

CRITÉRIOS PARA AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE LIXIVIAÇÃO DOS HERBICIDAS COMERCIALIZADOS NO ESTADO DO PARANÁ¹

Criteria for Evaluation of the Leaching Potential of Herbicides Used in Paraná

INOUE, M.H.^{2,3}, OLIVEIRA JR., R.S.^{3,4}, REGITANO, J.B.⁵, TORMENA, C.A.^{3,4},
TORNISIELO, V.L.⁵ e CONSTANTIN, J.⁴

RESUMO - Foi realizado um levantamento referente à comercialização de herbicidas no Estado do Paraná, visando quantificar o volume de sua utilização durante o ano de 2000. Em seguida, com base nas propriedades químicas desses herbicidas, estudaram-se critérios teóricos para classificá-los de acordo com o potencial de lixiviação. A análise dos dados do levantamento indicou que o maior volume comercializado ocorreu no quarto trimestre, relacionando-se provavelmente ao aumento da demanda provocada pela safra de verão. Os grupos de mecanismos de ação cujo consumo é mais significativo são, pela ordem, os inibidores da síntese de aminoácidos (36,9% do total comercializado), os inibidores da fotossíntese (31,3%), os mimetizadores da auxina (11%) e os inibidores da divisão celular (8,8%). Os herbicidas glyphosate (4.562,28 t), atrazine (3.075,91 t), 2,4-D (1.659,33 t) e sulfosate (631,60 t) representam, em conjunto, cerca de 65% do volume total comercializado no Estado. A classificação quanto ao potencial de lixiviação demonstrou que acifluorfen-sódio, alachlor, atrazine, chlorimuron-ethyl, fomesafen, hexazinone, imazamox, imazapyr, imazaquin, imazethapyr, metolachlor, metribuzin, metsulfuron-methyl, nicosulfuron, picloram, sulfentrazone e tebuthiuron são potencialmente lixivadores, de acordo com os três critérios teóricos adotados (GUS, CDFA e Cohen).

Palavras-chave: contaminação, impacto ambiental, mobilidade, retenção.

ABSTRACT - A survey was carried out on the commercialization of herbicides in Paraná, to verify their total input in the environment. Based on the chemical properties of these herbicides, theoretical criteria ranking them according to their leaching potential were evaluated. The highest volume of commercialization was found to occur from October to November, probably related to the increased demand caused by the summer crop cycle. The mechanisms of action whose consumption is most expressive are the aminoacid synthesis inhibitors (36.9% of the total volume), followed by the photosynthesis inhibitors (31.3%), synthetic auxins (11%) and mitosis inhibitors (8.8%). The herbicides glyphosate (4526.28 t), atrazine (3075.91), 2,4-D (1659.33) and sulfosate (631.60 t) account together for around 65% of the total volume commercialized in the state. Ranking herbicides according to their leaching potential showed that acifluorfen-sodium, alachlor, atrazine, chlorimuron-ethyl, fomesafen, hexazinone, imazamox, imazapyr, imazaquin, imazethapyr, metolachlor, metribuzin, metsulfuron-methyl, nicosulfuron, picloram, sulfentrazone and tebuthiuron are potential leachers according to the three theoretical criteria adopted (GUS, CDFA and Cohen).

Key words: contamination, environmental impact, mobility, retention.

¹ Recebido para publicação em 20.9.2002 e na forma revisada em 11.8.2003.

Parte da dissertação da primeira autora apresentada para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

² Eng.-Agr., M.S., Universidade Estadual de Maringá – UEM, Professora do Campus de Umuarama-PR. ³ Bolsista do CNPq.

⁴ Professor Adjunto do Departamento de Agronomia da UEM, <rsojunior@uem.br>. ⁵ Laboratório de Ecotoxicologia, Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA-USP), Piracicaba-SP.



INTRODUÇÃO

Os pesticidas têm sido empregados pelo homem com o objetivo de aumentar a produção mundial de alimentos e reduzir as populações de plantas daninhas, pragas e doenças, elevando o padrão de vida de toda a população mundial (Matthews, 1992). Entretanto, com o aumento do uso desses produtos, aumentaram também as preocupações com a contaminação do solo e da água, bem como com seus efeitos sobre os seres humanos e animais. O processo de lixiviação refere-se ao movimento descendente dos herbicidas na matriz do solo na ou com a água do solo, sendo sua intensidade dependente das características físico-químicas do produto e das características de solo e clima. Segundo Oliveira (2001), para ser lixiviado, o herbicida deve estar na solução do solo ou adsorvido a pequenas partículas, como argilas, ácidos fúlvicos e húmicos de baixo peso molecular, aminoácidos, peptídeos e açúcares, entre outros.

