

# INFLUÊNCIA DA CLASSE E PROFUNDIDADE DO SOLO NA DEGRADAÇÃO DO INSETICIDA-NEMATICIDA ALDICARBE<sup>1</sup>

TÂNIA MARIA LEAL BARBOSA<sup>2</sup> e RENÊ LUÍS DE OLIVEIRA RIGITANO<sup>3</sup>

**RESUMO** - Estudou-se, em condições de laboratório, a degradação do aldicarbe em amostras dos diferentes horizontes de quatro solos da região de Lavras, MG (Latossolo Vermelho-Amarelo - LVA, Podzólico Vermelho-Escuro (PVE), Latossolo Roxo (LR) e Gley Pouco Húmico - GPH). Subamostras dos solos foram incubadas com o composto durante períodos que variaram de 1 a 80 dias. Os resíduos de aldicarbe e de seus produtos de oxidação (sulfóxido e sulfona de aldicarbe) foram quantificados conjuntamente, na forma de sulfona de aldicarbe, por cromatografia gás líquido. Os valores de meia-vida de degradação para os solos estudados foram: 65, 137 e 281 dias, respectivamente, para os horizontes A, B e BC do solo LVA; 66, 155 e 236 dias, para os horizontes A, B e C do solo PVE; 146 e 183 dias, para os horizontes A e B do solo LR e, 113 e 108 dias para os horizontes A e C do solo GPH.

Termos para indexação: homogeneização, composto, resíduos, cromatografia.

## INFLUENCE OF SOIL CLASS AND DEPTH ON THE DEGRADATION OF THE INSECTICIDE-NEMATICIDE ALDICARB

**ABSTRACT** - The degradation of aldicarb in samples collected from the different horizons of four representative soils in Lavras, MG, Brazil, was investigated under laboratory conditions. Subsamples of each soil were incubated with the chemical during periods varying from 1 to 80 days. Aldicarb and its oxidation products, aldicarb sulphoxide and sulphone, were extracted with acetone and determined, as aldicarb sulphone, by liquid-gas chromatography, with a flame photometric detector. The breakdown of aldicarb to noncarbamate products closely followed a first-order kinetics with half-life values of 66, 155, and 236 days, respectively for A, B and C horizons of the Dark-Red Podzolic; 65, 137 and 281 days for the horizons A, B and BC of the Red-Yellow Latosol; 146 and 183 days for the horizons A and B of the Dusky-Red Latosol and, 113 and 108 days for the horizons A and C of the Low Humic Gley soil.

Index terms: homogenization, compost, residues, chromatography.

## INTRODUÇÃO

O inseticida-nematicida aldicarbe tem sido bastante utilizado no Brasil para a proteção de várias culturas, especialmente citros, café e batata. Comercializado em formulação granulada a 15% (Temik 150<sup>R</sup>) para aplicação no solo, o aldicarbe tem-se mostrado eficiente no controle de nematóides que atacam as raízes e no controle de insetos e ácaros que atacam as folhas, em virtude de sua pronunciada ação sistêmica em plantas. No entanto, o aldicarbe é um composto altamente tóxico para mamíferos, e, após a constatação da

presença de resíduos desse composto em poços e minas d'água em várias regiões agrícolas dos Estados Unidos (Zake et al., 1982; Jones, 1987), vários estudos sobre a degradação e transporte do aldicarbe em solos têm sido conduzidos.

Tais estudos revelaram que o primeiro passo na transformação do aldicarbe em solos é a sua oxidação a sulfóxido de aldicarbe. Esse processo é relativamente rápido, e pouco aldicarbe é encontrado algumas semanas após sua aplicação em solos úmidos. Parte do sulfóxido de aldicarbe formado é oxidado a sulfona de aldicarbe; tal reação é relativamente lenta. Sulfóxido e sulfona de aldicarbe são tão ativos quanto o composto original, e portanto, essa oxidação do aldicarbe não caracteriza um processo de degradação do composto. Simultaneamente à oxidação do aldicarbe e do seu sulfóxido, ocorre a hidrólise destes e da sulfona de

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 4 de fevereiro de 1994

Trabalho realizado com recursos financeiros do CNPq.

<sup>2</sup> Enga.-Agra., M.Sc. Bolsista do CNPq.

