

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Meio Ambiente
Ministério da Agricultura e do Abastecimento*

**ESTUDOS DE SIMULAÇÃO DA MOVIMENTAÇÃO
VERTICAL DE HERBICIDAS EM SOLOS
COM CANA-DE-AÇÚCAR NA MICROBACIA
DO CÓRREGO ESPRAIADO RIBEIRÃO PRETO (SP)**

*Maria Conceição P. Young Pessoa, Marco Antonio Ferreira Gomes,
Manoel Dornelas de Souza, Antonio Luiz Cerdeira,
Marcos Correia Neves, Gilberto Nicoella.*

Jaguariúna, SP

1999

Embrapa Meio Ambiente – Boletim de Pesquisa, 1.

Exemplares dessa publicação podem ser solicitados à:

Embrapa Meio Ambiente

Rodovia SP 340 – km 127,5 – Bairro Tanquinho Velho

Caixa Postal 69 13820-000 – Jaguariúna, SP

Fone: (019) 867-8750 Fax: (019) 867-8740

edis@cnpma.embrapa.br

Comite de Publicações: Aldemir Chaim

Célia M. M. de S. Silva

Franco Lucchini

Julio F. de Queiroz

Magda A. de Lima

Maria Cristina Tordin

Revisão: Lígia Abramides Testa.

Produção Gráfica: Regina L. Siewert Rodrigues

Franco Ferreira de Moraes

Normatização: Maria Amélia de Toledo Leme

Tiragem: 500

PESSOA, M.C.P.Y.; GOMES, M. A. F.; SOUZA, M. D. DE.; CERDEIRA, A. L.; NEVES, M. C.; NICOLELLA, G. Estudos de simulação da movimentação vertical de herbicidas em solos com cana-de-açúcar na microbacia do córrego espraído Ribeirão Preto (SP). Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1999. 44p. (Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa 1).

CDD 632.954

©EMBRAPA MEIO AMBIENTE, 1999

ÍNDICE

ABSTRACT	5
RESUMO	7
1. INTRODUÇÃO	9
2. MATERIAIS E MÉTODOS	13
2.1. Equipamentos	13
2.2. Área de estudo	13
2.3. O simulador CMLS-94	18
2.4. Inclusão dos novos dados	19
2.4.1. Inclusão da cultura de cana-de-açúcar anual	19
2.4.2. Inclusão dos solos da área de estudo	20
2.4.3. Inclusão dos dados climáticos	22
2.4.4. Quantidade e datas de aplicação dos herbicidas	23
2.5. Cenários simulados	28
2.6. Mapa de risco de comprometimento da qualidade dos lençóis subsuperficiais e do Aquífero	29
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
3.1. Simulação dos herbicidas para o período de quatro anos	31
3.2. Cenário do risco potencial de comprometimento da qualidade dos lençóis subsuperficiais	34
3.3. Dificuldades encontradas com relação ao CMLS-94	36
4. CONCLUSÕES	39
5- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo um estudo de simulação, utilizando o CMLS-94, em área de agricultura intensiva de cana-de-açúcar, localizada na microbacia do córrego Espreado em Ribeirão Preto (SP), de importância internacional, dada a presença do Aquífero Botucatu (Guarani)⁷. Os dados referentes à cultura de cana-de-açúcar tipo soqueira, predominante na área, aos principais tipos de solo na área estudada, quais sejam Latossolo Roxo (LR), Latossolo Vermelho-Escuro (LE) e Areia Quartzosa (AQ), foram incorporados às bases de dados do CMLS-94, assim como a informação do nome do arquivo contendo dados climáticos diários de Ribeirão Preto (SP) (período 1986-1989). Os herbicidas utilizados foram atrazina, tebuthiuron e diuron, por serem os mais usados na área de estudo. Suas dosagens e períodos de uso variaram conforme sua utilização para a cultura de cana-de-açúcar (doses e data). O cenário-base para as simulações realizadas apresentou a data de corte da cultura em setembro, com aplicações dos produtos em outubro e data final de simulação após quatro anos do lançamento deles. Foram simulados vários cenários na dose máxima dos herbicidas aplicada na região (piores casos). Verificou-se que nenhuma das quantidades finais de produtos simulados era significativa para efeito de contaminação do Aquífero. Entretanto, as profundidades finais alcançadas pelos herbicidas encontram lençóis subsuperficiais presentes na área, com profundidades variando entre 0 e 20m. Os resultados obtidos nas simulações foram:

⁷⁾ O nome do Aquífero foi alterado de Botucatu para Guarani em virtude de sua abrangência geográfica incluir a maior parte das áreas ocupadas pelo povo indígena guarani (Rocha, 1996).

