

LUCIANO LOPES SILVA

**SORÇÃO E MOBILIDADE DO AMETRYN EM LATOSSOLOS COM DIFERENTES
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2009

LUCIANO LOPES SILVA

**SORÇÃO E MOBILIDADE DO AMETRYN EM LATOSSOLOS COM DIFERENTES
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 21 de dezembro de 2009

Prof. Paulo Roberto Cecon
(Coorientador)

Prof. Antônio Alberto da Silva
(Coorientador)

Prof. Francisco Cláudio Lopes de
Freitas

Prof. Raphael Bragança Alves
Fernandes

Prof. Walter Antônio Pereira Abrahão
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela presença constante na minha vida.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, pela oportunidade em participar do Programa de Pós-Graduação.

Ao CNPq, pela disponibilização de bolsa de estudo e recursos para esta pesquisa.

Ao professor Walter Antônio Pereira Abrahão, pela orientação e cooperação.

Aos professores Antônio Alberto da Silva, Paulo Roberto Cecon e Víctor Hugo Alvarez, pelo apoio e sugestões para a realização deste trabalho.

Aos técnicos e funcionários da UFV Leonardo d'Antonino e Luiz Henrique Lopes de Freitas, pelo apoio durante a realização dos experimentos.

A minha filha Larissa, a minha noiva Sirlei e a Iza que sempre me apoiaram nos momentos de dificuldades.

Aos meus pais, meus amigos e demais familiares.

BIOGRAFIA

LUCIANO LOPES SILVA, filho de Aloir Rodrigues da Silva e Lúcia Elena Lopes da Silva, pai de Larissa Ferreira Lopes Silva, nasceu na cidade de Belo Horizonte, Minas Gerais, em 25 de setembro de 1978.

Em Outubro de 2006, graduou-se em Engenharia Agrônoma pela Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

Em Setembro de 2006 Iniciou o Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas a nível de Mestrado, na Universidade Federal de Viçosa, submetendo-se à defesa de dissertação em 21 de dezembro de 2009.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	v
ABSTRACT	vii
1 INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	4
SORÇÃO DO AMETRYN EM LATOSSOLOS COM DIFERENTES CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS	6
RESUMO.....	6
ABSTRACT	7
INTRODUÇÃO	7
MATERIAL E MÉTODOS	9
RESULTADOS E DISCUSSÃO	13
LITERATURA CITADA	16
MOBILIDADE DO AMETRYN EM SOLOS COM DIFERENTES CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS	19
RESUMO.....	19
ABSTRACT	19
INTRODUÇÃO	20
MATERIAL E MÉTODOS	22
RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
LITERATURA CITADA	35
2 CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
APÊNDICE	40

RESUMO

SILVA, Luciano Lopes, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2009.
Sorção e mobilidade do ametryn em Latossolos com diferentes características físicas e químicas. Orientador: Walter Antônio Pereira Abrahão.
Coorientadores: Hugo Alberto Ruiz, Antonio Alberto da Silva e Paulo Roberto Cecon.

Objetivou-se com este trabalho avaliar a sorção e a mobilidade do ametryn em quatro tipos de solos [Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA), Latossolo Vermelho-Amarelo Húmico (LVAh), Latossolo Vermelho (LV) e Latossolo Amarelo (LA)], com valores de pH natural e corrigido. Para isso, amostras destes solos foram coletadas à profundidade de 0-20 cm, caracterizadas física e quimicamente e, geradas curvas de neutralização de acidez para cada um dos solos. Logo após foi realizada a correção de acidez dos solos (LVA, LVAh e LV), a valores de pH próximos a 6,0. O LA foi avaliado apenas no valor de pH 6,3. Antes da implantação do estudo de mobilidade do ametryn foram realizados ensaios preliminares, um para cada solo, visando determinar a dose do herbicida que inibe em 50% o acúmulo de matéria seca pela parte aérea das plantas de pepino (*Cucumis sativus*), utilizadas como espécie indicadora. A partir dos dados obtidos foi calculada a razão de sorção do ametryn nos solos em relação ao substrato inerte. Constatou-se a seguinte sequência de razão de sorção nos solos: LVAh sc > LVA sc > LVA cc > LVAh cc > LV sc > LA sc > LV cc (cc = com correção da acidez; sc = sem correção da acidez). Para a avaliação da mobilidade do ametryn utilizou-se colunas de PVC de 10 cm de diâmetro por 50 cm de comprimento, devidamente preparadas e enchidas com os respectivos solos. No topo dessas colunas foi aplicado o ametryn, na dose de 4,0 kg ha⁻¹. Doze horas após a aplicação

do herbicida fez-se a simulação de uma chuva de 60 mm. Após 72 horas as colunas foram abertas longitudinalmente, colocadas na posição horizontal, sendo semeadas ao longo delas a espécie indicadora para se avaliar a mobilidade do ametryn nos solos. O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. O experimento foi composto por 70 tratamentos sendo sete tipos de solos e 10 segmentos (desenvolvimento das plantas indicadoras nos substratos das colunas nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-25, 25-30, 30-35, 35-40, 40-45 e 45-50 cm). Em complementação, foi utilizada uma testemunha sem herbicida para cada solo. Concluiu-se que menores mobilidades do ametryn ocorreram em solos com maiores teores de argila e de CTC, e que a calagem favoreceu a mobilidade do ametryn nos solos estudados.

ABSTRACT

SILVA, Luciano Lopes, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, December, 2009.

Sorption and mobility of ametryn in Latosols with different physical and chemical characteristics Advisor: Walter Antônio Pereira Abrahão. Co-Advisors: Hugo Alberto Ruiz, Antonio Alberto da Silva and Paulo Roberto Cecon.

The objective of this work was to evaluating the sorption and mobility of Ametryn in four types of soils [Red-Yellow Latosol (LVA), Humic Red-Yellow Latosol (LVAh), Red Latosol (LV) and Yellow Latosol (LA)], at different pH values. For such, samples of these soils were collected at the depth of 0-20 cm and characterized physically and chemically. Acid neutralization curves were generated for each soil. Shortly after, it was performed the correction of soil acidity (for LVA, LVAh and LV), at pH values close to 6,0. LA was evaluated only at pH 6,3. Before implanting the study on ametryn mobility, preliminary assays were carried out, one for each soil, aiming at determining the herbicide dose which inhibits by 50% the accumulation of dry matter by the aerial part of cucumber plants (*Cucumis sativus*), used as indicator species. Based on the data achieved, it was calculated the ametryn sorption ratio in the soils in relation to the inert substrate. The following sequence of sorption ratio in the soils was observed: LVAh sc > LVA sc > LVA cc > LVAh cc > LV sc > LA sc > LV cc (cc = with acidity correction; sc = without acidity correction). To evaluate ametryn mobility, PVC columns were used, with 10 cm of diameter and 50 cm of length. They were duly prepared and filled with the respective soils, and 4,0 kg ha⁻¹ of ametryn were applied to the top of these columns. Twelve hours after herbicide application, a rain of 60 mm was simulated. After 72 hours, the columns were opened longitudinally and placed in the horizontal position. The indicator species was sown along the columns for the

assessment of ametryn mobility in the soils. The experiment was carried out in a completely randomized design, in split plot, with four replications. The experiment was composed of 70 treatments - seven substrates and ten segments (development of the indicator plants in the substrates of the columns at the depths of 0-5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-25, 25-30, 30-35, 35-40, 40-45 and 45-50 cm). Besides, a control without herbicide was used for each soil. It was concluded that the lowest ametryn mobilities occurred in soils with higher contents of clay and CTC, and that liming favored ametryn mobility in the soils investigated.

1 INTRODUÇÃO GERAL

Nas últimas décadas a produtividade das culturas cresceu no Brasil e em diversos países do mundo. Este fato pode ser atribuído a programas de melhoramento de plantas e ao uso intenso de agroquímicos, especialmente fertilizantes e herbicidas. Apenas o comércio mundial de agrotóxicos (herbicidas, inseticidas, fungicidas e nematicidas) é estimado em 45 bilhões de dólares. Desse total os herbicidas representam 50% das vendas (InpEV, 2009; Portal do Meio Ambiente, 2009).

O uso de herbicidas na agricultura é importante não apenas para o controle das plantas daninhas; mas também para permitir a mecanização do processo produtivo, reduzindo o consumo de mão de obra no campo e os custos de produção. Além dessas vantagens o controle químico pode ser seletivo, altamente eficiente, permite rapidez na operação e tem menor custo em comparação a outros métodos de controle das plantas. Estas vantagens têm estimulado o uso abusivo e irresponsável desses produtos. A falta de conhecimento sobre as características dos herbicidas, do solo e de suas interações pode levar ao insucesso dessa tecnologia quanto à sua eficiência e ao impacto ambiental. Nesse caso, além de falhas no controle das plantas daninhas o uso inadequado dos herbicidas pode causar contaminação do solo impedindo novos cultivos, além de contaminações de mananciais de águas superficiais e subterrâneas (Silva e Silva, 2007).

Atualmente existe grande preocupação mundial quanto à aplicação incorreta dos agrotóxicos, pois estes são atribuídas as principais causas responsáveis pela poluição ambiental. Este fato se justifica levando-se em conta que de 60 a 70% do total dos agrotóxicos aplicados não atingem o alvo de interesse (Law, 2001) e acaba alcançando direta ou indiretamente o solo, principal receptor desses compostos.

Ao atingir o solo, inicia-se o processo de redistribuição e degradação desses compostos, o qual pode ser acelerado, como o que ocorre para algumas moléculas simples e não persistentes, ou demorar meses ou anos, nos compostos altamente persistentes.

Embora escassos estudos envolvendo a sorção e a mobilidade de herbicidas em solos brasileiros, sob condições de clima tropical, estes estudos são fundamentais para o entendimento da eficiência de um herbicida no controle das plantas daninhas, quando aplicados diretamente no solo. Elevados índices de sorção ou de lixiviação podem comprometer a eficiência do herbicida, além de efeitos adversos ao ambiente. Com isso, cresce a importância do entendimento do destino final dessas moléculas e do estudo do comportamento no ambiente onde são aplicados (Silva e Silva, 2007).

Estudos envolvendo solo como alta percentagem de cargas dependentes de pH, a alta variabilidade no material de origem, qualidade e teor de matéria orgânica são de grande importância para as nossas condições. Trabalhos realizados no Brasil e em outros países indicam que esses fatores são de grande relevância no que se referem aos principais mecanismos que controlam o destino final dessas moléculas no solo (Costa et al., 2000; Rocha et al., 2000; Albuquerque et al., 2001, Vivian et al. 2007, Andrade, 2008).

Dentre os herbicidas empregados na agricultura e pecuária, o grupo das triazinas merece destaque, por representar 30% desses compostos. Esses herbicidas se caracterizam por apresentarem longa persistência no solo e por serem utilizados em pré e pós-emergência das plantas daninhas em plantações de cana-de-açúcar, milho, soja, trigo, feijão, laranja, dentre outras (Rodrigues e Almeida, 2005). A eficiência de herbicidas derivados das triazinas, como por exemplo, o ametryn, é altamente dependente das propriedades físicas e químicas do solo que podem conferir ao produto elevada persistência no meio ambiente. Esta persistência pode ser influenciada pela baixa taxa de degradação do ametryn, da dinâmica do fluxo hídrico e pelos atributos do solo como pH, carbono orgânico e atividade microbiana (Prata et al., 2001). Quando usados sem o conhecimento das características do solo e do clima estes herbicidas podem ser lixiviados e provocar a contaminação de lagos, rios e fontes de água subterrânea. Esta última constitui uma das maiores preocupações atualmente, visto que os métodos habituais de tratamento da água normalmente não são capazes de retirar os resíduos desses compostos (USEPA, 2001). Inclusive, no Brasil, já existem relatos de contaminação de águas subterrâneas devido ao alto uso do ametryn (Monteiro et al., 2008). Esse fato evidencia a necessidade de estudos envolvendo herbicidas e as características dos solos tropicais, como a presença de minerais com cargas dependentes de pH, minerais de argila 1:1, matéria orgânica e a

CTC total visando entender o destino dos herbicidas no ambiente. A mobilidade de herbicidas além de outros organossintéticos no solo pode ser estimada utilizando-se valores de sorção e meia-vida desses compostos (Vivian et al., 2007) e também, utilizando-se de colunas de solo ou deslocamento miscível (Faria, 2003; Prata, 2002).

Neste trabalho objetivou-se avaliar a sorção e a mobilidade do ametryn em solos com diferentes características físicas e químicas, buscando compreender a dinâmica deste produto e incrementar o nível de entendimento em solos tropicais. Além disso os dados coletados irão formar bancos de dados para o desenvolvimento no futuro de modelos matemáticos sobre comportamento de herbicidas no ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, M. A. et al. Mineralização e sorção de atrazina em Latossolo Roxo sob cultivo convencional e plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 25, n. 1, p.179-188, 2001.

ANDRADE, S. R. B. **Avaliação da sorção, dessorção, meia vida e lixiviação do ametryn em Argissolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Vermelho-Amarelo**. 2008. 83 f. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2008.

COSTA, M.A. et al. Degradação de ametrina em Areia Quartzosa com adição de solo rizosférico de cana-de-açúcar. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 24, n. 1, p. 43-48, 2000.

FARIA, A. M. **Dissulfoton: avaliação da mobilidade e extração ponto nuvem**. Viçosa-MG: UFV, 2003. 121 f. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) - Universidade Federal de Viçosa, 2003.

InpEV – Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias. Disponível em: <<http://www.inpev.org.br/>>. Acesso em: 25 nov. 2009.

INOUE, M.H.; MARCHIORI JR., O.; OLIVEIRA Jr., R.S.; CONSTANTINI, J. e TORMENA, C.A. Calagem e o potencial de lixiviação de imazaquin em colunas de solo. **Planta Daninha**, v. 20, n. 1, p. 125-132, 2002.

LAW, S. E. Agricultural electrostatic spray application: a review of significant research and development during de 20th century. **J. Electrostat.**, v. 51/52, p. 25-42, 2001.

