



Movimento do herbicida tebutiuron em dois solos representativos das áreas de recarga do aquífero Guarani

Marco A. F. Gomes¹, Cláudio A. Spadotto¹, Anderson S. Pereira¹, Marcus B. Matallo² & Luis C. Luchini³

RESUMO

O movimento do herbicida tebutiuron foi analisado em um Latossolo Vermelho Distrófico psamítico (LVdq) e um Neossolo Quartzarênico Órtico típico (RQo), representativos das áreas de recarga do aquífero Guarani no Brasil, tendo como fatores influenciadores, a condutividade hidráulica (K), o teor de carbono orgânico (CO) e o teor de argila (TA). O presente estudo foi realizado em colunas de solos indeformados, com aplicação do produto comercial contendo o herbicida em discussão. Esses parâmetros evidenciam certa influência na movimentação vertical do herbicida tebutiuron, particularmente no RQo, uma vez que esse herbicida é quimicamente neutro. Observou-se, por exemplo, uma diferença significativa entre os valores K dos dois solos, sendo superior no RQo. Além de uma relação inversa entre teores de CO e de TA e os valores de K dos dois solos, indicando serem aqueles parâmetros inibidores do deslocamento do tebutiuron no perfil do solo. Os resultados aqui obtidos neste trabalho visam subsidiar estudos de avaliação de risco ambiental, sobretudo água subterrânea, a partir de áreas de recarga de aquíferos naturalmente frágeis, com ênfase para o aquífero Guarani.

Palavras-chave: Latossolo Vermelho Distrófico, Neossolo Quartzarênico Órtico, condutividade hidráulica, água subterrânea

Movement of the tebutiuron herbicide in two representative soils of recharge areas of the Guarani aquifer

ABSTRACT

The movement of the tebutiuron herbicide was analyzed in two representative soils – Quartzipsammentic Haplorthox, Typic Quartzipsamment, of the recharge areas of the Guarani aquifer in Brazil. The main factors in this movement are hydraulic conductivity (K), organic carbon content (OC) and clay content (CT). The experiment was carried out in columns (type lysimeters) with application of the commercial product. These parameters showed great influence on the vertical movement of the tebutiuron herbicide, specially in the Typic Quartzipsamment soil. The high (K) values in this soil have a direct relationship with tebutiuron collected in water percolated by columns. Inverse relationship between carbon content (OC) and clay content (CT) with hydraulic conductivity (K) was observed. The results obtained aim to subsidize assessment of environmental risks, mainly groundwater from aquifer recharge areas naturally fragile, with emphasis for the Guarani aquifer.

Key words: Quartzipsammentic Haplorthox, Typic Quartzipsamment, hydraulic conductivity; groundwater

¹ Embrapa Meio Ambiente. C.P. 69. CEP 13.820-000, Jaguariúna, SP. Fone: (19) 3867-8707, Fax(19)3867-8740. E-mail: gomes@cnpma.embrapa.br; spadotto@cnpma.embrapa.br; anderson@cnpma.embrapa.br

² Instituto Biológico/Campinas. E-mail: matallo@biologico.sp.gov.br

³ Instituto Biológico/São Paulo. E-mail: luchini@biologico.sp.gov.br

INTRODUÇÃO

A atividade agrícola tradicional requer quantidade considerável de agrotóxicos, sejam eles herbicidas, inseticidas, fungicidas, nematocidas, acaricidas ou formicidas. Todavia, o uso desses produtos necessita de uma orientação adequada, na qual devem ser observadas suas principais características físico-químicas e as características físicas, químicas e biológicas do solo em que serão aplicados.

O herbicida tebutiuron, objeto de investigação do presente trabalho, foi selecionado para estudo em função de seu uso intensivo na cultura de cana-de-açúcar em área de recarga do aquífero Guarani e, ainda, por exibir alto potencial de lixiviação pelo índice de GUS (Gomes et al., 2001) e LIX (Spadotto, 2002).

