

# LIXIVIAÇÃO DE IMAZETHAPYR E IMAZAMOX EM DIFERENTES SOLOS<sup>1</sup>

Antonio Pasqualetto,<sup>2</sup> Roberto Kazuhiko Zito,<sup>3</sup>  
Hugo A. Ruiz<sup>4</sup> e Antonio Alberto da Silva<sup>4</sup>

## ABSTRACT

### LIXIVIATION OF IMAZETHAPYR AND IMAZAMOX IN DIFFERENT SOILS

The use of herbicides has grown progressively. At the same time there has been a great concern about the environment in order to prevent negative environmental impacts. The lixiviation of residues of herbicides is the main cause of the contamination of subsuperficial water. This paper focuses on the lixiviation of the herbicides imazamox and imazethapyr by means of bioessay. Several kinds of soil were placed into PVC tubes in a vertical position. After applying the herbicides, 60 mm of water was put inside the tubes and the leached material of each column was collected. In each column, soghum was sowed. Afterwards, by means of regression equation, the relationship between dry matter of the aerial part and depth was evaluated. The lixiviation of imazamox was smaller than that of imazethapyr in the different soils.

KEY WORDS: Imazamox, AC 299.263, imazethapyr, lixiviation, bioessay.

## RESUMO

O uso de herbicidas nos cultivos agrícolas tem aumentado progressivamente. Concomitantemente, houve também uma crescente preocupação com o meio ambiente, no sentido de prevenir ou mitigar impactos ambientais negativos. A contaminação de águas subsuperficiais por agrotóxicos decorre, principalmente, da lixiviação de seus resíduos. Neste trabalho foi estudada a lixiviação dos herbicidas imazamox e imazethapyr por meio de bioensaio. Diversos tipos de solo foram colocados em tubos de PVC em posição vertical. Após a aplicação dos herbicidas, estes foram atingidos por uma lâmina d'água de 60 mm. Coletou-se o lixiviado de cada coluna, que foi transferido para um vaso correspondente, contendo areia lavada. As colunas de solo foram colocadas em posição horizontal e semeou-se sorgo ao longo da coluna. Posteriormente, relacionou-se, por meio de equações de regressão, a produção de matéria seca da parte aérea em função da profundidade. Nos vasos contendo lixiviado também semeou-se sorgo e, aos 17 dias, colheu-se o material, que foi então analisado estatisticamente. Nas doses testadas, o imazamox mostrou-se menos lixiviável que o imazethapyr, nos diversos solos estudados.

PALAVRAS-CHAVE: Imazamox, AC 299.263, imazethapyr, lixiviação, bioensaio.

## INTRODUÇÃO

O uso de herbicidas tem aumentado progressivamente ao longo dos últimos anos, correspondendo a 65% dos agrotóxicos consumidos (Siqueira 1994). Por outro lado, cresce também o número de biotipos de plantas daninhas resistentes.

Para tal, a indústria química tem emvidado esforços buscando desenvolver moléculas eficientes para o controle dessas espécies. O imazethapyr, herbicida seletivo para a cultura da soja, apresenta, dentre outras espécies, um eficiente controle de leiteiro (*Euphorbia heterophilla*). Este herbicida, pertencente ao grupo das imidazolinonas, atua inibindo a ação da

1. Entregue para publicação em abril de 1999.

2. Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás. CP 131, CEP 74001-970 - Goiânia-GO

3. EPAMIG. Uberaba. MG

4. Universidade Federal de Viçosa - MG

enzima aceto-hidroxiácido sintase, impedindo, assim, a síntese dos aminoácidos leucina, isoleucina e valina (American Cyanamid Company 1994). O imazamox, um herbicida registrado para as culturas de feijão e soja, também pertence ao grupo das imidazolinonas e possui o mesmo mecanismo de ação que o anterior. Embora os herbicidas citados sejam pós-emergentes, o destino final é invariavelmente o solo e, assim, podem atingir córregos ou águas subsuperficiais, causando sérios danos ao meio ambiente.

