

Avaliação da mobilidade potencial de pesticidas em um Latossolo Vermelho-Amarelo

Evaluation of the pesticides potential mobility in a Yellow-Red Oxisol

*André Santana Andrade¹; Diego Tolentino de Lima¹;
Vagner Tebaldi de Queiroz²; Luis César Dias Drumond³*

¹ Graduando em Agronomia, Universidade Federal de Viçosa – *Campus* de Rio Paranaíba

² Professor Doutor, Universidade Federal do Espírito Santo

³ Professor Doutor, Universidade Federal de Viçosa – *Campus* de Rio Paranaíba

Resumo: Nos últimos anos, a produção agrícola brasileira vem crescendo substancialmente, conseqüentemente, pesticidas têm sido utilizados em larga escala, gerando riscos de contaminação ambiental. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a mobilidade potencial de pesticidas em um Latossolo Vermelho-Amarelo. Para essa avaliação, foi utilizado o método do Fator de Retardamento (*RF*), que tem como variáveis as propriedades físico-químicas dos ingredientes ativos dos pesticidas, bem como atributos do solo. As propriedades dos ingredientes ativos foram obtidas mediante consulta à base de dados de acesso livre; entretanto, para os atributos do solo, utilizaram-se: densidade, teor de carbono orgânico, porosidade total e capacidade de campo, obtidos a partir de análises de amostras representativas da camada superficial do solo em estudo, coletadas no município de Rio Paranaíba/MG. Os resultados mostraram que dos 57 ingredientes ativos estudados, 77,2% apresentaram potencial de retardamento na lixiviação muito alto, 19,3% foram considerados alto, e 3,5% baixo; isso indica que poucos ingredientes ativos têm alta mobilidade neste tipo de solo, devido principalmente à interação dos mesmos com a matéria orgânica do solo. Considerando os ingredientes ativos com menor *RF*, a ordem da mobilidade potencial encontrada foi: Metamidofós > Acefato > Nicosulfurom > Metomil > Aldicarbe > Metribuzim > Cimoxanil > Fomesafem > Bentazona > Imazetapir > 2,4-D > Tiametoxam > Metamitrona. Conclui-se que apesar da utilização atual de grande número de princípios ativos nas atividades agrícolas, poucos têm alta mobilidade no Latossolo Vermelho-Amarelo estudado.

Palavras-chave: adsorção, agricultura intensiva, contaminantes orgânicos, volatilização.

Abstract: In recent years, the Brazilian agricultural production has been growing; therefore, pesticides are used in large scale, causing risks of environmental contamination. In this context, the objective of this study was to make a preliminary analysis of the pesticides mobility in a Yellow-Red Oxisol. For this evaluation, the method of Retardation Factor (*RF*) was used, which has as variables the physic-chemical properties of the active ingredients of pesticides and soil attributes. The properties of the active ingredients were obtained through search in database of free access; but, for the soil attributes, were used: density, organic carbon level, total

porosity and field capacity, obtained from analysis of representative samples of the surface layer of soil type in study, collected in the county of Rio Paranaíba, Minas Gerais, Brazil. The results for 57 active ingredients studied indicated that 77.2, 19.3 and 3.5 % present respectively very high, high and low retardation potential in the leaching, indicating that few active ingredients show high mobility in the soil studied, possibly because of the interaction of active ingredients with the soil organic matter. Considering the active ingredients with low RF, the order of potential mobility found was: Methamidophos > Acephate > Nicosulfuron > Methomyl > Aldicarb > Metribuzin > Cymoxanil > Fomesafen > Bentazone > Imazethapyr > 2,4-D > Thiamethoxam > Metamitron. Despite the current use of large numbers of active ingredients in agricultural activities, few have high mobility in the Yellow-Red Oxisol studied.

Keywords: adsorption, intensive agriculture, organic contaminants, volatilization.

Inserido no Programa de Assentamento Dirigido do Alto Paranaíba (PADAP), iniciado em 1973, que teve uma abrangência de uma área de 60.000 ha, que permitiu a implantação de sistemas de cultivo intensivo no Cerrado mineiro (SILVA, 2000), o município de Rio Paranaíba/MG é destaque no cenário agrícola regional, sobretudo em relação ao cultivo de café, milho, soja, feijão, batata, cebola, cenoura, alho e trigo (IBGE, 2010).