MONTEIRO, R. T. R.; ARMAS, E. D.; QUEIROZ, S. C. N. Lixiviação e contaminação do rio Corumbataí por herbicidas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 26., 2008, Ouro Preto. **Palestras...** Sete Lagoas: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2008. p. 181-200.

Portal do Meio Ambiente. Disponível em <http://www.portaldomeioambiente.org.br/index.php?option=com_content&view=article&id=1255>. Acesso em: 25 nov. 2009.

PRATA, F.; LAVORENTI, A.; REGITANO, J. B.; TORNISIELO, V. L. Degradação e sorção de ametryn em dois solos com aplicação de vinhaça. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p. 975-981, jul. 2001.

PRATA, F. **Comportamento do glifosato no solo e deslocamento miscível de atrazine**. Piracicaba– SP, 2002. 149 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, 2002.

ROCHA, W.S.B. et al. Influência do pH na sorção de imazaquin em um Latossolo Vermelho Acriférico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 649-655, 2000.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 5.ed. Londrina, PR, 2005. 592 p.

SILVA, A. A.; SILVA, J.F. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. 1. ed. Viçosa: Editora UFV, 2007. v. 1. 367 p.

USEPA. U. S. Environmental Protection Agency. **The Incorporation of Water Treatment Effects on Pesticide Removal and Transformations in Food Quality Protection Act (FQPA) Drinking Water Assessments**. Office of Pesticide Programs, Washington, D.C., 2001.

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

SORÇÃO DO AMETRYN EM LATOSSOLOS COM DIFERENTES CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS

Ametryn sorption in latosols with different physical and chemical characteristics

RESUMO

Objetivou-se com este trabalho estimar a sorção do ametryn em quatro solos (Latossolo Vermelho-Amarelo - LVA, Latossolo Vermelho-Amarelo húmico - LVAh, Latossolo Vermelho - LV e em um Latossolo Amarelo - LA), com diferentes características físicas e químicas, utilizando ensaios biológicos. Para isso, amostras desses solos foram coletadas à profundidade de 0-20 cm, caracterizadas física e quimicamente, e, realizadas curvas de neutralização de cada um dos solos. Logo após, foi realizada a correção de acidez dos solos (LVA, LVAh e LV), visando valores de pH próximos a 6,0. O LA foi avaliado apenas no pH 6,2. Para realização deste trabalho foram aplicadas doses crescentes do ametryn em cada substrato, cultivando-se a seguir a espécie indicadora pepino (*Cucumis sativus*). Todos os experimentos (um para cada tipo de solo) foram instalados em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. Aos 21 dias após a emergência das plantas indicadoras fez a colheita destas determinando-se, nesta ocasião, a dose do herbicida que reduziu em 50% de acúmulo de matéria seca da parte aérea das plantas. A partir dos dados obtidos foi calculada a razão de adsorção dos solos em relação ao substrato inerte (areia lavada). Constatou-se sorção diferenciada do ametryn de acordo com suas características físicas e químicas dos solos. As características dos solos que mais influenciaram essa variável foram: teor de matéria orgânica, CTC e teor de argila. Além disso, ficou evidenciado o efeito da calagem na redução da adsorção do ametryn nos solos estudados quando se estabeleceu a ordem de sorção do ametryn: LVAh sc > LVA sc > LVA cc > LVAh cc > LV sc.> LA sc > LV cc (cc = com correção da acidez; sc = sem correção da acidez).

Palavras-chave: herbicida, comportamento no solo, impacto ambiental.

ABSTRACT

The objective of this work was to estimating ametryn sorption in four soils (Red-Yellow Latosol - LVA, Humic Red-Yellow Latosol - LVAh, Red Latosol - LV and Yellow Latosol - LA) with different physical and chemical characteristics, using biological essays. For such, samples of these soils were collected at the depth of 0-20 cm and characterized physically and chemically. Besides, neutralization curves were determined for one of the soils studied. Soon after, it was performed the correction of the acidity of the soils (LVA, LVAh and LV), for the achievement of pH values close to 6,0. LA was evaluated only at pH 6,2. For the purposes of this work, increasing doses of ametryn were applied to each substrate, and then the cucumber (*Cucumis sativus*) indicator species was cultivated. All the experiments (one for each type of soil) were installed in a completely randomized design, with three replications. Twenty-one days after the emergence of the indicator plants, they were harvested. Then, it was determined the herbicide dose which reduced by 50% the accumulation of dry matter of the aerial part of the plants. Based on the data achieved, it was calculated the adsorption rate of the soils, in relation to the inert substrate (washed sand). Ametryn sorption varied according to the physical and chemical characteristics of the soils. The characteristics organic matter content, CTC and content of clay were the most influential to ametryn sorption rate. Besides, it was demonstrated that liming affects the reduction of ametryn adsorption in the soils evaluated, when the order of ametryn sorption was established: LVAh sc > LVA sc > LVA cc > LVAh cc > LV sc.> LA sc > LV cc (cc = with acidity correction; sc = without acidity correction).

Keywords: herbicide, behavior in the soil, environmental impact

INTRODUÇÃO

O aumento da população mundial e a procura de fontes de energia renováveis têm incrementado a demanda por alimentos e biocombustíveis, ocasionando, nos últimos anos, aumento na utilização de insumos e áreas para fins agrícolas. Para se garantir alta produtividade na agricultura grande quantidade de agrotóxicos tem sido utilizadas. Estes são considerados como necessários no controle de pragas, doenças e plantas daninhas. Dentre as culturas agrícolas de maior consumo de herbicidas no Brasil destacam-se a soja e cana-de-açúcar. Todavia, nos últimos anos a cultura com maior crescimento em área cultivada no Brasil é a cana-de-açúcar. Esta atualmente

ocupa sete milhões de hectares cultivados, destinados à produção de açúcar e álcool, visando abastecer o mercado interno e externo (UNICA, 2009).

A produtividade da cana-de-açúcar é diretamente influenciada, entre outros fatores, pelas plantas daninhas. Estas além de dificultarem a colheita, fazem com que o rendimento da cultura decresça, em função da interferência que exercem sobre o desenvolvimento da cultura (Hernandez et al., 2001). De um modo geral, o controle das plantas daninhas nas culturas de maior importância econômica é feito com herbicidas. Dentre os herbicidas de maior uso no mundo destacam-se os derivados das triazinas e, dentre estes, o atrazine e o ametryn. Atualmente devido a rápida expansão do cultivo de cana-de-açúcar no Brasil e no mundo, o ametryn tem sido mais empregado. Isto se deve ser este herbicida o mais utilizado no cultivo de cana-de-açúcar (Rodrigues e Almeida, 2005).

As doses do ametryn utilizadas no campo podem chegar a 4,0 kg ha⁻¹ do princípio ativo (EMBRAPA, 2006), sendo que o produto apresenta meia-vida ($t_{1/2}$) variável dependendo das condições do solo (Andrade, 2008). Este herbicida é aplicado diretamente no solo que é o compartimento ambiental que recebe a maior quantidade de compostos fitossanitários, sejam aplicados nas folhagens das plantas ou diretamente ao mesmo, constituindo-se no principal receptor e acumulador desses produtos. No solo, além dos processos de degradação, volatilização e absorção pelas plantas, podem ocorrer a sorção e a movimentação horizontal e/ou vertical dos agroquímicos (Silva e Silva, 2007). A persistência média a alta no solo do ametryn no solo é influenciada pelo pH, teor de matéria orgânica, temperatura, umidade e aeração do solo (Prata et al., 2001; Andrade, 2008).

A degradação do ametryn é maior em solos com maiores valores de pH e com maior teor de matéria orgânica. Andrade (2008) observou $t_{1/2}$ do ametryn de 26, 19, 12 e 11 dias em uma amostra de Latossolo Vermelho-Amarelo de Viçosa-MG, com valores de pH de 4,4; 4,9; 5,8 e um Argissolo Vermelho-Amarelo de Viçosa-MG com pH 5,9, respectivamente. A sorção desse herbicida aos colóides do solo ocorre, principalmente, por interações hidrofóbicas, ligações de hidrogênio, forças de Van der Waals. Desta forma, a porcentagem de matéria orgânica influencia negativamente a persistência do herbicida no ambiente, pois acarreta aumento da atividade microbiana do solo reduzindo a sua persistência (Prata et al., 2001).

A atividade microbiana é um importante meio de degradação de produtos químicos no ambiente (Peixoto, 1998). Na degradação do ametryn, os microorganismos são os principais responsáveis, pois utilizam este produto como fonte de energia e nitrogênio (Rodrigues e Almeida, 2005). Todavia, estudos de degradação do ametryn em solos cultivados com cana-de-açúcar mostraram que não há formação

de metabólitos em um período de 120 dias após sua aplicação (Prata et al. 2001). De acordo com estes autores a atividade microbiana pode ser dificultada por características químicas das moléculas como ligações de halogênios, anéis aromáticos altamente condensados, etc. No caso do ametryn, alguns fatores, como a inibição da síntese de enzimas por microorganismos capazes de atuar na sua degradação, a própria insolubilidade do composto, e a sorção e sua toxicidade, podem ocasionar baixa taxa de mineralização da molécula (Cardoso et al., 1992).

Como resultado do uso indiscriminado de agroquímicos, os lençóis freáticos podem vir a ser contaminados com resíduos dessas moléculas. Este fato tem gerado crescente e em conseqüentemente diversas pesquisas sobre o comportamento desses xenobióticos no ambiente têm sido desenvolvidas (Armas et al., 2005; Abate et al., 2004; Andrade, 2008). Segundo Silva et al. (2007), estudos de sorção e de meia-vida dos herbicidas no solo permitem estimar movimentação desses compostos no solo e fazer inferência sobre o potencial de contaminação dos recursos hídricos por estes produtos.

A sorção é o fenômeno de atração e retenção das moléculas, ou íons na superfície dos sólidos, e constitui um processo fundamental para a dinâmica dos compostos fitossanitários. Esses produtos apresentam comportamento complexo que é resultante de numerosas interações com os constituintes das diferentes frações do solo, sendo que as frações orgânica e argila são as principais influenciadoras no processo de sorção e, conseqüentemente, na movimentação dessas moléculas no solo (Boivin et al, 2005). Lopes et al. (2002), afirmam que de um modo geral, ao se estudar a sorção tem-se como propósito avaliar e quantificar as interações dos compostos químicos com o solo. Contudo, em razão da grande variabilidade nas características físicas e químicas entre os solos, é esperado que a sorção também varie de acordo com estas características (Firmino, et al., 2008).

Neste trabalho objetivou-se estimar por meios biológicos a sorção do herbicida ametryn em quatro Latossolos brasileiros, com diferentes características físicas e químicas.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho foram utilizadas amostras de quatro solos coletadas na profundidade de 0 a 20 cm, em diferentes localidades: Latossolo Amarelo (LA) do município de Sooretama - ES, sob área de cafezal abandonado; Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA) do município de Viçosa - MG, sob área de pastagem

degradada; Latossolo Vermelho-Amarelo Húmico (LVAh) do município de Viçosa - MG, sob área de mata atlântica e Latossolo Vermelho (LV) do município de Três Marias - MG, sob área de floresta de eucalipto.

Após a coleta, as amostras foram destorroadas, secas à sombra e passadas em peneira com malha de 4 mm. Posteriormente promoveu-se a caracterização química e física dessas amostras. A caracterização química foi feita segundo Embrapa (1997) (Tabela 1). Na caracterização física foram determinados os teores de argila, silte e areia pelo método da pipeta (Embrapa, 1997; Ruiz, 2005a; Ruiz 2005b) (Tabela 2) e o equivalente de umidade (Ruiz, 2007) e a capacidade de campo segundo fórmula proposta por Ruiz (2007) (Tabela 3).

Tabela 1 – Características químicas dos solos estudados

Solo	pH		P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	(t)	(T)	V	m	MO	P-rem
	H ₂ O	KCl	mg dm ⁻³		----- cmol _c dm ⁻³ -----							-----%-----	dag kg ⁻¹	mg L ⁻¹	
LVA	5,21	4,25	4,2	111	0,96	0,23	0,96	9,1	1,48	2,44	10,55	14,1	39,1	5,20	15,6
LVAh	4,81	4,09	3,9	48	1,26	0,71	1,06	11,5	2,10	3,16	13,63	15,4	33,5	6,16	16,9
LV	4,72	4,30	1,3	9	0,07	0,002	0,41	3,3	0,12	0,53	3,47	3,5	77,4	1,11	27,2
LA	6,20	5,75	8,8	125	3,37	1,09	0,00	1,5	4,77	4,77	6,31	75,7	0,0	1,58	53,0

Tabela 2 – Características físicas dos solos estudados

Solo	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Classe Textural
	----- dag kg ⁻¹ -----				
LVA	15	12	4	69	Muito Argiloso
LVAh	23	13	4	60	Muito Argiloso
LV	36	36	1	27	Franco Argilo Arenoso
LA	60	19	1	20	Franco Arenoso

Tabela 3 – Equivalente de umidade (E.U.) e capacidade de campo (C.C) dos solos avaliados

Tipo de Solo	E.U. (kg kg ⁻¹)	C.C. (kg kg ⁻¹)
Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA)	0,2776	0,3275
Latossolo Vermelho-Amarelo Húmico (LVAh)	0,2812	0,3307
Latossolo Vermelho (LV)	0,1080	0,1769
Latossolo Amarelo (LA)	0,0943	0,1647

Para cada solo foi efetuada uma curva de neutralização de acidez. Na sequência as amostras dos solos foram divididas em duas sub amostras, sendo uma delas corrigida a pH 6, após incubação por 7 dias com CaCO_3 e MgCO_3 na proporção de 4:1, em condição de umidade próxima à capacidade de campo.

Na realização do experimento, portanto, foram utilizados solos com dois valores de pH, sem a correção da acidez (pH Natural) e com a correção (pH próximo a 6,0). Visando corrigir possíveis deficiências em Ca e Mg nas amostras que não receberam calagem para elevar o pH, foi adicionado $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ e $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ até $1,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Ca^{2+} e $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Mg^{2+} . Posteriormente todas as amostras foram adubadas com 300 mg dm^{-3} de P_2O_5 na forma de superfosfato triplo. Os valores finais de pH, após a correção encontram-se na Tabela 4.