Alguns trabalhos têm revelado que a adsorção dos herbicidas do grupo das imidazolinonas, que se apresentam como moléculas aniônicas, geralmente aumenta com diminuição do pH (Renner *et al.* 1988, Stougaard *et al.* 1990, Loux & Reese 1993). A adsorção pode ocorrer através de ligações hidrofóbicas, de pontes de hidrogênio, de forças de van der Waals, bem como por meio de metais e ligações eletrostáticas. Stougaard *et al.* (1990), utilizando imazethapyr e imazaquin em solos com pH 7, sugerem que alguma forma de adsorção física estaria ocorrendo em seus trabalhos. Assim, fatores como teor e qualidade da argila e teor de matéria orgânica influenciam o processo de adsorção e, conseqüentemente, o de lixiviação. Deve-se esperar uma correlação inversa entre o coeficiente de lixiviação e a capacidade adsorptiva do solo. Além disso, sabe-se que o movimento de agroquímicos através do solo é influenciado pela infiltração de água e que a infiltração é controlada pelas características físicas do solo (Clay *et al.* 1992).

Para herbicidas potencialmente lixiviáveis, espera-se uma correlação positiva entre precipitação e lixiviação. Em função disso, intensas precipitações podem promover a lixiviação de certos herbicidas e contaminar as águas subsuperficiais. Para estudar a atividade da molécula herbicida nos solos, muitos pesquisadores têm utilizado o bioensaio, que alia baixo custo e boa precisão.

O objetivo deste trabalho foi estudar a lixiviação dos herbicidas imazamox e imazethapyr, coletando-se o material percolado através de colunas de solo e avaliando-se, posteriormente, por meio de bioensaio.

## MATERIAL E MÉTODOS

Adotou-se o delineamento em blocos completos casualizados, num arranjo fatorial 2x5x10, constituído pelos herbicidas imazethapyr e imazamox, cinco substratos, ou seja, areia lavada e quatro amostras deformadas de solos: latossolo vermelho-amarelo

distrófico de Três Marias (LVd), latossolo vermelho-escuro álico de Sete Lagoas (LEa), latossolo roxo eutrófico de Capinópolis (LRe), podzólico vermelho-amarelo câmbico de Viçosa (PVc) e dez profundidades (0 a 50 cm). As amostras de solo apresentaram as seguintes características físico-químicas (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização das amostras de solo

Características	LVd <sup>1</sup>	LEa <sup>2</sup>	LRe <sup>3</sup>	PVc <sup>4</sup>
Areia grossa (%)	24,00	9,00	10,00	27,00
Areia fina (%)	60,00	5,00	24,00	16,00
Silte (%)	8,00	11,00	19,00	11,00
Argila (%)	8,00	75,00	47,00	46,00
Densidade atual (g/cm <sup>3</sup> )	1,37	1,18	1,11	1,01
Densidade da partícula (g/cm <sup>3</sup> )	2,74	2,94	2,90	2,56
Porosidade (%)	50,00	59,90	61,70	60,50
Equivalente de Umidade (%)	6,40	20,30	22,20	23,30
pH água	4,70	4,90	5,80	5,90
Carbono orgânico (dag/kg)	0,50	3,60	3,90	3,10
P (mg/dm <sup>3</sup> )	1,90	1,60	10,00	5,10
K (mg/dm <sup>3</sup> )	77,00	115,00	96,00	210,00
Al (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	0,30	0,10	0,00	0,00
Ca (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	0,20	0,60	2,80	2,60
Mg (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	0,10	0,20	0,50	1,10
H+Al (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	1,50	4,80	1,50	6,00
SB (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	0,45	1,09	3,63	4,27
CTC efetiva (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	0,75	1,19	3,63	4,27
CTC total (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	1,95	5,89	5,13	10,27
V (%)	22,90	18,60	70,70	41,60
m (%)	40,30	8,40	0,00	0,00

1 - LVd = Latossolo vermelho-amarelo distrófico de Três Marias.

2 - LEa = Latossolo vermelho-escuro álico de Sete Lagoas.

3 - LRe = Latossolo roxo eutrófico de Capinópolis.