Sistemas agrícolas de produção intensiva como o realizado no município supracitado, para manter elevadas produtividades, necessitam, a rigor, de aplicações de pesticidas em grande quantidade e diversidade ao longo de todo o ano. Entretanto, esse elevado uso pode comprometer a qualidade do solo e das águas subterrâneas (FERRACINI et al., 2001). Atualmente, vários métodos preliminares de avaliação de impacto ambiental auxiliam a análise laboratorial de resíduos. Dentre os mais promissores encontra-se a modelagem matemática, a qual utiliza as características físico-químicas intrínsecas dos produtos, permitindo estimar a dinâmica destes no ambiente "solo" (GEBLER; PELIZZA e ALMEIDA, 2006). Ainda, para a correta utilização destes métodos, também é importante a determinação de certas características do solo, relacionadas à qualidade físico-hídrica e em termos de composição química, em que alguns atributos podem interferir de forma direta e/ou indireta no comportamento dos pesticidas no solo.

O fator de retardamento (*RF – Retardation Factor*), apresentado por Rao; Hornsby e Jessup (1985), é um dos métodos citados na literatura que avalia a mobilidade potencial de ingredientes ativos de pesticidas com base em suas próprias características e nos atributos do solo: teor de carbono orgânico, densidade, capacidade de campo e porosidade. Esse método, apesar de simples, permite realizar uma avaliação preliminar da mobilidade de pesticidas em determinado tipo de solo, comparando pesticidas de acordo com sua ordem de mobilidade potencial. Os resultados obtidos podem ser utilizados em avaliações mais complexas, como o fator de atenuação (*AF – Attenuation Factor*) (SPADOTTO et al., 2001).

Segundo Motta; Baruqui e Santos (2004), o tipo de solo predominante na região de Rio Paranaíba é Latossolo Vermelho-Amarelo, especialmente nas áreas planas com agricultura intensiva. Assim, com base no fator de retardamento, o objetivo neste tra-

balho foi avaliar, em Latossolo Vermelho-Amarelo, a mobilidade potencial dos ingredientes ativos contidos nos pesticidas mais utilizados no município de Rio Paranaíba, visando gerar informações preliminares sobre o risco de lixiviação que os mesmos podem oferecer ao tipo de solo daquele município, bem como identificar quais destes devem ser priorizados em futuros programas locais de monitoramento ambiental.

Para obtenção do fator de retardamento utilizou-se a Equação 1, descrita por LOURENCETTI *et al.*, 2005:

$$RF = 1 + \left(\frac{\rho \times OC \times K_{oc}}{FC} \right) + \left(\frac{\delta \times K_H}{FC} \right) \quad [1]$$

em que, RF é o fator de retardamento (adimensional); ρ = densidade do solo (g cm^{-3}); OC = teor de carbono orgânico do solo (dag kg^{-1}); K_{oc} = coeficiente de adsorção ao carbono orgânico do solo do ingrediente ativo ($\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$); FC = capacidade de campo do solo (%); δ = porosidade do solo na capacidade de campo (%) e K_H = constante da lei de Henry ($\text{Pa m}^{-3} \text{mol}^{-1}$).

A constante da lei de Henry explica a solubilidade dos gases na água: quanto maior o valor, menor a solubilidade, ou seja, o ingrediente ativo tem maior tendência em volatilizar, ao passo que o coeficiente de adsorção ao carbono orgânico do solo explica a tendência que tem um composto orgânico em interagir com a matéria orgânica do solo – quanto maior o valor, maior a interação e menor a mobilidade do composto no solo (GEBLER; PELIZZA e ALMEIDA, 2006). Pela análise da equação é possível observar que o valor fornecido pela equação refere-se ao retardamento potencial à lixiviação que o solo oferece para cada ingrediente ativo, devido à volatilização e adsorção dos mesmos ao carbono orgânico do solo; quanto maior o fator de retardamento, menor a mobilidade do ingrediente ativo na camada de solo avaliada. No presente trabalho avaliou-se a mobilidade dos ingredientes ativos na camada superficial do solo.