Para se estimar o potencial de adsorção do herbicida ametryn nas amostras de solo em estudo foram realizados ensaios biológicos preliminares com o objetivo de definir a dose do herbicida que inibia 50% de acúmulo de matéria seca da planta indicadora (*Cucumis sativus*) em cada substrato avaliado. Foi realizado um experimento no delineamento inteiramente, com quatro repetições para cada um dos oito substratos avaliados (areia lavada e os solos em estudo a diferentes valores de pH) isentos de herbicidas. A areia lavada (considerada como material inerte) foi obtida após prévia incubação com solução HCl de por 24 horas, seguida de nova incubação por mais 24 horas com solução de NaOH. Na sequência a areia foi lavada com água em abundância até se atingir pH 6,5.

Para instalação desses experimentos foram utilizados vasos contendo 280 cm^3 dos substratos (solos e areia lavada). Neste foi feito o semeio da espécie indicadora e aplicações de doses crescentes do herbicida ametryn (Tabela 5). Para estas aplicações utilizou-se um pulverizador pressurizado por CO_2 , equipado com barra de dois bicos XR11002, espaçados de 0,50 m aplicando-se o equivalente a 150 L ha^{-1} da calda contendo o herbicida. Os solos nos vasos foram mantidos próximo à capacidade de campo até a colheita do experimento que ocorreu aos 21 dias após a emergência (DAE). Para a manutenção do teor de água nos vasos, foram feitas irrigações diárias repondo-se a água evapotranspirada, utilizando-se o método gravimétrico. Além das irrigações as plantas foram tratadas com solução de complementação nutricional equilibrada diferenciada para cada um dos substratos.

Aos 21 dias após a semeadura, foi realizada a quantificação da matéria seca da parte aérea da planta indicadora. Para isso, todas as plantas foram cortadas rentes à superfície do solo e secadas em estufa de circulação forçada de ar ($70 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$) e, após isso, foi determinada a massa do tecido seco das plantas em balança com precisão de 0,01 g.

Tabela 4 – Variação dos valores de pH das amostras dos solos antes e após a correção da acidez

Tipo de Solo	pH natural	pH corrigido
Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA)	5,2	6,1
Latossolo Vermelho-Amarelo Húmico (LVAh)	4,8	6,2
Latossolo Vermelho (LV)	4,7	6,1
Latossolo Amarelo (LA)	6,2	**

** O LA não recebeu correção de acidez pois seu pH já estava acima de 6,0.

Tabela 5 – Doses do herbicida ametryn avaliadas em cada um dos substratos

Areia	LVA sc	LVA cc	LVAh sc	LVAh cc	LV sc	LV cc	LV sc
----- Doses do ametryn (g ha ⁻¹) -----							
0	0	0	0	0	0	0	0
15	500	500	500	500	200	100	50
30	700	700	750	700	400	200	100
60	800	800	1.000	800	500	250	200
75	900	900	1.250	900	550	300	400
90	1.000	1.000	1.750	1.000	600	350	500
----	1.100	1.100	----	1.100	650	500	----

Para interpretação dos resultados, os valores de massa da matéria seca da parte aérea foram comparados aos do tratamento sem herbicida (dose zero), sendo submetidos à análise estatística, utilizando-se o modelo log-logístico não-linear proposto por Seefeldt et al. (1995):

$$\hat{Y} = C + \frac{D - C}{1 + \frac{(X)^b}{C_{50}^b}}$$

em que C e D correspondem ao nível máximo e mínimo da curva de dose-resposta; b , ao declive da curva em torno do C_{50} ; e o C_{50} , à dose-resposta referente à redução de 50% da massa da matéria seca da parte aérea da planta indicadora.

A partir dos dados obtidos de C_{50} em solo e areia, utilizou-se a equação a seguir para expressar a relação de sorção (RS) do solo em relação à resposta obtida em areia para a espécie indicadora (Souza, 1994). Considerou-se que valores de

RS elevados indicam maior capacidade de sorção do herbicida no solo e, conseqüentemente, menor potencial de lixiviação do composto no perfil do solo.

$$RS = \frac{C_{50} \text{ solo} - C_{50} \text{ areia}}{C_{50} \text{ areia}}$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As porcentagens de matéria seca acumulada nas plantas de pepino (*Cucumis sativus*) em função das doses de ametryn aplicado aos diferentes substratos em relação à testemunha sem aplicação do herbicida, 21 dias após a emergência, estão representadas na Tabela 6, Figura 1 e Tabela 7. Na tabela 6 estão as equações ajustadas da sorção do herbicida nos diferentes solos, na Figura 1 as curvas de resposta de acúmulo de matéria seca pelas plantas indicadoras em função das doses de ametryn e na Tabela 7 os valores referentes ao C_{50} e a Relação de Sorção (RS) para cada solo. Ao se confrontar a relação de sorção entre os diferentes solos (Tabela 7), verifica-se que ocorreu maior sorção do ametryn no Latossolo Vermelho-Amarelo Húmico sem correção da acidez (pH 4,8) em comparação aos demais. O Latossolo Vermelho Amarelo, pH 5,4, com maior teor de argila em relação ao Latossolo Vermelho Amarelo Húmico, pH 4,8, e maior teor de matéria orgânica apresentou maior sorção (Tabela 2). Isso demonstra que neste tipo de solo e nestas condições de pH, a matéria orgânica foi mais importante do que a argila na sorção do ametryn. Estes resultados confirmam os de Brusseau e Rao (1989), os quais ressaltam que a matéria orgânica é o principal material que indisponibiliza herbicidas no solo, uma vez que, a mesma, possui sítios tridimensionais que atuam na retenção de compostos iônicos e não iônicos. Segundo Blumhorst et al. (1990) e Gonese e Weber (1998), a matéria orgânica é o principal componente do solo que afeta a retenção diferencial de herbicidas.

Observa-se que a sorção do ametryn, representada pela concentração do herbicida no solo que inibe em 50% o acúmulo de matéria seca da planta indicadora no solo (C_{50}), e a Relação de Sorção (Tabela 7) foi diferente para cada solo com e sem calagem. Isso pode ser atribuído as diferentes relações entre a molécula do herbicida e suas interações entre os sítios sortivos, sejam da matéria orgânica ou dos minerais de argila e condições do pH do meio. Essas interações podem ocorrer por ligações de hidrogênio e/ou por interações entre as moléculas do herbicida com os íons na superfície dos colóides (Oliveira et al., 2005).

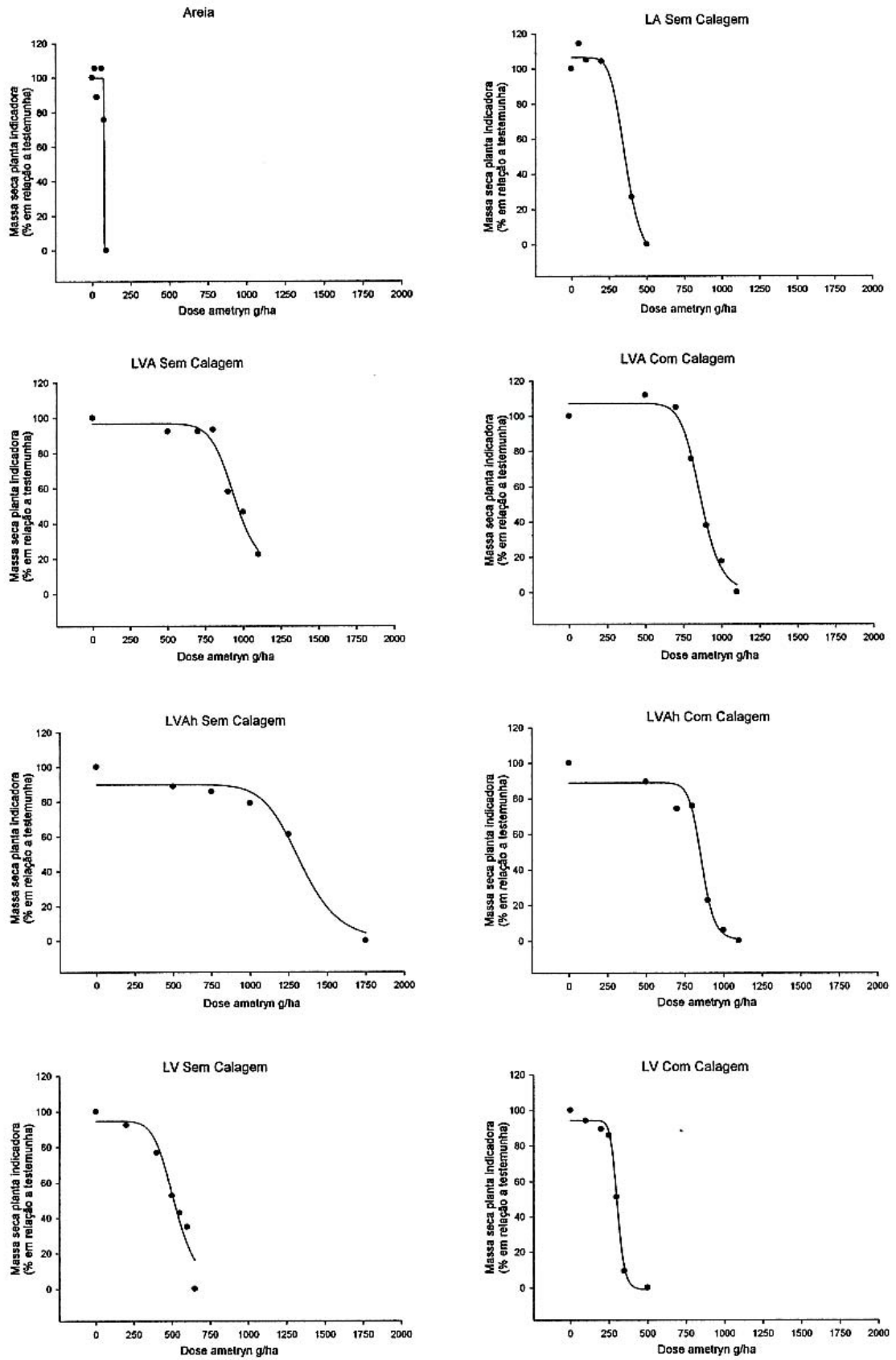


Figura 1 – Matéria seca da parte aérea de pepino aos 21 dias após a emergência, em diferentes substratos, tratado com doses crescentes de ametryn.

Tabela 6 – Equações de regressão ajustadas e coeficientes de determinação da matéria seca da parte aérea de pepino aos 21 dias após a emergência, em diferentes substratos, tratado com doses crescentes de ametryn

Substrato	Equação de Regressão	R ²
Areia	$\hat{Y} = -0,2672x^{-2} + \frac{99,9986 + 6,2802e^{-x}}{1 + \left(\frac{x}{76,0069}\right)^{0,7777}}$	0,97
LA sem calagem	$\hat{Y} = -11,6708 + \frac{106,4867 + 11,6708}{1 + \left(\frac{x}{888,8188}\right)^{0,4428}}$	0,99
LVA sem calagem	$\hat{Y} = 18,0464 + \frac{96,7818 - 18,0464}{1 + \left(\frac{x}{841,0864}\right)^{0,7777}}$	0,96
LVA com calagem	$\hat{Y} = \frac{107,2284 + 0}{1 + \left(\frac{x}{861,049}\right)^{0,7777}}$	0,99
LVAh sem calagem	$\hat{Y} = \frac{89,881 + 0}{1 + \left(\frac{x}{1826,77}\right)^{0,7777}}$	0,97
LVAh com calagem	$\hat{Y} = 0,6996 + \frac{88,8442 - 0,6996}{1 + \left(\frac{x}{888,886}\right)^{0,7777}}$	0,97
LV sem calagem	$\hat{Y} = \frac{94,6776 + 0}{1 + \left(\frac{x}{618,1866}\right)^{0,7777}}$	0,94
LV com calagem	$\hat{Y} = -1,0928 + \frac{94,2674 + 1,0928}{1 + \left(\frac{x}{808,1781}\right)^{0,7777}}$	0,99

No caso dos solos estudados verificou-se aumento da sorção do ametryn com o aumento da CTC. Este fato pode ser atribuído a incrementos dos teores de argila e ou de matéria orgânica dos solos responsáveis por grande parte da sorção de herbicidas de caráter básico no solo (Silva e Silva, 2007). Entretanto, no Latossolo Vermelho Amarelo Húmico a maior sorção do ametryn foi observada no pH 4,8, valor mais próximo do pKa do herbicida (4,1). De acordo com Mersie e Foy, (1985) e Oliveira et al. (2005), maiores valores de sorção de herbicidas ionizáveis ocorrem em valores de pH próximos ao seu pKa. Todavia, quando se elevou o pH do Latossolo Vermelho Amarelo Húmico de 4,8 para 6,2, ocorreu redução da relação de sorção do ametryn (Tabela 7). Isso significa que nesse pH a quantidade de herbicida disponível na solução do solo aumenta, corroborando com resultados apresentados por Andrade (2008). Observou-se também o mesmo comportamento no Latossolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Vermelho, quando se promoveu a calagem e elevação do pH dos mesmos.

Tabela 7 – Características químicas e físicas dos solos e concentração do herbicida no solo que inibe 50% de acúmulo de matéria seca da planta indicadora (C_{50}) e Razão de Sorção (RS)

Substrato	pH (H ₂ O)	Teor de Argila (dag kg ⁻¹)	M.O. (dag kg ⁻¹)	CTC Total (cmol _c dm ⁻³)	C ₅₀ (g ha ⁻¹)	RS
Areia	7,0	----	-----	-----	76,07	1,00
LA ^{sc}	6,2	20	1,58	4,18	358,82	3,72
LVA ^{sc}	5,2	69	5,20	10,29	941,09	11,37
LVA ^{cc}	6,1	69	5,20	10,29	861,05	10,32
LVAh ^{sc}	4,8	60	6,16	12,15	1.307,71	16,44
LVAh ^{cc}	6,2	60	6,16	12,15	858,60	10,29
LV ^{sc}	4,7	27	1,11	3,54	519,20	5,83
LV ^{cc}	6,1	27	1,11	3,54	303,18	2,99

^{sc}/ Sem correção de acidez. ^{cc}/ Com correção da acidez.

