A.; FERREIRA, L.R.; SANTOS, J.B. **Biologia de Plantas Daninhas.** In: SILVA, A.A.; SILVA, J.F. Tópicos em manejo de plantas daninhas. Editora UFV, Viçosa. 2007. 318p.

SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS – SBCPD. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas.** LONDRINA: 1995. 42 P.

VIVIAN, R.; QUEIROZ, M.E.L.R.; JAKELAITIS, A.; GUIMARÃES, A.A.; REIS, M.R.; CARNEIRO, P.M. e SILVA, A.A. Persistência e lixiviação de ametryn e trifloxysulfuron-sodium em solo cultivado com cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 25, n. 1, p. 111-124, 2007.

CAPÍTULO II

(Normas de Acordo com a Revista da Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas)

LIXIVIAÇÃO DO HERBICIDA SAFLUFENACIL APLICADO EM SOLOS DO CERRADO COM DIFERENTES TEXTURAS

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar a lixiviação do herbicida Saflufenacil em Latossolo Vermelho Distrófico Típico (pH 4,6), Latossolo Vermelho Ácrico Típico (pH 5,5) e Neossolo Quartzarenico Órtico Típico (pH 4,4), em cinco faixas de profundidades (0-5, 5-10, 10-15, 15-20 e 20-25 cm). A lixiviação de saflufenacil (49 g i.a ha⁻¹) foi avaliada sob simulação de chuva (40 mm). Foram montadas colunas de solo em tubos de PVC de 10 cm de diâmetro, após montagem os tubos foram irrigados por capilaridade até atingir 100% da capacidade de campo, 24 horas após drenagem do excesso de água foi aplicado o herbicida com pulverizador costal pressurizado com CO₂, 24 horas após aplicação as colunas foram abertas e foram semeadas quatro sementes de pepino por faixa de profundida. O herbicida saflufenacil aplicado em Latossolo Vermelho Distrófico típico com pH de 4,6 não promoveu redução da massa seca de forma significativa, evidenciado por pouca fitointoxicação das plantas bioindicadoras. Para o Neossolo Quartzarenico Órtico Típico com pH de 4,4 houve redução da massa seca até a camada de 0-5 cm, já aplicação em Latossolo Vermelho Ácrico Típico com pH 5,5 apresentou redução da massa seca das plantas de pepino até a profundidade de 25 cm, porém de forma mais pronunciada na faixa de 0 a 5 cm. Nas condições do estudo as características como pH e matéria orgânica dos solos influenciaram a lixiviação do herbicida saflufenacil.

Palavras-chave: comportamento, percolação, chuva

LEACHING OF SAFLUFENACIL HERBICIDE APPLIED IN CERRADO SOIL WITH DIFFERENT TEXTURES

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the leaching of saflufenacil herbicide in Red Oxisol Typical (pH 4.6), Rhodic Acric Typical (pH 5.5) and Quartzarenic Neosol Orthic Typical (pH 4.4) in five depths tracks (0-5, 5-10, 10-15, 15-20 and 20-25 cm). The leaching of saflufenacil (49 g a.i. ha⁻¹) was evaluated under simulated rain (40 mm). Soil columns were placed on PVC tubes with 10 cm in diameter, after that the tubes were irrigated by capillarity up to 100% of field capacity, 24 hours after drainage of the excess of water the herbicide was applied with pressurized backpack sprayer with CO₂. Twenty four hours after application the columns were opened and sown with 4 seeds of cucumber per depth. The saflufenacil herbicide applied in Red Oxisol Typical soils with a pH of 4.6 did not cause reduction of the dry mass significantly, evidenced by low phytotoxicity of bioindicator plants. For Quartzarenic Neosol Orthic Typical with pH of 4.4 was a decrease in dry matter until 0-5 cm layer, however the Rhodic Acric Typical with pH 5.5 showed a reduction of the dry mass of cucumber plants to a depth 25 cm, but more pronounced in the range from 0 to 5 cm.. In the study conditions characteristics such as pH and organic matter of the soil influence the leaching of saflufenacil herbicide.

