

MOVIMENTAÇÃO DE INSETICIDAS DE TRATAMENTO DE SEMENTES NO SOLO SOB EFEITO DA IRRIGAÇÃO¹

Edson de Oliveira Vieira², Márcio Mota Ramos³, Ivan Cruz⁴, Hélio Teixeira Prates⁵, Mauro Aparecido Martinez⁶.

RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido no Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS), EMBRAPA, Sete Lagoas, MG, e teve como objetivo avaliar o movimento de inseticidas de tratamento de sementes de milho no perfil do solo em áreas irrigadas. Foram utilizadas três lâminas de irrigação: deficiente (50% da adequada), adequada e excessiva (100% superior à adequada), e dois inseticidas de tratamento de semente de milho: Semevin 350 RA (Thiodicarb) e Furadan 350 TS (Carbofuran), nas doses recomendadas pelos fabricantes. O monitoramento da lixiviação desses inseticidas no solo foi feito em camadas de 5 cm e em quatro intervalos de 10 dias, a partir da semeadura. A análise de resíduo das amostras de solo foi feita utilizando-se cromatografia líquida de alta performance (HPLC). Nas condições em que foi realizado o experimento obtiveram-se as seguintes conclusões: o Thiodicarb apresentou-se o mais instável (com relação à sua atividade) no solo com baixo risco de contaminação do lençol freático; o Carbofuran apresentou-se com um potencial maior de lixiviação no perfil do solo devido, possivelmente, a sua resistência à degradação e, com baixo risco de contaminação do lençol freático para as condições apresentadas. Para todos os tratamentos, houve maior retenção do princípio ativo dos inseticidas nas camadas mais superficiais (0 a 15 cm) do solo.

PALAVRAS-CHAVE: irrigação, contaminação do solo e da água, movimento de inseticidas no solo.

ABSTRACT

Movement of Insecticides from Treatment of Corn Seeds (*Zea Mays* L.) in the Soil Due to Irrigation

This work was carried out in the National Center for Corn and Sorghum Research (CNPMS), EMBRAPA, in Sete Lagoas, MG, Brazil, in order to evaluate the movement of corn seed insecticides used in irrigated areas. Three types of irrigation treatments were tested: deficient (50 % of adequate), adequate, and excessive (100 % larger of adequate). Two insecticides used in corn seed treatment were tested: Semevin 350 RA (Thiodicarb) and Furadan 350

¹ Parte da tese de mestrado do primeiro autor, bolsista do CNPq e da FAPEMIG. Pesquisa parcialmente financiada pela ABEAS/SRH/MMA.

² Professor Assistente, NCA/UFV, 39404-006 - Montes Claros, MG.

³ Professor Titular, D.S., bolsista do CNPq, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, 36571-000 - Viçosa, MG.

⁴ Pesquisador, Eng. Agrônomo, Ph.D., CNPMS/EMBRAPA, Caixa Postal 151, 35701-970 - Sete Lagoas, MG.

⁵ Pesquisador, Eng. Químico, Ph.D., CNPMS/EMBRAPA, Caixa Postal 151, 35701-970 - Sete Lagoas, MG.

⁶ Professor Titular, Ph.D., bolsista do CNPq, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, 36571-000 - Viçosa, MG.

TS (Carbofuran) with the recommended doses. Monitoring of insecticide leaching was done in layers of 5 cm and at four intervals of 10 days, starting from the sowing. Residual analysis was done by using the high performance liquid chromatography (HPLC). It was concluded that no insecticide residue was detected in the soil matter for deficient irrigation treatment after the sampling of both insecticides; Thiodicarb was the most unstable (less activity), with a low risk of groundwater contamination; Carbofuran was the had a higher leaching potential in soil, due possibly, most resistance to degradation and, but it showed a low risk of groundwater contamination under the existing conditions; all treatments showed a higher retention of the insecticide active component in the surface layers (0 - 15 cm) of soil.

KEY WORDS: Irrigation, soil and water contamination, movement of insecticides in the soil.

INTRODUÇÃO

A agricultura moderna vem utilizando novas tecnologias e novos insumos que têm contribuído decisivamente para o seu desenvolvimento. A irrigação e o controle de pragas e doenças são técnicas imprescindíveis para se obter uma produção rentável e de qualidade. Porém, o uso dessas técnicas pelos agricultores vem ocorrendo muitas vezes de forma indiscriminada, provocando danos ao meio ambiente, o que só recentemente, em função da nova consciência ecológica, tem despertado real interesse das autoridades governamentais e da comunidade científica.

Experimentos têm sido realizados em diferentes países, visando ao estudo do impacto da aplicação de pesticidas no solo, e alguns resultados revelaram sérios problemas de contaminação do meio ambiente, principalmente das águas superficiais e subterrâneas.

Após três anos de análise de amostra de água em poços artesianos, ISENSEE et al. (1990) detectaram altos níveis de Atrazina, Alachlor, Cyamazina e Carbofuran em poços artesianos rasos após chuvas que ocorreram logo após o período de aplicação.

Nos Estados Unidos, BENGTON et al. (1990) detectaram, na água presente

em drenos instalados a 1 m de profundidade, princípios ativos dos herbicidas Atrazina e Metolachlor em concentrações três a quatro vezes maior que o máximo permitido (3 µg/L) pela Agência de Proteção Ambiental daquele país.

SMITH et al. (1990), estudando o movimento de pesticidas em direção ao lençol freático, observaram uma concentração de 350 µg/L de Atrazina em solução de solo retirado a uma profundidade de 0,61 m no 19º dia após a aplicação. Também detectaram níveis consideráveis de Atrazina no lençol freático dois meses após a aplicação. Outros trabalhos como de GISH et al. (1994), RO e CHUNG (1994) e ANDRÉA (1986), também relataram diversos problemas ocasionados por defensivos agrícolas no solo.