4 - PVc = Podzólico vermelho-amarelo câmbico de Viçosa.

Numa segunda etapa, realizou-se um estudo com o lixiviado, adotando-se o delineamento em blocos casualizados, no arranjo fatorial 2x5, constituído pelos mesmos herbicidas e substratos. A areia foi incubada com solução de hidróxido de sódio por 24 horas, lavada e depois incubada por mais 24 horas com solução de ácido clorídrico. Posteriormente foi lavada com cinco passadas de água. Os solos LEa e LVd foram submetidos a calagem devido ao seu baixo pH, de acordo com o método da saturação de bases, proposta por Raij (1986), objetivando atingir uma saturação de bases de 60%. As amostras de solo e a areia foram acondicionados em tubos de PVC de 10 cm de diâmetro por 50 cm de altura. Passou-se parafina na parede interna desses tubos para evitar a excessiva movimentação vertical de água pelas paredes internas. Os tubos tinham uma paleta lateral removível, para a posterior realização do plantio.

Uma das extremidades do tubo, que servia de fundo, foi tapada com a seqüência gaze-papel de filtro-placa de Petri e fixada com fita adesiva. As colunas foram colocadas em posição vertical e deixadas sob simulador de chuva, de forma a receber uma lâmina uniforme até que houvesse percolação em todas as unidades experimentais.

Os tubos, mantidos na posição vertical, tiveram a parte superior coberta por sacos plásticos, que foram retirados dois dias após, quando se aplicaram os herbicidas, nas doses de 100 g i.a./ha e 40 g i.a./ha, para imazethapyr e imazamox, respectivamente. Imediatamente após a aplicação, os tubos foram colocados sob simulador de chuva, com intensidade de precipitação de 0,9 mm/min, até atingir a lâmina de 60 mm. Nesse momento foram coletadas as soluções lixiviadas, com um saco plástico previamente amarrado no fundo de cada tubo.

Dois dias depois retiraram-se os sacos plásticos, que foram guardados para posterior estudo. As paletas laterais de cada tubo foram retiradas e as outras extremidades tapadas. Os tubos foram colocados em posição horizontal e, ao longo da coluna, semeou-se o sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.), colocando-se, aproximadamente, 28 sementes uniformemente distribuídas ao longo de cada coluna.

Quinze dias após o semeio colheram-se as plantas, a intervalos de 5 cm, sendo descartados o primeiro e o último intervalos, considerados bordaduras. Os dados experimentais foram ajustados por meio de equações de regressão que relacionaram, para cada herbicida, matéria seca com a profundidade, nos diversos tipos de solo.

Numa segunda etapa, transferiram-se 60 ml do lixiviado de cada saco plástico para vasos de 370 ml,

contendo areia lavada, onde se semeou sorgo. Após a germinação, fez-se o desbaste, mantendo-se quatro plantas por vaso. Após 17 dias procedeu-se à colheita e determinaram-se os pesos da matéria seca, com precisão de centigramas. Realizou-se a análise de variância e discriminaram-se os tratamentos pelo teste de Tukey.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se, pela Figura 1 e Tabela 2, que, no LVD, os dois herbicidas apresentaram um comportamento muito semelhante no que se refere ao movimento através da coluna. Nota-se, ainda, que os menores valores de peso da matéria seca, tanto para o imazamox quanto para imazethapyr, encontram-se, aproximadamente, a 12,5 cm de profundidade, o que indica que os herbicidas concentraram-se nessa profundidade, reduzindo, assim, o crescimento das plantas. A princípio, acreditava-se que, nesse solo, a lixiviação seria mais intensa por se tratar de um solo bastante arenoso (84% de areia, Tabela 1). É possível que, neste caso, algum tipo de retenção física pudesse estar ocorrendo. Pelo formato da curva, associado à ausência de fitotoxidez a maiores profundidades, podemos supor que pouco ou nenhum resíduo de herbicida ultrapassou os limites da coluna.