Key words: behavior, percolation, rain

4.1.INTRODUÇÃO

O uso do controle químico em plantas daninhas constitui em prática indispensável para a agricultura em larga escala, tornando imprescindível a utilização de herbicidas no sistema agrícola (MONQUERO, 2014). Alguns herbicidas ao atingirem o solo podem permanecer ativos, podendo controlar plantas susceptíveis por um período de tempo mais longo (MELO et al., 2010).

No solo, o herbicida aplicado pode sofrer processos de sorção, lixiviação e/ou degradação por efeitos físicos, químicos e biológicos, além de serem absorvidos pelas plantas daninhas e/ou plantas cultivadas (FILIZOLA et al., 2002).

O saflufenacil comercialmente introduzido no Brasil em 2013, foi desenvolvido para aplicação em pré-emergência, pré-plantio incorporado ou pós-emergência em inúmeras culturas, incluindo cana-de-açúcar, milho, trigo, soja e algodão, para o controle principalmente de dicotiledôneas. Esse herbicida pertence à classe dos

pirimidinedione, inibindo a PROTOX (enzima protoporfirinogênio oxidase) (GROSSMANN et al., 2011).

Segundo Inoue et al. (2002), em estudos de comportamento dos herbicidas no solo entre as técnicas analíticas que permitem a identificação e quantificação de resíduos, destacam-se o uso de radioisótopos e a cromatografia líquida ou gasosa. Entretanto, como alternativa, podem ser utilizadas espécies vegetais (bioindicadoras) que apresentem alta sensibilidade à molécula de interesse, sendo esta técnica mais acessível que as citadas anteriormente pelo menor custo para sua realização (SILVA et al., 2007; NUNES & VIDAL, 2009).

Andrade et al. (2010), realizando ensaio de lixiviação de ametryn em colunas de solo, compararam os resultados obtidos por bioensaios e cromatografia líquida verificando que em regiões da coluna em que não foi possível quantificar o herbicida por cromatografia as plantas bioindicadoras apresentaram sintomas de intoxicação entre 20 e 40%. Provavelmente, o herbicida encontrava-se em concentração abaixo do limite de detecção do equipamento ($0,01 \text{ mg L}^{-1}$). Podendo causar injúria em plantas sensíveis mesmo abaixo dos níveis de detecção por cromatografia.

Trabalhando com Latossolo Vermelho Distrófico com diferentes níveis de pH, os autores observaram elevada lixiviação do herbicida Saflufenacil, atingindo maiores profundidades quando o solo é submetido à calagem (MONQUEIRO et al., 2012).

Em razão da escassez de informações sobre a movimentação do Saflufenacil em solos do Cerrado brasileiro, evidencia-se a necessidade de pesquisas sobre o comportamento desse herbicida no ambiente. O objetivo deste trabalho foi avaliar a lixiviação de saflufenacil em materiais de três solos do Cerrado com diferentes composições químicas e mineralógica.

4.2.MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Fitotecnia da Faculdade de Agronomia na Universidade de Rio Verde (UniRV), localizado a Latitude Sul com $17^{\circ}47'14.20''$ e Longitude Oeste com $050^{\circ}57'54.27''$ com 745m de Altitude. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos são consequência de um esquema fatorial ($3 \times 5 \times 2$) sendo três o fator solo (Latossolo Vermelho Distrófico Típico [LVd], Latossolo Vermelho Ácrico Típico

[LVw] e Neossolo Quartzarenico Órtico Típico [RQo]), cinco é o fator profundidade (0-5, 5-10, 10-15, 15-20 e 20-25cm) e o fator 2 são duas doses de Saflufenacil (0 e 49 g i.a ha⁻¹). A metodologia seguida foi desenvolvida por Inoue et al. (2002) com algumas modificações.