A ordem decrescente da relação de sorção do ametryn nos solos estudados (Tabela 5): LVAh pH 4,8 < LVA pH 5,2 < LVA pH 6,1 < LVAh pH 6,2 < LV pH 4,7 < LA pH 6,2 < LV pH 6,1, confirma a importância da calagem e do tipo de solo na capacidade sortiva deste herbicida no solo.

Concluiu-se que a sorção do ametryn é muito influenciada pelo pH, pelo teor de matéria orgânica do solo e CTC. Num mesmo tipo de solo o aumento do pH proporcionou redução da sorção do herbicida. O Latossolo Vermelho-Amarelo Húmico com menor valor de pH 4,8, maior teor de matéria orgânica e maior CTC apresentou maior razão de sorção (16,44) quando comparado ao Latossolo Vermelho pH 6,1 e RS 2,99, o qual continha menor teor de matéria orgânica e CTC. Isso indica necessidade de conhecimento das características físicas e químicas do solo quando se pretende recomendar esse herbicida, não apenas para definir as doses a serem recomendadas mas, também, para evitar a lixiviação do herbicida no perfil do solo.

LITERATURA CITADA

ABATE, G.; PENTEADO, J. C.; CUZZI, J. D.; VITTI, G. C.; LICHTIG, J.; MASINI, J.C. Influence of humic acid on adsorption on desorption of atrazine, hydroxyatrazine, deethylatrazine, and diisopropylatrazine onto a clay-rich soil sample. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.52, p. 6747-6754, 2004.

ALVAREZ V., V.H. **Equilíbrio de formas disponíveis de fósforo e enxofre em dois Latossolos de Minas Gerais**. 1974. 125p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG.

ANDRADE, S. R. B., 2008. **Avaliação da sorção, dessorção e persistência do ametryn em Argissolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Vermelho-Amarelo**. 2008. 83p. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG.

ARMAS, E. D. ; MONTEIRO, R. T. R. ; AMÂNCIO, A. V. ; CORREA, R. M. L. ; GUERCIO, M. A. Uso de agrotóxicos em cana-de-açúcar na bacia do rio Corumbataí e o risco de poluição hídrica. **Química Nova**, v. 28, n. 6, p. 975-982, 2005.

BLUMHORST, M.R.; WEBER, J.B. Chemical versus microbial degradation of cynazine and atrazine in soil. *Pest. Sci.* , v.42, p. 79-84, 1994.

BOIVIN, A.; CHERRIER, R. SCHIAVON, M. A comparison of five pesticides adsorption and desorption processes in thirteen contrasting field soils. **Chemosphere**, v. 61, p. 668–676, 2005.

BRUSSEAU, M. L.; RAO, P. S. C. The influence of sorbate-organic matter interactions on sorption nonequilibrium. **Chemosphere**, v. 18 n. 9/10, p. 1691-1706, 1989.

CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. **Microbiologia do solo**. Campinas: SBCS, 1992. 360p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

EUROPEAN WEED RESEARCH COUNCIL. Report of 3rd and 4th meetings of EWRC. Citiee of methods in weed research. **Weed Res.**, v. 4, p. 88, 1964.

EXTOXNET - Extension Toxicology Network. Disponível em: <http://extoxnet.orst.edu/pips/ametryn.htm>. Acesso em: 24 de julho de 2008.

FIRMINO, L. E. et al. Movimento do herbicida imazapyr no perfil de solos tropicais. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 26, n. 2, p. 395-402, 2008.

GONESE, J.U.; WEBER, J.B. Herbicide rate recommendations: soil parameter equations vs. registered rate recommendations. **Weed Tech.**, v.12, p. 235-242, 1998.

HERNANDEZ, D.D.; ALVES, P.L.C.A.; MARTINS, J.V.F. Influência do resíduo de colheita de cana-de-açúcar sem queima sobre a eficiência dos herbicidas imazapic e imazapic + pendimethalin. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 19, n. 3, p. 419-426, 2001.

LOPES, N. P.; QUEIROZ, M. E. L. R.; NEVES, A. A.; ZAMBOLIM, L. Influência da matéria orgânica na adsorção do fungicida triadimenol pelo solo. **Química Nova** 25: 544-547, 2002.

MERSIE, W.; FOY, C. L. Phytotoxicity and adsorption of chlorsulfuron as affected by soil properties. **Weed Sci.**, v. 33, n. 4, p. 564-568, 1985.

OLIVEIRA, M. F. et al. Sorção e hidrólise do herbicida Flazasulfuron. **Planta Daninha**, v.23, n.1, p. 101-113, 2005.

DE PAULA, R. T. **Mobilidade de atrazine e ametryn em Latossolo Vermelho-Amarelo**. Viçosa-MG: UFV, 2007. 105 p. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) - Universidade Federal de Viçosa, 2007.

PEIXOTO, M. F. S. P. **Distribuição do herbicida ¹⁴C-atrazine na matéria orgânica de dois solos e remobilização de seus resíduos ligados em ácidos fúlvicos**. 1998. 80f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luis de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 1998.

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

PRATA, F.; LAVORENTI, A. Comportamento de herbicidas no solo: influência da matéria orgânica. **Revista Biociências**, Taubaté, SP, v. 6, n.2, II semestre. 2000.

PRATA, F.; LAVORENTI, A.; REGITANO, J. B.; TORNISIELO, V. L. Degradação e sorção de ametryn em dois solos com aplicação de vinhaça. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p. 975-981, jul. 2001.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 5.ed. Londrina, PR, 2005. 592 p.

RUIZ, H.A. Métodos de análises físicas do solo. Viçosa, UFV/DPS, 2004. 22p. (Notas de aula).

RUIZ, H.A. Dispersão física do solo para análise granulométrica por agitação lenta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30., 2005, Recife - PE. **CD-ROM**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005a.

RUIZ, H.A. Incremento da exatidão da análise granulométrica do solo por meio da coleta da suspensão (silte + argila). **R. Bras. Ci. Solo**, 29:297-300, 2005b.

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

SILVA, A. A.; SILVA, J.F. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. 1. ed. Viçosa: Editora UFV, 2007. v. 1. 367 p.

SOUZA, A.P. de. **Atividade de oxyfluorfen, 2,4-D e glyfosate em solos de diferentes texturas na presença e na ausência de composto orgânico**. Viçosa - MG, UFV. (Dissertação de mestrado), 71p. 1994.

UNICA – União da Indústria de Cana-de-açúcar. Disponível em: <http://www.unica.com.br/content/show.asp?cntCode=9E97665F-3A81-46F2-BF69-26E00C323988>, Acesso em: 14 de novembro de 2009.

MOBILIDADE DO AMETRYN EM SOLOS COM DIFERENTES CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS

Ametryn mobility in soils with different physical and chemical characteristics

RESUMO

Objetivou-se com este trabalho avaliar a mobilidade do ametryn em quatro tipos de solos (LVA, LVAh, LV e LA) com diferentes valores de pH. Foram coletadas amostras desses solos à profundidade de 0-20 cm. Após a caracterização física e química dos solos plotou-se as curvas de neutralização de cada um deles. Em seguida fez-se a correção de acidez dos solos (LVA, LVAh e LV), visando valores de pH próximos a 6,0. O LA foi avaliado apenas no valor de pH 6,2. A avaliação da mobilidade do ametryn nos diferentes solos foi realizada utilizando colunas de PVC de 10 cm de diâmetro por 50 cm de comprimento, devidamente preparadas para estudos de mobilidade de herbicidas. Após o enchimento dessas colunas com os diferentes solos, estas foram saturadas com água e colocadas na posição vertical por 48 horas para drenagem. Após este período, foi aplicado no topo dessas o ametryn na dose equivalente a 4,0 kg ha⁻¹ e, 12 horas após, se fez a simulação de uma chuva de 60 mm no topo das colunas. Após 72 horas as colunas foram colocadas na posição horizontal e abertas longitudinalmente. O Nesta abertura foi semeada ao longo delas a espécie indicadora (*Cucumis sativus*) a fim de se avaliar a mobilidade do ametryn nos solos. Foram avaliados ao todo 70 tratamentos sendo sete solos e 10 profundidades (2,5; 7,25; 12,5; 17,5; 22,5; 27,5; 32,5; 37,5; 42,5 e 47,5 cm), mais uma testemunha sem herbicida de cada solo. Concluiu-se que os teores de argila, de matéria orgânica, a CTC e o pH influenciaram a mobilidade do ametryn nos solos estudados.

Palavras-chave: herbicida, lixiviação, teor de argila, CTC, pH do solo.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluating ametryn mobility in four types of soils (LVA, LVAh, LV and LA) at different pH values. Samples of these soils were collected at the depth of 0-20 cm. After physical and chemical characterization of the soils, the neutralization curves of each soil were plotted. Then, it was performed the correction of the acidity of the soils (LVA, LVAh and LV), for pH values close to 6,0. LA

was evaluated only at pH 6,2. The evaluation of ametryn mobility in the different soils was performed using PVC columns with 10 cm of diameter and 50 cm of length, duly prepared for the studies on herbicide mobility. After being filled with the different soils, these columns were saturated with water and placed in the vertical position for 48 hours for drainage. Next, 4,0 kg ha⁻¹ of the herbicide ametryn was applied to the top of these columns and, 12 hours later, it was performed a simulation of a rain of 60 mm at the top of the columns. Seventy-two hours after that, the columns were placed in the horizontal position and opened longitudinally. The indicator species (*Cucumis sativus*) was sown in this opening, along the columns, in order to evaluate the ametryn mobility in the soils. A total of 70 treatments were evaluated - seven substrates (soils) and ten depths (2,5; 7,25; 12,5; 17,5; 22,5; 27,5; 32,5; 37,5; 42,5 and 47,5 cm), besides a control of each soil without herbicide. It was concluded that the contents of clay, organic matter, CTC and the pH value affected the ametryn mobility in the soils evaluated.

Keywords: herbicide, leaching, content of clay, CTC, soil pH.

INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores de alimentos no mundo. Isto se deve a grande área cultivada e as ótimas produtividades obtidas nas culturas de exportação (soja, cana-de-açúcar, milho e algodão). O cultivo intensivo de extensas áreas tem sido possível com a utilização de herbicidas, tornando-se imprescindível em sistemas de plantio direto e na produção da “cana crua”. A cultura da cana-de-açúcar vem crescendo nos últimos anos basicamente nas áreas antes ocupadas por pastagens degradadas no Brasil Central (CONAB, 2009). Neste cenário a intensificação da utilização de herbicidas de longo efeito residual pode causar sérios problemas ambientais como a contaminação do solo, da água e da microbiota do solo (Inoue et al., 2003).

Segundo Landry et al. (2006) na Europa é frequente encontrar resíduos de herbicidas em águas subterrâneas em concentrações superiores a 0,1 µg L⁻¹, limite máximo admitido pela Comunidade Européia para a água potável. Segundo esses autores isso se deve ao uso intensivo de herbicidas aplicados em pré-emergência tais como diuron, atrazine, simazine e terbutylazine. Na Califórnia são relatados casos de contaminação de águas subterrâneas por bromacil, herbicida muito utilizado no passado em citros (Futch e Singh, 1999). No estado de São Paulo, os relatos são de

contaminação de cursos d'água por ametryn, atrazine e simazine, herbicidas utilizados na cana-de-açúcar (Monteiro et al., 2008). Singh (2003) afirma que lençóis aquíferos subterrâneos de regiões agrícolas dos Estados Unidos chegam a estar contaminados por herbicidas, alcançando contaminação dez vezes superior aos limites máximos estabelecidos naquele país.

O ametryn é o principal herbicida utilizado na cultura da cana-de-açúcar. Entretanto, ele é pouco estudado nos solos brasileiros, na sua maioria muito intemperizados. Acredita-se que esse herbicida, em função de suas características físicas e químicas, também seja contaminante de águas superficiais e subterrâneas (Cabral et al., 2003; Vivian et al., 2007). Além disso, muitos trabalhos relatam a presença do ametryn e seus metabólitos de degradação em águas superficiais e subterrâneas, em concentrações capazes de causar injúrias ao meio ambiente e à saúde animal (Wauchope, 1978; Zhang et al, 1997; Ueta et al., 2001).

Laabs et al. (2002), ao estudarem a contaminação de agroquímicos utilizados na agricultura na região nordeste do pantanal Mato-Grossense, verificaram resíduos de ametryn em baixa concentração nas amostras coletadas de águas superficiais. No entanto, as amostras de sedimentos apresentaram concentrações superiores a $4,5 \mu\text{g kg}^{-1}$. A alta frequência de detecção de ametryn juntamente com sua elevada concentração em algumas amostras foi atribuída ao intenso cultivo de cana-de-açúcar no nordeste do pantanal.

A dinâmica de um herbicida no ambiente e o seu efeito residual no solo é condicionado pelas propriedades físicas e químicas do produto utilizado, às condições climáticas no momento da aplicação e no decorrer da persistência do herbicida no solo, e às características edáficas, dentre outros fatores. As interações entre os componentes edafoclimáticos e o produto químico utilizado determinam a disponibilidade do herbicida no solo e, conseqüentemente, sua eficiência no controle de plantas daninhas e na seletividade para a espécie cultivada (Cristoffoleti e Lopez-Ovejero, 2005).

Os processos de sorção e dessorção influenciam diretamente o destino e movimentação dos herbicidas no solo. A textura, a mineralogia da fração argila, o teor de matéria orgânica e as condições climáticas, são fundamentais na dinâmica dos herbicidas no solo aplicados em pré-emergência (Carter, 2000). Quanto aos herbicidas de elevada capacidade sortiva, o teor de matéria orgânica no solo é importante na lixiviação e na sua disponibilização no ambiente (Senesi et al., 1994).