O levantamento dos produtos comerciais mais utilizados foi realizado mediante aplicação de dois questionários semi-estruturados, sendo um aplicado aos produtores e outro a lojas e cooperativas agrícolas. As informações referentes aos ingredientes ativos contidos em cada produto comercial, bem como suas propriedades físico-químicas (K_{oc} e K_H) foram obtidas mediante consulta em bases de dados de acesso livre (AGROFIT, 2010; FOOTPRINT, 2010).

Os dados médios referentes à densidade, porosidade total, teor de carbono orgânico, capacidade de campo e porosidade do solo na capacidade de campo foram obtidos a partir de análise de amostras compostas coletadas em diferentes áreas agrícolas representativas do tipo de solo em estudo, coletadas na camada de 0 a 30 cm. As análises foram realizadas segundo recomendações da EMBRAPA (1997).

Os dados foram aplicados na equação e de acordo com o valor obtido, os ingredientes ativos foram comparados quanto à previsão de sua mobilidade e distribuídos em classes discretas definidas quanto ao seu retardamento potencial na camada de solo

avaliada, sendo as classes definidas como Muito Baixo potencial de retardamento para valores de *RF* iguais a 1, Baixo para valores de 1 a 2, Médio de 2 a 3, Alto de 3 a 10 e Muito Alto para valores maiores que 10 (MATOS e SILVA, 1999).

Os valores médios encontrados para densidade, porosidade total, teor de carbono orgânico, capacidade de campo e porosidade do solo na capacidade de campo, na camada de 0-30 cm, foram 1,05 g cm⁻³; 54,64 %; 2,69 dag kg⁻¹; 27,5 % e 27,14 %, respectivamente.

O coeficiente de adsorção ao carbono orgânico do solo, a constante da lei de Henry, o fator de retardamento e a classificação do potencial de retardamento dos 55 ingredientes ativos mais utilizados nas áreas agrícolas de Rio Paranaíba foram apresentados na Tabela 1.

Observa-se que 77,2, 19,3 e 3,5 % apresentaram muito alto, alto e baixo potencial de retardamento no solo em estudo, respectivamente, indicando que a maioria dos ingredientes ativos estudados são pouco móveis no solo. Esse alto retardamento apresentado pela maioria dos ingredientes ativos pode ser explicado pela interação dos mesmos com a matéria orgânica do solo, uma vez que o coeficiente de adsorção ao carbono orgânico do solo apresentado pela maioria dos ingredientes ativos é alto, ao passo que o retardamento devido à volatilização possivelmente é menos expressivo, uma vez que a maioria dos valores referentes à constante da lei de Henry é baixa. Spadotto et al. (2001) encontraram resultados semelhantes, obtendo em seu trabalho retardamento devido à sorção bem superior ao retardamento devido à volatilização. Filizola et al. (2002) também sugerem que a maioria dos ingredientes ativos quando atingem o solo são sorvidos pela matéria orgânica.

Embora para a seleção de ingredientes ativos com a finalidade de monitoramento ambiental deva-se considerar, além da mobilidade dos ingredientes ativos no solo, fatores como a persistência destes no ambiente, características climáticas e hidrológicas regionais e a intensidade de uso dos mesmos, o resultado preliminar encontrado se mostrou consonante com obtidos a partir de análises laboratoriais e modelos mais complexos.

Tabela 1. Coeficiente de adsorção ao carbono orgânico do solo (K_{oc}), Constante da Lei de Henry (K_H), Fator de Retardamento (*RF*) e Potencial de Retardamento (*PR*) dos ingredientes ativos mais utilizados no município de Rio Paranaíba/MG. UFV, Rio Paranaíba, 2010.

Ingrediente ativo	K_{oc}^{*a}	K_H^{*b}	<i>RF</i> ^c	<i>PR</i> ^d
2,4-D	56	1,30x10 ⁻⁰⁵	6,78	A ^e
Abamectina	5638	2,70x10 ⁻⁰³	582,83	MA ^f
Acefato	2	5,15x10 ⁻⁰⁸	1,21	B ^g
Alacloro	124	3,20x10 ⁻⁰³	13,8	MA
Aldicarbe	30	1,25x10 ⁻⁰⁵	4,1	A
Alfa-cipermetrina	57889	6,90x10 ⁻⁰²	5975,11	MA