Em 1979, surgiram os primeiros relatos de detecção de nematicidas em aquíferos subterrâneos de vários Estados norte-americanos, o que despertou a atenção e o interesse para a importância de estudos de impacto ambiental decorrente do uso de pesticidas (Mattos & Silva, 1999). Existem relatos de muitos outros casos de contaminação de solos, recursos hídricos, animais e seres humanos em vários países, mas pouco tem sido levantado no Brasil. No que diz respeito aos mananciais aquáticos, principalmente os subsuperficiais, a lixiviação desses compostos é uma das principais formas de contaminação.

A lixiviação excessiva contribui, em muitos casos, para que o herbicida atinja e contamine o lençol freático. Nos Estados Unidos e na Europa, atrazine e alachlor estão entre os pesticidas mais freqüentemente detectados em amostras de água do subsolo (Ritter, 1990; Killeen, 1997; Kolpin et al., 1997). Na Geórgia (EUA), foi detectado hexazinone tanto na água de escoamento superficial quanto no fluxo descendente de água no solo por vários meses após a aplicação de uma dose de 1,62 kg ha⁻¹ (Bouchard et al., 1985). Outros herbicidas detectados em água de poço ou lençol subsuperficial são o dicamba (Lym & Messersmith, 1988; Ritter et al., 1996) e o simazine (Squillace & Thurman, 1992; Kolpin et al., 1997).

O Paraná é, atualmente, o Estado que consume maior volume de herbicidas no Brasil (Sindag, 2002); em consequência da agregação de novas áreas produtivas (como o noroeste do Estado), da crescente dificuldade de conseguir mão-de-obra no campo e da grande disponibilidade de produtos químicos, a tendência é de que o consumo de herbicidas continue crescendo de forma consistente nos próximos anos. Embora não existam relatos de detecção de herbicidas em mananciais hídricos no Estado, o fato é que o elevado volume utilizado, aliado à escassez de estudos relacionados ao comportamento dessas substâncias nos solos, evidencia a necessidade de se discutirem parâmetros que possam indicar os herbicidas que eventualmente podem se tornar contaminantes em função de seu potencial de lixiviação.

Para a efetivação de um estudo do potencial de contaminação aquática por herbicidas, é necessário o levantamento de dados básicos referentes ao volume e à sazonalidade de utilização, bem como de informações relacionadas às propriedades químicas dessas moléculas, as quais se encontram dispersas em diferentes fontes da literatura pertinente. Este trabalho objetivou realizar um levantamento para quantificar o volume, a sazonalidade e a distribuição do volume de herbicidas, por princípio ativo, utilizados no Estado do Paraná, no ano de 2000, e analisar critérios teóricos para determinação de seu potencial de lixiviação com base em suas propriedades químicas.

MATERIAL E MÉTODOS

Quantificação do volume de herbicidas comercializado no Estado do Paraná

Os dados referentes aos herbicidas utilizados no Estado do Paraná foram obtidos na Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento (SEAB), localizada em Curitiba, tendo sido solicitadas informações sobre a quantidade, o produto e a época de comercialização dos herbicidas no ano de 2000. Esses dados são centralizados pela Divisão de Defesa Sanitária Vegetal (DDSV) e provêm das informações coletadas em 18 regiões do Estado do Paraná, que são denominadas pela SEAB de Núcleos Regionais: Núcleo Regional de Apucarana, Campo Mourão, Cascavel, Cornélio

Procópio, Curitiba, Francisco Beltrão, Guaraçuava, Irati, Ivaiporã, Jacarezinho, Londrina, Maringá, Paranaguá, Paranaíba, Pato Branco, Ponta Grossa, Toledo, Umuarama e União da Vitória (Figura 1). Os dados do Núcleo de Paranaguá foram excluídos deste levantamento, por serem praticamente nulos; já o Núcleo de Laranjeiras do Sul foi desmembrado do Núcleo de Guarapuava após a coleta e compilação desses dados.