As unidades experimentais foram constituídas por colunas de substrato montadas em tubos de PVC de 10 cm de diâmetro e 30 cm de comprimento. Cada coluna recebeu aproximadamente 3 dm³ preenchido com TFSA (Terra Fina Seca ao Ar) coletada em áreas com agricultura consolidada a mais de dez anos em sistema de plantio direto. A coleta do solo ocorreu na camada de 0-15cm, as características químicas e a fração mineral de cada solo encontram-se na Tabela 1.

Para a confecção das colunas, cortou-se dois pedaços de tubo de PVC com 30 cm de comprimento, um dos quais foi cortado longitudinalmente dividindo-se em duas metades, o outro pedaço foi cortado transversalmente com a distância de 5 cm entre cortes mais um corte com distância de 3 cm totalizando cinco anéis com 5 cm de altura e um anel com 3 cm. Apesar da amostra do solo ser deformada, optou-se por não desestruturar a coluna no momento de abertura do tubo e separação de suas frações de acordo com as profundidades em estudo. Após o corte de todas as estruturas iniciou-se a montagem dos tubos de PVC, e, com uma fita adesiva larga as partes cortadas foram unidas transversalmente, juntando cinco partes de 5 cm mais uma parte de 3 cm, que foi colocada na base da coluna, totalizando 28cm de profundidade, o anel de 3 cm foi descartado no momento de abertura da estrutura.

Foram utilizadas lacres de plástico para prender as duas metades longitudinais dos tubos, as quais serviram como invólucro para os anéis que estavam unidos por fita. Esta técnica foi realizada para conferir maior estabilidade ao tubo evitando que pudesse desestruturar-se no momento de enchimento com solo. Após a montagem da estrutura física dos tubos, os mesmos foram envoltos internamente por uma camada de parafina, a fim de evitar escorrimento lateral da solução do solo. Na parte basal, para reter o solo e permitir a drenagem, foi colocada malha de tela amarrada com borracha.

Após o acondicionamento do solo, as colunas foram umedecidas por capilaridade pelo período de 24 horas ou até os solos estarem saturados até o topo da coluna. Após saturação as colunas foram colocadas em estantes próprias para ficarem sempre na posição vertical e mantidas em casa de vegetação por 24 horas para que o excesso de água fosse drenado.

Tabela 1 – Principais características químicas e textura dos solos.

Solo	pH (CaCl ₂)	M.O g dm ⁻³	P mg dm ⁻³	K	Ca	Mg	Al+H cmol _c dm ⁻³	CTC	%			
									V	Areia	Silte	Argila
LVd	4,6	23,0	23,7	0,37	1,8	1,0	3,3	6,49	49,11	50	10	40
LVw	5,5	17,0	3,4	0,43	2,0	0,9	1,6	4,95	67,71	48	11	41
RQo	4,4	14,0	13,2	0,43	1,8	1,0	2,2	5,49	59,86	88	4	8
AL	5,8	3,0	7,4	0,04	0,3	0,2	0,7	1,25	43,89	90	3	7

LVd: Latossolo Vermelho Distrófico Típico; LVw: Latossolo Vermelho Ácrico Típico; RQo: Neossolo Quartzarênico Órtico Típico; AL: Areia Lavada; M.O: Matéria Orgânica; CTC: capacidade de troca catiônica a pH 7,0; V: Saturação por Bases.

As estantes contendo os tubos de PVC foram levadas para fora da casa de vegetação ao final da drenagem, quando se realizou a aplicação do herbicida Saflufenacil (49 g i.a ha⁻¹), com pulverizador costal pressurizado com CO₂, provido de barra de pulverização contendo seis pontas espaçadas com 0,50 m, jato duplo tipo leque ADIA-110.02, sob pressão de 2,0 Kgf cm⁻², com volume de calda proporcional a 150 L ha⁻¹. Após a aplicação as estantes com os tubos foram levadas para a casa de vegetação e ficaram em descanso por 24 horas. Posteriormente ao período de descanso foi simulada no topo das colunas precipitações de 40 mm.