<sup>3</sup> Eng.-Agr., M.Sc., Ph.D., Prof.-Adj., Dep. de Fitos. da Esc. Sup. de Agríc. de Lavras (ESAL), CEP 37200-000 Lavras MG.

aldicarbe, com a formação de compostos não-carbamatos (oximas e nitrilas), os quais têm pouca importância no que diz respeito à contaminação ambiental, visto que são pouco tóxicos e continuam a se degradar no solo em compostos praticamente atóxicos (Bull et al., 1970; Andrawes et al., 1971; Lightfoot et al., 1987).

Tem sido observado que, apesar de a degradação do aldicarbe envolver várias reações químicas, essa degradação segue uma cinética de primeira ordem, ou seja, a taxa de degradação tende a ser constante com o tempo (Dikshit et al. 1976; Bromilow et al., 1980; Jones et al., 1986b; Lightfoot et al., 1987). Assim, a taxa de degradação do aldicarbe em solos tem sido convenientemente expressa em termos do valor de meia-vida de degradação. Estudos sobre a meia-vida de degradação do aldicarbe em solos mostraram uma apreciável variação nos resultados obtidos. Em condições de laboratório, Bromilow et al. (1980) observaram um valor de meia-vida em torno de 15 dias em amostras de um solo da Inglaterra, enquanto que Lightfoot et al. (1987) calcularam em 44 dias a meia-vida de degradação do aldicarbe em amostras da camada superficial de um solo dos Estados Unidos. Esses últimos autores também observaram que a meia-vida em amostras da zona saturada do mesmo solo foi sensivelmente maior (123 dias), tendo atribuído essa diferença ao menor pH da zona saturada. Em condições de campo, Jones (1987) relatou que a meia-vida do aldicarbe na zona arável de vários solos dos Estados Unidos variou de 10 a 100 dias, enquanto que na zona saturada os valores variaram entre 1 e 36 meses, com os maiores valores sendo encontrados em solos com subsolo ácido e sob temperaturas mais baixas.

O aldicarbe e seus produtos de oxidação são intensamente lixiviados em solos, o que é atribuído ao baixo coeficiente de adsorção dos compostos aos colóides do solo (Leistra et al., 1976; Bromilow & Leistra, 1980; Jones et al., 1986b e Jones, 1987). A quantidade de resíduos que atinge certa profundidade em determinado solo depende da taxa de movimento da água e da taxa de degradação dos resíduos. Em áreas caracterizadas por solos rasos, ou por uma combinação de fatores tais como: solo arenoso, baixo pH do solo, baixa temperatura do solo, chuvas intensas, etc., a aplicação do aldicarbe pode resultar no transporte de resíduos até o lençol freático, e daí a poços e minas d'água, conforme observado em várias regiões dos

Estados Unidos (Zake et al., 1982; Jones, 1987). Tal constatação resultou na proibição do uso desse composto em alguns estados desse país (Jones, 1987).

No Brasil, Piffer & Rigitano (1991) conduziram um experimento, em condições de campo, sobre o destino do aldicarbe em dois solos da região de Lavras, MG. Tal estudo revelou uma intensa lixiviação dos resíduos de aldicarbe nos solos. No entanto, a lixiviação dos compostos foi estudada apenas nos primeiros 50 cm de profundidade dos solos, e a falta de conhecimento sobre a taxa de degradação dos resíduos em profundidades maiores impediu uma melhor avaliação do potencial de contaminação do lençol freático nesses solos.

Dada a escassez de recursos técnicos e financeiros, necessários a estudos sobre a lixiviação dos diferentes agrotóxicos, nas mais diversas condições de solo e clima, alguns pesquisadores têm desenvolvido modelos matemáticos para a simulação da lixiviação dos compostos em solos (Bromilow & Leistra, 1980; Jones et al., 1986a). O emprego desses modelos requer o conhecimento de vários parâmetros, normalmente da taxa de degradação do composto no solo.

O presente trabalho foi conduzido com o objetivo de determinar a taxa de degradação do aldicarbe em amostras dos diferentes horizontes de quatro solos representativos da região de Lavras, MG.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Coleta e preparo das amostras

A degradação do aldicarbe foi investigada em amostras dos diferentes horizontes de quatro solos representativos da região de Lavras, MG, os quais foram: Latossolo Vermelho-Amarelo, Podzólico Vermelho-Escuro, Latossolo Roxo, e Gley Pouco Húmico. Foi coletada e identificada uma amostra de aproximadamente 5 kg do horizonte de cada solo. As amostras foram submetidas à secagem ao ar, trituração com auxílio de gral e pistilo, e à temisação em malha de 2 mm. Subamostras foram enviadas ao Departamento de Ciência do Solo da ESAL, para análises físico-químicas.

