

**Simulação da Movimentação Vertical  
de Produtos Aplicados em Milho,  
Milho Safrinha e Soja em Latossolos  
Vermelhos e Neossolos  
Quartzarênicos de Mineiros, GO**



**República Federativa do Brasil**

*Luis Inácio Lula da Silva*

Presidente

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

*Roberto Rodrigues*

Ministro

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa**

**Conselho de Administração**

*Luís Carlos Guedes Pinto*

Presidente

*Sílvio Crestana*

Vice-Presidente

*Alexandre Kalil Pires*

*Cláudia Assunção dos Santos Viegas*

*Ernesto Paterniani*

*Hélio Tollini*

Membros

**Diretoria Executiva da Embrapa**

*Sílvio Crestana*

Diretor-Presidente

*José Geraldo Eugênio de França*

*Kepler Euclides Filho*

*Tatiana Deane de Abreu Sá*

Diretores-Executivos

**Embrapa Meio Ambiente**

*Paulo Choji Kitamura*

Chefe Geral

*Ladislau Araújo Skorupa*

Chefe-Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

*Maria Cristina Martins Cruz*

Chefe-Adjunto de Administração

*Ariovaldo Luchiari Junior*

Chefe-Adjunto de Comunicação e Negócios



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento e Avaliação de Impacto Ambiental  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

ISSN 1516-4675

Outubro, 2005

## ***Boletim de Pesquisa 31 e Desenvolvimento***

### **Simulação da Movimentação Vertical de Produtos Aplicados em Milho, Milho Safrinha e Soja em Latossolos Vermelhos e Neossolos Quartzarênicos de Mineiros, GO**

Maria Conceição Peres Young Pessoa  
Heloisa Ferreira Filizola  
Marco Antonio Ferreira Gomes

Jaguariúna, SP  
2005

**Embrapa Meio Ambiente**

Rodovia SP 340 - Km 127,5 - Tanquinho Velho  
Caixa Postal 69 - Cep.13820-000, Jaguariúna, SP  
Fone: (19) 3867-8750  
Fax: (19) 3867-8740  
www.cnpma.embrapa.br  
sac@cnpma.embrapa.br

**Comitê de Editoração da Unidade**

Presidente: Ladislau Araújo Skorupa  
Secretário-Executivo: Sandro Freitas Nunes  
Bibliotecário: Maria Amélia de Toledo Leme  
Membros: Cláudio César de Almeida Buschinelli; Heloisa Ferreira Filizola;  
Manoel Dornelas de Souza; Maria Conceição Peres Young Pessoa; Marta  
Camargo de Assis; Osvaldo Machado R. Cabral  
Normalização Bibliográfica: Maria Amélia de Toledo Leme  
Editoração eletrônica: Silvana Cristina Teixeira

**1ª edição****Todos os direitos reservados.**

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte,  
constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

---

Pessoa, Maria Conceição Peres Young  
Simulação da movimentação vertical de produtos aplicados  
em milho, milho safrinha e soja em latossolos vermelhos e neos-  
solos quartzarênicos de Mineiros, GO / Maria Conceição Peres  
Young Pessoa, Heloísa Ferreira Filizola, Antonio Ferreira Gomes.  
-- Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2005.  
27p. – (Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa e  
Desenvolvimento, 31).

1. Defensivos agrícolas – Resíduos – Solo. 2. Milho. 3. Soja.  
I. Filizola, Heloísa Ferreira. II. Gomes, Marco Antonio Ferreira.  
III. Título. IV. Série.