Observando as Tabelas 3 e 4, percebe-se que foram obtidos os maiores valores de comprimento de plantas e de peso da matéria seca da parte aérea, quando utilizado o imazamox, evidenciando uma reduzida atuação do herbicida, o que indica não haver ultrapassado a coluna. O imazethapyr teve comportamento semelhante, se bem que com alguma lixiviação, pois foram constatadas reduções significativas no comprimento de plantas e no peso de matéria seca da parte aérea.

Tabela 2. Ajustes de equações para tipo de solo e herbicidas

Equações:	Significância	R <sup>2</sup>
TM <sup>1</sup> -IMXps <sup>2</sup> = 1,368-0,169Z + 0,00795Z <sup>2</sup> - 0,0000973Z <sup>3</sup>	*	0,92
TM-IZTps <sup>3</sup> = 0,611-0,056Z + 0,00316 Z <sup>2</sup> - 0,0000363Z <sup>3</sup>	*	0,94
SL <sup>4</sup> -IMXps = 0,567 + 0,049Z-0,00185 Z <sup>2</sup> + 0,0000310 Z <sup>3</sup>	**	0,89
SL-IZTps = 0,524 + 0,015Z+0,00097 Z <sup>2</sup> - 0,0000215 Z <sup>3</sup>	*	0,71
AR <sup>5</sup> -IMXps = 1,219	NS	-
AR-IZTps = 1,229-0,036Z + 0,00099 Z <sup>2</sup> - 0,0000134 Z <sup>3</sup>	**	0,99

1. TM – Três Marias (LVd)

3. IZTps – Herbicida Imazethapyr

5. AR – Areia lavada

2. IMXps – Herbicida Imazomax

4. SL – Sete Lagoas (LEa)

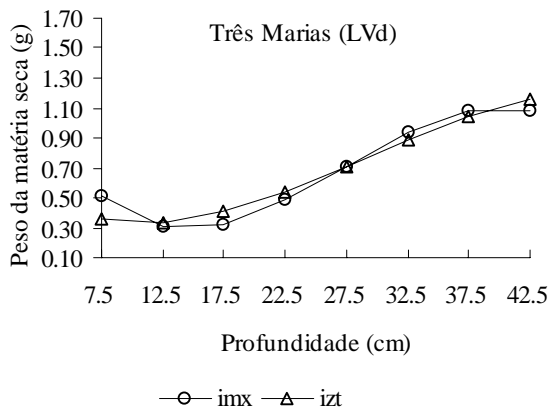


Figura 1. Peso da matéria seca da parte aérea de plantas de sorgo, em função da profundidade de colunas, contendo amostras de um latossolo vermelho-amarelo distrófico, de Três Marias (MG), com os herbicidas imazamox (imx) e imazethapyr (izt).

No que se refere ao formato da curva, o mesmo raciocínio pode ser feito para o imazamox, mas não para o imazethapyr, no LEa (Figura 2). Analisando as Tabelas 3 e 4, constata-se que, nesse solo, houve certa diferença de comportamento entre os dois herbicidas, com lixiviação mais intensa no caso do imazethapyr, evidenciado pelos menores valores de comprimento de plantas (13,03 cm) e pelo peso da matéria seca da parte aérea (0,13 g), em relação ao imazamox.

Tabela 3. Médias obtidas para comprimento de plantas de sorgo (CP), cultivadas em areia, contendo lixiviado de dois herbicidas: imazamox (IMX) e imazethapyr (IZT), obtidos de quatro tipos de solo: LVd, LEa, LRe e PVc e areia lavada (Ar) \*

Tratamentos	Imazamox	Imazethapyr	Médias
LVd	28,38 a A <sup>1</sup>	18,31 a B	23,34
LEa 27,71 a A	13,03 b B	20,37	
Ar	17,13 b A	10,91 b B	14,02
LRe 26,53 a A	20,72 a B	23,62	
PVc 30,09 a A	19,84 a B	24,96	
Médias	25,97	16,56	-

C.V. = 13,7%

1. Médias seguidas de uma mesma letra minúscula na vertical, ou maiúscula na horizontal, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Tabela 4. Médias obtidas para peso da matéria seca da parte aérea de plantas de sorgo (PSA), cultivadas em areia, contendo lixiviado de dois herbicidas: imazamox (IMX) e imazethapyr (IZT), obtidos de quatro tipos de solo: LVd, LEa, LRe e PVc e areia lavada (Ar)