Diversos estudos realizados com o herbicida tebutiuron têm dado ênfase à influência de alguns parâmetros de solo em sua mobilidade, tais como pH, CTC e matéria orgânica, visando à compreensão de seu comportamento no solo; no entanto, outros parâmetros de solo podem e devem interferir nesse processo de deslocamento no perfil, uma vez que o tebutiuron é quimicamente neutro e, por isso mesmo, sem qualquer interação iônica com o solo. Entre esses parâmetros, destaca-se o baixo teor de argila com ausência do tipo 2:1; além do baixo teor de matéria orgânica e da baixa CTC, já citados anteriormente, os quais interferem na mobilidade (Koskinen et al., 1996) e que, certamente, contribuem para que ela seja elevada para o tebutiuron. Tais considerações corroboram com determinadas afirmações de Nicholls (1991). Para ele, a adsorção de compostos não ionizáveis, como o tebutiuron, está relacionada principalmente com o teor de matéria orgânica dos solos, mais do que qualquer outra propriedade. Nos processos de adsorção, que envolvem a matéria orgânica, não só seu teor mas também sua superfície específica, são parâmetros determinantes e variam nos solos, normalmente, sendo maiores em solos argilosos e menores em solos arenosos; este pode ser um dos motivos pelos quais o tebutiuron se desloca mais facilmente em solos do tipo areia ou bastante arenosos onde se observa também, com frequência, valores mais elevados de condutividade hidráulica (K).

Ante o exposto fez-se através do presente trabalho, uma avaliação do movimento do herbicida tebutiuron em dois solos distintos, representativos da área de recarga do aquífero Guarani no Brasil, tendo como principais parâmetros influenciadores, a condutividade hidráulica (K) o teor de carbono orgânico (CO) e o teor de argila (TA_r).

MATERIAL E MÉTODOS

Área

Selecionou-se como unidade de estudo a microbacia do córrego do Espriado na região de Ribeirão Preto, SP, situada entre as coordenadas 21° 05' e 21° 20' de latitude sul e 47° 40' e 47° 50' de longitude W., por se localizar em área representativa do monocultivo de cana-de-açúcar e, ainda, por possuir porções consideradas frágeis do ponto de vista do risco de contaminação da água subterrânea, reconhecidas como áreas de recarga do aquífero Guarani. Esta microbacia possui uma área de 4.640 ha e se situa à sudeste da cidade de Ribeirão Preto, SP, na divisa entre os municípios de Ribeirão Preto, Cravinhos e Serrana (EMBRAPA, 1999a).

Os solos representativos das áreas de recarga do aquífero Guarani localizadas na microbacia do córrego do Espriado em Ribeirão Preto, são o Latossolo Vermelho Distrófico psamítico (LVdq) de textura média e o Neossolo Quartzarênico Órtico (RQo) (EMBRAPA, 1999b). A Tabela 1, a seguir, apresenta as principais características físicas, incluindo-se o teor de carbono orgânico, de interesse para o presente trabalho, até a profundidade de 60 cm, para cada solo. Esses solos foram coletados em locais circunvizinhos às amostras indeformadas, coletadas nos tubos, e submetidas à avaliação da lixiviação do tebutiuron (Tabela 2).

Observou-se os dados de macro e microporosidade foram obtidos no laboratório da Embrapa Meio Ambiente pelo método do funil (Bouma, 1973) e os de condutividade hidráulica (K) pelo método de campo ou direto (Fernandes et al., 1983). Os demais parâmetros foram obtidos a partir de publicações, conforme consta do rodapé da Tabela 1.

Montagem e condução do experimento

Dez colunas de solo foram coletadas na microbacia do córrego do Espriado, em área de recarga do aquífero Guarani (5 para cada solo), introduzindo-se, mecanicamente, tubos de PVC de 15 cm de diâmetro por 55 cm de comprimento, evitando-se a deformação das amostras, a fim de se obter a melhor representatividade possível do perfil original do solo. O procedimento mecânico de introdução dos tubos no solo consistiu de aplicação de golpes sobre uma tábua colocada na parte superior (boca) dos respectivos tubos, com o objetivo de proteger suas bordas. Todo o material coletado foi transferido e instalado no lisímetro do Laboratório de Ecologia, de Agroquímicos do Instituto Biológico, em São Paulo.