Os dados coletados nas cópias dos receiptuários agrônômicos enviados aos Núcleos foram agrupados por ingrediente ativo, por grupo químico, por mecanismo de ação, por Núcleo e por trimestre. Espera-se que esses dados reflitam a utilização dos herbicidas em campo e, portanto, forneçam um indicativo da intensidade de uso e do potencial de chegada deles no solo.

Critérios usados para avaliação do potencial de lixiviação

Para avaliar o risco potencial de lixiviação dos herbicidas no Estado do Paraná, foram utilizados três critérios teóricos (GUS, CDFA e

Cohen), tendo sido usadas as propriedades físico-químicas dos herbicidas para o cálculo dos índices propostos, compiladas da literatura.

Goundwater Ubiquity Score - GUS

O índice GUS (índice de vulnerabilidade de águas subterrâneas), proposto por Gustafson (1989), é calculado a partir dos valores de meia-vida do composto no solo e do coeficiente de sorção normalizado para o teor de carbono orgânico, não levando em consideração outras propriedades, como solubilidade em água. Este índice é empírico e classifica os compostos de acordo com sua tendência de lixiviação:

$$GUS = \log t_{1/2} (4 - \log K_{oc})$$

em que GUS representa um índice adimensional, $t_{1/2}$ representa a meia-vida do herbicida no solo (dias) e K_{oc} representa o coeficiente de sorção normalizado para o teor de carbono orgânico ($L\ kg^{-1}$). Herbicidas com $GUS < 1,8$ são considerados não-lixiviadores, ao passo que índices superiores a 2,8 representam produtos lixiviadores. Aqueles com valores entre 1,8 e 2,8 são considerados intermediários.



Figura 1 - Distribuição dos Núcleos Regionais da SEAB-PR (2002).



CDFA

O critério adotado pelo California Department of Food and Agriculture (CDFA), proposto por Widerson & Kim (1986), estabelece que herbicidas que apresentem K_{oc} menor que 512 L kg⁻¹ e meia-vida superior a 11 dias são classificados como produtos lixiviadores.

Cohen

Cohen et al. (1984) estabeleceram características do herbicida que podem determinar seu potencial de lixiviação. Herbicidas com K_{oc} menores que 300 L kg⁻¹ e valores de meia-vida superiores a 21 dias são considerados lixiviadores, ao passo que aqueles com K_{oc} superiores a 500 L kg⁻¹ e $t_{1/2}$ inferiores a 14 dias representam produtos não-lixiviadores.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise de herbicidas comercializados no Estado do Paraná

O total de herbicidas comercializado no Estado do Paraná, no ano de 2000, foi de 15.283,2 toneladas de ingrediente ativo (i.a.), o que corresponde, segundo o SINDAG (2002), a 68% do total de pesticidas comercializados no Estado (Tabela 1).

A Figura 2 apresenta a distribuição da sazonalidade da comercialização. É possível observar que o período de maior comercialização é o quarto trimestre (7.381,3 t). Esse fato relaciona-se provavelmente ao aumento da demanda provocada pelo início da safra de verão. Dentre as culturas exploradas no verão destacam-se a do milho e a da soja, consideradas as principais do Estado. Essas culturas ocuparam, respectivamente, na safra de 2000/01, 2,79 e 2,78 milhões de hectares no Estado (SEAB-PR, 2001). Os demais trimestres correspondem a 4.049,1 t (terceiro trimestre), 2.286,8 t (primeiro trimestre) e 1561,8 t (segundo trimestre). Entretanto, a tendência de picos na comercialização não foi a mesma para todos os Núcleos.