Tratamentos	Imazamox	Imazethapyr	Médias
LVd	0,38 a A <sup>1</sup>	0,21 ab B	0,30
LEa	0,37 a A	0,13 ab B	0,25
Ar	0,21 b A	0,10 b B	0,16
LRe	0,30 ab A	0,21 ab A	0,26
PVc 0,41 a A	0,26 a B	0,34	
Médias	0,33	0,18	-

C.V. = 25,4%

1. Médias seguidas de uma mesma letra minúscula na vertical, ou maiúscula na horizontal, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

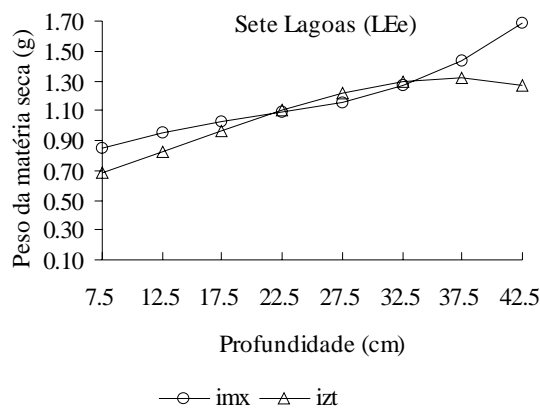


Figura 2. Peso da matéria seca da parte aérea, em função da profundidade de colunas, contendo amostras de um latossolo vermelho escuro álico, de Sete Lagoas (MG), com os herbicidas imazamox (imx) e imazethapyr (izt).

Utilizando a areia lavada, na ausência de cargas elétricas, verifica-se que o imazamox ultrapassou toda a coluna (Figura 3) e causou uma expressiva redução de crescimento na planta-teste, em comparação com os solos estudados (Tabelas 4 e 5). Já o imazethapyr deixou resíduos numa distribuição crescente à medida que se aprofundava ao longo da coluna (Figura 3), reduzindo o comprimento de plantas e o peso da matéria seca da parte aérea no teste com o lixiviado, inclusive em maior grau, a ponto de diferenciar estatisticamente quando comparado com o imazamox (Tabelas 3 e 4).

No caso do solo argiloso de Capinópolis (LRe), a maior parte dos resíduos de ambos os

herbicidas permaneceu nos primeiros centímetros de profundidade (Figura 4). Algum resíduo de imazethapyr, porém, passou através da coluna e reduziu o comprimento de plantas e o peso de matéria seca da parte aérea, quando se compara com imazamox.

No solo proveniente de Viçosa (Pvc), o imazamox permaneceu nos primeiros 20 cm de profundidade (Figura 5) e, pelos altos valores de comprimento de plantas e de peso de matéria seca obtidos, em relação aos outros substratos utilizados (Tabelas 4 e 5), conclui-se que pouco resíduo foi lixiviado. O imazethapyr, ao contrário, lixiviou-se, pois causou redução de crescimento se comparado com o imazamox (Tabelas 3 e 4), mas sua distribuição foi bastante uniforme ao longo da coluna. A possibilidade de todo o resíduo ter ultrapassado a coluna é remota, visto que os valores de comprimento de plantas e de peso da matéria seca da parte aérea foram altos, se comparados à testemunha areia lavada.

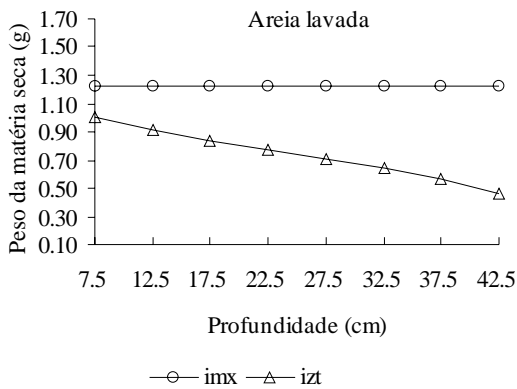


Figura 3. Peso da matéria seca da parte aérea, em função da profundidade de colunas, contendo areia lavada, com os herbicidas imazamox (imx) e imazethapyr (izt).