De acordo com Fontes et al. (2001), os solos tropicais devido a sua formação e por influência da sua mineralogia, têm predomínio de cargas dependentes de pH. Esses solos apresentam de maneira geral boa porosidade e alta permeabilidade como

características físicas desejáveis, mas por outro lado, têm alta acidez e baixa capacidade de troca catiônica (CTC).

Para herbicidas aplicados em pré-emergência, é necessário que ocorra certa lixiviação nos primeiros centímetros do perfil do solo, visando aumentar a eficiência de controle de plantas daninhas, e reduzir possíveis perdas por erosão e foto-degradação (Gelmini, 1988). Todavia, esse autor argumenta que, quando ocorre lixiviação descendente excessiva, podem ocorrer problemas de contaminação de lençóis freáticos, além de subdoses dos ingredientes ativos nas camadas mais superficiais do solo, prejudicando o controle das plantas daninhas.

Diante do exposto o objetivo do presente trabalho foi avaliar a mobilidade do herbicida ametryn em solos com diferentes características físicas e químicas, buscando incrementar o nível de conhecimento da dinâmica desse produto em solos tropicais.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho foram utilizadas amostras de quatro solos coletadas na profundidade de 0 a 20 cm, em diferentes localidades: Latossolo Amarelo (LA) do município de Sooretama - ES, sob área de cafezal abandonado; Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA) do município de Viçosa - MG, sob área de pastagem degradada; Latossolo Vermelho-Amarelo Húmico (LVAh) do município de Viçosa - MG, sob área de mata atlântica e Latossolo Vermelho (LV) do município de Três Marias - MG, sob área de floresta de eucalipto.

Após a coleta, as amostras foram destorroadas, secas à sombra e passadas em peneira com malha de 4 mm. Posteriormente promoveu-se a caracterização química e física dessas amostras. A caracterização química foi feita segundo Embrapa (1997) (Tabela 1). Na caracterização física foram determinados os teores de argila, silte e areia pelo método da pipeta (Embrapa, 1997; Ruiz, 2005a; Ruiz 2005b) (Tabela 2) e o equivalente de umidade (Ruiz, 2007) e a capacidade de campo segundo fórmula proposta por Ruiz (2007) (Tabela 3).

Para cada solo foi efetuada uma curva de neutralização de acidez. Na sequência as amostras dos solos foram divididas em duas sub amostras, sendo uma delas corrigida a pH 6, após incubação por 7 dias com CaCO_3 e MgCO_3 na proporção de 4:1, em condição de umidade próxima à capacidade de campo. Na realização do experimento, portanto, foram utilizados solos com dois valores de pH, sem a correção da acidez (pH Natural) e com a correção (pH próximo a 6,0). Visando corrigir possíveis deficiências em Ca e Mg nas amostras que não receberam calagem para elevar o pH, foi adicionado $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ e $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ até $1,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Ca^{2+} e $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de

Mg²⁺. Posteriormente todas as amostras foram adubadas com 300 mg dm⁻³ de P₂O₅ na forma de superfosfato triplo. Os valores finais de pH, após a correção encontram-se na Tabela 4.

Tabela 1 – Características químicas dos solos estudados

Solo	pH		P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	(t)	(T)	V	m	MO	P-rem
	H ₂ O	KCl	mg dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³							-----%-----		dag kg ⁻¹	mg L ⁻¹
LVA	5,21	4,25	4,2	111	0,96	0,23	0,96	9,1	1,48	2,44	10,55	14,1	39,1	5,20	15,6
LVAh	4,81	4,09	3,9	48	1,26	0,71	1,06	11,5	2,10	3,16	13,63	15,4	33,5	6,16	16,9
LV	4,72	4,30	1,3	9	0,07	0,002	0,41	3,3	0,12	0,53	3,47	3,5	77,4	1,11	27,2
LA	6,20	5,75	8,8	125	3,37	1,09	0,00	1,5	4,77	4,77	6,31	75,7	0,0	1,58	53,0

pH em água e KCl – Relação 1:2,5
P – Na – K – Fe – Zn – Mn – Cu – Extrator Mehlich 1
Ca – Mg – Al – Extrator: KCl – 1 mol L⁻¹
H + Al – Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol L⁻¹ – pH 7,0
SB = Soma de Bases Trocáveis

CTC (t) – Capacidade de Troca Catiônica Efetiva
CTC (T) – Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0
V = Índice de Saturação de Bases
m = Índice de Saturação de Alumínio
Mat. Org. (MO) = C.Org x 1,724 – Walkley-Black
P-rem = Fósforo Remanescente

Tabela 2 – Características físicas dos solos estudados

Solo	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Classe Textural
	----- dag kg ⁻¹ -----				
LVA	15	12	4	69	Muito Argiloso
LVAh	23	13	4	60	Muito Argiloso
LV	36	36	1	27	Franco Argilo Arenoso
LA	60	19	1	20	Franco Arenoso

Tabela 3 – Equivalente de umidade (E.U.) e capacidade de campo (C.C) dos solos avaliados

Tipo de Solo	E.U. (kg kg ⁻¹)	C.C. (kg kg ⁻¹)
Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA)	0,2776	0,3275
Latossolo Vermelho-Amarelo Húmico (LVAh)	0,2812	0,3307
Latossolo Vermelho (LV)	0,1080	0,1769
Latossolo Amarelo (LA)	0,0943	0,1647

Tabela 4 – Variação dos valores de pH das amostras dos solos antes e após a correção da acidez

Tipo de Solo	pH natural	pH corrigido
Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA)	5,2	6,1
Latossolo Vermelho-Amarelo Húmico (LVAh)	4,8	6,2
Latossolo Vermelho (LV)	4,7	6,1
Latossolo Amarelo (LA)	6,2	**

** O LA não recebeu correção de acidez pois seu pH já estava acima de 6,0.

Os solos foram acondicionados em colunas de PVC de 10 cm de diâmetro por 50 cm de comprimento, previamente preparadas e recobertas internamente por uma camada de parafina para se evitar o escoamento lateral da água a ser aplicada. Todas as colunas foram marcadas e seccionadas a cada 5 cm de distância com tampa lateral removível (Figura 1). Após o preenchimento das colunas com as amostras de solo, estas foram saturadas com água, de baixo para cima, visando eliminar o ar aprisionado nos poros. A saturação foi alcançada colocando-se a coluna dentro de um recipiente com água mantida até 80 % da altura da coluna, por um período de 48 horas. Posteriormente as colunas foram deixadas na posição vertical, vedando-se a seguir a parte superior com filme de polipropileno e papel alumínio. Após isso, foram deixadas em repouso por 72 horas visando-se drenar o excesso de água.

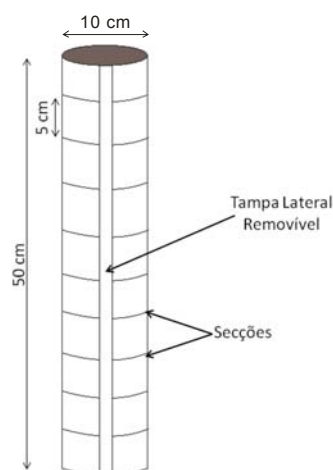


Figura 1 – Esquema da coluna usada nas avaliações experimentais.

Posteriormente foi feita a aplicação do herbicida ametryn, no topo das colunas utilizando-se de um pulverizador de precisão, equipado com dois bicos TT 110.02, espaçados de 0,5 m, mantidos a pressão de 2,5 bar, na dose de 4,0 kg ha⁻¹, sendo esta a dose máxima recomendada para o controle de plantas daninhas na cultura de cana-de-açúcar (Rodrigues e Almeida, 2005) colunas. Doze horas após a aplicação do herbicida, estando as colunas ainda na posição vertical, procedeu-se a simulação de chuva com a aplicação de lâmina única de 60 mm, por 3 horas. Foram acoplados quatro pluviômetros nas paredes laterais das colunas com o propósito de se aferir a precipitação pluvial.

Após isso, as colunas permaneceram novamente por 72 horas na posição vertical, sendo em seguida colocadas na posição horizontal. Nessa ocasião foi feita a abertura lateral das colunas e o seccionamento do solo de cada coluna a cada 5 cm

com lâmina de PVC (Figura 2), no intuito de se evitar que o sistema radicular das plantas indicadoras crescesse além de um segmento. Na linha central da abertura lateral das colunas foi feito um sulco de 1,0 cm de profundidade, onde foram semeadas três sementes de pepino (*Cucumis sativus*), por segmento de 5 cm como planta indicadora da presença do ametryn.

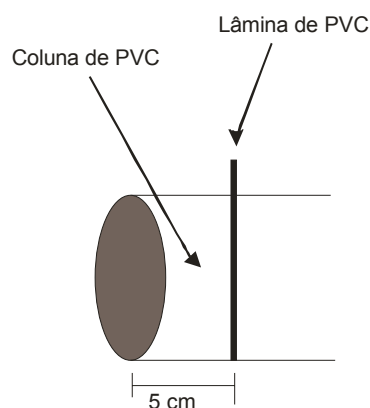


Figura 2 – Esquema do seccionamento da coluna com lâminas de PVC a cada 5 cm.

A umidade do solo nas colunas durante a realização deste ensaio foi mantida por meio de irrigações diárias, mantendo-se o solo próximo a capacidade de campo. Nas irrigações foi utilizado o método gravimétrico, pesando-se diariamente as colunas e recompondo seu peso com água. Para proporcionar bom crescimento das plantas de pepino, aplicou-se solução de complementação nutricional (Alvarez V., 1974, modificada), semanalmente. Estas soluções foram preparadas com concentrações diferentes, em função dos solos e da correção ou não da acidez. A soma das três aplicações das soluções forneceu a cada tipo de solo nas colunas as seguintes doses de nutrientes: 300 mg dm⁻³ de N, 200 mg dm⁻³ de K, 0,81 mg dm⁻³ de B, 3,66 mg dm⁻³ de Mn, 4 mg dm⁻³ de Zn, 1,33 mg dm⁻³ de Cu, 1,56 mg dm⁻³ de Fe e 0,15 mg dm⁻³ de Mo.

A avaliação da mobilidade do herbicida nas colunas de solo foi feita por método indireto avaliando-se o índice de intoxicação das plantas aos 14 dias após a emergência (DAE) e pelo acúmulo de matéria seca e fresca das plantas por ocasião da colheita do experimento. Além disto, foi realizada uma segunda caracterização química das amostras (Tabela 5).

Na avaliação do índice de intoxicação das plantas indicadoras foram atribuídas notas de 0 (ausência de intoxicação) a 100 (morte da planta) de acordo com a

Tabela 6. Na avaliação da matéria fresca, todas as plantas foram cortadas rentes à superfície do solo e feita a determinação de massa do tecido fresco em balança com precisão de 0,01 g. Após secagem desse material em estufa de circulação forçada de ar (70 ± 1 °C) até peso constante, foi determinada a massa da matéria seca das plantas utilizando-se a mesma precisão de pesagem.

Tabela 5 – Características químicas dos solos estudados posterior a adubação

Solo	pH		P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	(t)	(T)	V	m	MO	P-rem
	H ₂ O	KCl	mg dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³							-----%-----	dag kg ⁻¹	mg L ⁻¹	
LVA sc	4,73	4,24	73,2	131	2,00	0,32	0,32	9,7	2,66	3,34	12,39	21,4	20,4	4,48	18,3
LVA cc	5,46	5,00	62,6	126	5,06	0,93	0,00	6,1	6,31	6,31	12,38	51,0	0,0	4,52	26,1
LVAh sc*	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
LVAh cc	5,08	4,84	59,7	101	5,86	1,98	0,00	6,7	8,07	8,07	14,74	54,8	0,0	5,37	32,3
LV sc	4,44	4,25	85,8	150	1,01	0,31	0,24	4,0	1,70	1,94	5,67	30,1	12,1	0,98	39,2
LV cc	4,74	4,54	88,2	100	1,80	0,27	0,06	3,7	2,33	2,39	6,03	38,6	2,7	1,02	42,2
LA sc	5,24	5,06	84,2	135	3,81	0,98	0,00	2,6	5,13	5,13	7,77	66,1	0,0	1,79	60,0

*Amostra perdida.

sc - sem calagem; cc - com calagem.

pH em água e KCl – Relação 1:2,5

P – Na – K – Fe – Zn – Mn – Cu – Extrator Mehlich 1

Ca – Mg – Al – Extrator: KCl – 1 mol L⁻¹

H + Al – Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol L⁻¹ – pH 7,0

SB = Soma de Bases Trocáveis

CTC (t) – Capacidade de Troca Catiônica Efetiva

CTC (T) – Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0

V = Índice de Saturação de Bases

m = Índice de Saturação de Alumínio

Mat. Org. (MO) = C.Org x 1,724 – Walkley-Black

P-rem = Fósforo Remanescente

Tabela 6 – Escala de sintomas de intoxicação provocados pelo ametryn em plantas de pepino (*Cucumis sativus*)

Nota	Descrição dos sintomas
0	Ausência de intoxicação nas plantas
20	20% de intoxicação nas plantas
40	40% de intoxicação nas plantas
60	60% de intoxicação nas plantas
80	80% de intoxicação nas plantas
100	Todas as plantas mortas

Fonte: Escala EWRC (1964), modificada.

Foram avaliados 70 tratamentos, sendo considerados sete tipos de solos e 10 profundidades com intervalos de 5 cm. Além disso, foi utilizada uma testemunha (sem herbicida) para cada solo. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, no esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas os solos e nas subparcelas as profundidades, com quatro repetições (Quadro 1 - Apêndice).