Pela Tabela 1, verifica-se que os Núcleos de Campo Mourão, Cascavel, Ivaiporã, Pato Branco e Ponta Grossa apresentaram maior volume de comercialização no terceiro trimestre

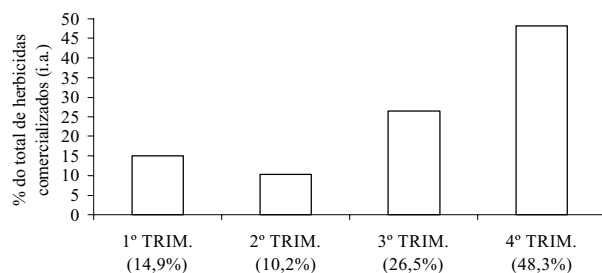
(meses de julho, agosto e setembro); no Núcleo de Toledo isso ocorreu no primeiro trimestre (janeiro, fevereiro e março). O elevado volume comercializado no terceiro trimestre pode estar relacionado ao fato de, nestes locais, as datas de plantio terem sido mais precoces do que nos demais, antecipando, conseqüentemente, as vendas para a safra de verão. No Núcleo de Toledo, o elevado volume comercializado no primeiro trimestre deve-se, provavelmente, ao aumento na área de trigo e soja (safrinha) cultivada no ano de 2000. Segundo a SEAB-PR (2001), no Núcleo de Toledo, na safra de 1999/00 foram cultivados, respectivamente, 11.520 e 800 hectares de trigo e soja (safrinha), ao passo que na safra de 2000/2001 estas culturas ocuparam 122.700 e 4.960 hectares, fazendo com que o maior volume de comercialização de herbicidas deste Núcleo ocorresse no primeiro trimestre. A região norte do Estado foi a que apresentou maior volume de comercialização de herbicidas durante o ano (6.151,7 t), seguida pelas regiões oeste (3.202,9 t), sul (2.634,1 t), centro-oeste (1.724,35 t), sudoeste (1.088,2 t) e noroeste (481,8 t).

Extratificando os princípios ativos segundo sua classificação de herbicidas por grupos de mecanismo de ação (Oliveira Jr., 2001), observa-se que os herbicidas inibidores da síntese de aminoácidos correspondem a 36,9% do total comercializado e, juntamente com os herbicidas inibidores da fotossíntese (31,3%), os mimetizadores da auxina (11,0%) e os inibidores da divisão celular (8,8%), compõem os grupos mais significativos em termos de volume (Figura 3).

De acordo com a distribuição por grupo químico, observa-se pela Tabela 2 que foram comercializadas mais de 5.190 toneladas de i.a. dos herbicidas derivados da glicina; destes, cerca de 88% referem-se ao consumo de glyphosate. Dessa forma, o grande consumo de herbicidas inibidores da síntese de aminoácidos também está associado basicamente à comercialização do glyphosate, reconhecendo um dos herbicidas de maior utilização da agricultura mundial, por apresentar largo espectro de espécies controladas, multiutilização e baixo custo, comparado aos demais. Além de ser o herbicida mais utilizado nas operações de manejo em plantio direto, há evidências de que o glyphosate esteja sendo utilizado de

Tabela 1 - Volume de herbicidas comercializado (em toneladas de ingrediente ativo), distribuído por trimestre, classificado por regiões e núcleos da SEAB-PR, no ano de 2000

Núcleo	Trimestre				Total
	1º	2º	3º	4º	
Região norte	503,15	336,70	743,55	4.568,28	6.151,70
Apucarana	30,78	56,36	40,17	93,72	221,03
Cornélio Procópio	134,26	110,52	207,56	541,94	994,28
Ivaiporã	41,14	39,70	193,68	114,70	389,22
Jacarezinho	28,05	14,18	31,38	51,84	125,46
Londrina	77,70	17,44	120,25	3.438,00	3.653,39
Maringá	191,22	98,50	150,51	328,08	768,32
Região centro-oeste	257,71	301,52	684,33	476,69	1.724,35
Campo Mourão	257,71	301,52	684,33	476,69	1.724,35
Região noroeste	79,41	69,74	136,35	196,34	481,84
Paranavaí	7,97	12,17	46,52	69,31	135,97
Umuarama	71,44	57,57	89,83	127,03	345,87
Região oeste	1.146,06	381,49	843,04	832,34	3.202,94
Cascavel	233,66	171,04	478,11	273,65	1.156,47
Toledo	912,40	210,45	364,93	558,69	2.046,47
Região sudoeste	103,41	69,51	533,98	381,31	1.088,20
Francisco Beltrão	51,14	38,33	173,25	182,56	445,27
Pato Branco	52,27	31,18	360,73	198,75	642,93
Região sul	197,13	402,86	1.107,78	926,33	2.634,10
Curitiba	49,11	102,09	150,17	160,08	461,45
Guarapuava	27,89	37,59	29,88	106,21	201,57
Irati	6,36	6,38	26,56	39,89	79,19
Ponta Grossa	109,93	253,04	878,56	582,27	1.823,80
União da Vitória	3,84	3,76	22,61	37,88	68,09
Total	2.286,85	1.561,85	4.049,04	7.381,31	15.283,16