Passadas 24 horas após a simulação de precipitação, as colunas foram abertas retirando as partes do tubo cortado longitudinalmente e com auxílio de uma lâmina foram separados os anéis de PVC de 5 cm de profundidade com solo, esses anéis após separação da estrutura foram colocados sobre um prato para que não ocorresse desestruturação do anel de solo e dispostos sobre a bancada. Foram semeada quatro sementes de pepino (*Cucumis sativum*) por anel. Utilizou-se o pepino como planta bioindicadora porque, conforme observado por Diesel et al. (2012), trata-se de uma planta sensível para determinação do herbicida Saflufenacil no solo. Após emergência ocorreu o desbaste, sendo mantidas apenas duas plântulas de pepino por anel.

Para as avaliações visuais de fitointoxicação da cultura, foram atribuídas notas por meio da escala visual, sendo 0% correspondendo a nenhuma injúria na planta e 100% correspondendo a morte das plantas (SBCPD, 1995). A avaliação de fitointoxicação das plantas bioindicadoras foi realizada aos 28 DAS (dias após semeadura), quando as plantas foram cortadas rente ao solo e acondicionadas em saco de papel Kraft previamente identificado. As plantas foram levadas para a sala de

secagem e colocadas em estufa com circulação forçada de ar, a 65 °C, por 72 horas para determinação da biomassa seca.

4.3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram observadas altas fitointoxicações na camada até 5 cm de profundidade, para os solos LVw e RQo. Abaixo desta profundidade ainda se observou uma fitointoxicação muito leve (nota de 0-5%), quando os sintomas são fracos ou pouco evidenciados e uma fitointoxicação leve (nota de 6-10%), quando os sintomas são nítidos porém de baixa intensidade, segundo tabelas de avaliação da SBCPD (1995). A partir de 5 cm de profundidade para o solo LVd foi observada nota zero (quando não se observa quaisquer alteração na cultura) em relação a fitointoxicação.

A Figura 1 apresenta as curvas de regressão para fitointoxicação aos 28 DAS, em que se verifica diminuição acentuada dos valores de porcentagem de fitointoxicação apenas na camada de 0 a 5 cm de profundidade.

O Saflufenacil é um herbicida ácido moderado que apresenta constante de ionização ácido (pKa) de 4,3 (BASF, 2008). Com este valor de pKa o herbicida permanece primariamente na forma ânionica (HIXSON, 2008). O pKa é o valor de pH no qual metade das moléculas está ionizada e metade está na forma molecular (REGITANO, 2002). Com o herbicida na forma aniônica, a força de atração entre as moléculas do herbicida e as cargas predominantes do solo diminuem havendo menor sorção do herbicida com os coloides do solo (INOUE et al., 2002).

O tempo (24 h) no qual os tubos de PVC ficaram na vertical após aplicação do herbicida e simulação da precipitação não foi suficiente para o herbicida lixiviar no perfil dos solos, apesar de estar na forma aniônica livre na solução do solo, para efeito comparativo, Monqueiro et al. (2012) e Inoue et al. (2002), permaneceram com as colunas na posição vertical durante um período de 72 horas após aplicação dos tratamentos e simulação das chuvas.