Para a interpretação dos resultados, os dados obtidos no bioensaio foram submetidos à análise de variância e de regressão. Na escolha dos modelos foi levada em consideração a resposta biológica, a significância dos coeficientes de regressão e os coeficientes de determinação. Quanto ao fator qualitativo as médias foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey, adotando-se o nível de 5 % de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação da mobilidade do ametryn nas colunas preenchidas com solo sob diferentes condições de pH foi influenciada pelas características físicas e químicas de cada solo. A partir dos valores médios obtidos de matéria fresca e seca e índice de intoxicação visual, foi realizado um teste médias, traçados os gráficos e calculadas as equações de regressão (Tabelas 7, 8, 9, 10, 11, 12 e Figuras 3 a 5). Estes dados mostram que o herbicida afetou o crescimento das plantas de pepino em todos os solos no primeiro segmento (5 cm), independente do pH do solo (Figura 1 - Apêndice).

Considerando a mesma classe de solo e os dois valores de pH avaliados (natural e corrigido), ficou evidente que a mobilidade do ametryn foi influenciada positivamente pelo aumento do pH. Isso fez com que o herbicida tivesse a sua mobilidade aumentada, causando maiores intoxicações nas plantas de pepino, afetando o seu crescimento e provocando menor acúmulo de matéria fresca e seca. Em condições em que o pH do solo está próximo ao valor do pK_a dos herbicidas básicos, como o ametryn, pode ocorrer a protonação das moléculas, assumindo cargas positivas (Ferri et al., 2000). Essas cargas podem promover a adsorção do ametryn aos colóides do solo, que apresentam predominantemente cargas negativas (Lindsay, 2001). Isso explica o fato do ametryn ter tido maior mobilidade nos solos com maiores valores de pH e estão de acordo com Hartzler et al. (1989), que verificaram que o pH afeta a disponibilidade de herbicidas na solução do solo.

Comparando-se as curvas de intoxicação visual de cada solo, verifica-se que em tipos diferentes de solo, com valores próximos de pH, houve diferenças na mobilidade do ametryn a qual foi influenciada pelo teor de argila, matéria orgânica e CTC (Tabelas 1 e 2). Ao se analisar os resultados obtidos dos índices de intoxicação visual, ocorreram menor intensidade de sintomas visuais ao longo da coluna nas plantas de pepino no LVA, este fato indica menor mobilidade do ametryn (Figura 5). Esse solo tem o maior teor de argila e o segundo maior valor de CTC e teor de matéria orgânica. O solo com maior CTC e teor de matéria orgânica e, segundo maior teor de argila, o LVAh, apresentou a segunda menor mobilidade do ametryn.

Tabela 7 – Valores médios da Matéria Fresca produzidas pelas plantas de pepino cultivadas nos segmentos das colunas, referentes a diferentes profundidades nos solos estudados

Solo	Matéria Fresca da parte aérea (g)									
	2,5 cm	7,5 cm	12,5 cm	17,5 cm	22,5 cm	27,5 cm	32,5 cm	37,5 cm	42,5 cm	47,5 cm
LVA sc	0,00 A	5,01 AB	5,72 ABC	5,52 AB	6,07 A	6,57 AB	5,12 A	4,65 B	4,64 A	4,02 A
LVA cc	0,00 A	5,99 AB	6,05 AB	7,12 A	7,17 A	7,73 A	6,40 A	6,94 AB	6,92 A	4,19 A
LVAh sc	0,00 A	3,20 B	3,44 BC	3,34 BC	4,27 A	4,23 B	3,92 A	4,09 B	3,99 A	3,19 A
LVAh cc	0,00 A	6,40 A	7,10 A	5,16 AB	6,45 A	5,58 AB	6,38 A	5,28 AB	6,28 A	5,50 A
LV sc	0,00 A	0,09 C	2,84 CD	4,68 AB	5,05 A	5,95 AB	6,19 A	4,85 AB	5,37 A	3,92 A
LV cc	0,00 A	0,00 C	0,20 D	1,16 C	6,61 A	6,18 AB	6,28 A	6,10 AB	5,53 A	3,59 A
LA sc	0,00 A	0,00 C	5,64 ABC	6,24 AB	6,37 A	7,30 AB	6,48 A	7,90 A	6,34 A	4,25 A
CV (%) da parcela	----- 60,00 -----									
CV (%) da subparcela	----- 27,62 -----									

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. sc – sem correção de acidez; cc – com correção de acidez.

Tabela 8 – Valores médios da Matéria Seca produzidas pelas plantas de pepino cultivadas nos segmentos das colunas, referentes a diferentes profundidades nos solos estudados

Solo	Matéria Seca da parte aérea (g)									
	2,5	7,5	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5	42,5	47,5
LVA sc	0,00 A	0,30 BC	0,35 ABC	0,33 AB	0,37 A	0,41 A	0,33 A	0,30 A	0,31 A	0,26 A
LVA cc	0,00 A	0,48 AB	0,43 AB	0,48 A	0,47 A	0,51 A	0,45 A	0,48 A	0,48 A	0,30 A
LVAh sc	0,00 A	0,22 CD	0,24 BCD	0,24 BC	0,30 A	0,29 A	0,25 A	0,29 A	0,32 A	0,22 A
LVAh cc	0,00 A	0,58 A	0,55 A	0,45 AB	0,51 A	0,43 A	0,49 A	0,36 A	0,48 A	0,39 A
LV sc	0,00 A	0,00 D	0,19 CD	0,30 ABC	0,33 A	0,40 A	0,38 A	0,30 A	0,32 A	0,25 A
LV cc	0,00 A	0,00 D	0,01 D	0,07 C	0,41 A	0,40 A	0,38 A	0,37 A	0,38 A	0,22 A
LA sc	0,00 A	0,00 D	0,41 ABC	0,38 AB	0,39 A	0,47 A	0,37 A	0,44 A	0,39 A	0,25 A
CV (%) da parcela	----- 69,21 -----									
CV (%) da subparcela	----- 31,16 -----									

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. sc – sem correção de acidez; cc – com correção de acidez.

Esses resultados diferem de Vivian et al. (2007); Correa e Velini (2005); Tavares et al. (2005) e Andrade (2008), que relatam que maiores teores de matéria orgânica no solo proporciona maior sorção do ametryn. Esse herbicida é uma base fraca e tem suas moléculas atraídas eletrostaticamente pelos grupos carboxílicos, fenólicos, dentre outros da matéria orgânica, deixando-o assim menos disponível na solução do solo diminuindo a absorção pelas plantas. Neste trabalho, esse fato pode ter ocorrido devido a fatores físicos ou químicos do LVA e do LVAh, tais como o teor de argila e a qualidade da matéria orgânica. Isto pode ser verificado quando se compara a mobilidade do LVAh (pH 4,8) e LVA (pH 5,2), percebe-se que as características físicas podem ter sido mais importante na mobilidade do herbicida (Figura 5).

Tabela 9 – Valores médios do Índice de Intoxicação Visual das plantas de pepino cultivadas nos segmentos das colunas, referentes a diferentes profundidades nos solos estudados

Solo	Índice de Intoxicação Visual (%)									
	2,5	7,5	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5	42,5	47,5
LVA sc	98,75 A	5,00 E	1,25 D	0,00 B	0,00 B	0,00 A	0,00 A	0,00 A	0,00 A	0,00 A
LVA cc	100,00 A	15,00 D	0,00 D	0,00 B	0,00 B	0,00 A	0,00 A	0,00 A	0,00 A	0,00 A
LVAh sc	100,00 A	22,50 C	2,50 CD	0,00 B	0,00 B	0,00 A	0,00 A	0,00 A	0,00 A	0,00 A
LVAh cc	100,00 A	59,50 B	0,00 D	0,00 B	0,00 B	0,00 A	0,00 A	0,00 A	0,00 A	0,00 A
LV sc	100,00 A	97,50 A	81,25 B	2,50 B	0,00 B	0,00 A	0,00 A	0,00 A	0,00 A	0,00 A
LV cc	100,00 A	100,00 A	96,75 A	75,00 A	8,75 A	0,00 A	0,00 A	0,00 A	0,00 A	0,00 A
LA sc	100,00 A	100,00 A	8,75 C	0,00 B	0,00 B	0,00 A	0,00 A	0,00 A	0,00 A	0,00 A
CV (%) da parcela	----- 19,91 -----									
CV (%) da subparcela	----- 17,92 -----									

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. sc – sem correção de acidez; cc – com correção de acidez.

Tabela 10 – Equações de regressão ajustadas e coeficientes de determinação da matéria fresca da parte aérea plantas de pepino, cultivadas em diferentes solos sem e com correção da acidez, em diferentes profundidades nas colunas, após aplicação do ametryn e submetidas a chuva de 60 mm. Viçosa-MG, 2009

Substrato	Equação de Regressão	R ²
LVA sem calagem	$\hat{Y} = \frac{5,2888}{1 + e^{-\left(\frac{X-6,7901}{0,2457}\right)}}$	0,83
LVA com calagem	$\hat{Y} = \frac{6,5660}{1 + e^{-\left(\frac{X-6,2760}{0,5223}\right)}}$	0,82
LVAh sem calagem	$\hat{Y} = \frac{3,8089}{1 + e^{-\left(\frac{X-6,3641}{0,6852}\right)}}$	0,91
LVAh com calagem	$\hat{Y} = \frac{6,0144}{1 + e^{-\left(\frac{X-5,766}{0,0724}\right)}}$	0,90
LV sem calagem	$\hat{Y} = \frac{5,1891}{1 + e^{-\left(\frac{X-12,3015}{1,7350}\right)}}$	0,92
LV com calagem	$\hat{Y} = \frac{5,715}{1 + e^{-\left(\frac{X-17,7745}{0,2007}\right)}}$	0,92
LA sem calagem	$\hat{Y} = \frac{6,4114}{1 + e^{-\left(\frac{X-11,4626}{0,5215}\right)}}$	0,89

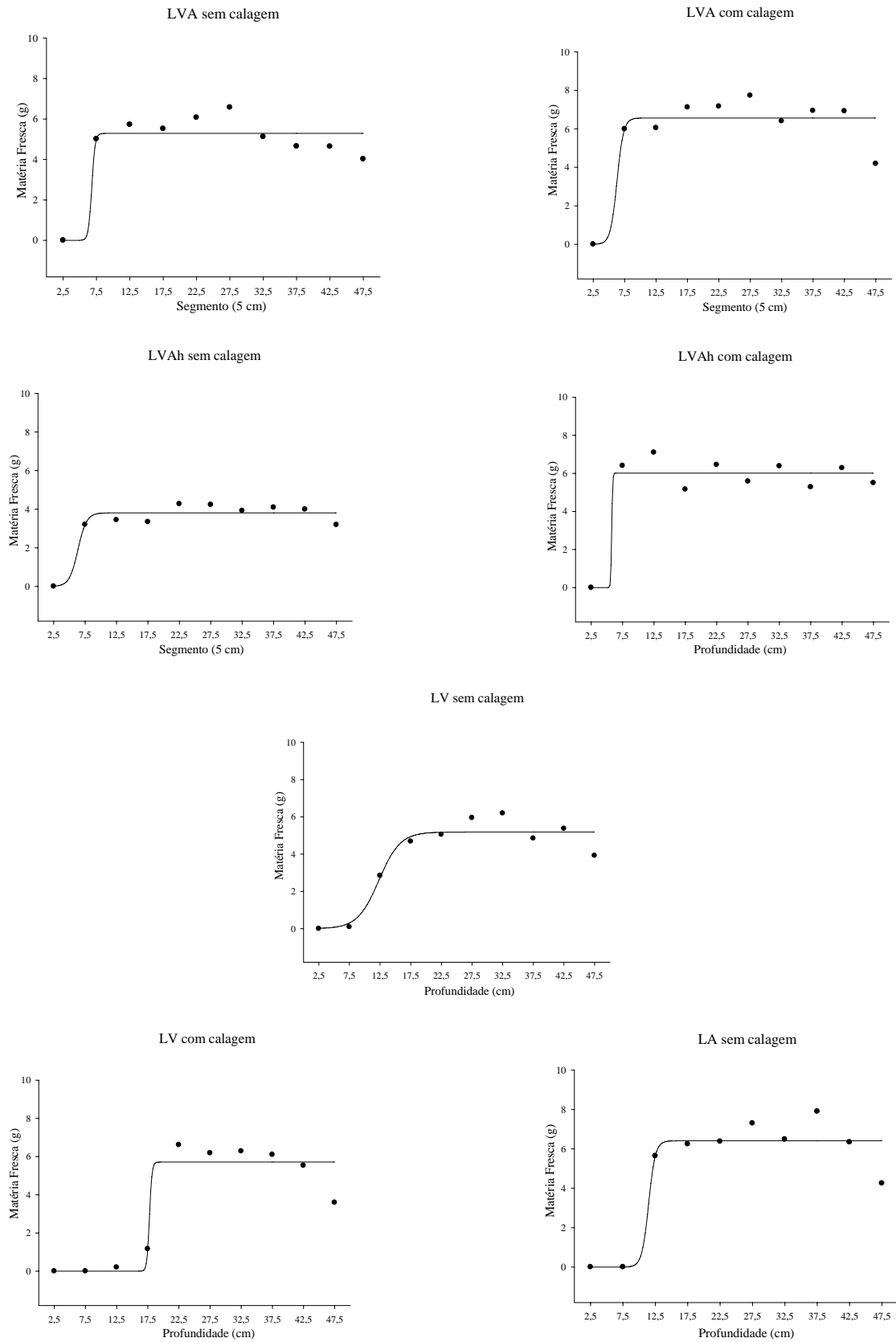


Figura 3 – Matéria fresca de plantas de pepino cultivadas em diferentes solos sem e com correção da acidez, em diferentes profundidades nas colunas, após aplicação do ametryn e submetidas a chuva de 60 mm. Viçosa-MG, 2009.