**Figura 2** - Sazonalidade de comercialização de herbicidas no Estado do Paraná, no ano de 2000.

outras formas que não aquelas para as quais está registrado – como dessecação pré-colheita da soja, e clandestinamente em pós-emergência, em áreas de soja transgênica. Há, inclusive, relatos de vários casos de cultivo de soja transgênica em áreas no Estado do Paraná, divulgados em jornais da região. Contudo, até o

presente momento não há informações precisas a respeito desse assunto, visto que grande quantidade de denúncias ainda está sendo investigada pelos técnicos da SEAB e representantes do Ministério da Agricultura.

A Tabela 3 apresenta os herbicidas mais comercializados no Estado do Paraná em 2000. Glyphosate (4.562,28 t), 2,4-D (1.659,33 t) e sulfosate (631,60 t) representaram juntos cerca de 45% do total comercializado, uma vez que são muito utilizados na operação de dessecação que antecede a semeadura direta.

O grande volume comercializado de glyphosate, sulfosate e 2,4-D sugere que o aumento da área de plantio direto tem influenciado significativamente o mercado de herbicidas. A área total de plantio direto no Estado do Paraná, que era de apenas 20 mil hectares em 1978, ultrapassou os 3 milhões de hectares

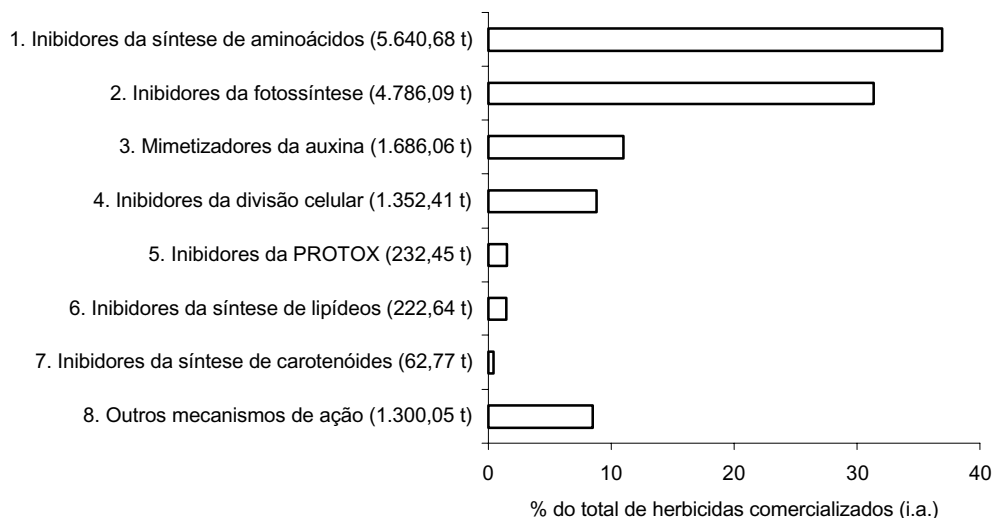


Figura 3 - Resumo do volume de herbicidas comercializado no Paraná, no ano de 2000, extratificado por mecanismo de ação. Os dados referem-se à porcentagem de cada grupo em relação ao total (toneladas de ingrediente ativo) comercializado.

em 1998 (Muzilli, 1999). Consta-se a predominância, principalmente nas regiões norte, sul e oeste do Estado, do plantio direto em áreas cultivadas com milho e soja no verão, seguidas de trigo no inverno, o que vem confirmando as previsões do potencial de expansão do sistema de plantio direto no Paraná.

Apesar de o herbicida paraquat desempenhar basicamente a mesma função do glyphosate, o elevado consumo deste último deve-se provavelmente ao menor preço e também à menor toxicidade, quando comparado ao primeiro. O custo médio de um hectare tratado com glyphosate (1 kg de i.a. ha⁻¹) é de R\$ 22,00, enquanto o paraquat (0,3 kg de i.a. ha⁻¹) custa cerca de 2,5 vezes mais, para a mesma área.