### Condução do experimento

Para cada horizonte, foram pesadas 14 subamostras com peso equivalente a 50 g de solo seco, as quais foram colocadas em copos de plástico descartáveis, onde

receberam a aplicação de 0,5 ml de uma solução de aldicarbe em etanol, na concentração de 1 mg/ml. Após repouso por cerca de 20 minutos, efetuou-se a homogeneização da mistura com o auxílio de um bastão de vidro. Em seguida, fez-se o ajuste de umidade a 30%, com base em peso, sendo esse teor mantido aproximadamente constante, no decorrer do experimento, restaurando-se o peso inicial das subamostras com a adição de água a cada dois dias. No caso do solo Gley Pouco Húmico, horizonte C, as subamostras foram mantidas saturadas com água, a fim de simular a condição natural para esse solo. Os experimentos foram conduzidos em laboratório, à temperatura ambiente, cuja média, calculada com base nos registros de um termômetro, foi de 17°C.

A degradação do aldicarbe foi avaliada determinando-se a quantidade de resíduos de aldicarbe e seus produtos de oxidação, sulfóxido e sulfona de aldicarbe, nas subamostras de solo coletadas duas a duas, em sete intervalos, após a aplicação: 1, 3, 7, 14, 28, 56 e 80 dias. Por ocasião das coletas, fez-se o ajuste de umidade em 30%, sendo as amostras posteriormente transferidas para sacos de plástico e armazenadas em "freezer" a 13°C até o momento das análises.

**Procedimentos analíticos**

A metodologia utilizada para análise de resíduos de aldicarbe nas subamostras de solo foi a mesma adaptada por Piffer (1989). O aldicarbe e seus produtos de oxidação, sulfóxido de aldicarbe e sulfona de aldicarbe, foram extraídos em acetona e submetidos à oxidação com ácido peracético. Posteriormente, os compostos foram quantificados conjuntamente, na forma de sulfona de aldicarbe, por cromatografia de gás líquido, com detector fotométrico de chama operando com filtro de enxofre. Os resíduos assim determinados representam a so-

matória do aldicarbe e de seus produtos de oxidação, sendo essa somatória referida como soma total dos resíduos de aldicarbe. As subamostras coletadas aos 28 e 56 dias após a aplicação foram também analisadas por cromatografia de camada delgada, através da técnica descrita por Piffer (1989), para confirmação da sulfona de aldicarbe. A eficiência do método analítico foi avaliada através de testes de recuperação de sulfona de aldicarbe em amostras de solo que receberam a adição de aldicarbe nas concentrações de 1 e 10 µg/g. Foram conduzidas três repetições para cada concentração, e as porcentagens de recuperação foram calculadas transformando-se a quantidade determinada de sulfona de aldicarbe em quantidade equivalente de aldicarbe (com base na relação entre os pesos moleculares) e comparando-se com a quantidade de aldicarbe adicionada.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO**

**Características físico-químicas dos solos**

Os resultados obtidos nas análises físico-químicas dos solos são apresentados na Tabela 1. A análise granulométrica revelou maiores teores de argila no solo LR, e os menores teores foram encontrados no solo PVE, horizonte C. Conforme esperado, o teor de carbono orgânico foi expressivamente maior no horizonte A do que nos horizontes inferiores para todos os solos, e o maior teor foi encontrado no solo GPH, horizonte A. A concentração de íons Fe<sup>++</sup> foi maior no horizonte A em relação aos demais horizontes dos solos, exceto no caso do solo LR, no qual os teores foram semelhantes nos dois horizontes.

**TABELA 1. Caracterização físico-química do material de solo coletado de cada horizonte dos solos estudados.**

Solo	Horizonte	Profundidade de coleta (cm)	Granulometria			pH		% carbono orgânico	Fe <sup>++</sup> (ppm)
			Areia	Silte	Argila	H <sub>2</sub> O	KCl		
PVE	A	0 - 20	52	20	28	5,6	4,6	2,5	94,8
	B	100 - 120	36	14	50	6,0	5,7	0,1	33,0
	C	250 - 300	35	49	16	5,9	5,0	0,0	10,4
LVA	A	0 - 20	34	27	39	5,2	4,2	1,4	60,9
	B	60 - 80	21	21	48	5,5	5,2	0,5	11,9
	BC	300 - 350	29	23	48	5,4	5,8	0,1	19,4
LR	A	0 - 20	17	7	76	5,2	5,1	2,5	23,6
	B	100 - 120	20	14	77	5,2	5,1	0,8	25,5
GPH	A	0 - 20	40	25	35	5,1	4,1	3,0	113,6
	C	60 - 80	30	20	50	5,3	4,1	0,5	95,6