Tabela 11 – Equações de regressão ajustadas e coeficientes de determinação da matéria seca da parte aérea plantas de pepino, cultivadas em diferentes solos sem e com correção da acidez, em diferentes profundidades nas colunas, após aplicação do ametryn e submetidas a chuva de 60 mm. Viçosa-MG, 2009

Substrato	Equação de Regressão	R ²
LVA sem calagem	$\hat{Y} = \frac{0,3325}{1 + e^{-\left(\frac{X-6,9924}{0,2284}\right)}}$	0,87
LVA com calagem	$\hat{Y} = \frac{0,4533}{1 + e^{-\left(\frac{X-3,4475}{0,0676}\right)}}$	0,86
LVAh sem calagem	$\hat{Y} = \frac{0,2688}{1 + e^{-\left(\frac{X-6,3828}{0,7428}\right)}}$	0,88
LVAh com calagem	$\hat{Y} = \frac{0,4711}{1 + e^{-\left(\frac{X-4,2817}{0,0595}\right)}}$	0,83
LV sem calagem	$\hat{Y} = \frac{0,3270}{1 + e^{-\left(\frac{X-12,1009}{1,3926}\right)}}$	0,92
LV com calagem	$\hat{Y} = \frac{0,3600}{1 + e^{-\left(\frac{X-17,8040}{0,2139}\right)}}$	0,92
LA sem calagem	$\hat{Y} = \frac{0,3875}{1 + e^{-\left(\frac{X-9,1252}{0,1193}\right)}}$	0,89

O tipo e a interação da matéria orgânica com os minerais dos solos também têm importância na sorção do ametryn. Deve-se destacar que os solos avaliados possuíam diferentes coberturas vegetais o que pode ocasionar diferenças nas características da sua matéria orgânica. Apesar de a matéria orgânica ser considerada a principal responsável pela sorção de herbicidas, os estudos levando em conta as características químicas e físicas das substâncias húmicas ainda são escassos e poucos são realizados. Piccolo et al. (1992) pesquisaram a sorção da atrazina, em três diferentes substâncias húmicas e verificaram capacidade de sorção diferenciada do produto em função da natureza do material húmico utilizado.

A maior mobilidade do herbicida foi verificada no LV com calagem, solo com a menor CTC e teor de matéria orgânica e, terceiro maior teor de argila. Já no LA sem calagem, o ametryn apresentou a terceira maior mobilidade. O LA sem calagem continha o menor teor de argila e maiores CTC e teor de matéria orgânica quando

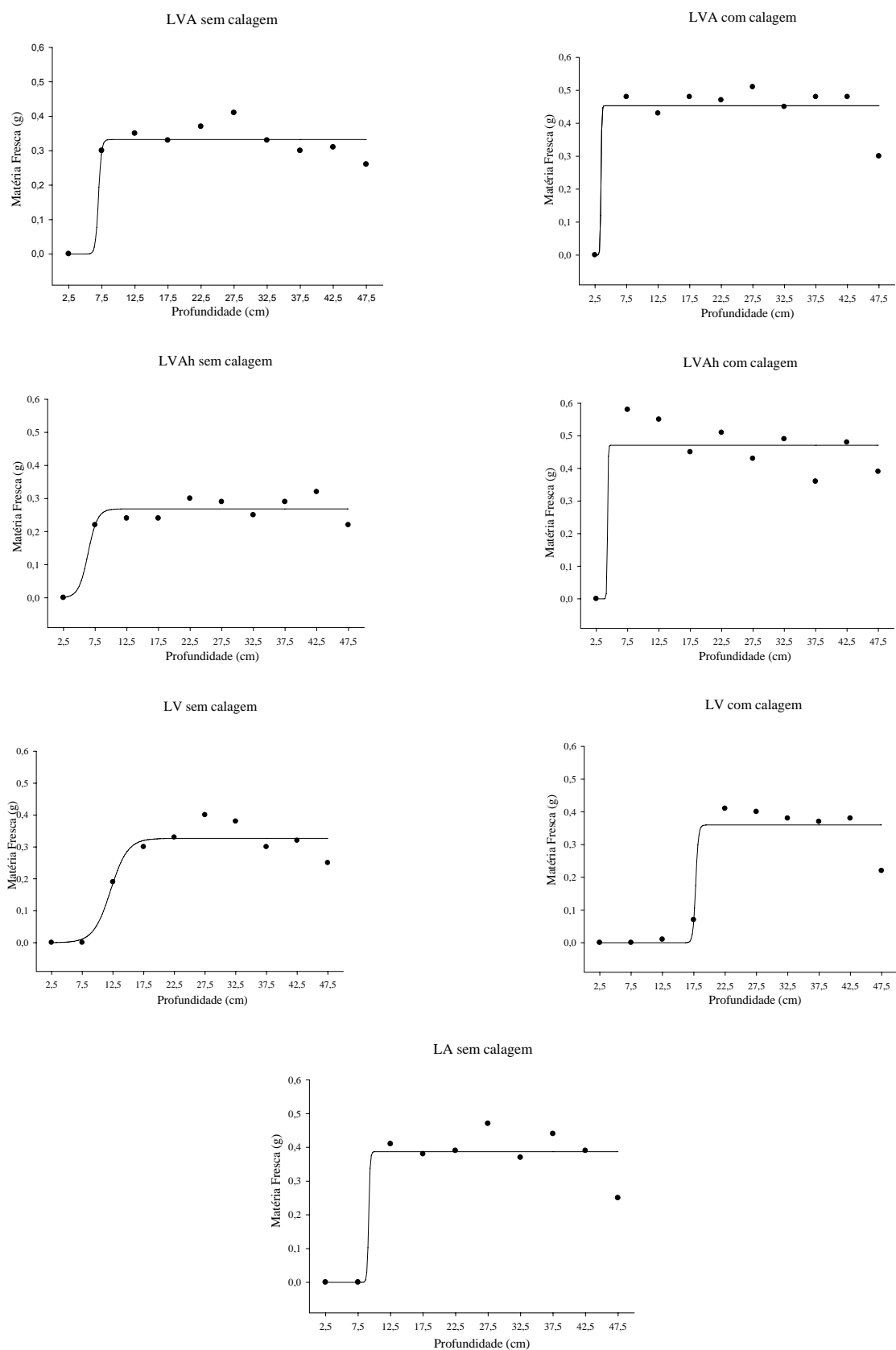


Figura 4 – Matéria seca de plantas de pepino cultivadas em diferentes solos sem e com correção da acidez, em diferentes profundidades nas colunas, após aplicação do ametryn e submetidas a chuva de 60 mm. Viçosa-MG, 2009.

Tabela 12 – Equações de regressão ajustadas e coeficientes de determinação dos índices de intoxicação de plantas de pepino, cultivadas em diferentes solos sem e com correção da acidez, em diferentes profundidades nas colunas, após aplicação do ametryn e submetidas a chuva de 60 mm. Viçosa-MG, 2009

Substrato	Equação de Regressão	R ²
LVA sem calagem	$Y = \begin{cases} 145,62 - 18,75(X); X < 7,76 \\ 0,16; X \geq 7,76 \end{cases}$	1,00
LVA com calagem	$Y = \begin{cases} 142,50 - 17,00(X); X < 8,38 \\ 0,00; X \geq 8,38 \end{cases}$	1,00
LVAh sem calagem	$Y = \begin{cases} 138,73 - 15,50(X); X < 8,93 \\ 0,00; X \geq 8,93 \end{cases}$	1,00
LVAh com calagem	$Y = \begin{cases} 120,25 - 8,10(X); X < 14,85 \\ 0,00; X \geq 14,85 \end{cases}$	1,00
LV sem calagem	$Y = \begin{cases} 132,06 - 6,17(X); X < 21,39 \\ 0,00; X \geq 21,39 \end{cases}$	0,75
LV com calagem	$Y = \begin{cases} 127,97 - 4,15(X); X < 30,84 \\ 0,00; X > 30,84 \end{cases}$	0,70
LA sem calagem	$Y = \begin{cases} 138,02 - 9,12(X); X < 15,12 \\ 0,00; X \geq 15,12 \end{cases}$	0,75

Concluiu-se no presente estudo que a lixiviação do ametryn nas colunas dos solos atingiu a profundidade 22,5 cm com uma única chuva de 60 mm, evidenciando a boa mobilidade deste herbicida nos solos avaliados. Esta mobilidade do ametryn nas colunas dos diferentes solos foi influenciada pelo teor de argila, de matéria orgânica, da CTC e pelo pH dos mesmos. Solos com maiores valores de pH e menores teores de matéria orgânica apresentaram maior potencial de mobilidade do herbicida no perfil. Estes resultados indicam a necessidade de conhecer bem as características químicas e físicas dos solos antes de se aplicar o ametryn, tendo em vista o bom controle de plantas daninhas e evitar a contaminação de águas subterrâneas.

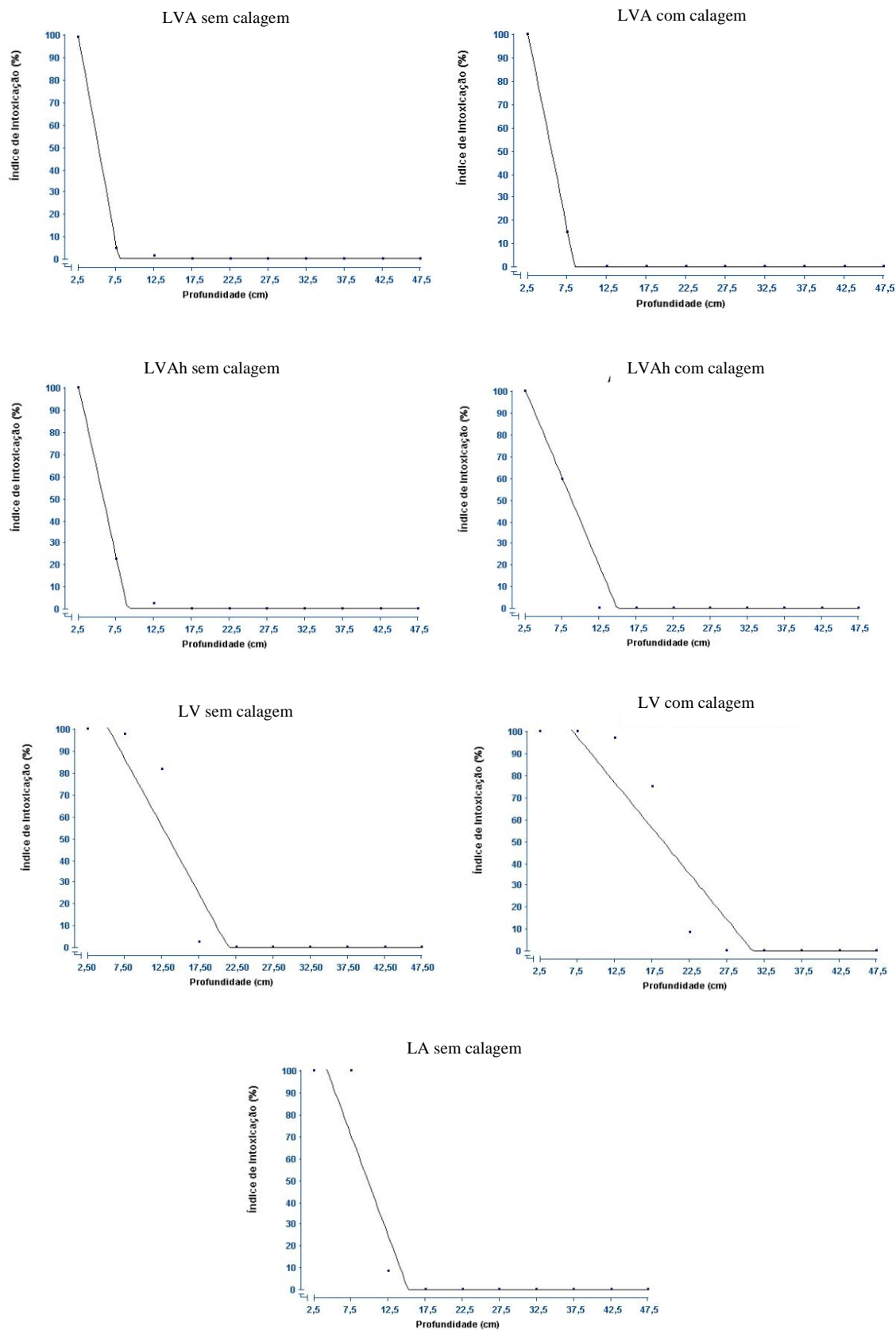


Figura 5 – Índice de Intoxicação de plantas de pepino cultivadas em diferentes solos sem e com correção da acidez, em diferentes profundidades nas colunas, após aplicação do ametryn e submetidas a chuva de 60 mm. Viçosa-MG, 2009.

LITERATURA CITADA

ALVAREZ V., V.H. **Equilíbrio de formas disponíveis de fósforo e enxofre em dois Latossolos de Minas Gerais**. 1974. 125p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG.

ANDRADE, S. R. B. **Avaliação da sorção, dessorção, meia vida e lixiviação do ametryn em Argissolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Vermelho-Amarelo**. Viçosa-MG: UFV, 2008. 83p. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) - Universidade Federal de Viçosa, 2008.

ARIENZO, M.; CRISANTO, T.; MARTÍN, M.J.S.; CAMAZANO, M.S. Effect of soil characteristics on adsorption and mobility of (¹⁴C) diazinon. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 42, n. 8, p. 1803-1808, 1994.

BARRIUSO, E.; FELLER, C.; CALVET, R.; CERRI, C. Sorption of atrazine, terbutryn and 2,4-D herbicides in two Brazilian Oxisols. **Geoderma**, v.53, n.1/2, p.155-167, 1992.

BRETH, S.A. **Pesticides and their effects on soil and water**. Madison, Soil Science Society of America. 1966. 150p.

CABRAL, M.F.; SOUZA, D.; ALVES, C.R.; MACHADO, S.A.S. Estudo do comportamento eletroquímico do herbicida ametryn utilizando a técnica de voltametria de onda quadrada. **Eclética Química**, São Paulo, SP, v. 28, n. 2, p. 41-47, 2003.

CARTER, A.D. Herbicide movement in soils: principles, pathways and processes. **Weed Science**, v. 40, p. 113-122, 2000.

CHENG, H.H. **Pesticides in the soil environment: Processes, impacts, and modeling**. 2 ed. Madison, Soil Science Society of America, 1990. 530 p.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; LOPEZ OVEJERO, R.F. **Dinâmica dos herbicidas aplicados ao solo na cultura da cana-de-açúcar**. Piracicaba: BASF, 2005. 49 p.