Excetuando-se o glyphosate, o atrazine foi o herbicida mais comercializado no Estado. Esse fato relaciona-se diretamente às explorações agrícolas de milho e apresenta diversas características interessantes do ponto de vista do agricultor, como: ele possui largo espectro de ação e efeito residual, é bastante seletivo às culturas nas quais é utilizado e é também compatível com diversas misturas, tanto formuladas como em tanque. Este herbicida também é registrado para várias outras culturas de menor expressão econômica no Estado, mas que contribuem para expandir seu consumo, como abacaxi, banana, café, citros, seringueira e sorgo.

Tabela 2 - Volume de comercialização de herbicidas no Estado do Paraná, classificado por grupos químicos, no ano de 2000

Grupo químico	Total comercializado	
	toneladas de i.a.	% em relação ao total
Derivados da glicina	5.193,88	33,98
Triazinas	3.978,95	26,03
Ácido fenoxicarboxílico	1.659,33	10,85
Cloroacetanilidas	684,14	4,48
Dinitroanilidas	634,92	4,15
Arsenicais	436,91	2,86
Uréias	378,69	2,48
Bipiridíliuns	256,53	1,68
Imidazolinonas	205,03	1,34
Triazolopirimidinas	171,02	1,11
Difeniléteres	163,28	1,06
Cicloexanodionas	131,05	0,85
Benzothiadiazinonas	125,51	0,82
Ariloxifenoxipropionatos	91,59	0,60
Outros	1.172,31	7,67

Apesar de ser apenas o 17º em volume utilizado (Tabela 3), o cloransulam-metil é empregado somente no controle de folhas largas na cultura da soja, em baixas doses (cerca de 40 g de i.a. ha⁻¹), sendo a quantidade comercializada (88,7 t) supostamente suficiente para tratar mais de 2,5 milhões de hectares, ou seja, cerca de 90% do total de área da cultura da soja no Estado. Um outro herbicida registrado

somente para a cultura da soja é o chlorimuron-ethyl, que, aplicado tanto isoladamente quanto em mistura, permite controlar infestantes problemáticas no Estado. Embora este herbicida não esteja entre os mais comercializados em volume, devido à sua baixa dosagem (apenas 20 g ha⁻¹), a quantidade comercializada é suficiente para mais de 2,2 milhões de hectares. Ao levar em consideração o somatório de áreas de soja que estes dois herbicidas poderiam ter tratado (4,7 milhões de hectares) e o quanto é cultivado no Estado (2,8 milhões de hectares), é possível evidenciar que, embora estes herbicidas tenham sido comercializados no Paraná, parte destes produtos pode estar sendo utilizada em outros Estados ou países. Outro ponto é que pode haver mistura de produtos em uma mesma área ou necessidade de aplicações seqüenciais de herbicidas diferentes.

Os herbicidas inibidores da síntese de lipídios, dos grupos das ciclohexanodionas e ariloxifenoxipropionatos, representaram mais de 220 toneladas de i.a., sendo a importância destes herbicidas a de se concentrar no controle de gramíneas em pós-emergência.

Tabela 3 - Volume de comercialização de herbicidas, classificados por princípio ativo, mais comercializados no Estado do Paraná, no ano de 2000

Nome comum	Total comercializado	
	toneladas de i.a.	% em relação ao total
Glyphosate	4.562,28	29,85
Atrazine	3.075,91	20,12
2,4-D	1.659,33	10,85
Sulfosate	631,60	4,13
Simazine	568,38	3,72
Trifluralin	550,91	3,60
MSMA	436,92	2,58
Metolachlor	387,99	2,54
Diuron	363,23	2,37
Ametryne	300,35	1,96
Paraquat	235,51	1,54
Alachlor	197,87	1,29
Bentazon	125,51	0,82
Imazaquin	119,31	0,78
Acetochlor	98,28	0,64
Cloransulam-metil	88,77	0,58
Fomesafen	86,23	0,57
Clethodim	85,16	0,56
Pendimethalin	84,01	0,55
Outros	1.625,62	10,63