---

CDD 632.950 42

©Embrapa 2005

## Sumário

Resumo.....	6
Abstract.....	7
Introdução.....	8
Material e Métodos.....	9
Resultados e discussão.....	14
Conclusões.....	25
Referência Bibliográficas.....	26

# Simulação da Movimentação Vertical de Produtos Aplicados em Milho, Milho Safrinha e Soja em Latossolos Vermelhos e Neossolos Quartzarênicos de Mineiros, GO

---

*Maria Conceição Peres Young Pessoa<sup>1</sup>*

*Heloisa Ferreira Filizola<sup>2</sup>*

*Marco Antonio Ferreira Gomes<sup>3</sup>*

## Resumo

Este trabalho apresenta resultados obtidos por simulação de sistemas para avaliação da dinâmica de alguns princípios ativos utilizados nas culturas de soja, milho e milho safrinha, cultivados no Município de Mineiros, GO, próxima a voçoroca Chitolina. Esta é uma das áreas de recarga do aquífero Guarani e, quando exposta à agrotóxicos, requer um acompanhamento maior quanto ao risco de contaminação da água. A avaliação foi realizada nos principais tipos de solo da área, a saber: Latossolo Vermelho Distrófico psamítico (V01) e Neossolo Quartzarenico Órtico Típico (V07). Vinte dos 22 produtos comerciais utilizados na área, correspondendo a 16 princípios ativos, foram avaliados utilizando o simulador CMLS-94. As tendências de risco potencial de contaminação da água pela exposição aos produtos aplicados foram avaliadas para um período de 3 anos consecutivos, assim como a influência da pluviosidade na lixiviação dos produtos. As prioridades de monitoramento "*in loco*" foram apresentadas.

<sup>1</sup>Matemática Aplicada, PhD em Engenharia Elétrica, Embrapa Meio Ambiente, Rod. SP 340 - Km 127,5 - Caixa Postal 69, Cep 13820-000, Jaguariúna, SP. young@cnpma.embrapa.br

<sup>2</sup>Geógrafa, D.Sc. em Ciências do Solo, Embrapa Meio Ambiente, Rod.SP 340 - Km 127,5 - Cx. Postal 69, Cep 13820-000, Jaguariúna, SP. filizola@cnpma.embrapa.br

<sup>3</sup>Geólogo, D.Sc. em Solos e Nutrição de Plantas, Embrapa Meio Ambiente, Rod. SP 340 - Km 127,5 - Cx. Postal 69, Cep 13820-000, Jaguariúna, SP. gomes@cnpma.embrapa.br

# **Simulation of the Vertical Movement of Applied Products in Corn, Corn Little crop and Soy in Quartzipsammentic Haplorthox and Typic Quartzipsamment soils, of Mineiros, GO**

---

## **Abstract**

This paper presents the results of the use of simulation systems to evaluate the dynamic of active principles used in soy, corn and "out of season" corn (also called "safrinha" in Brasil) crops cultivated in Mineiros Municipality, Goiás State – Brazil, in the vicinity of "Chitolina" erosion ("voçoroca"). This is one of the feeding areas of the Guarani aquifer and, when exposed to pesticides, requires a close follow up in order to access the risk of water contamination. The experiments were conducted in the following most used soil types: Quartzipsammentic Haplorthox (V1) and Typic Quartzipsamment (V7), according to the U.S. Soil Taxonomy. Twenty out of 22 commercial products, corresponded to 16 active principles, were evaluated using the CMLS-94 simulator. The trends of potential risk of water contamination through the exposition to sprayed used products were also evaluating during 3 consecutive years, as well as, the effect of rainfall in the lixiviation of the products. The "in loco" monitoring priorities are presented.

## Introdução

O apelo ambiental mundial para a conservação da qualidade da água vêm sendo ressaltado em diferentes meios de comunicação e alvo de estudo no Brasil, principalmente após a realização da Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente e o Desenvolvimento (também conhecida como Cúpula da Terra ou Eco 92) ([http://www1.folha.uol.com.br/folha/especial/2002/riomais10/o\\_que\\_e-2.shtml](http://www1.folha.uol.com.br/folha/especial/2002/riomais10/o_que_e-2.shtml)), consultado em 12/01/2005).