Vários são os fatores que determinam a maior ou menor persistência de um pesticida no solo. Segundo PIFFER (1989), o comportamento de um pesticida no solo pode variar amplamente com as condições climáticas locais, com o tipo e a estratificação desse solo e ainda com a cultura.

Para FERREIRA et al. (1988), o impacto do defensivo agrícola no solo está diretamente relacionado com a natureza química desta substância, hidrossolubilidade, volatilidade e também com o tipo de solo em que foi aplicado. Esses

autores relatam que TALEKAR e colaboradores constataram que, além do tipo de solo, outros fatores como umidade, pH, temperatura, tipo de cultura, modo de aplicação do inseticida e presença de microrganismos também influenciam na persistência desses produtos no solo.

Para GHODRATI et al. (1992), o movimento vertical descendente no solo, mesmo de defensivos agrícolas mais móveis, é significativamente menor que a percolação da água em razão da adsorção pela matéria orgânica e pela superfície de adsorção dos minerais do solo.

Com base no risco de contaminação do ambiente por esses produtos aplicados em tratamento de sementes, este trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento no que diz respeito à sua movimentação no solo de dois inseticidas de tratamento de milho, submetidos a três lâminas de irrigação.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em Latossolo Vermelho-Escuro álico, relevo suave ondulado, fase cerrado, no Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo - CNPMS, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, Sete Lagoas, MG.

O solo foi preparado por meio de uma aração com arado de aiveca e posterior gradagem com grade niveladora. Em seguida, o solo foi sulcado para semeadura e a adubação foi feita com formulado 4-14-8 mais 0,4% de zinco, na proporção de 400 kg/ha. A semente utilizada foi a do milho híbrido BR-205.

Tubos de PVC rígido de 75 mm de diâmetro e 50 cm de comprimento foram cravados até a sua extremidade superior atingir o fundo do sulco. Tais tubos tiveram a sua extremidade inferior biselada para facilitar sua penetração, minimizando, assim, alterações na estrutura do solo. A função desses tubos foi proporcionar melhor controle do movimento vertical dos inseticidas no solo e facilitar as amostragens. As sementes tratadas foram colocadas, manualmente, na profundidade convencional (5 cm de prof.) de semeadura, sendo algumas dentro dos tubos (uma por tubo). Essas sementes foram tratadas com dois inseticidas: o Furadan 350 TS (Carbofuran) na dosagem, recomendada pelos fabricantes, de 2L/100 kg de sementes e o Semevin 350 RA (Thiodicarb) na mesma dosagem, recomendada.

As sementes foram submetidas a três diferentes lâminas de irrigação em áreas distintas. Das três lâminas, uma representou um suprimento deficiente de água no solo, outra uma irrigação adequada para a cultura do milho e para a classe de solo utilizado e a terceira representou uma irrigação excessiva. A lâmina deficiente foi 50% inferior à lâmina adequada e a excessiva foi 100% superior. Como manejo de irrigação utilizou-se turno de rega fixo de três dias, e as lâminas de irrigação foram determinadas pelo método do Tanque Classe A.

Cada tratamento foi constituído de uma lâmina de irrigação e um inseticida.

O controle de plantas daninhas foi realizado por meio de capina manual sem o uso de herbicidas, pois esses poderiam interferir nas análises de resíduos.

O experimento teve um delineamento em blocos ao acaso com 3 repetições, sendo as parcelas representadas pelas três lâminas de irrigação e as subparcelas, pelos defensivos agrícolas. Cada parcela possuía 2,8 m de largura e 8 m de comprimento, com quatro fileiras, nas quais cada subparcela continha quatro tubos de PVC cravados ao solo.

Em quatro datas distintas foram feitas amostragens do solo, realizadas 10, 20, 30 e 40 dias após semeadura. No dia de amostragem os tubos foram retirados e seccionados e cada 5 cm eram identificadas e acondicionadas em sacos plásticos à temperatura de -16 a -4°C (PIFFER, 1989) até o momento das análises.

Foi feito um acompanhamento da umidade do solo para cada camada de 10 cm de profundidade até a profundidade monitorada (50 cm) utilizando o método padrão de estufa.

Foi utilizado para as análises de resíduo desse experimento um HPLC marca Shimadzu, modelo Class-LC10, com detector de ultravioleta, modelo SPD-10A.

Para análise de resíduo dos princípios ativos dos inseticidas utilizados procedeu-se à extração dessas substâncias do solo. O procedimento de extração foi específico para cada princípio ativo e para cada tipo de material.

Metodologia de extração do Thiodicarb e Carbofuran no solo

No caso do Thiodicarb, em virtude de não ter sido obtido em literatura, vários métodos de extração foram previamente testados tanto no laboratório de análise de resíduo da empresa Rho-

dia em Paulínia, SP, quanto no laboratório de agroquímica da EMBRAPA, Sete Lagoas. Após sucessivas tentativas de adaptação da metodologia de extração do Thiodicarb em plantas para solo, chegou-se a um "recovery" entre 90 e 100 %. O "recovery" é o resultado obtido após a fortificação do solo com concentrações conhecidas da substância pura de interesse e sua posterior extração. O resultado do "recovery" é a quantidade detectada pelo HPLC do total aplicado.

Para a quantificação pelo HPLC foram utilizados os seguintes parâmetros recomendados pelos técnicos da RHO-DIA Agro Ltda., adaptados às condições do laboratório de agroquímica da EMBRAPA de Sete Lagoas:

- coluna: C-18 modelo Zorbax ODS (4,6 mm x 25 cm) marca DuPont e porosidade de 5 µm;
- eluente ou fase móvel: água-acetonitrila, proporção 65:35;
- vazão: 1mL/min;
- volume de injeção: 10 µL;
- detector: ultravioleta a 233 nm; e
- tempo de retenção: cerca de 8 minutos.