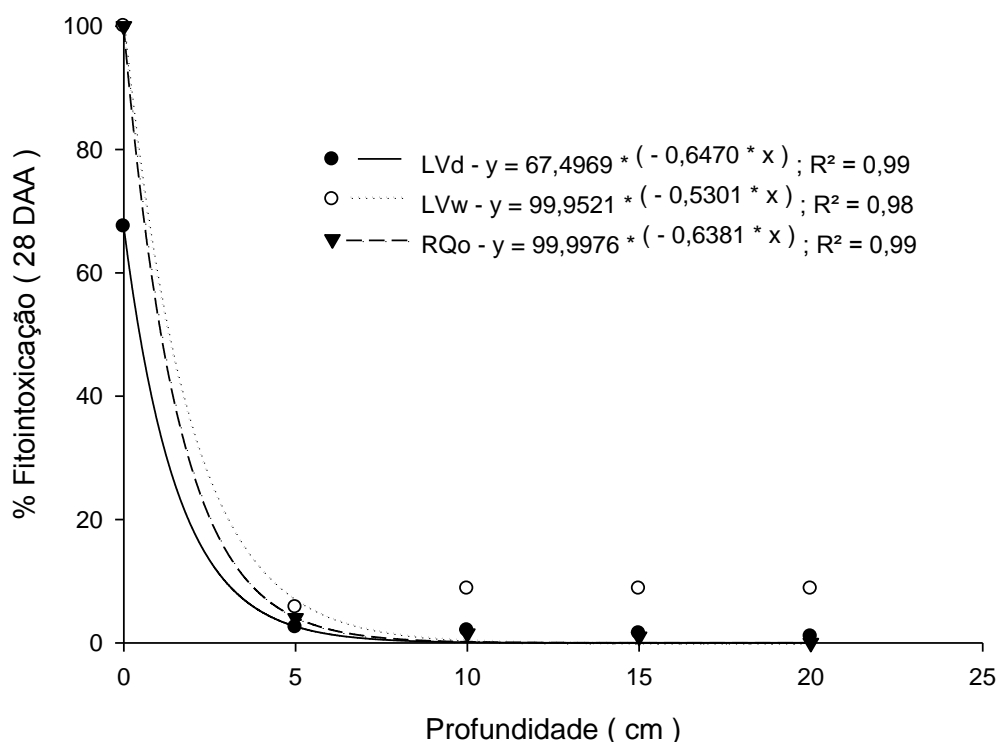


Figura 1 – Lixiviação do herbicida Saflufenacil em Latossolo Vermelho Distrófico Típico (LVd), Latossolo Vermelho Ácrico Típico (LVw) e Neossolo Quartzarênico Órtico Típico (RQo) após simulação de 40 mm de chuva um dia após aplicação do herbicida Saflufenacil.

Na Tabela 2, estão apresentados os valores médios de biomassa seca das plantas bioindicadoras. O solo LVd apresentou valores de massa seca que não diferiram estatisticamente entre si pelo teste de Tukey com probabilidade de 5%, independente da dose utilizada, isso é observado na Figura 1 em que na faixa de 0 a 5 cm para este solo observa-se nota de fitointoxicação abaixo de 70%. Nesta mesma profundidade pode ser observado que a dose de 49 g i.a ha⁻¹ interferiu no incremento de massa seca das plantas bioindicadoras, havendo maior acúmulo de massa seca em plantas semeadas no LVd quando comparada com o acúmulo de massa seca das plantas semeadas nos solos LVw e RQo, em que o acúmulo de massa seca foi menor, sendo estatisticamente inferior a massa das plantas de pepino semeadas no solo LVd pelo teste de Tukey a 5%.

Observando os dados da Tabela 2 verifica-se que para o LVw houve diferença significativa a 5% pelo teste de Tukey entre as doses em todas as profundidades. Esse menor acúmulo de massa seca pode ser a resposta da ação do herbicida, apesar da

fitointoxicação leve, inferiores a 10% nas camadas abaixo de 5 cm de profundidade, apresentadas na Figura 1.

Tabela 2 – Valores médios de massa seca da parte aérea de plantas de pepino cultivadas em solos submetidos a aplicação de Saflufenacil seguido por precipitação de 40mm em amostras de três solos sob Cerrado.