### Eficiência do método analítico

Os resultados obtidos dos testes de recuperação do aldicarbe revelaram que a percentagem de recuperação do composto foi, em média,  $95 \pm 3\%$ , o que indica que o método analítico utilizado foi bastante satisfatório. Em função da alta eficiência do método analítico, os resultados das análises das amostras provenientes dos experimentos não foram corrigidos pela percentagem de recuperação.

### Degradação do aldicarbe

As equações de regressão linear entre o logaritmo da percentagem remanescente de aldicarbe e o tempo decorrido desde a aplicação do composto, bem como a meia-vida de degradação do aldicarbe, em cada solo/horizonte, são apresentados na Tabela 2. A percentagem remanescente de aldicarbe foi calculada com base na quantidade de sulfona de aldicarbe determinada nas amostras, a qual foi transformada em quantidade equivalente de aldicarbe e comparada com a quantidade aplicada do composto.

Os coeficientes de determinação das equações de regressão linear foram razoavelmente altos na maioria dos casos, o que mostra que a degradação do aldicarbe nos diferentes solos/horizontes seguiu tipicamente uma reação cinética de primeira ordem, apesar de várias constantes de reação estarem envolvidas na degradação do aldicarbe. Tal constatação também foi feita por outros autores

(Dikshit et al., 1976; Jones & Back, 1984 e Bromilow et al., 1980). Análises complementares das amostras coletadas aos 28 e 56 dias após a aplicação, através de cromatografia de camada delgada, confirmaram virtualmente toda a sulfona de aldicarbe determinada nas amostras.

Os valores de meia-vida de degradação do aldicarbe nas subamostras dos solos estudados variaram de 65 a 281 dias, o que indica que, sob as condições em que os experimentos foram conduzidos, a degradação do aldicarbe foi lenta. A degradação foi mais intensa nas amostras do horizonte A para todos os solos estudados, exceto no solo Gley Pouco Húmico, onde os valores de meia-vida de degradação para os horizontes A e C foram muito próximos. A análise estatística dos resultados, através do teste de homogeneidade de coeficientes de regressão (Seber, 1977) revelou diferenças significativas entre as equações obtidas para os diferentes horizontes de cada solo.

As taxas de degradação do aldicarbe em solos, observadas no presente trabalho, foram menores que as observadas por outros autores em condições de campo. Jones et al. (1986b) observaram valores de meia-vida de degradação entre 15 e 90 dias na camada superficial de diferentes solos nos EUA. Dikshit et al. (1976), na Índia, obtiveram um valor de meia-vida de degradação em torno de 17 dias. As menores taxas de degradação observadas no presente trabalho podem ser atribuídas, pelo menos em parte, às temperaturas relativamente baixas

**TABELA 2.** Equações de regressão entre o logaritmo da percentagem remanescente de resíduos de aldicarbe (Y) e o intervalo de tempo (dias) após a aplicação do composto em diferentes solos, e respectivos valores de meia-vida de degradação.

Solo	Horizonte	Equação de regressão linear	R <sup>2</sup>	Meia-vida de degradação (dias)
Podzólico	A	$Y = 1,94 - 0,0045627X$	0,8	66
Vermelho- -Escuro	B	$Y = 1,99 - 0,0019347X$	0,77	155
	C	$Y = 1,97 - 0,001272X$	0,46	236
Latossolo	A	$Y = 1,98 - 0,002054X$	0,89	146
Roxo	B	$Y = 1,95 - 0,001638X$	0,7	183
Latossolo	A	$Y = 1,95 - 0,004641X$	0,88	65
Vermelho- -Amarelo	B	$Y = 1,99 - 0,002197X$	0,88	137
	BC	$Y = 1,95 - 0,001069X$	0,54	281
Gley Pouco	A	$Y = 1,96 - 0,002661X$	0,94	113
Húmico	C	$Y = 2,0 - 0,002777X$	0,98	108

registradas durante o período experimental (temperatura média igual a 17°C). Em condições de laboratório, a 25°C, Lightfoot et al. (1987) observaram um valor em torno de 44 dias para a meia-vida de degradação do aldicarbe em um solo EUA.