Tabela 1. Caracterização física* representativa dos solos LVdq e RQo (não cultivados) das áreas de recarga do aquífero Guarani na região de Ribeirão Preto/SP, considerando amostras obtidas próximas aos locais de coletas dos tubos, referentes a profundidade de 0 – 60 cm.

Solo	CO (g kg ⁻¹)	Macroporosidade ¹ (m ³ m ⁻³)	Microporosidade ² (m ³ m ⁻³)	Relação Macro/microporos	Porosidade Total (m ³ m ⁻³)	K ³ (cm h ⁻¹)	Ds (Mg m ⁻³)	CC (m ³ m ⁻³)	Argila (g kg ⁻¹)
LVdq	5,30 a	0,21 a	0,40 a	0,54 a	0,94 a	51,34 b	1,24 a	0,28 a	165,00 a
RQo	3,74 b	0,24 a	0,38 a	0,64 a	1,03 a	56,83 a	1,22 a	0,26 a	97,75 b

* CO - Carbono orgânico; Ds - Densidade do solo; CC - Capacidade de campo e teor de argila (Miklós & Gomes, 1996); (Nicoletta, 1999); (Spadotto et al., 2002)

1, 2, 3 Determinados para este trabalho (Bouma, 1973; Fernandes et al., 1983)

Valores seguidos da mesma letra, na vertical, não diferem entre si, em nível de 5%, pelo teste "t"

Dos dez tubos coletados, oito foram selecionados por apresentarem melhores condições de acomodação do solo, sem rupturas e deslocamentos de massa. Antes, porém, de serem definitivamente instalados no lisímetro, os solos contidos nos tubos foram submetidos à saturação por capilaridade, o que foi alcançado após uma semana; e em seguida, os tubos foram isolados sem qualquer contato com umidade externa, por um período de 48 h para a obtenção da capacidade de campo e em seguida, durante 15 d, foram adicionados 300 mL de água, diariamente, em cada tubo até que o volume coletado permanecesse constante, descartando-se 3 deles cujo volume apresentou-se irregular. A partir daí, os 5 tubos restantes foram definitivamente instalados no lisímetro, admitindo-se que os mesmos estavam acondicionados adequadamente, sendo três deles com LVdq (inicialmente tubos A, D e E e, posteriormente, definidos seqüencialmente em tubos A, B e C) e os dois restantes (inicialmente tubos B e C e, posteriormente, definidos seqüencialmente em tubos D e E) com RQo. Após a instalação dos tubos, o tebutiuron foi aplicado na parte superior de cada tubo (superfície do solo) em concentração equivalente à dosagem de 1,0 kg ha⁻¹ do produto comercial contendo 800 g kg⁻¹ do ingrediente ativo (i.a.).

As colunas de solo foram expostas às condições naturais, com drenagem livre, de acordo com o regime pluviométrico local. A coleta de água foi realizada para cada tubo no período de 14/1/2002 a 13/1/2003, no total de 16 coletas (Tabela 2) retirando-se de cada uma delas uma alíquota de 100 mL que foi mantida congelada (-18 °C) até a realização de sua análise cromatográfica (Matallo et al., 2005).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com 5 tratamentos, referentes a cada um dos tubos, com 16 repetições por tratamento, relativos aos dias de coletas. Empregou-se o teste “t” para avaliar a significância dos resultados, conforme descrito por Gomes (1985).

Preparo das amostras e análise cromatográfica

As análises do tebutiuron foram efetuadas segundo o método (modificado) proposto por Bonato et al. (1999). Utilizou-se um cromatógrafo líquido Shimadzu mod. LC 2010 com duas bombas LC – 10AD, detector UV operando a 254 nm e injetor automático (SIL 10A) num volume de injeção de 30 µL. A separação foi obtida com coluna C-18 Shimpack 150 x 4 mm (partículas com 5 µm de diâmetro) protegida por pré-coluna C18 Shimpack. A fase móvel empregada foi metanol:água (60:40) num fluxo de 1,0 mL min⁻¹.