Para a quantificação do Carbofuran no HPLC foram utilizados os seguintes parâmetros (MORI et al. 1987):

- coluna: C-18 modelo Zorbax ODS (4,6 mm x 25 cm) marca DuPont e porosidade de 5 µm;
- eluente ou fase móvel: água-acetonitrila (50:50);
- vazão: 1mL/min;
- volume de injeção: 10 µL;
- detector: ultravioleta a 280 nm; e

- tempo de retenção: cerca de 5 minutos.

Antes de serem iniciadas as análises de resíduo das amostras coletadas, foi realizado o teste denominado "branco" com amostras de solo coletadas dentro da área experimental e nas mesmas profundidades, isto é, de 5 em 5 cm até a profundidade máxima de 50 cm. Foram feitas extrações para cada profundidade, utilizando-se as metodologias de extração dos princípios ativos, conforme citado. Foram utilizados três repetições do "branco" para cada profundidade, e tal medida visava detectar resíduos desses mesmos inseticidas que, uma vez já se encontrassem no solo da área experimental, viessem a interferir nos resultados finais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelo Quadro 1 pode-se observar que a camada de 0 a 30 cm apresentou maior homogeneidade em suas características físico-químicas, quando comparado à camada de 30 a 50 cm. Os baixos a médios valores de CTC efetiva são indicativos de um solo com alto grau de intemperização, com predomi-

nância de argilas de baixa atividade e com grande potencial para lixiviação de cátions. O solo apresentou altos conteúdos de matéria orgânica, pelo menos nos 30 primeiros centímetros, indicando ser ela a principal fração envolvida na formação de cargas negativas e de trocas de cátions. Pelo Quadro 1 pode-se observar ainda que o pH do solo apresentou valores entre 5 e 5,6, indicando condição ácida. Segundo BLACK, citado por LOPES (1984), solos que apresentam pH nessa faixa e nessa amplitude possivelmente não proporcionam ionização suficiente dos grupos funcionais da matéria orgânica (Carboxílicos, Fenólicos, Enólicos e Imídicos) para induzir a formação de um grande número de cargas negativas, explicando assim os baixos e médios valores de CTC.

A camada de 30 a 50 cm, mesmo apresentando maiores teores de argila do que a camada de 0 a 30 cm, não representou maior importância no processo de adsorção por ser de baixa atividade, por ser constituída provavelmente por Caulinita e, ou, Óxidos de Ferro e Alumínio. Durante a realização deste trabalho em campo não ocorreu precipitação natural.

Quadro 1. Resultado analítico de granulometria e parâmetros químicos do Latossolo Vermelho Escuro, nas diferentes profundidades

Prof. (cm)	pH	M.O. %	CTC	Areia grossa %	Areia fina %	Silte %	Argila %	Classificação Textural
0 - 10	5,6	4,03	5,13	11	10	22	57	Argiloso
10 - 20	5,6	,38	5,02	11	10	24	55	Argiloso
20 - 30	5,3	400	5,07	11	10	22	57	Argiloso
30 - 40	5,1	3,24	3,88	11	8	17	64	Muito Argiloso
40 - 50	5,0	2,88	2,78	11	7	18	64	Muito Argiloso

Quadro 2. Lâminas de água aplicadas na cultura do milho no intervalo entre cada amostragem de solo para análise de resíduo de inseticida no solo

	Lâmina Deficiente (mm)	Lâmina Adequada (mm)	Lâmina Excessiva (mm)
1º Intervalo (0-10 DAS*)	10,36	20,72	41,44
2º Intervalo (10-20 DAS)	12,01	24,02	48,04
3º Intervalo (20-30 DAS)	21,39	42,78	85,56
4º Intervalo (30-40 DAS)	28,97	57,95	115,90
TOTAL	72,73	145,48	290,96

*DAS = Dias Após Semeadura

Pelo Quadro 2 pode-se verificar o total da lâmina d'água aplicada em cada intervalo de amostragem e o total no final do experimento para cada condição de irrigação.

Considerando-se a concentração dos inseticidas, as doses recomendadas pelos fabricantes e a peneira da semente de milho utilizado, estima-se que cada semente tenha capacidade de adsorver em torno de 2.100 µg do princípio ativo dos inseticidas. Espera-se, no entanto, que a maior parte do total aplicado seja absorvida pelo sistema radicular do milho, possibilitando, assim, maior eficácia no controle das pragas, ficando uma pequena parte sujeita à lixiviação e a degradação no solo.

Resíduo do Thiodicarb e Carbofuran no solo

Com os dados obtidos no laboratório, foram feitos ajustes de funções considerando como variável dependente os resíduos dos inseticidas (µg/L) no solo e como variável independente a profundidade (cm). Para a escolha das

melhores equações foram utilizados como critérios de precisão o coeficiente de determinação ajustada (R^2) e o coeficiente de variação (CV). Além disso, foi considerada uma análise gráfica dos resíduos das equações ajustadas de modo a observar a adequação da curva ao fenômeno estudado e detectar erros de pressuposição relativos à equação de regressão.