- a) Em Areia Quartzosa: 2,88 m para atrazina (quantidade final = $340,0 \times 10^{-4}$ kg/ha); 9,43 m para tebuthiuron (quantidade final = $1.200,0 \times 10^{-4}$ kg/ha); 1,45 m para diuron (quantidade final = $1,60 \times 10^{-4}$ kg/ha);
- b) Em Latossolo Vermelho-Escuro: 1,67 m para atrazina (quantidade final = $0,0092 \times 10^{-4}$ kg/ha); 4,25 m para tebuthiuron (quantidade final = $1.200,0 \times 10^{-4}$ kg/ha); 0,71 m para diuron (quantidade final = $40,0 \times 10^{-4}$ kg/ha);
- c) Em Latossolo Roxo: 1,43 m para atrazina (quantidade final = $1.400,0 \times 10^{-4}$ kg/ha); 1,96 m para tebuthiuron (quantidade final = $1.200,0 \times 10^{-4}$ kg/ha); 0,40 m para diuron (quantidade final = $77,0 \times 10^{-4}$ kg/ha). Um mapa de alto risco de contaminação da água subterrânea foi apresentado e discutidos os problemas relacionados ao uso do CMLS-94.

PALAVRAS-CHAVES: simulação; qualidade de água; solos brasileiros; herbicidas; cana-de-açúcar, SIG.

1. INTRODUÇÃO

A preocupação com a preservação de Aqüíferos, assim como com o conhecimento da influência exercida pelas atividades agrícolas sobre os mesmos, é de fundamental importância para assegurar a qualidade desse recurso natural.

Uma avaliação realizada no Estado de São Paulo, no intuito de identificar as áreas de maior risco de contaminação por atividades agrícolas e os possíveis impactos ambientais negativos e positivos decorrentes, apontou a área do córrego Espraiado como sendo uma área de risco potencial à contaminação do Aqüífero Guarani, além de apresentar semelhanças com outras diferentes regiões, para onde poderão ser aplicados métodos de avaliação de impacto a serem desenvolvidos e testados.

Particularmente, a área da microbacia do córrego Espraiado, situada na região de Ribeirão Preto (SP), possui intensa atividade agrícola com monocultivo de cana-de-açúcar sobre a área de recarga do Aqüífero Guarani (antigo Botucatu), o mais importante de toda a região Centro-Sul, abrangendo outros países, tais como Uruguai, Paraguai e Argentina. Além disso, a microbacia contempla, ao mesmo tempo, uma área de descarga e recarga do Aqüífero Guarani, que abastece, na sua totalidade, a população de Ribeirão Preto.

A fim de auxiliar na análise dos possíveis efeitos dos principais herbicidas aplicados na cultura de cana-de-açúcar, a saber: atrazina, diuron e tebuthiuron, na água subterrânea da região, pode-se acompanhar a dinâmica espaço-temporal desses herbicidas no solo mediante simulações realizadas com dados do local. A partir desses

resultados, faz-se uma análise das tendências de contaminação para águas subterrâneas.