As curvas de calibração foram obtidas com soluções em metanol de tebutiuron grau analítico (99,9%) nas concentrações de 0,05, 0,1, 0,5, 1,0 e 5,0 mg mL⁻¹.

As alíquotas de água (100 mL) foram filtradas em papel de filtro (Whatman n° 1) e alcalinizadas com 40 µl de uma solução 4M de NaOH e extraídas durante 1 h em agitação horizontal com 12 mL de uma solução de diclorometano:isopropanol (9:1 v/v). Após um repouso de 15 min, a fase orgânica recolhida após passar por Na₂SO₄ foi levada à secura por meio de corrente de N₂ a 35 °C sendo os resíduos re-suspensos em 1 mL de metanol para serem injetados no cromatógrafo líquido (Matallo et al., 2005).

RESULTADOS & DISCUSSÃO

Os resultados obtidos e expressos na Tabela 2, em relação à presença de tebutiuron nos eluatos, correspondem à média detectada para cada tipo de solo em cada época de coleta durante o período de um ano, iniciada em 14/01/2002 e encerrada em 13/01/03.

Conforme se observa pelos dados da Tabela 2, foi notória a diferença significativa entre as quantidades médias de tebutiuron lixiviado nos dois solos, sendo que a quantidade média total do mesmo foi superior no RQo, cerca de 6,7 vezes mais que no LVdq.

Tabela 2. Quantidade de tebutiuron (mg) nos eluatos coletados periodicamente durante o período de 14/01/02 e 13/01/03

Datas de coleta	Tebutiuron (µg)				
	LVdq			RQo	
	Tubo A	Tubo B	Tubo C	Tubo D	Tubo E
14/1/02	2,3	2,2	2,5	1,2	4,9
17/1/02	1,4	0,8	0,5	29,5	1,8
28/1/02	2,9	1,1	1,3	220,6	26,8
06/2/02	0,9	1,0	3,1	0,9	0,7
15/2/02	1,9	1,2	5,3	165,4	108,6
25/2/02	2,2	1,9	4,9	102,9	70,1
19/3/02	1,8	1,0	8,4	53,9	57,8
26/3/02	12,2	12,3	31,4	121,7	97,9
27/5/02	1,1	2,1	10,7	18,1	17,1
06/8/02	4,3	1,5	2,2	59,0	268,0
23/10/02	3,6	3,4	8,2	6,8	16,0
14/11/02	26,8	8,7	23,9	25,7	11,5
04/12/02	5,2	8,6	15,2	13,0	13,2
13/12/02	9,9	9,9	18,0	14,8	16,8
23/12/02	14,4	11,5	17,0	11,8	15,0
13/1/03	18,8	28,4	N.C	12,2	15,4
TOTAL	109,7	95,6	152,6	857,5	741,2
Média*	6,86 a	5,97 a	10,17 a	53,59 b	46,35 b
Média (tipo de solo)	7,67			49,97	

*Valores seguidos da mesma letra, na horizontal, não diferem entre si, em nível de 5%, pelo teste “t”

Na Tabela 1 nota-se diferença significativa entre os valores de carbono orgânico (CO), condutividade hidráulica (K) e teor de argila (Tar) dos dois solos, o que conduz à hipótese de que os mesmos devem ser os principais agentes influenciadores no processo de movimentação do tebutiuron no solo. Enquanto na Figura 1 ilustra as tendências de variação da quantidade de tebutiuron (µg) em função desses parâmetros.

A Figura 1A e 1C evidenciam uma relação inversa com a Figura 1B, onde fica claro que o maior deslocamento do tebutiuron é definido não apenas pela maior condutividade hidráulica mas, também, pelos menores teores de carbono orgânico e de argila do Neossolo Quartzarênico Órtico (RQo), pois trata-se de um composto não ionizável. Isto explica a aderência dos dados de lixiviação do tebutiuron ao comportamento esperado das variáveis físicas do solo estudadas.