Para o tratamento relativo à lâmina deficiente e à primeira coleta de amostra de solo com resíduo do Thiodicarb não se conseguiu ajustar uma curva que explicasse satisfatoriamente o fenômeno, pois não ocorreu uma variação bem definida da concentração em função da profundidade. Isso pode ser explicado pelo baixo volume de água aplicada nas três primeiras irrigações que precederam a amostragem, possibilitando que o inseticida se concentrasse na superfície do solo. As curvas ajustadas para esse tratamento apresentaram baixos valores de R^2 (< 0,40), altos valores de C.V. e valores de F calculado não significativos para a regressão. O baixo volume de água aplicado nesse tratamento não possibilitou um maior deslocamento do princípio

ativo no perfil do solo, concentrando-o na parte superficial do mesmo, ficando, assim, mais exposto a foto e biodegradação, uma vez que essa camada apresenta maior atividade microbiológica por apresentar melhores condições para a aerobiose. O Thiodicarb, por ser instável à luz do sol (TOMLIN, 1995), fica mais suscetível à fotólise nas camadas mais superficiais do solo.

Como pode ser observado nos Quadros 3 e 4, para todos os ajustes houve alto R^2 , significando que as equações obtidas explicam, de forma aceitável, o fenômeno ocorrido. Consideraram-se como precisão aceitável os ajustes que apresentaram F significativo, R^2 acima de 89% e ausência de tendenciosidade dos resíduos. Os altos valores do coeficiente de variação podem ser explicados pelo uso de poucos pontos no ajuste das equações.

No Quadro 3 acima não são apresentados os estimadores L1_3A e L1_4A por não ter sido detectado resíduos desse inseticida nessas condições.

A representação das curvas de resposta tem como base as estimativas \hat{y} plotadas sobre um plano fatorial. A relação fator-resposta, no caso profundidade-concentração do resíduo, é expressa por modelos aproximativos que se darão por uma série de observações. Nas Figuras 1 a 6 apresentam-se as curvas ajustadas para todos os tratamentos.

As respostas dos ajustes apresentados nas Figuras 1 a 6 ocorrem de forma dependente de várias condições do solo, como teor de matéria orgânica, textura, estrutura, umidade inicial, condutividade hidráulica etc. Porém, para

os dois inseticidas estudados verificou-se tendência de curva de resposta assintótica com a ausência do ponto de inflexão, o que não permite determinar pontualmente valores de máximo ou mínimo, optando-se por utilizar os valores de máximo e mínimo pertencentes ao intervalo experimental, de modo a evitar extrapolações.

Semelhantemente à lâmina deficiente, os tratamentos submetidos às lâminas adequadas e excessivas apresentaram maiores concentrações do Thiodicarb nas camadas mais superficiais. Isso pode ser explicado pela sua baixa solubilidade em água, 35 mg/L a 25°C (TOMLIN, 1995), e maior adsorção de suas moléculas pela matéria orgânica do solo que, para esse caso, se apresentou maior nas camadas mais superficiais. A diminuição da recuperação do princípio ativo com as últimas amostragens nas camadas mais superficiais pode ser explicada também pela foto e biodegradação e, possivelmente, pela maior absorção pelo sistema radicular da planta.

Para a lâmina deficiente, nos tratamentos com o Carbofuran, o comportamento foi semelhante ao Thiodicarb no que se refere à detecção de resíduos após a segunda amostragem, pois também não houve detecção de resíduos nessa fase do experimento (L1_3A e L1_4A). Apesar de o Carbofuran apresentar maior solubilidade em água (320 mg/L a 25°C) que o Thiodicarb (TOMLIN, 1995), o volume aplicado na segunda metade do experimento não foi para esse tratamento suficiente para proporcionar maior lixiviação desse princípio ativo, permitindo que o pouco percolado possa ter sido degradado biologicamente nas camadas mais su-

Quadro 3. Estimadores dos parâmetros das equações de regressão do Thiodicarb no solo.

Equação	β_0	β_1	β_2	R ²	CV (%)
L1_1A	—	—	—	—	—
L2_1A ¹	4,32995044	-202,852234	1811,078596	99,11	33,61
L3_1A ¹	-0,06890768	106,8666519	—	99,96	17,88
L1_2A ¹	0,091516179	58,56574363	—	99,39	55,39
L2_2A ²	0,110096828	-6,00106657	166,7091543	99,81	36,56
L3_2A ¹	0,119900911	72,57673014	—	99,57	42,55
L2_3A ²	0,009112361	-2,81087805	86,71414598	99,93	43,49
L3_3A ¹	0,08861688	66,0568617	—	99,64	46,25
L2_4A ²	-0,02067684	0,158529566	24,26013975	99,90	75,94
L3_4A ¹	0,211196762	37,50304034	—	98,84	79,32

L1 - Lâmina deficiente

L2 - Lâmina adequada

L3 - Lâmina excessiva

1A - 1ª Amostragem

2A - 2ª Amostragem

3A - 3ª Amostragem

4A - 4ª Amostragem

$$^1 \text{Conc.} = \left(\beta_0 + \frac{\beta_1}{\text{Prof}^2} \right)^2 + \varepsilon$$

$$^2 \text{Conc.} = \beta_0 + \frac{\beta_1}{\text{Prof}} + \frac{\beta_2}{\text{Prof}^2} + \varepsilon$$

Prof = profundidade de amostragem (0 a 50 cm)

ε = Erro aleatório (não possui valor)

Quadro 4 - Estimadores dos parâmetros das equações de regressão do Carbofuran no solo.