A maior taxa de degradação do aldicarbe no horizonte A em relação aos outros horizontes, observado para os solos LVA, PVE e LR, revela que outros fatores do solo, além da temperatura, afetam significativamente a degradação do aldicarbe em solos. O teste de homogeneidade de coeficientes de regressão, aplicado às equações obtidas para o horizonte A dos solos, confirmou o efeito significativo da classe de solo na degradação do aldicarbe.

Comparando-se as propriedades físico-químicas dos solos (Tabela 1) com os valores de meia-vida para os diferentes horizontes dos solos LVA, PVE e LR, observa-se uma correlação inversa entre os valores de meia-vida e os teores de carbono orgânico. Essa correlação inversa mostra que o efeito supressor da matéria orgânica na degradação, decorrente da maior adsorção do aldicarbe aos sólidos do solo e conseqüentemente menor disponibilidade à degradação na fase aquosa, é contrabalançado por outros fatores que afetam a degradação do composto. Os teores mais elevados de matéria orgânica geralmente estão associados à maior atividade microbiana, a qual é predominantemente responsável pela oxidação do aldicarbe a sulfóxido e sulfona de aldicarbe (Jones, 1987). Esses metabólitos, ao contrário do aldicarbe, têm natureza polar, e por isso apresentam baixos coeficientes de adsorção à matéria orgânica (Bromilow & Leistra, 1980), ficando disponíveis à degradação química (hidrólise) na solução do solo. Como a hidrólise é o principal mecanismo de degradação desses compostos em solos (Lightfoot et al., 1987), a maior taxa de degradação observada nos horizontes superiores pode ser explicada pela maior taxa de oxidação do aldicarbe associada a condições mais favoráveis à hidrólise nesses horizontes.

Os valores de meia-vida nos diferentes horizontes de cada solo revelaram-se inversamente correlacionados com os teores de íons  $Fe^{++}$  nos horizontes. No caso do solo LR, os teores de  $Fe^{++}$  nos horizontes A e B foram semelhantes, e também o foram os valores de meia-vida de degradação. Essas

observações confirmam os resultados obtidos por Bromilow et al. (1986), que mostraram um importante papel dos íons  $Fe^{++}$  na degradação do aldicarbe em solos. O valor de meia-vida de degradação do aldicarbe no solo GPH/horizonte A foi maior que os observados no horizonte A dos solos PVA e LVA, apesar da maior concentração dos íons  $Fe^{++}$  no primeiro. Porém, a concentração de  $Fe^{++}$  no solo GPH, conforme determinada pelo método analítico utilizado (extração com HCl 0,05N e  $H_2SO_4$  0,25N), provavelmente é maior que a concentração de  $Fe^{++}$  disponível, uma vez que nesse tipo de solo, o  $Fe^{++}$  tende a formar complexos com constituintes da matéria orgânica (Kampf & Schwertmann, 1983).

Conforme mencionado anteriormente, o conhecimento da taxa de degradação de um agrotóxico em solos é fundamental para a utilização de modelos matemáticos para a simulação do movimento dos resíduos desse agrotóxico em solos. Os resultados obtidos no presente trabalho revelaram uma expressiva variação na taxa de degradação do aldicarbe em função da classe e profundidade dos solos estudados. Assim, a utilização de tais modelos deve levar em consideração essa variação, o que importa na necessidade de estudos detalhados sobre a degradação do composto em determinado solo no qual se deseja testar a aplicabilidade de tais modelos. Esses estudos devem incluir o efeito da temperatura na taxa de degradação, visto que outros autores têm reconhecido a temperatura como o principal fator a determinar a taxa de degradação do composto em solos.

## CONCLUSÕES

1. A taxa de degradação do inseticida-nematicida aldicarbe em solos, medida em condições de laboratório a partir de incubações de amostras de solo com o composto, relevou uma expressiva variação em função da classe e horizonte do solo, com valores de meia-vida de degradação variando entre 65 e 281 dias.

2. Os valores de meia-vida de degradação do aldicarbe nos solos estudados foram: 65, 137 e 281 dias, respectivamente, para os horizontes A, B e BC do Latossolo Vermelho-Amarelo - LVA; 66, 155 e 236 dias para os horizontes A, B e C do Podzólico Vermelho-Escuro - PVE; 146 e 183 dias para os horizontes A e B do Latossolo Roxo - LR

e, 113 e 108 dias para os horizontes A e C do Gley Pouco Húmico - GPH.