Potencial de lixiviação dos herbicidas comercializados no Estado do Paraná

A Tabela 4 apresenta a avaliação do potencial de lixiviação dos herbicidas comercializados no Estado do Paraná, segundo os critérios teóricos GUS (Gustafson, 1989), CDFA (Widerson & Kim, 1986) e Cohen (Cohen et al., 1984). O ranqueamento demonstrou que acifluorfen-sódio, alachlor, atrazine, chlorimuron-ethyl, fomesafen, hexazinone, imazamox, imazapyr, imazaquin, imazethapyr, metolachlor, metribuzin, metsulfuron-methyl, nicosulfuron, picloram, sulfentrazone e tebuthiuron são potencialmente lixivadores, de acordo com os três critérios utilizados. Esse fato reveste-se de acentuada importância, visto que a lixiviação por meio do perfil do solo tem sido identificada como a maior causa da ocorrência de pesticidas no lençol freático (Flury, 1996). Sabe-se, porém, que o risco de contaminação do lençol freático subterrâneo depende de diversas propriedades físicas e químicas do herbicida, do tipo de solo (teor de matéria orgânica, composição física e química, pH), da cobertura morta e das condições climáticas (Milanova & Grigorov, 1996). Além destes, acetochlor, ametryne, bentazon, clomazone, dicamba, diclofop e simazine foram considerados lixivadores em dois dos três critérios utilizados ("2 L").

Dentre os herbicidas envolvidos neste estudo, alachlor, atrazine e simazine são os mais freqüentemente detectados em amostras de água do subsolo (Pereira & Rostad, 1990; Thurman et al., 1991, 1992, 1996; Squillace e Thurman, 1992; Buhler et al., 1993; Pereira & Hostettler, 1993; Domagalsky, 1996; Domagalsky et al., 1997; Kolpin et al., 1997; Ma & Spalding, 1997), o que gerou inclusive a obrigatoriedade da referência acerca do potencial que esses herbicidas possuem de contaminação de águas subterrâneas em rótulos de embalagens comerciais nos EUA. No caso particular de simazine, este não foi classificado como lixivador, segundo o critério GUS, devido ao valor de 22 dias de meia-vida assumido (obtido em solos de Campinas-SP por Blanco et al., 1997) para o cálculo de índice. No entanto, se fosse assumido um valor de 28 dias, como o obtido em trabalhos conduzidos na Austrália (Kookana et al., 1995), ou o valor médio de 60 dias proposto por Ahrens (1994), como nos critérios de CDFA e Cohen, ele seria classificado também como lixivador.

Tabela 4 - Classificação do potencial de lixiviação dos herbicidas comercializados no Estado do Paraná no ano de 2000, segundo os critérios de GUS, CDFA e Cohen. L = lixiviador, IN = intermediário e NL = não-lixiviador