Equação	β_0	β_1	β_2	R ²	CV (%)
L1_1A ¹	1,148437168	144,9819035	—	96,10	39,81
L2_1A ¹	0,80695235	266,8959528	—	99,40	21,97
L3_1A ¹	-37,9789914	0,554630118	682,6407741	99,08	19,86
L1_2A ¹	0,795311813	156,7096637	—	99,09	23,73
L2_2A ²	1,363684518	47,42632431	133,2637636	96,53	40,85
L3_2A ²	-1,16446518	149,4369754	-371,419844	97,63	13,33
L2_3A ³	3,493	-0,06399	28,25	89,99	24,79
L3_3A ²	2,821545838	-30,5766652	349,5065342	94,82	21,97
L2_4A ³	4,429	-0,09393	10,40	93,60	20,23
L3_4A ²	0,597600573	42,63430518	-31,6323369	89,38	26,81

L1 - Lâmina deficiente

L2 - Lâmina adequada

L3 - Lâmina excessiva

1A - 1ª Amostragem

2A - 2ª Amostragem

3A - 3ª Amostragem

4A - 4ª Amostragem

$$^1 \text{Conc.} = \left(\beta_0 + \frac{\beta_1}{\text{Prof}^2} \right)^2 + \varepsilon$$

$$^2 \text{Conc.} = \beta_0 + \frac{\beta_1}{\text{Prof}} + \frac{\beta_2}{\text{Prof}^2} + \varepsilon$$

$$^3 \text{Conc.} = \beta_0 + \beta_1 \times \text{Prof} + \frac{\beta_2}{\text{Prof}} + \varepsilon$$

Prof = profundidade de amostragem (0 a 50 cm)

ε = Erro aleatório (não possui valor)

periciais, não possibilitando, desta forma, a sua detecção.

Para todos os tratamentos com o Carbofuran verificou-se uma lixiviação de maiores concentrações deste princípio ativo e a maiores profundidades quando comparados com o Thiodicarb.

Explicações possíveis para este fato é que o sistema radicular do milho pode ter sido mais eficiente na absorção do Thiodicarb, a microfauna pode ter sido mais específica na degradação do Thiodicarb e o caráter ácido do solo proporcionou maior hidrólise da molécula do Thiodicarb.

De acordo com PIFFER (1989), o movimento no solo de compostos não voláteis ocorre, principalmente, por fluxo de massa. O Carbofuran, por apresentar maior solubilidade, pode ter acompanhado a frente de umedecimento no solo, atingindo as camadas de maior condutividade hidráulica, e ter sido lixiviado a profundidades maiores do que as estudadas. Porém, não se pode afirmar sobre uma possível contaminação do lençol freático pelo Carbofuran, em razão da grande profundidade em que se encontra o mesmo para a classe de solo da área experimental. Para tais afirmações torna-se necessário um monitoramento do movimento do inseticida e do deslocamento da frente de umedecimento a uma profundidade ainda maior.

A baixa lixiviação desses inseticidas de tratamento de sementes pode também ser explicada pela maneira pela qual eles são produzidos, isto é, com a utilização de uma cola que procura reter

o princípio ativo mais próximo da semente, possibilitando que seja absorvido em grande parte pela plântula. Com isso, uma fração do total aplicado e não absorvido pela planta pode ter permanecido colada à semente ou ter sofrido um processo de degradação no solo, seja químico ou biológico, antes mesmo da primeira amostragem.

A grande quantidade de água percolada para os tratamentos de lâmina excessiva pode ser comparada com os projetos de irrigação superdimensionados ou com o manejo inadequado, como ocorre muitas vezes com os pivôs centrais. A utilização de inseticidas tanto de tratamento de sementes como aqueles aplicados via fertirrigação, nestas condições, pode representar um sério risco de contaminação do lençol freático quando o solo não apresentar condições satisfatórias de adsorção ou mesmo quando o pesticida utilizado for de grande solubilidade em água.

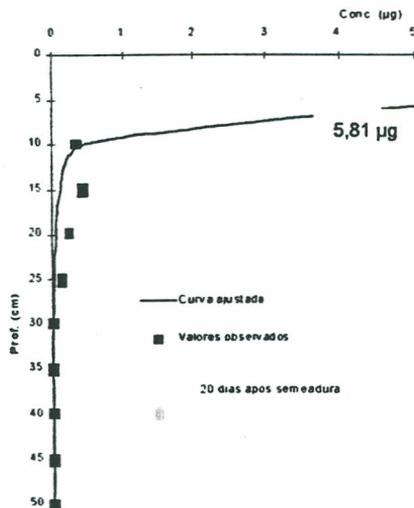


Figura 1. Curva de resposta da equação ajustada aos dados obtidos para o Thiodicarb no solo sob lâmina deficiente.