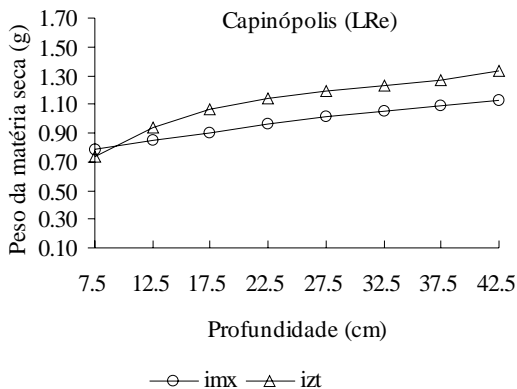


Figura 4. Peso da matéria seca da parte aérea, em função da profundidade de colunas, contendo amostras de um latossolo roxo eutrófico, de Capinópolis (MG), com os herbicidas imazamox (imx) e imazethapyr (izt).

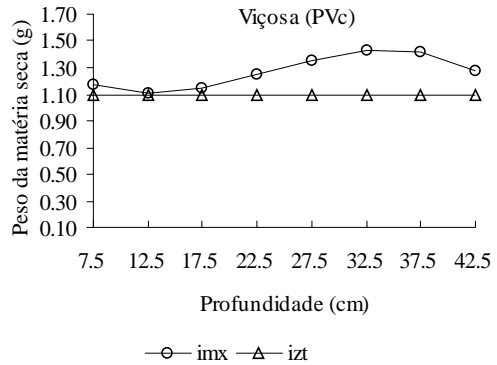


Figura 5. Peso da matéria seca da parte aérea, em função da profundidade de colunas, contendo amostras de um podzólico vermelho-amarelo câmbico, de Viçosa (MG), com os herbicidas imazamox (imx) e imazethapyr (izt).

De modo geral, nas doses testadas, o imazamox mostrou-se menos lixiviável que o imazethapyr quando avaliado por meio de comprimento de plantas (25,97 cm vs. 16,56 cm) e de peso de matéria seca da parte aérea (0,33 g vs. 0,18 g). É importante salientar que, na metodologia utilizada, tanto a dose quanto a efetiva ação do herbicida sobre a planta teste podem afetar os resultados. Essa consideração é importante porque o imazethapyr é absorvido pela raiz, enquanto, no caso do imazamox, essa absorção é desprezível. Cobucci *et al.* (1998), em estudos realizados com imazamox em solos oxissóis de Jussara (GO), não detectaram resíduos significativos deste herbicida nas culturas de milho, sorgo, arroz e milheto.

Quando utilizado o imazamox, nos diversos tipos de solos testados, vê-se, pelas Tabelas 4 e 5, que não houve diferença entre LVd, LEd, LRe e Pvc para produção de matéria seca da parte aérea. Na areia lavada houve uma redução significativa do crescimento. A ausência de diferenças significativas entre os solos em questão caracteriza uma pouca interação do herbicida com seus componentes físico-químicos, apesar da diferença existente entre eles.

O solo LEd, que possui 86% de silte+argila em sua composição física e 3,6 dag/kg de carbono orgânico (Tabela 1), teve menor valor de peso da matéria seca da parte aérea em relação aos demais solos em estudo, quando se utilizou o imazethapyr. Esses menores valores indicam uma tendência de maior lixiviação nesses solos. Isso seria esperado, já que os herbicidas do grupo das imidazolinonas, que predominam na forma aniônica (-COO<sup>-</sup>) em pH 7,2, são repelidos pelas cargas negativas dos colóides

minerais e orgânicos do solo. Em pH 6, o imazethapyr apresenta-se muito dissociado (99%), não se esperando uma adsorção significativa se o mecanismo de adsorção for exclusivamente iônico (Stougaard *et al.*, 1990). Entretanto, o mesmo fato não ocorreu com solos como LE, também muito argiloso.