Estudos realizados nos EUA registram a ocorrência de alguns desses herbicidas em águas utilizadas para consumo humano e riscos de lixiviação acelerada. A atrazina tem sido encontrada em amostras de água da Lousiana e do Iowa e em amostras de água subterrânea da Pensilvânia, de Iowa, de Nebraska, de Wisconsin e de Maryland (US-EPA, 1988; Howard, 1989), onde 27% das amostras coletadas apresentavam concentrações de atrazina acima do nível máximo permitido em água para consumo humano (3 ppb). Além disso, o monitoramento da qualidade da água de poços, realizado durante cinco anos, detectou atrazina em 1,7% do sistema de água público e em 0,7% dos poços domésticos rurais; nesses últimos, os níveis detectados, algumas vezes, excederam o máximo de concentração permitido (3 ppb) (US-EPA, 1990). O diuron, apesar de apresentar baixa toxicidade a mamíferos (irritações nos olhos e garganta), têm sido detectado em água subterrânea da Califórnia na faixa de 2 a 3 ppb (Howard, 1991). Apesar de não ter sido encontrado em águas subterrâneas analisadas nos EUA pela EPA, essa instituição americana aponta o tebuthiuron como tendo características de material com maior potencial para contaminação em água subterrânea, em virtude de sua alta solubilidade em água (2.500 µg/mL), de ser absorvido fracamente por partículas do solo ($K_{oc} = 80 \text{ mL/L}$) e de ser altamente persistente no solo (meia-vida de 360 dias) (USDA-SCS, 1990).

Vários simuladores permitem acompanhar a dinâmica de agroquímicos para camadas mais profundas do solo (Pessoa et al., 1997). Entre os mais conhecidos, citam-se o CMLS-94 - "Chemical Movement

Layered Soil" (Nofziger & Hornsby, 1994), o PRZM - "Pesticide Root Zone Model" (Carsel et al., 1985) e o GLEAMS - "Groundwater Loading Effects of Agriculture Management System" (Leonard et al., 1987).

A escolha do simulador depende do grau de precisão das informações a serem analisadas por simulação e da disponibilidade de dados de entrada.

Entretanto, os simuladores elaborados para outros países levam em consideração os processos para o seu ambiente original, onde os dados foram obtidos, os parâmetros ajustados e os simuladores validados. O uso desses simuladores em ambientes cujos processos já estabelecidos possam sofrer alterações não encontradas em seu ambiente de elaboração, como é o caso daqueles elaborados para ambientes temperados aplicados a ambientes tropicais, elevam erros encontrados nas respostas obtidas pelas simulações. Entretanto, a atividade de validação desses programas é difícil de realizar quando aplicada a fontes difusas, como é o caso da agricultura, principalmente para dados obtidos no campo. Nesse caso, convém a utilização daqueles simuladores cujos processos, incorporados ao sistema, possam ser descritos da mesma forma para os ambientes temperado e tropical, devendo variar apenas os dados de entrada a serem fornecidos pelos usuários.

Recentemente, vários trabalhos evidenciam a utilização conjunta das técnicas de simulação de sistemas, de modelagem matemática e do sistema de informações geográficas para a elaboração de mapas de risco e de vulnerabilidade da água subterrânea à exposição direta, ou indireta, de agroquímicos (Calixte, 1992; Haan et al., 1993; Lal et al., 1993; Heinzer et al., 1996; Shaffer et al., 1996; Tsihrintzis et al., 1996 e

Watkins et al., 1996). O Sistema de Informações Geográficas (SIG) armazena informações georreferenciadas do local, possibilitando o cruzamento dessas informações com aquelas obtidas pelas simulações e, posteriormente, a elaboração dos mapas de risco/vulnerabilidade.

O presente trabalho de pesquisa tem por objetivo apresentar os resultados obtidos com o emprego do simulador americano - CMLS-94 ("Chemical Movement in Layered Soil") (Nofziger & Hornsby, 1994), em área de agricultura intensiva de cana-de-açúcar, localizada na microbacia do córrego Espreado em Ribeirão Preto. Assim, são apresentadas as etapas de inclusão das informações no CMLS-94, relativas a dados de clima, dos solos, dos herbicidas, da cultura e do cenário de simulação. Foram simulados cenários retratando o movimento de cada um dos herbicidas, a saber: atrazina, diuron, e tebuthiuron, nos solos predominantes na área de estudo: Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho-Escuro e Areia Quartzosa. Posteriormente, foi criado o mapa de risco de contaminação da área de afloramento do Aquífero Guarani, mediante o cruzamento das informações obtidas pelas simulações para o produto que atingiu o maior potencial de risco, com os mapas de solo, níveis de profundidade dos lençóis subsuperficiais e uso das terras, já disponíveis em formato georreferenciado do IDRISI. O trabalho salienta, também, alguns problemas encontrados na entrada de dados, armazenamento de gráficos resultantes das simulações e outros associados à utilização do CMLS-94.