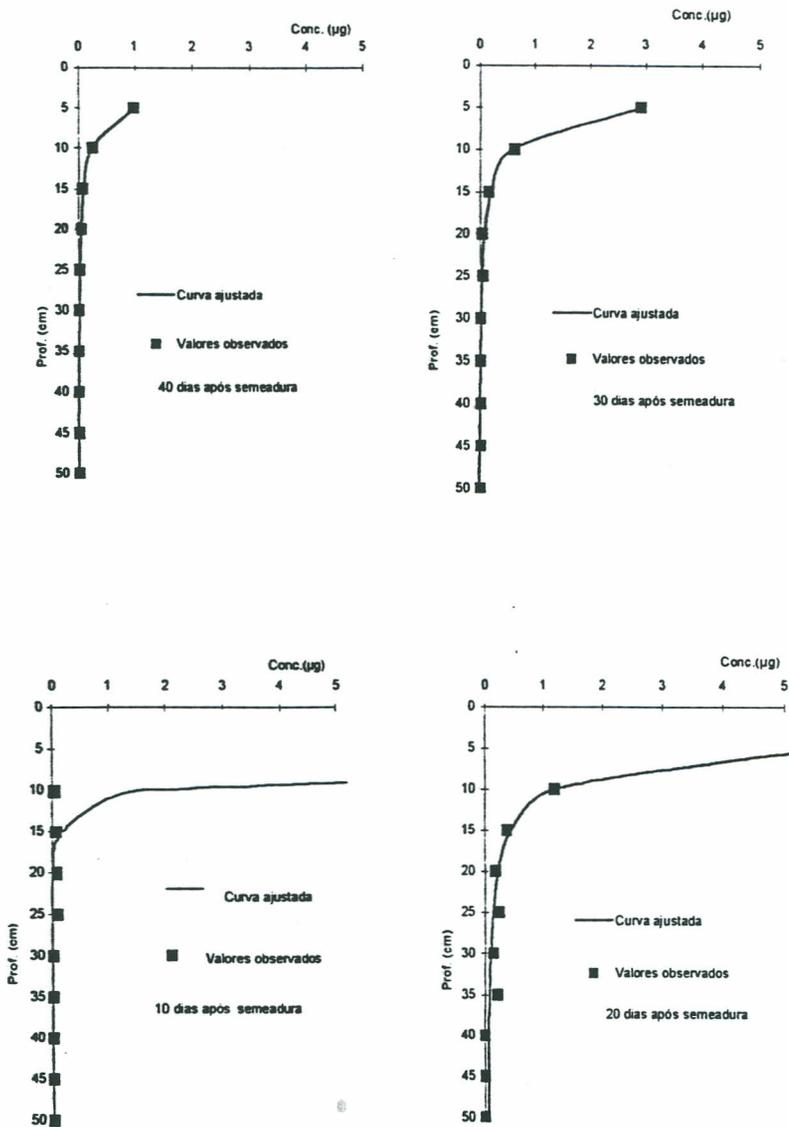


Figura 2. Curvas de resposta das equações ajustadas aos dados obtidos para o Thiodicarb no solo sob lâmina adequada.

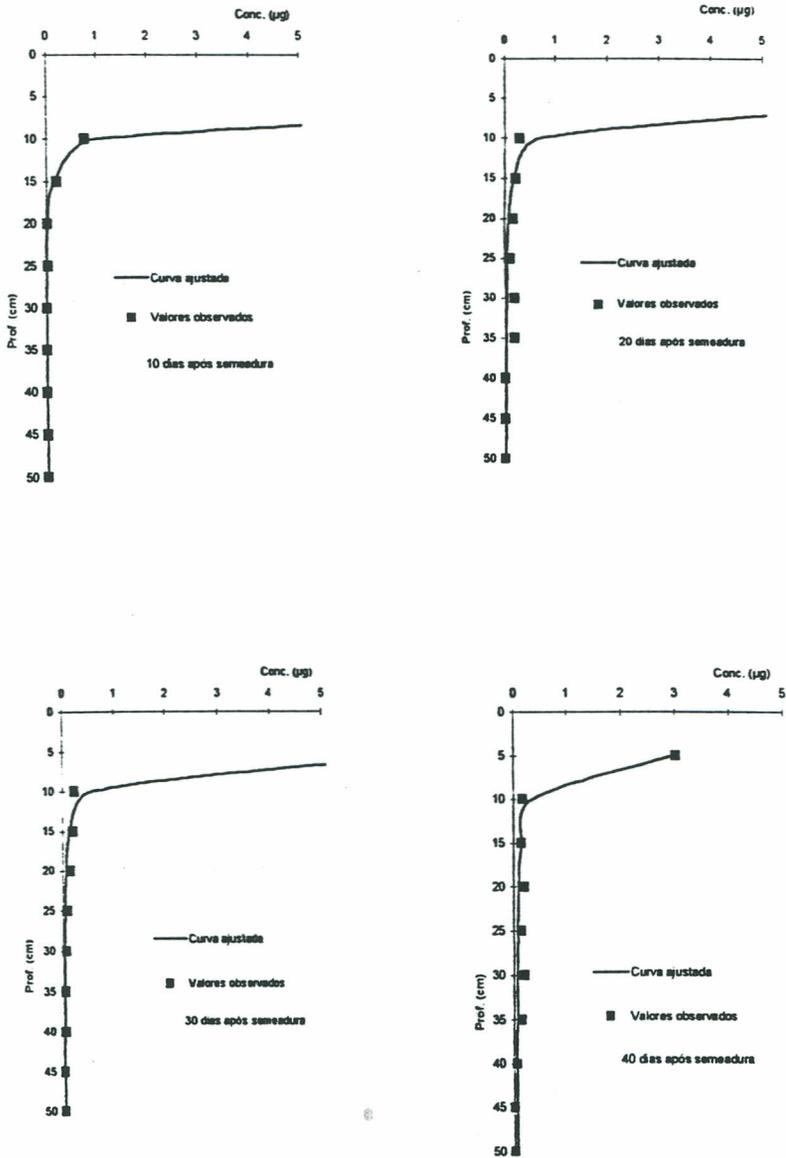


Figura 3. Curvas de resposta das equações ajustadas aos dados obtidos para o Thiodicarb no solo sob lâmina excessiva.