Uma das potenciais fontes de contaminação dos recursos hídricos são as áreas de recarga de aquíferos localizadas em áreas agrícolas. O manejo do solo, da água de irrigação, o tipo de produto aplicado e a tecnologia de aplicação utilizada, aliadas às condições ambientais locais, podem favorecer o transporte de produtos aplicados nas culturas para áreas não alvo ou a sua movimentação no perfil do solo ou na sua superfície. Assim, vários trabalhos vêm investigando além da vulnerabilidade local da área à presença de agrotóxicos (Gomes et al., 2002), diferentes produtos aplicados nas diversas culturas do nosso país, levantando informações sobre o seu transporte nos diferentes ambientes brasileiros (Filizola et al., 2002; Filizola et al., 2003; Pessoa et al., 2003a, b), aprimorando métodos químicos integrados a modelos matemáticos para a sua detecção (Cerdeira et al., 2005; Cerdeira et al., 2002; Ferracini et al., 2001; Lanchote et al., 2000; Cerdeira et al., 2000).

O aquífero Guarani é um gigantesco manancial de água subterrânea, com extensão de 1.150.000 km<sup>2</sup>, localizado na Bacia Sedimentar do Paraná, de fundamental importância como reserva potencial para abastecimento de água de gerações futuras. Tem dimensões intercontinentais, com maior extensão de área localizada em território brasileiro (840.000 km<sup>2</sup>) e as demais áreas presentes nos territórios Argentino (355.000 km<sup>2</sup>), Uruguai (58.500 km<sup>2</sup>) e Paraguai (58.500 km<sup>2</sup>). A infiltração direta das águas das chuvas é a forma mais rápida de recarga do aquífero. Existem áreas onde o aquífero torna-se exposto, chamadas de áreas de afloramento ou áreas de recarga direta do aquífero. Essas áreas encontram-se expostas a diferentes fontes de contaminação, dado principalmente a expansão de atividades agrícolas e alta vulnerabilidade natural em decorrência dos tipos de solos predominantes que favorecem a ocorrência de processos erosivos e a infiltração vertical de produtos aplicados na superfície. Esses fatores tornam a área de afloramento mais vulnerável a alterações na qualidade da água do aquífero pela presença de produtos tóxicos, entre outros, resíduos em seu entorno. No Brasil, essas áreas de afloramento ocorrem nos Estados de São Paulo, Rio Grande do Sul, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Santa Catarina e Paraná, totalizando cerca de 100.000 km<sup>2</sup>, enquanto nos demais países as áreas de afloramento representam 50.000 km<sup>2</sup>. Diante da extensão da área de afloramento do aquífero em território brasileiro e da existência de atividades agropecuárias, torna-se imprescindível a avaliação do impacto ambiental dessas atividades na qualidade da água do aquífero. A Embrapa Meio Ambiente vem, desde 1994, identificando e monitorando as principais fontes potenciais de poluição da área de recarga sob cultivo agrícola, predominantemente com cultivo de cana-de-açúcar, na área da microbacia do Córrego do Espreado (4.630 hectares) localizada na região de Ribeirão Preto, São Paulo. Essas atividades visam à proposição de estratégias de manejo mais adequadas de modo a contribuir para a implantação de boas

práticas agrícolas e, assim, minimizar o impacto ambiental negativo (Fonte: <http://www.cnpma.embrapa.br/projetos/index.php3?sec=guara> consultado em 20/01/2005).

Também vem, aos poucos, expandindo esses estudos para outras regiões do país onde o afloramento desse aquífero ocorre. A região denominada de “nascentes do Rio Araguaia” está localizada na região Centro-Oeste do Brasil e envolve uma área de aproximadamente 50.000 ha, considerando apenas a porção que se encontra sobre a Formação Geológica Botucatu-Pirambóia.

A região de Mineiros, Goiás, está situada na porção noroeste da Bacia Sedimentar do Paraná, onde grande parte da área está sobre o Grupo São Bento, constituído pelas formações sedimentares Botucatu e Pirambóia e os derrames de basalto da Formação Serra Geral. A Formação Botucatu, de origem eólica e de idade jurássica, é constituída por arenitos avermelhados, finos a médios, quartzosos e friáveis. Sotoposta a esta e em contato concordante, existem os arenitos esbranquiçados, amarelos e avermelhados da Formação Pirambóia de idade triássica. Alguns autores consideram-na como um fácies fluvial da Formação Botucatu. Os solos desenvolvidos diretamente a partir destas duas formações são tipicamente arenosos, classificados como Albic Arenosols. Existem também Orthic Ferralsols de textura média (20 a 30% de argila) (Gomes et al., 2001).