3. Os valores de meia-vida mostraram-se inversamente correlacionados com os teores de  $Fe^{++}$  nos horizontes dos solos, o que confirma a importância desses íons na degradação do aldicarbe em solos.

## REFERÊNCIAS

- ANDRAWES, N.R.; BAGLEY, W.P.; HERRETT, R.A. Fate and carryover properties of Temik aldicarb pesticide (2-methyl-2-(methyl-lthio) propionaldehyde 0-(methyl carbamyl oxime) in soil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington, v.19, n.4, p.727-730, July/Aug. 1971.
- BROMILOW, R.H.; BAKER, J.J.; FREEMAN, M.A.; GOROG, K. The degradation of aldicarb and oxamyl in soil. *Pesticide Science*, England, v.11, p.371-378, 1980.
- BROMILOW, R.H.; BRIGGS, G.G.; WILLIAMS, J.H.; SMELT, J.H.; TUINSTRRA, L.G.M.T.; TRAAG, W.A. The role of ferrous ions in the rapid degradation of oxamyl, methomyl and aldicarb in anaerobic soils. *Pesticide Science*, England, v.17, p.535-547, 1986.
- BROMILOW, R.H.; LEISTRA, M. Measured and simulated behaviour of aldicarb and its oxidation products in fallow soils. *Pesticide Science*, England, v.11, p.389-395, 1980.
- BULL, D.D.; STOKES, R.A.; COPPEDGE, J.R.; RIDGWAY, R.L. Further studies of the fate of aldicarb in soil. *Journal of Economic Entomology*, Texas, v.63, n.4, p.1283-1289, Apr. 1970.
- DIKSHIT, A.K.; AGNIHOTRI, N.P.; DEWAN, R.S.; SAXENA, H.P. Dissipation of aldicarb in soil and pea plant. *Indian Journal of Agricultural Science*, New Delhi, v.46, n.3, p.117-119, 1976.
- JONES, R.L. **The aldicarb experience 2.** Results of monitoring and research programs. Triangle Park, NC.: Union Carbide Agricultural Products Company Incorporated, 1987. 46p.
- JONES, R.L.; BACK, R.C. Monitoring aldicarb residues in Florida soil and water. *Environmental Toxicology and Chemistry*, Elmsford, v.3, p.9-20, 1984.
- JONES, R.L.; BLACK, G.W.; ESTES, T.L. Comparison of computer predictions with unsaturated zone field data for aldicarb and aldoxycarb. *Environmental Toxicology and Chemistry*, Elmsford, v.5, p.1027-1037, 1986a.
- JONES, R.L.; HANSEN, J.L.; ROMINE, R.R.; MARQUARDT, T.E. Unsaturated zone studies of the degradation and movement of aldicarb and aldoxycarb residues. *Environmental Toxicology and Chemistry*, Elmsford, v.5, p.361-372, 1986b.
- KAMPF, N.; SCHWERTMANN, V. Goethite and hematite in a climosequence in southern Brazil and their application in classification of Kaolinitic soils. *Geoderma*, Amsterdam, v.29, n.1, p.27-39, Jan. 1983.
- LEISTRA, M.; SMELT, J.H.; LEXMOND, T.M. Conversion and leaching of aldicarb in soil columns. *Pesticide Science*, v.7, p.471-482, 1976.
- LIGHTFOOT, E.N.; THORNE, P.S.; JONES, R.L.; HANSEN, J.L.; ROMINE, R.R. Laboratory studies on mechanisms for the degradation of aldicarb, aldicarb sulfoxide and aldicarb sulfone. *Environmental Toxicology and Chemistry*, Elmsford, v.6, p.377-394, 1987.
- PIFFER, R. **Movimento e degradação de aldicarbe e sulfona de aldicarbe em dois diferentes solos.** Lavras: ESAL, 1989. 99p. Tese de Mestrado.
- PIFFER, R.; RIGITANO, R.L.O. Lixiviação e degradação do inseticida aldicarbe em dois diferentes solos. *Ciência e Prática*, Lavras, v.15, n.4, p.355-363, 1991.
- SEBER, G.A.F. **Linear regression analysis.** New York: John Wiley & Sons, 1977. 465p.
- ZAKE, M.H.; MORAN, D.; HARRIS, D. Pesticide in groundwater. The aldicarb story in Suffolk County. *American Journal of Public Health*, New York, v.72, p.1319-395, 1982.