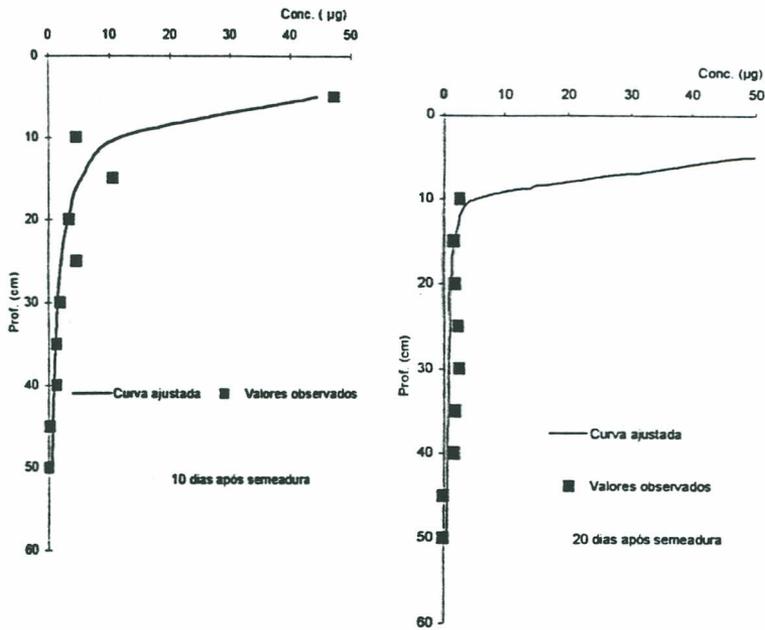


Figura 4. Curvas de resposta das equações ajustadas aos dados obtidos para o Carbofuran no solo sob lâmina deficiente.

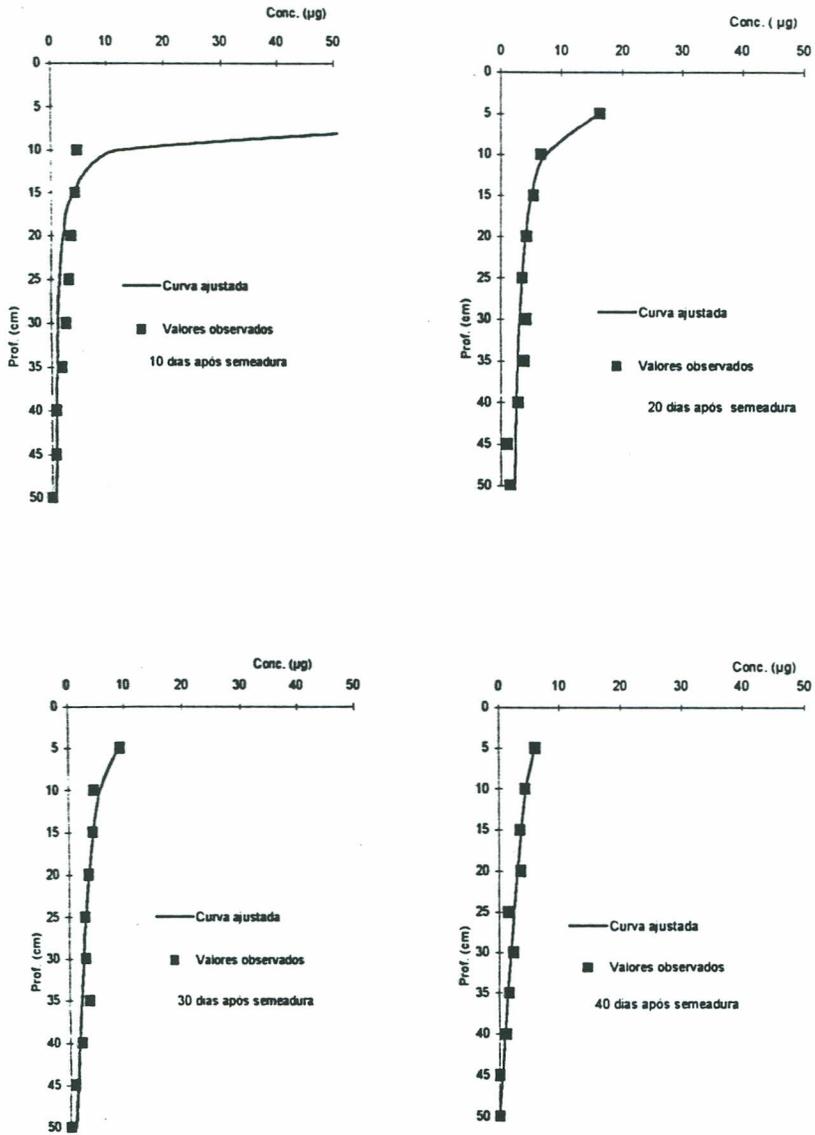


Figura 5. Curvas de resposta das equações ajustadas aos dados obtidos para o Carbofuran no solo sob lâmina adequada.