Solo	Profundidade (cm)									
	0 - 5		5 - 10		10 - 15		15 - 20		20 - 25	
	Dose* (g. i.a ha ⁻¹)									
	0	49	0	49	0	49	0	49	0	49
LVd (pH 4,6)	0,31 ^{aA}	0,25 ^{aA}	0,32 ^{aA}	0,31 ^{aA}	0,33 ^{aA}	0,30 ^{aA}	0,31 ^{aA}	0,22 ^{aB}	0,26 ^{aA}	0,18 ^{aA}
LVw (pH 5,5)	0,30 ^{aA}	0,13 ^{bB}	0,31 ^{aA}	0,20 ^{bB}	0,36 ^{aA}	0,19 ^{bB}	0,33 ^{aA}	0,14 ^{aB}	0,26 ^{aA}	0,16 ^{aB}
RQo (pH 4,4)	0,38 ^{aA}	0,10 ^{bB}	0,37 ^{aA}	0,32 ^{aA}	0,28 ^{aA}	0,24 ^{abA}	0,23 ^{aA}	0,22 ^{aA}	0,24 ^{aA}	0,21 ^{aA}

%CV = 23,07; * gramas de ingrediente ativo por hectare. Médias com letras iguais minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Essa redução da biomassa seca pode estar relacionada ao pH deste solo, pois em estudos de lixiviação com o herbicida Saflufenacil, mostram que o pH do solo estando mais próximo do neutro favorece a lixiviação desta molécula (MONQUERO et al., 2012).

Por outro lado, para o solo RQo observa-se que ocorreu diferença entre dose e profundidade apenas na faixa de 0 a 5 cm, para as demais profundidades não ocorreram diferença, significativa, pelo teste aplicado.

Tanto para LVd e RQo, o pH do solo, mais ácido pode ter influenciado na movimentação do herbicida no perfil do solo. Monqueiro et al. (2012), observaram que quanto mais ácido o pH do solo, maior a porcentagem de fitotoxicidade das plantas bioindicadoras, que é evidenciado pela morte da planta no solo RQo. Entretanto, os teores de matéria orgânica (MO) nos solos LVd e RQo (23 e 14 g dm⁻³ respectivamente) influenciaram na disponibilidade do herbicida para as plantas, e, no solo LVd pode ser evidenciando pelos teores de fitointoxicação, abaixo de 70% aos 28 DAA. O Saflufenacil possui maior afinidade por solos com alto teor de MO, portanto menos herbicida permanece disponível na solução do solo (HIXSON, 2008).

4.4.CONCLUSÃO

Atributos como pH e MO podem afetar a dinâmica de lixiviação do herbicida Saflufenacil nos solos. O solo LVw apresentou elevada fitointoxicação das plantas de pepino levando-as a morte na camada de 0 a 5 cm de profundidade, uma leve fitointoxicação porém acompanhada de redução do acúmulo de massa seca da parte aérea das plantas até a camada de 25 cm de profundidade evidenciando a presença do herbicida até a camada mais profunda.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, S.R.B. et al. Lixiviação do ametryn em Argissolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Vermelho-Amarelo, com diferentes valores de pH. **Planta Daninha**, v.28, n.3, p.655-663, 2010.

BASF Agricultural Products. **KIXORTM herbicide**: Worldwide Technical Brochure (GL-69288). Agricultural Products Division, Research Triangle Park, NC.2008.

DIESEL, F.; TREZZI, M.M.; PAZUCH, D.; XAVIER, E.; ROSIN, D.; PAGNONCELLI, F. - Seleção de espécies da família cucurbitaceae e chenopodiaceae para indicação da presença de saflufenacil no solo - Pesticidas: **Revista de ecotoxicologia e meio ambiente**, Curitiba, v. 22, p. 35-42, jan./dez. 2012.

FILIZOLA, H. F. et al. Monitoramento e avaliação do risco de contaminação por pesticidas em água superficial e subterrânea na região de Guairá. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 5, p. 659-667, 2002.