O relevo das nascentes do Rio Araguaia é diversificado, resultante de um processo de modelagem principalmente por erosão a partir de encostas escarpadas. Na área onde se encontra a voçoroca “Chitolina”, o relevo é do tipo suave ondulado a ondulado, resultante da dissecação ocorrida sobre os arenitos da Formação Botucatu, com declividade média em torno de 6% (Gomes et al., 2001).

Diante desse cenário de vulnerabilidade natural, associa-se o uso de agrotóxicos utilizados nas atividades agrícolas da região, demandando, assim, a avaliação de tendência da movimentação dos produtos aplicados para a proposição de alternativas menos impactantes à qualidade da água local e, conseqüentemente, ao aquífero Guarani.

Exposta a presença de agrotóxicos aplicados nas culturas, e tratando-se de área de afloramento, este local requer um acompanhamento maior quanto ao risco de contaminação da água para a priorização de produtos aplicados a serem monitorados “in loco” (Pessoa et al., 1997).

Este trabalho propõe-se a avaliar a tendência de lixiviação dos principais princípios ativos utilizados nas culturas de soja, milho e milho safrinha, cultivados no Município de Mineiros, GO, próxima a voçoroca Chitolina, por simulação de sistemas.

## **Material e métodos**

### **A área de estudo**

A voçoroca Chitolina está localizada na margem direita do alto Rio Araguaia (17°53'27'' S e 53°07'09'' W), altitude de 770 metros, no Município de Mineiros, Estado de Goiás. O

clima atuante na região de Mineiros pode ser classificado como tropical úmido com estação seca de 3 a 4 meses. Os totais pluviométricos anuais da região de Mineiros oscilam entre 1200 e 2000mm na cidade (segundo informações disponibilizadas pelo Posto Meteorológico do Mosteiro dos Beneditinos, de Mineiros). Em área próxima à voçoroca Chitolina, a pluviosidade anual pode alcançar, em anos excepcionais, 3000mm (Posto Meteorológico Fazenda Graúna). Essa variação pluviométrica está ligada à posição em relação ao relevo de planaltos e chapadas. O clima da área tem como principal característica o contraste entre a estação chuvosa, de outubro a março, e a estação seca, de maio a agosto. Os dados pluviométricos da região mostram que nos períodos chuvosos normalmente a pluviosidade ultrapassa 1000mm, sendo que os meses de dezembro, janeiro e fevereiro concentram 70% do total das chuvas. A temperatura média anual está em torno dos 20° C, as mínimas raramente são menores que 15° C, enquanto que as máximas ultrapassam facilmente os 25° C.

### **Simulador utilizado**

Para efeito das avaliações da movimentação dos agrotóxicos aplicados em milho, milho safrinha e soja em Mineiros, Goiás, foi utilizado o simulador CMLS-94 – *Chemical Movement in Layered Soils*, version 95.09.18. Essa versão do CMLS-94 (Nofziger & Hornsby, 1994), foi disponibilizada pelos autores à equipe do projeto, pois a partir de experiências anteriores utilizando o referido simulador (Pessoa et al., 1999), foram identificadas necessidade de modificações no seu programa, de modo a possibilitar a entrada de dados de solos brasileiros, mais particularmente relacionada aos latossolos roxos, que apresentavam densidade de partículas maiores que a estabelecida como valor máximo “default” pelo simulador; que após comunicada aos autores gerou a referida versão. Os dados representativos da área de estudo e dos produtos aplicados, necessários para uso do simulador (entrada de dados), são apresentado a seguir.

### **Solos**

As principais características físico-químicas dos solos exigidas pelo simulador CMLS94, para os solos avaliados, a saber Latossolo Vermelho Distrófico psamítico (V01) e Neossolo Quartzarenico Órtico Típico (V07) (Gomes et al., 2001; Embrapa.CNPS, 1999), são apresentadas na **Tabela 1**.