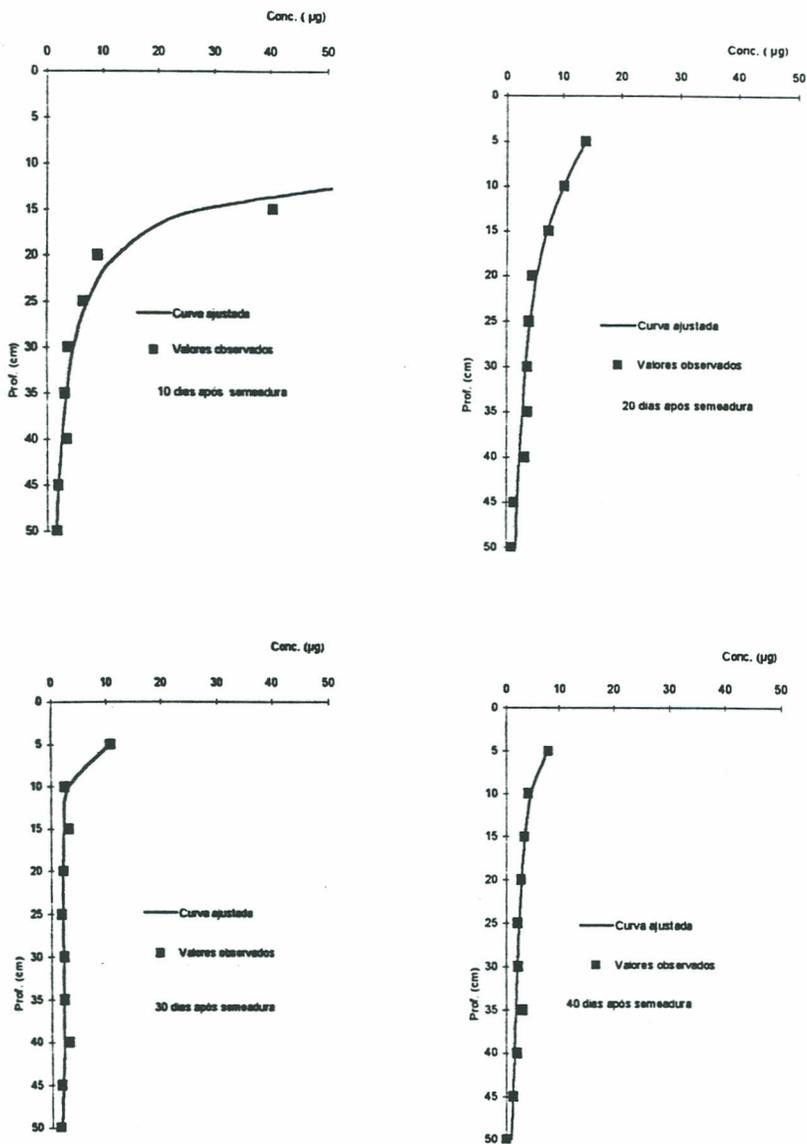


Figura 6. Curvas de resposta das equações ajustadas aos dados obtidos para o Carbofuran no solo sob lâmina excessiva.

CONCLUSÕES

Do experimento realizado e da análise dos dados pode-se concluir:

- O comportamento do Thiodicarb no solo para este experimento e nas condições do solo apresentado implica em baixo risco de contaminação do lençol freático.
- Não foram detectados resíduos dos inseticidas estudados após a segunda amostragem nos tratamentos submetidos à lâmina deficiente.
- Para todos os tratamentos houve maior retenção do princípio ativo dos inseticidas nas camadas mais superficiais do solo.
- Em todos os tratamentos o Carbofuran apresentou maior lixiviação tanto em quantidade quanto em profundidade quando comparado com o Thiodicarb, possivelmente por apresentar maior solubilidade em água e, desta forma, acompanhar a frente de umedecimento proporcionado pelas irrigações.
- A forma como são produzidos os inseticidas de tratamento de sementes, isto é, com a utilização de uma cola que procura reter o princípio ativo mais próximo da semente, faz com que os mesmos sejam absorvidos em grande parte pela plântula. Com isso, uma fração do total aplicado e não absorvido pode permanecer colada à semente e, ou, sofrer um processo de degradação no solo, reduzindo assim a lixiviação.
- Projetos de irrigação mal dimensionados em solos arenosos e com a utilização de pesticidas altamente solúveis podem representar grande

risco de contaminação do lençol freático.

AGRADECIMENTOS

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária / Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (EMBRAPA/CNPMS), ao Departamento de Engenharia Agrícola da UFV, ao CNPq e à FAPEMIG pelos esforços na obtenção de recursos através de bolsas, necessários à realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRÉA, M.M. **Metabólitos tóxicos do Dissulfoton: comportamento em feijoeiro, no solo e em solução nutriente**. Piracicaba: 1986.110p. Dissertação (Mestrado em Solos).
- BENGTSON, R.L., SOUTHWICK, L.M., WILLIS, G.H., CARTER, C.E. The influence of surface drainage practices on herbicide losses. *Transactions of the ASAE*, v.33, n.2, p.415-8, 1990.
- FERREIRA, M.S., GUIDANI, C.M.A., UNGARO, M.T.S., et al. Resíduos de inseticidas organoclorados e organofosforados em solos do Estado de São Paulo. *O biológico*, v.54, n.1, p.21-3, 1988.
- GHODRATI, M., JURY, W.A. A field study of the effects of soil structure and irrigation methods on preferential flow of pesticides in unsaturated soil. *Journal of Contaminant Hydrology*. v.11, p.101-25, 1992.
- GISH, C.J., ISENSEE, A.R., NASH, R.G., et al. Impact of pesticides on shallow groundwater quality. *Trans-*

- actions of the ASAE, v.34, n.4, p.1745-53, 1991.
- ISENSEE, A.R., NASH, R.G., HELLING, C.S. Effect of conventional vs. no-tillage on pesticide leaching to shallow groundwater. *Journal Environmental Quality*. v.19, p.434-40, 1990.
- LOPES, A.S. **Solos Sob Cerrado: Características, Propriedades e Manejo.** Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1984. 89p.
- MORI, H., KOBAYASHI, M., YAGI, K., et al. A high Performance Liquid Chromatographic Method For Determination of Benfuracarb And Carbofuran Residues in Soil And Water. *Journal Pesticide Science*. v.12, p.491-7, 1987.
- PIFFER, R. **Movimento e degradação de Aldicarb e Sulfona de Aldicarb em dois diferentes solos.** Lavras, MG: ESAL, 99p. Dissertação (Mestrado em Solos). Universidade Federal de Lavras. 1989.
- RO, K.S., CHUNG, K.H. Pesticides and Herbicides. *Water Environment Research*, v.66, n.4, p.227-32, 1994.
- SMITH, M.C., THOMAS, D.L., BOTTCHEER, A.B., et al. Measurement of pesticide transport to shallow groundwater. *Transactions of the ASAE*, v.33, n.5, p.1573-81, 1990.
- TOMLIN, C.A. **World Compendium. The Pesticide Manual Incorporating The Agrochemical Handbook.** Tenth Edition Crop Protection Publications S/p. 1995.999