GROSSMANN, K. et al. Saflufenacil: Biokinetic properties and mechanism of selectivity of a new protoporphyrinogen IX oxidase inhibiting herbicide. **Weed Science**, v. 59, n. 3,p. 290-298, 2011.

HIXSON, A.C. **Soil properties affect simazine and saflufenacil fate, behavior, and performance**. 2008. 242 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Faculty of North Caroline Satate University, 2008.

INOUE, M.H. et al. Calagem e o potencial de lixiviação de imazaquin em colunas de solo. **Planta Daninha**, v.20, n.1, p.125-132, 2002.

MELO, C.A.D.; MEDEIROS, W.N; TUFFI SANTOS, L.D; FERREIRA, F.A.; FERREIRA, G.L; PAES, F.A.S. et al. Efeito residual de sulfentrazone, isoxaflutole e oxyfluorfen em três solos. **Planta Daninha**, v.28, n.4, p.835-842, 2010.

MONQUERO, P.A. "Aspectos da biologia e manejo das plantas daninhas." *São Carlos: RIMA* (2014): 400.

MONQUERO, P.A.; SABBAG, R.; ORZARI, I.; HIJANO, N.; GALVANI FILHO, M.; DALLACOSTA, V.; KROLIKOWISK, V. e SILVA HIRATA, A.C. Lixiviação de Saflufenacil e residual após período de seca. **Planta Daninha**, Voçosa-MG, v.30, n. 2, p. 415-423, 2012.

NUNES, A.L.; VIDAL, R.A. Seleção de plantas quantificadoras de herbicidas residuais. **Revista ecotoxicológica e meio ambiente**, v.19, n.1, p.19-28, 2009.

REGITANO, J.B. Propriedades físico-químicas dos defensivos e seu destino no ambiente. In: ALLEONI, L.R.F.; REGITANO, J.B. (Coord.) SIMPÓSIO SOBRE DINÂMICA DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS NO SOLO: ASPECTOS PRÁTICOS E AMBIENTAIS, Piracicaba, 2002. *Anais...* Piracicaba: LSN, ESALQ/USP, 2002. p.40-50.

SILVA, A.A.; FERREIRA, F.A.; FERREIRA, L.R.; SANTOS, J.B. BIOLOGIA DE PLANTAS DANINHAS. In: SILVA, A.A.; SILVA, J.F. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Editora UFV, Viçosa. 2007. 318p.

SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS – SBCPD. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: 1995. 42 P.

5. CONCLUSÃO GERAL

O herbicida Saflufenacil apresenta variação a depender das características químicas e fração mineralógica, dependente principalmente de atributos como pH, matéria orgânica e o teor de argila do solo, que podem afetar a disponibilidade para as plantas e a dinâmica de lixiviação do herbicida Saflufenacil nos solos. Estudos em condições de campo devem ser realizados para melhor compreensão do comportamento deste herbicida em solos sob Cerrado.

APÊNDICE

AVALIAÇÃO DE FITOINTOXICAÇÃO

Tabela 1 A – Avaliação de fitotoxicidade adaptado da escala SBCPD (1995).

Conceito	Notas	Observação
Muito Leve	0 - 5	Sintomas fracos ou pouco evidentes Nota zero quando não se observam qualquer alteração na cultura
Leve	6 - 10	Sintomas nítidos, de baixa intensidade
Moderada	11 - 20	Sintomas nítidos, mais intensos que na classe anterior
Aceitável	21 - 35	Sintomas pronunciados, porém totalmente tolerados pela cultura
Preocupante	36 - 45	Sintomas mais drásticos que na categoria anterior, mas ainda passíveis de recuperação, e sem expectativas de redução no rendimento econômico
Alta	46 - 60	Danos irreversíveis, com previsão de redução no rendimento econômico
Muito Alta	61 - 100	Danos irreversíveis muito severos, com previsão de redução drástica no rendimento econômico. Nota 100 para morte de toda a cultura