### **Dados meteorológicos**

Os dados meteorológicos foram fornecidos pela Estação Meteorológica dos Monges Beneditinos de Mineiro/GO. Os mesmos foram retrabalhados para adequação ao formato

**Tabela 1** Características físico-químicas do solos simulados, conforme demanda do CMLS-94

Solo	Profundidade do Horizonte do solo (m)	%CO	densidade (g.cm <sup>-3</sup> )	Capacidade de Campo (% V)	Ponto de murcha (%V)	Saturação (%V)
Latossolo Vermelho Distrófico psamítico (V01)	0-0,20	1,46	1,45	20,05	4,65	55,99
	0,40-0,50	0,56	1,39	21,92	6,49	39,78
	0,60-1,00	0,64	1,29	22,85	9,69	42,53
Neossolo Quartzarênico Órtico Típico (V07)	0-0,20	0,47	1,51	14,87	6,47	40,37
	0,40-0,50	0,20	1,60	11,69	4,56	40,42
	0,60-1,00	0,20	1,54	12,33	5,41	42,12

Onde: %CO= porcentagem de carbono orgânico; densidade= densidade aparente; Capacidade de Campo, Ponto de Murcha e Saturação= apresentados em porcentagem de volume (%V).

Fonte dos dados: GOMES et al. (2001); Projeto SEP 06.11.02.236 Embrapa Meio Ambiente.

aceito pelo CMLS-94 (Pessoa et al., 1999) e inseridos em arquivo tipo texto, a saber MINEIRO2.W. Este arquivo, contém informações meteorológicas diárias necessárias para a execução do programa (Nofziger & Hornsby, 1994), para os anos de 1997, 1998 e 1999, em formato Juliano.

Avaliando-se as informações meteorológicas do local para o período de 1985 a 1999, percebeu-se que esses três anos citados são representativos do padrão climático usual da região. O ano de 1985 foi atípico em relação ao padrão pluviométrico médio local, uma vez que a pluviosidade foi inferior à média registrada e essas informações, juntamente com as demais necessárias para simulação, foram inseridas no arquivo MINPOUCA.W. O ano de 1996 também se mostrou atípico em relação ao padrão médio citado, com pluviosidade acima da média e as informações foram inseridas no arquivo MINMUITA.W. Já o ano de 1988 foi representativo do padrão médio da pluviométrica local e seus dados inseridos no arquivo MINMEDIA.W. Esses arquivos foram utilizados para realizar simulações diferenciadas visando avaliar a influência dos anos atípicos nos resultados obtidos por simulações para aplicação de produtos em milho safrinha.

Os dados de localização da área da voçoroca, já citados anteriormente, também foram utilizados como dados de entrada do simulador: altitude de 770 m; latitude de 17,97 S; e longitude de 53,02 W.

## Coeficientes de cultura (Kc)

Foram utilizados dados disponibilizados pelas bases do CMLS-94 para os coeficientes de cultura (Kc), também conhecidos por coeficientes culturais, das culturas de milho e milho safrinha, apresentados na **Tabela 2**.

**Tabela 2.** Coeficiente de cultura (Kc) de milho e milho safrinha.

Dias após a semeadura ou emergência (dias)	Kc
1	0,35
20	0,35
55	1,14
95	1,14
125	0,60

Fonte informações: Base CMLS-94 (Nofziger & Hornsby, 1994)

Para soja, na falta desses dados na base de dados do simulador, optou-se pela utilização de valores dessa cultura para ambiente tropical disponibilizado pela FAO, apresentado na **Tabela 3**.

**Tabela 3.** Coeficiente de cultura (Kc) da soja nos trópicos.

Dias após a semeadura ou emergência (dias)	Kc
1	0,50
46	1,15
80	0,50
92	0,50

Fonte informações: FAO  
<http://www.fao.org/docrep/X0490E/x0490e0b.htm>, em 13/02/2004.