Atrazina	100	1,50x10 ⁻⁰⁴	11,32	MA
Azoxistrobina	423	7,30x10 ⁻⁰⁹	44,65	MA
Bentazona	51	7,20x10 ⁻⁰⁵	6,26	A
Beta-ciflutrina	64300	8,10x10 ⁻⁰³	6636,65	MA
Carbendazim	223	3,60x10 ⁻⁰³	24,02	MA
Cimoxanil	43,6	3,80x10 ⁻⁰⁵	5,5	A
Cipermetrina	85572	2,00x10 ⁻⁰²	8831,89	MA
Ciproconazol	390	5,00x10 ⁻⁰⁵	41,25	MA
Clorfluazurom	20790	5,41x10 ⁻⁰⁴	2146,49	MA
Clorimurom-etílico	106	1,70x10 ⁻¹⁰	11,94	MA
Clorotalonil	850	2,50x10 ⁻⁰²	88,74	MA
Clorpirifós	8151	0,478	842,64	MA
Dicloreto de Paraquate	100000	4,00x10 ⁻⁰⁹	10320,82	MA
Diflubenzurom	4013	4,70x10 ⁻⁰⁴	415,13	MA
Endossulfam	11500	1,48	1189,24	MA
Epoconazol	1073	4,71x10 ⁻⁰⁴	111,73	MA
Espinosade	34600	1,89x10 ⁻⁰⁷	3571,66	MA
Famoxadona	3740	4,60x10 ⁻⁰³	386,97	MA
Fluazifopx10-p-butílico	5836	0,056	603,32	MA
Fluazinam	16430	25,9	1722,11	MA
Flutriafol	252	1,65x10 ⁻⁰⁸	27,01	MA
Fomesafem	50	2,00x10 ⁻⁰⁷	6,16	A
Gama-cialotrina	59677	3,19x10 ⁻²	6159,59	MA
Glifosato	21699	2,10x10 ⁻⁰⁷	2240,3	MA
Hidróxido de fentina	3104	4,30x10 ⁻⁰²	321,37	MA
Imazetapir	52	1,30x10 ⁻⁰²	6,38	A
Lactofem	10000	4,56x10 ⁻⁰³	1032,99	MA
Lambda-cialotrina	157000	2,00x10 ⁻⁰²	16203,13	MA
Linurom	620	2,00x10 ⁻⁰⁴	64,98	MA
Lufenurom	41182	3,41x10 ⁻⁰²	4250,94	MA
Mancozebe	>2000	5,90x10 ⁻⁰⁴	207,4	MA
Metamidofós	1	1,60x10 ⁻⁰⁶	1,1	B
Metamitrona	80,7	8,95x10 ⁻⁰⁸	9,33	A
Metiram	500000	5,40x10 ⁻⁰³	51600,1	MA
Metomil	25	2,13x10 ⁻⁰⁶	3,58	A
Metribuzim	38	2,00x10 ⁻⁰⁵	4,92	A
Nicosulfurom	21	1,48x10 ⁻¹¹	3,17	A
Novaluron	9598	2	993,47	MA
Oxifluorfen	17636	0,02382	1821,03	MA
Picoxistrobina	898	6,00x10 ⁻⁰⁴	93,67	MA
Piraclostrobina	11000	5,31x10 ⁻⁰⁶	1136,18	MA
Procimidona	378	2,65x10 ⁻⁰³	40,01	MA
Profenofós	2016	1,65x10 ⁻⁰³	209,05	MA
Propiconazol	1086	9,20x10 ⁻⁰⁵	113,07	MA

Tebuconazol	2500	$1,00 \times 10^{-05}$	259	MA
Teflubenzurom	26062	$6,98 \times 10^{-03}$	2690,56	MA
Tiametoxam	70	$4,70 \times 10^{-10}$	8,22	A
Tiofanato-metílico	207	$8,10 \times 10^{-05}$	22,36	MA
Tiram	9629	$3,30 \times 10^{-02}$	994,73	MA
Trifloxistrobina	2377	$2,30 \times 10^{-03}$	246,3	MA
Triflumurom	11981	$1,79 \times 10^{-03}$	1237,42	MA

* Fonte: FOOTPRINT (2010); (a) Coeficiente de adsorção ao carbono orgânico do solo em $\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$; (b) Constante da lei de Henry em $\text{Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$ determinado à 25° C; (c) Fator de Retardamento; (d) Potencial de Retardamento; (e) Alto; (f) Muito Alto; (g) Baixo.