Acrescente-se a essas informações obtidas para o RQo, a análise do potencial de lixiviação do tebutiuron de acordo com o índice GUS, proposto por Gustafson (1989), que

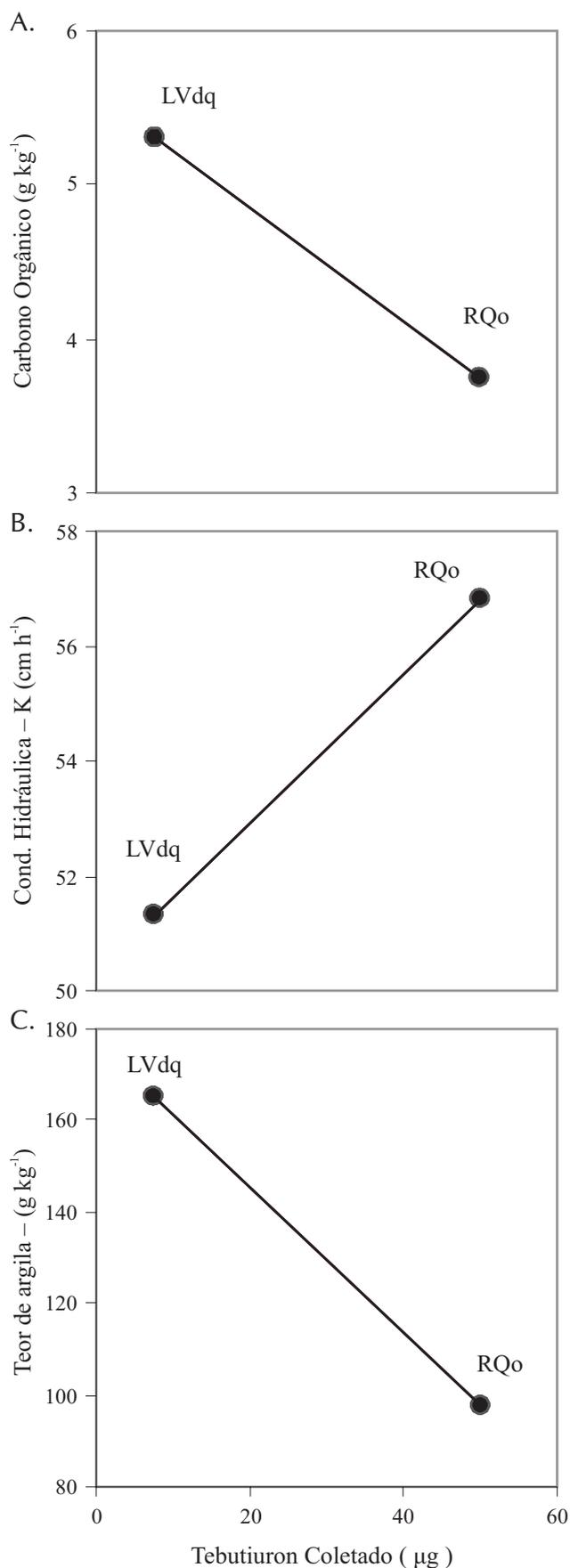


Figura 1. Quantidade de tebuthiuron (μg) nos eluatos coletados em função do carbono orgânico (A); condutividade hidráulica (B) e teor de argila (C) para os solos LVdq e RQo