Nome comum	K _{oc} (mL g ⁻¹)	t _{1/2} (dias)	Fonte dos dados	Critério		
				GUS	CDFA	Cohen
2,4-D	60	10	Wauchope et al., 1992	IN	-	-
Acetochlor	55 ^U	20	Ahrens, 1994;	L	L	-
Acifluorfen-sódio	113	44*	Wauchope et al., 1992; Ahrens, 1994	L	L	L
Alachlor	103	80	Wauchope et al., 1992; Oliveira Jr. et al., 2001	L	L	L
Ametryne	300	60	Wauchope et al., 1992	IN	L	L
Amônio-glufofosinato	100	7	Wauchope et al., 1992	NL	-	-
Atrazine	165	60	Wauchope et al., 1992; Oliveira Jr. et al., 2001	L	L	L
Bentazon	34	20	Wauchope et al., 1992	L	L	-
Butroxydim ^U	300 ^U	-	Syngenta ^U	-	-	-
Clethodim	16,5 ^U	3	Ahrens, 1994	NL	-	-
Clomazone	300	24	Wauchope et al., 1992	IN	L	L
Chlorimuron ethyl	110	40	Wauchope et al., 1992	L	L	L
Cloransulam-metil	485*	9*	Hatzios, 1998	NL	-	-
Cyanazine	190 ^U	14	Wauchope et al., 1992	IN	L	-
Dicamba	2	14	Wauchope et al., 1992; Oliveira Jr. et al., 2001	L	L	-
Diclofop-methyl	251	30	Wauchope et al., 1992; Ahrens, 1994	IN	L	L
Diclosulam ^U	-	49*	Rodrigues & Almeida, 1998	-	-	-
Diquat	1000000	1000	Wauchope et al., 1992	NL	-	-
Diuron	480	90	Wauchope et al., 1992	IN	L	-
EPTC	200	6	Wauchope et al., 1992	NL	-	-
Fenoxaprop-p-ethyl	9490	180	Wauchope et al., 1992	NL	-	-
Fluazifop-p-butyl	5700	15	Wauchope et al., 1992	NL	-	-
Flumetsulam	356*	60*	Ahrens, 1994	IN	L	-
Flumiclorac-pentil ^U	-	3,5*	Ahrens, 1994	-	-	-
Flumioxazin ^U	-	21,9	Rodrigues & Almeida, 1998	-	-	-
Fluroxipir-MHE ^U	-	48,5*	Rodrigues & Almeida, 1998	-	-	-
Fomesafen	60	100	Wauchope et al., 1992; Ahrens, 1994	L	L	L
Glyphosate	24000	47	Wauchope et al., 1992	NL	-	-
Halosulfuron	93,5	16	Rodrigues & Almeida, 1998	IN	L	-
Hexazinone	34	90	Wauchope et al., 1992; Oliveira Jr. et al., 2001	L	L	L
Imazamox	5,36	25*	Hatzios, 1998	L	L	L
Imazapic ^U	-	>180	Rodrigues & Almeida, 1998	-	-	-
Imazapyr	100	90*	Hornsby et al., 1995	L	L	L
Imazaquin	20	60	Wauchope et al., 1992	L	L	L
Imazethapyr	22	75*	Ahrens, 1994; Oliveira Jr. et al., 2001	L	L	L
Ioxynil-octanoato ^U	-	-	-	-	-	-
Isoxaflutol ^U	196 ^U	-	IBAMA, 2001 ^U	-	-	-
Lactofen	10000	3	Wauchope et al., 1992	NL	-	NL
Linuron	400	60	Wauchope et al., 1992	IN	L	-
Metolachlor	200	195*	Wauchope et al., 1992	L	L	L
Metribuzin	60	45*	Wauchope et al., 1992	L	L	L
Metsulfuron-methyl	12	30	Wauchope et al., 1992; Oliveira Jr. et al., 2001	L	L	L
MSMA	7000	185	Ahrens, 1994	NL	-	-
Nicosulfuron	20	21	Augustijn-Beckers et al., 1994; Oliveira Jr. et al., 2001	L	L	L
Oxadiazon	3200	60	Wauchope et al., 1992	NL	-	-
Oxasulfuron ^U	-	-	-	-	-	-
Oxyfluorfen	100000	35*	Wauchope et al., 1992	NL	-	-
Paraquat	1000000	1000	Wauchope et al., 1992	NL	-	-
Pendimethalin	17200	44	Ahrens, 1994	NL	-	-
Picloram	88,5*	90	Wauchope et al., 1992	L	L	L
Prometryne	400	60	Wauchope et al., 1992	IN	L	-
Propanil	149	1	Wauchope et al., 1992	NL	-	-
Propaquizafop ^U	236 ^U	-	IBAMA, 2001 ^U	-	-	-
Pyriithiobac-sodium ^U	-	62	Webster & Shaw, 1997	-	-	-
Quizalofop-p-ethyl	510	60	Wauchope et al., 1992	IN	L	-
Sethoxydim	100	5	Wauchope et al., 1992	NL	-	-
Simazine	<97	22	Blanco et al., 1997; Oliveira Jr. et al., 2001	IN	L	L
Sulfentrazone	17,5 ^U	250*	Grey et al., 1997; Hatzios, 1998	L	L	L
Sulfosate	57000 ^U	-	Syngenta, 2002 ^U	-	-	-
Tebuthiuron	80	585*	Wauchope et al., 1992	L	L	L
Tepraloxym ^U	-	-	-	-	-	-
Thiobencab	1698	60*	Ahrens, 1994	NL	-	-
Trifluralin	7000	45	Ahrens, 1994	NL	-	-

* Valor médio extraído da(s) fonte(s).

^U Valores de K_{oc}, K_d e/ou t_{1/2}