Laabs et al. (2000), estudaram a percolação de ingredientes ativos em Latossolos e verificaram que Clorpirifós, Endossulfam e Lambda-cialotrina permaneceram na camada superior do solo (0-15 cm), apresentando, portanto, baixa mobilidade no solo. Spadotto et al. (2001), estudaram o potencial de lixiviação de 19 ingredientes ativos pelo método do fator de atenuação (*AF*) no perfil de 0 a 60 cm de Latossolo e verificaram que, dos pesticidas estudados, o que apresentou maior potencial de lixiviação foi Metamidofós.

Conclui-se que apesar da vasta utilização de pesticidas no município de Rio Paranaíba, poucos ingredientes ativos têm alta mobilidade no solo em estudo, fato devido principalmente à interação dos mesmos com a matéria orgânica do solo proporcionada pelo alto coeficiente de adsorção ao carbono orgânico apresentado para a maioria dos ingredientes ativos. Considerando os ingredientes ativos com menor *RF*, a ordem da mobilidade potencial encontrada foi: Metamidofós > Acefato > Nicosulfurom > Metomil > Aldicarbe > Metribuzim > Cimoxanil > Fomesafem > Bentazona > Imazetapir > 2,4-D > Tiametoxam > Metamitrona.

Agradecimentos

Ao CNPq, pela bolsa de iniciação científica do primeiro autor.

Referências

- AGROFIT - Sistemas de Agrotóxicos Fitossanitários. Capturado em 30 out. 2010. Online. Disponível na Internet:
http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212p. (Documentos, 1).
- FERRACINI, V. L.; PESSOA, M. C. Y. P.; SILVA, A. S.; SPADOTTO, C. A. Análise de risco de

contaminação das águas subterrâneas e superficiais da região de Petrolina (PE) e Juazeiro (BA). **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 11, p. 1-16, 2001.

FILIZOLA, H. F.; FERRACINI, V. L., SANS, L. M. A.; GOMES, M. A. F.; FERREIRA, C. J. A. Monitoramento e avaliação do risco de contaminação por pesticidas em água superficial e subterrânea na região de Guaira. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 37, p. 659-667, 2002.

FOOTPRINT: Creating tools for pesticide risk assessment and management in Europe, University of Hertfordshire, 2010. Capturado em 13 de fev. 2010. Online. Disponível na Internet: <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/en/index.htm>.

GEBLER, L.; PELIZZA, T. R.; ALMEIDA, D. L. de. Variáveis ambientais e toxicológicas de agroquímicos utilizados na Produção Integrada de Maçãs (PIM) visando modelagem matemática. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.5, p. 169-184, 2006.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Capturado em 6 nov. 2010. Online. Disponível na Internet: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>

LAABS, V., AMELUNG, W., PINTO, A. A., ALTSTAEDT, A., ZECH., W. Leaching and degradation of corn and soybean pesticides in an Oxisol of the Brazilian Cerrados. **Chemosphere**, v. 41, p. 1441-1449, 2000.

LOURENCETTI, C; SPADOTTO, C. A.; MARY SANTIAGO-SILVA, M.; RIBEIRO, M. L. Avaliação do potencial de contaminação de águas subterrâneas por pesticidas: Comparação entre métodos de previsão de lixiviação. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 15, p. 1-14, 2005.

MATTOS, L. M.; SILVA, E. F. Influência das propriedades de solo e de pesticidas no potencial de contaminação de solos e águas subterrâneas. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 9, p. 103-124, 1999.

MOTTA, P. E. F; BARUQUI, A. M; SANTOS, H, G. **Levantamento de Reconhecimento de Média Intensidade dos Solos da Região do Alto Paranaíba, Minas Gerais**. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2004. 414 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 44).

RAO, P. S. C.; HORNSBY, A. G.; JESSUP, R. E. Indices for ranking the potential for pesticide contamination of groundwater. **Soil and Crop Science Society of Florida**, v. 44, p. 1-8, 1985.

SILVA, L.L. O papel do estado no processo de ocupação das áreas de cerrado. **Caminhos de Geografia**, v. 1, p. 24-36, 2000.

SPADOTTO C. A.; FILIZOLA, H; GOMES, M. A. F. Avaliação do potencial de lixiviação de pesticidas em Latossolo da região de Guaíra, SP. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 11, p. 127-136, 2001.