classifica o tebuthiuron como lixiviável e cuja característica está estreitamente relacionada com seu coeficiente de lipofilicidade (K_{ow}). A baixa adsorvidade do tebuthiuron, aliada ao baixo teor de carbono orgânico (CO), baixo teor de argila e à alta condutividade hidráulica (K) no RQo, deve ser do principal fator que contribuem para sua maior mobilidade nesse solo. A combinação desses fatores é citada por Gomes et al. (2001) e Spadotto et al. (2002) como responsável pela alta taxa de lixiviação do tebuthiuron em solos da região da microbacia do Espriado. Segundo Spadotto (2002), o uso do índice de lixiviação LIX, que adota um intervalo de 0 a 1, mostra o tebuthiuron com um valor de 0,86, confirmando seu caráter de composto muito lixiviável. Outro índice adotado na avaliação do tebuthiuron foi o AF – Atenuation Factor (Fator de Atenuação), cujo valor de 0,32 obtido em Argissolos (antigos Podzólicos) de textura média da região de Piracicaba/SP, o classifica como um produto com potencial de lixiviação muito alto (Mattos & Silva, 1999). A Tabela 3, sintetiza algumas características importantes do tebuthiuron na avaliação de sua mobilidade no perfil do solo.

Tabela 3. Coeficiente de adsorção pela matéria orgânica, persistência, índices de GUS, LIX, AF e K_{ow} para o tebuthiuron

Herbicida	Koc (mL g^{-1}) [*]	$t_{1/2}$ (dias) [*]	GUS [*]	IX	AF	K_{ow} ^{**}
Tebuthiuron	80	360	5,4	0,86	0,32	671

^{*}Fonte: Gomes et al. (2001); Spadotto et al. (2002).

^{**} Fonte: WSSA (2002)

AF (Attenuation Factor) - Mattos & Silva (1999)

Koc: coeficiente de sorção

$T_{1/2}$: meia vida

K_{ow} : coeficiente de partição octanol/água

Ainda como forma de reforçar o comportamento do tebuthiuron em solos arenosos, o trabalho desenvolvido por Gomes et al. (2001) mostrou sua presença na água subterrânea da microbacia do córrego do Espriado, em um poço tubular de cerca de 53 m de profundidade, durante o período de 1995 a 1999. Embora as concentrações encontradas tenham sido baixas, o fato é que o referido produto esteve presente em todas as amostras analisadas, bimestralmente, no período mencionado, com valores variando de 0,04 a 0,08 $\mu\text{g L}^{-1}$.

Informações que corroboram também na explicação do comportamento do tebuthiuron, foram obtidas por meio de estudos de simulação realizados por Pessoa et al. (1998) e Pessoa et al. (1999) e que mostraram o risco potencial do tebuthiuron para alcançar o aquífero (zona saturada), a partir do RQo, considerando um período de quatro anos de evento. Pela profundidade alcançada nesse período, a simulação mostrou a possibilidade de chegada do tebuthiuron à zona saturada após 16 anos de aplicação.

Diante do exposto, os resultados do presente trabalho mostram a necessidade de se aprofundar os estudos em relação à lixiviação do herbicida tebuthiuron em solos tropicais, sobretudo em solos arenosos, a exemplo dos que ocorrem na microbacia do córrego do Espriado e que são representativos das áreas de recarga do aquífero Guarani no Brasil.

CONCLUSÕES

1. O tebutiuron aplicado no Neossolo Quartzarênico e no Latossolo Vermelho Distrófico psamítico apresentou boa lixiviação através da camada de 50 cm. No entanto, seu potencial de lixiviação no primeiro é cerca de 6,7 vezes maior em relação ao segundo solo.

2. Os teores mais baixos de matéria orgânica e de argila do Neossolo Quartzarênico parecem ser os parâmetros determinantes na lixiviação mais elevada do tebutiuron nesse solo, comparado ao Latossolo Vermelho Distrófico psamítico.

3. A porosidade total não mostrou ser um parâmetro de influência no processo de movimentação do tebutiuron no solo.

4. A lixiviação de tebutiuron foi inversamente proporcional aos teores de carbono orgânico e argila e diretamente proporcional à condutividade hidráulica.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo pelo suporte financeiro para a realização desse trabalho.