CONAB. **Produção de cana cresce e safra se mantém histórica**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em 09 dezembro de 2009.

CORREA, T.M.; VELINI, E.D. **Dinâmica e eficácia de trifloxysulfuron Sodium + ametryn aplicado sobre palha de cana-de-açúcar**. 2005. 102f. Dissertação de mestrado – Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp – Botucatu, SP.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Efeito de sistemas de cultivo com cana-de-açúcar sobre a lixiviação dos herbicidas do grupo das triazinas em região de recarga do Aquífero Guarani. **Boletim de pesquisa e desenvolvimento**. n. 32, 2005, 25 p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

EUCLYDES, R. F. **SAEG - Sistema de análises estatísticas e genéticas**. Viçosa: UFV, 1982. 68p.

EUROPEAN WEED RESEARCH COUNCIL. Report of 3rd and 4th meetings of EWRC. Citiee of methods in weed research. **Weed Res.**, v. 4, p. 88, 1964.

FARIA, A. M. **Dissulfoton: avaliação da mobilidade e extração ponto nuvem**. Viçosa-MG: UFV, 2003. 121f. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) - Universidade Federal de Viçosa, 2003.

FERMANICH, K. J.; DANIEL, T. C.; LOWERY, B. Microlisimeter soils columns for evaluating pesticide moviment through the root zone. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 20, n. 1, p. 189-195, Jan./Feb. 1991.

FERRI, M.V.W., VIDAL, R.A., MEROTTO JR., A. FLECK, N.G. Atividade dos herbicidas flumetsulam e trifluralin em diferentes valores de pH e densidade do solo. **Ciência Rural**, v.30, n.1, p. 11-14, 2000.

FONTES, M.P.F.; CAMARGO, O.A.; SPOSITO, G. Eletroquímica das partículas coloidais e sua relação com a mineralogia de solos altamente intemperizados. **Scientia Agricola**, v. 58, p. 627-646, 2001.

FUTCH, S.H.; SINGH, M. Herbicide Mobility Using Soil Leaching Columns. **Bull. Environ. Contam. Toxicol**, v. 62, p. 20-29, 1999.

GELMINI, G.A. **Herbicidas: indicações básicas**. 2.ed. São Paulo: Fundação Cargil, 1988. 334 p.

GUENZI, W.D. **Pesticides in soil and water**. Madison, Soil Science Society of America, 1974. 562 p.

HARTZLER, R.G.; FAWCET, R.S., OWEN, D.K. Effects of tillage on trifluralin residue carryover injury to corn (*Zea mays*). **Weed Sci.**, v. 37, n. 4, p. 609-615, 1989.

HOROWITZ, M. Application of bioassay techniques to herbicide investigation. **Weed Research**, Oxford, v. 16, n. 3, p. 209-215, June 1976.

HUANG, L. Q.; FRINK, C. R. Distribution of atrazine, simazine, alachlor, and metolachlor in soil profiles in Connecticut. **Bulletim Environmental Contamination Toxicology**, v.43, p.159-164, 1989.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1068&id_pagina=1. Acesso em 24 de julho de 2008.

INOUE, M. H.; et al. Critérios para avaliação do potencial de lixiviação dos herbicidas comercializados no estado do Paraná. **Planta Daninha**, v.21, p. 313-323, 2003.

LAABS, V.; AMELUNG, W.; PINTO, A.; ZECH, W. Fate of pesticides in tropical soils of Brazil under field conditions. **Journal Environment Quality**, v.31, p.256-268, 2002.

LANDRY, D. et al. Leaching of oryzalin and diuron through undisturbed vineyard soil columns under outdoor conditions. **Chemosphere**, v. 62, p. 1736-1747, 2006.

- LINDSAY, W.L. **Chemical equilibria in soils**. New Jersey: Blackburn, 2001. 449p.
- LINN, D.M. **Sorption and degradation of pesticides and organic chemicals in soil**. Madison, Soil Science Society of America. 1993. 260p.
- LOPES, A. L. **Mobilidade do dissulfoton, de seus produtos de degradação e do triadimenol em latossolo vermelho-amarelo**. Viçosa-MG: UFV, 2000. 85f. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) - Universidade Federal de Viçosa, 2000.
- MONTEIRO, R.T.R. et al. Lixiviação e contaminação do rio Corumbataí por herbicidas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 26. **Anais...** Ouro Preto, MG, 2008. p.181.
- PICCOLO, A.; CELANO, G.; SIMONE, C. DE. Interactions of atrazine with humic substances of different origins and their hydrolysed products. **The Science of the Total Environment**, v.117-118, p.403-412, 1992.
- PRATA, F. **Comportamento do glifosato no solo e deslocamento miscível de atrazine**. Piracicaba– SP, 2002. 149f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, 2002.
- RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 5.ed. Londrina, PR, 2005. 592 p.
- RUIZ, H.A. Métodos de análises físicas do solo. Viçosa, UFV/DPS, 2004. 22p. (Notas de aula).
- RUIZ, H.A. Dispersão física do solo para análise granulométrica por agitação lenta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30, 2005, Recife - PE. **CD-ROM**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005a.
- RUIZ, H.A. Incremento da exatidão da análise granulométrica do solo por meio da coleta da suspensão (silte + argila). **R. Bras. Ci. Solo**, 29:297-300, 2005b.
- SATELMAN, P.W. **Herbicide bioassay**. Research Methods in Weed Science. Southern Weed Science Society, 1971. Cap. 6, p. 91-103.
- SATELMAN, P. W. Herbicide bioassay. In: TRUELOVE, B. (Ed.). **Research method in weed science**. 2. ed. [S. l]: Southern Weed Science Society, 1977. p. 79-87.
- SAWHNEY, B.L.; BROWN, K. **Reactions and movement of organic chemicals in soils**. Madison, Soil Science Society of America, 1989, 474p.
- SENESI, N.; BRUNETTI, G.; LA CAVA, P. Adsorption of alachlor by humic acids from sewage and amended and nonamended soils. **Soil Science**, v. 157, p. 176-184, 1994.
- SILVA, A.A. VIVIAN, R.; OLIVEIRA JR., R.S.O. HERBICIDAS: COMPORTAMENTO NO SOLO. IN: SILVA, A.A.; SILVA, J.F. Ed. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa: Ed. UFV, 2007b. Cap.5, p. 189-248.

SINGH, N. Organic manure and urea effect on metolachlor transport through packed soil columns. **J. Environ. Qual.**, v. 32, p. 1743-1749, 2003.

STORINO, M. **Movimento do herbicida Premelin 600 CE marcado com ¹⁴C-Trifluralina em diferentes solos.** 1994. 81 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

TAVARES, A.; MORAIS, S.; PAIGA, P.; DELERUE-MATOS, C. Determinação of ametryn in soils via microwave-assisted solvent extraction coupled to anodic stripping voltammetry with a gold ultramicroelectrode. **Anal. Bional. Chem.**, v. 382, p. 477-484, 2005.

UETA, J.; PEREIRA, N.L.; SHUHAMA, I. K. ; CERDEIRA, A.L. Biodegradação de herbicidas e biorremediação: microrganismos degradadores de atrazine provenientes de solos da Região do Aquífero Guarani. **Plantio Direto**, Passo Fundo, RS, jan / fev. 2001.

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

WAUCHOPE, R.D. The pesticide content of surface water draining from agricultural fields - a review. **Journal of Environmental Quality**, v. 7, p. 459-472, 1978.

WEBER, J. B.; WHITACRE, D. M. Mobolity of herbicides in soil columns under saturated-How conditions. **Weed Science**, Oxford, v. 30, n. 6, p. 579-584, Dec. 1982.

ZHANG, M.; GENG, S.; USTIN, S.L.; TANJI, K.K. Pesticide occurence in groundwater in Tulare county. **Environmental Monitoring and Assessment**, California, v. 45, p. 101-127, 1997.

2 CONSIDERAÇÕES FINAIS

- A sorção do ametryn foi muito influenciada pelo pH, teor de matéria orgânica e argila, além da CTC do solo. Num mesmo tipo de solo o aumento do pH proporcionou redução da sorção do herbicida.
- Foi observado que em maiores valores de pH e menores teores de matéria orgânica, ocorreu maior mobilidade do herbicida.
- Os cuidados no uso desse herbicida em solos sujeitos a uma maior mobilidade e menor sorção devem ser redobrados pois, o risco de contaminação do ambiente é maior devido a sua disponibilidade ser aumentada.

APÊNDICE

Quadro 1A – Resumo da Análise de variância (ANOVA) do experimento referente às variáveis

F.V.	G.L.	Quadrado Médio		
		Matéria Fresca	Matéria Seca	Intoxicação
Solo	6	224,462*	1,622*	25.271,770*
Erro (A)	21	160,879*	0,952*	340,725*
Segmento	9	888,313*	3,755*	282.389,700*
Solo x Segmento	54	371,960*	1,761*	81.673,510*
Resíduo	189	298,120*	1,747*	2.791,525*
CV (%) da parcela	-	60,682	69,151	20,599
CV (%) da subparcela	-	27,535	31,222	19,655

* F significativo a 1%.



Figura 1A – Sintomas de intoxicação em plantas de pepino cultivadas em solo em função das profundidades da coluna, preenchidas com amostras de diferentes tipos de solos, tratadas com ametryn e simulação de chuva de 60 mm. Viçosa-MG, 2009.

Quadro 2A – Composição química da solução de complementação nutricional destinada ao solos LVA, LVAh e LV com correção de acidez e ao LVAh e LA sem correção da acidez

Solução	mg dm ⁻³ de elemento *	Reagente	
		mg dm ⁻³ *	kg ha ⁻¹ *
1 - Macronutrientes			
K – (K ₂ SO ₄)	200	542,89	1.085,78
N – (NH ₄ NO ₃)	300	856,87	1.713,74
2 - Micronutrientes			
B – (H ₃ BO ₃)	0,81	4,65	6,30
Mn – (MnCl ₂ . 4H ₂ O)	3,66	13,20	26,40
Zn – (ZnCl ₂)	4,00	8,34	16,68
Cu – (CuCl)	1,33	2,07	4,14
Fe – (FeCl ₃ . 6H ₂ O)	1,55	7,53	15,06
Mo – (MoO ₃)	0,15	0,22	0,45
3 - Fe + EDTA			
Fe – (FeSO ₄ . 7H ₂ O)	1,55	7,74	15,48
EDTA	-----	8,14	16,28

* Concentração correspondente às três aplicações da solução diluída.

Quadro 3A – Composição química das soluções de complementação nutricional destinada ao LVA sem correção de acidez

Solução	mg dm ⁻³ de elemento *	Reagente	
		mg dm ⁻³ *	kg ha ⁻¹ *
1 - Macronutrientes			
K – (K ₂ SO ₄)	200	542,89	1.085,78
N – (NH ₄ NO ₃)	272	776,89	1.553,79
Mg / N – (Mg(NO ₃) ₂ . 6H ₂ O)	24,3 / 28	256,30	512,60
2 - Micronutrientes			
B – (H ₃ BO ₃)	0,81	4,65	6,30
Mn – (MnCl ₂ . 4H ₂ O)	3,66	13,20	26,40
Zn – (ZnCl ₂)	4,00	8,34	16,68
Cu – (CuCl)	1,33	2,07	4,14
Mo – (MoO ₃)	0,15	0,22	0,45
3 - Fe + EDTA			
Fe – (FeSO ₄ . 7H ₂ O)	1,55	7,74	15,48
EDTA	-----	8,14	16,28

* Concentração correspondente às três aplicações da solução diluída.

Quadro 4A – Composição química das soluções de complementação nutricional destinada ao LV sem correção de acidez

Solução	mg dm ⁻³ de elemento *	Reagente	
		mg dm ⁻³ *	kg ha ⁻¹ *
1 - Macronutrientes			
K – (K ₂ SO ₄)	200	542,89	1085,78
N – (NH ₄ NO ₃)	174	497,00	994,28
Ca / N – (Ca(NO ₃) ₂ . 4H ₂ O)	80 / 56	472,00	944,00
Mg / N – (Mg(NO ₃) ₂ . 6H ₂ O)	60,75 / 70	640,75	1281,50
2 - Micronutrientes			
B – (H ₃ BO ₃)	0,813	4,65	6,30
Mn – (MnCl ₂ . 4H ₂ O)	3,664	13,20	26,40
Zn – (ZnCl ₂)	4,000	8,34	16,68
Cu – (CuCl)	1,329	2,07	4,14
Mo – (MoO ₃)	0,15	0,225	0,45
3 - Fe + EDTA			
Fe – (FeSO ₄ . 7H ₂ O)	1,556	7,743	15,48
EDTA	-----	8,142	16,28

* Concentração correspondente às três aplicações da solução diluída.

Quadro 5A – Composição química das soluções de complementação nutricional destinada a areia

Solução	mg dm ⁻³ de elemento *	Reagente	
		mg dm ⁻³ *	kg ha ⁻¹ *
1 – Macronutrientes			
K – (K ₂ SO ₄)	200	542,89	1.085,78
N – (NH ₄ NO ₃)	20	57,162	114,25
Ca / N – (Ca(NO ₃) ₂ . 4H ₂ O)	300 / 210	1.770,00	944,00
Mg / N – (Mg(NO ₃) ₂ . 6H ₂ O)	60,75 / 70	640,75	1.281,50
2 - Micronutrientes			
B – (H ₃ BO ₃)	0,813	4,65	6,30
Mn – (MnCl ₂ . 4H ₂ O)	3,664	13,20	26,40
Zn – (ZnCl ₂)	4,000	8,34	16,68
Cu – (CuCl)	1,329	2,07	4,14
Mo – (MoO ₃)	0,15	0,225	0,45
3 - Fe + EDTA			
Fe – (FeSO ₄ . 7H ₂ O)	1,556	7,743	15,48
EDTA	-----	8,142	16,28

* Concentração correspondente às seis aplicações da solução diluída.