Na Tabela 4 são apresentadas algumas diferenças nos efeitos fisiológicos decorrentes da ação fitotóxica dos herbicidas. O imazethapyr reduziu mais o crescimento da parte aérea em detrimento das raízes, como mostra a relação matéria seca da parte aérea-raízes (RARS), se comparada com o imazamox, nos solos LVd, LEe e LRe. Entre os diversos solos não houve efeito nessa variável quando utilizado o imazethapyr. Porém, quando utilizado o imazamox, obteve-se uma diferença significativa ao utilizar o lixiviado proveniente das colunas de areia lavada, que apresentou um menor valor médio. De certa maneira, podemos dizer que os dois herbicidas, embora não tenham apresentado pouca interação com os diversos tipos de solo testados na análise de matéria seca da parte aérea (Tabela 3), tiveram um efeito diferenciado quanto ao modo como influenciaram o crescimento das plantas de sorgo, apesar de pertencerem ao mesmo grupo de herbicidas e de possuírem mesmo mecanismo de ação.

Tabela 5. Médias obtidas para relação matéria seca parte aérea/raízes (RARS) de plantas de sorgo, cultivadas em areia, contendo lixiviado de dois herbicidas: imazamox (IMX) e imazethapyr (IZT), obtidos de quatro tipos de solo: LVd, LEe, LRe e PVc e areia lavada (Ar)

Tratamentos	Imazamox	Imazethapyr	Médias
LVd	2,35 ab A <sup>1</sup>	1,49 a B	1,92
LEa	2,59 ab A	1,03 a B	1,81
Ar	1,86 b A	1,43 a A	1,64
LRe	2,70 a A	1,21 a B	1,96
PVc	1,99 a A	1,46 a A	1,72
Médias	2,30	1,32	-

C.V. = 21,0%

1. Médias seguidas de uma mesma letra minúscula na vertical, ou maiúscula na horizontal, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

## CONCLUSÕES

Os resultados permitem concluir que o imazamox foi menos lixiviado que o imazethapyr, independentemente do substrato utilizado. Na análise do crescimento das plantas de sorgo, submetidas aos lixiviados de ambos os herbicidas, o latossolo vermelho-escuro de Sete Lagoas (LEa) igualou-se estatisticamente à areia lavada quando o herbicida usado foi o imazethapyr. De um modo geral, a relação matéria seca da parte aérea-raízes em plantas de sorgo não é alterada significativamente conforme o substrato utilizado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Cyanamid Company. 1994. AC 299.263: Experimental herbicide. Princeton, N.J. 6p.
- Clay, S. A., D. E. Clay, W. C. Koskinem & G. L. Malzer. 1992. Agrichemical placement impacts on alachlor and nitrate movement through soil in a ridge tillage system. *J. Environ. Sci. Health*, 27(2):125-38.
- Cobucci, T., H. T. Prates, C. L. M. Falcão & M. M. V. Rezende. 1998. Effect of imazamox, fomesafen, and acifluorfen soil residue on rotational crops. *Weed Science*, 46(2):258-63.
- Loux, M.M. & K. D. Reese. 1993. Effect of soil type and pH on persistence and carrioer of imidazolinone herbicides. *Weed Sci.* 37:452-58.
- Raij, B. Van. 1987. Avaliação da fertilidade do solo. Potafos. Piracicaba, SP. 142p.
- Renner, K.A., W. F. Meggitt & D. Penner. 1988. Effect of soil pH on imazaquin and imazethapyr adsorption to soil and phytotoxicity to corn (*Zea mays*). *Weed Sci.*, 36:78-83.
- Siqueira, J.O., F. M. S. Moreira, B. M. Grisi, M. Hungria & R. S.Araújo. 1994. Microorganismos e processos biológicos: perspectivas ambientais. Embrapa, Brasília, DF, 142 p.
- Stougaard, R.N., P. J. Shea & A. R. Martin. 1990. Effect of soil type and pH on adsorption, mobility, and efficacy of imazaquin and imazethapyr. *Weed Sci.*, 38:67-73.