LITERATURA CITADA

- Bonato, P. S., Lanchote, V. L., Dreossi, S. A. C. High Performance Liquid Chromatographic screening and gas chromatography-mass spectrometry confirmation of tebutiuron residues in drinking water. *Journal of High Resolution Chromatography*, Weinheim, v.22, n.4, p.239-241, 1999.
- Bouma, J. Guide to the study of water movement in soil pedons above the water table. Madison: University of Wisconsin, Extension, 1973. 194p.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Impacto ambiental e implicações sócio-econômicas da agricultura intensiva em água subterrânea, Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1999a. 36p. Relatório de projeto
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: EMBRAPA Produção da Informação; Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 1999b. 412p.
- Fernandes, B.; Galloway, H. M.; Bronson, R. D.; Mannering, J. V. Condutividade hidráulica do solo saturado em três sistemas de manejo. *Revista Ceres*, Viçosa, v.32, p.232-241, 1983.
- Gomes, F. P. Curso de estatística experimental. 11.ed. Piracicaba: Nobel, 1985. 466p.
- Gomes, M. A. F.; Spadotto, C. A.; Lanchotte, V. L. Ocorrência do herbicida tebutiuron na água subterrânea da microbacia do Córrego do Espraiado, Ribeirão Preto – SP. *Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente*, Curitiba, v.11, p.65-76, 2001.
- Gustafson, D. I. Groundwater ubiquity score: a simple method for assessing pesticide leachability. *Environmental Toxicology and Chemistry*, Tarrytown, v.8, n.4, p.339-357, 1989.
- Koskinen, W. C.; Stone, D. M.; Harris, A. R. Sorption of hexazinone, sulfometuron methyl, and tebutiuron on acid, low base saturated sands. *Chemosphere*, Oxford, v.32, n.9, p.1681-1689, 1996.
- Matallo, M. B.; Spadotto, C. A.; Luchini, L. C.; Gomes, M. A. F. Sorption, degradation and leaching of tebutiuron and diuron in soil columns. *Journal of Environmental Science and Health*, Fairfax, v.40, p.39-43, 2005.
- Mattos, L. M.; Silva, E. F. Influência das propriedades de solos e de pesticidas no potencial de contaminação de solos e águas subterrâneas. *Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente*, Curitiba, v.9, p.103-124, 1999.
- Miklós, A. A. W.; Gomes, M. A. F.; Levantamento semi-detalhado dos solos da bacia hidrográfica do Córrego Espraiado, Ribeirão Preto/SP. Jaguariúna: Embrapa-CNPMA, 1996. 48p. (Relatório de consultoria)
- Nicholls, P. H. Organic contaminants in soils and ground water. In: *Organic Contaminants in the Environment*, London, 1991, p.87-132.
- Nicolella, G. Risco de contaminação do lençol freático pelo herbicida tebutiuron em cultura de cana-de-açúcar utilizando-se geoestatística e simulador CMLS. Campinas: UNICAMP, 1999. 151p. Tese Doutorado
- Pessoa, M. C. P. Y.; Gomes, M. A. F.; Souza, M. D. de; Cerdeira, A.; Nicolella, G.; Monticelli, A. Simulação do movimento de herbicidas utilizados no monocultivo de cana-de-açúcar em Areia Quartzosa da área de recarga do Aquífero Guarani (antigo Botucatu) em Ribeirão Preto, SP. *Revista Científica Rural*, Bagé, v.3, n.2 p.11-19, 1998.
- Pessoa, M. C. P. Y.; Gomes, M. A. F.; Souza, M. D. de; Cerdeira, A.; Neves, M. C.; Nicolella, G.; Estudos de simulação da movimentação vertical de herbicidas me solos com cana-de-açúcar na microbacia do Córrego do Espraiado, Ribeirão Preto (SP). Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1999. 44p. Boletim de Pesquisa, 1
- Spadotto, C. A. Screening method for assessing pesticide leaching potential. *Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente*, Curitiba, v.12, p.69-78, 2002.
- Spadotto, C. A., Gomes, M. A. F., Hornsby, A. G. Pesticide leaching potential assessment in multi-layered soils. *Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente*, Curitiba, v.12, p.1-13, 2002.
- WSSA – Weed Science Society of America. *Herbicide handbook*. 8.ed. Lawrence: WSSA, 2002. 493p.