Foram utilizadas as seguintes datas de plantio, representativas da situação local da área de estudo: Soja – plantio em 30/11; Milho – plantio em 30/11; e Milho safrinha- plantio em 15/02; não foram consideradas irrigações das culturas.

## Características dos produtos aplicados nas culturas, dosagens e datas de aplicação

Foram avaliados os princípios ativos dos principais produtos comerciais utilizados nas respectivas culturas, conforme apresentado na **Tabela 4**.

**Tabela 4.** Produtos aplicados nas culturas de milho, soja e milho safrinha na região de Mineiros/GO.

<b>Código produto/ Princípio ativo (dosagem)</b>	<b>Culturas</b>	<b>Tipo</b>	<b>Classe toxicológica</b>
Prod1/ 2,4D dimethylamine salt (2,5L/ha)	Milho, soja, milho safrinha	Herbicida	I
Prod2/ atrazine (2,5 Kg/ha)	Milho, milho safrinha	Herbicida	III
Prod3/ atrazine (2,5 L/ha)	Milho, milho safrinha	Herbicida	III
Prod11/atrazine (500 g/L)	Milho, milho safrinha	Herbicida	III
Prod4/ deltamethrin (2,0L/ha)	Milho, milho safrinha,soja	Inseticida	III
Prod5/ deltamethrin (0,30L/ha)	Milho, milho safrinha, soja	Inseticida	II
Prod6/ deltamethrin (0,15L/ha)	Milho, milho safrinha	Inseticida	IV
Prod7/ monocrotophos (1,5 L/ha)	Soja	Inseticida/a caricida	I
Prod8/ benomyl (0,5 L/ha)	Soja	Fungicida	III
Prod9/ captan (0,25 L/ha)	Milho, milho safrinha	Fungicida (sementes)	III
Prod12/ chlorimuron-ethyl (40 g/ha)	Soja	Herbicida	III
Prod13/ lactofen (0,3 L/ha)	Soja	Herbicida	I
Prod14/fomesafen (1,0L/ha)	Soja	Herbicida	I
Prod15/fomesafen (1,0L/ha)	Soja	Herbicida	II
Prod16/fluazifop-p-buthyl ] <b>(não informada)</b>	Soja	Herbicida	II
Prod17/ glyphosate (3,0 L/ha)	Soja	Herbicida	IV
Prod18/ endosulfan (350g/L)	Soja	Inseticida	II
Prod19/ endosulfan (250 g/L)	Soja	Inseticida	III
Prod20/ haloxifop (0,5L/ha)	Soja	Herbicida	II
Prod21/ lambda-cyhalothrin <b>(não informada)</b>	Milho , milho safrinha, soja	Inseticida	II
Prod22/sulfosate <b>(não informado)</b>	Milho, milho safrinha, soja	Herbicida	IV

OBS.- O produto comercial é citado apenas pelos códigos "Prod\*", onde \* é um número que os diferencia.

A aplicação dos produtos deu-se nas seguintes datas:

- Herbicidas pré-emergentes em soja e milho: 15 de novembro;
- Herbicidas pré-emergentes em milho safrinha: 1 de fevereiro;
- Inseticidas e fungicidas em soja e milho: em 30 de dezembro
- Inseticida e fungicida em milho safrinha: em 15 de março;

## Cenários de simulação

Foram elaborados cenários individuais combinando produto, cultura e solo para simular a dinâmica de todos os princípios ativos utilizados na área, em suas respectivas dosagens. Não foram avaliados efeitos de escoamentos laterais dos produtos.

As simulações foram realizadas para um período de 3 anos consecutivos para todos os cenários individuais, utilizando dados meteorológicos de Mineiros/GO (arquivo MINERO2.w). O simulador utilizado não permite avaliar reaplicações sucessivas de produtos.

Também foi realizado um estudo comparativo de um mesmo cenário de milho (milho safrinha) para o período de simulação de um ano, realizado em ano com registros de pluviosidade muito acima do padrão local (1996), muito abaixo do padrão local (1985) e média local (1988).

## Resultados e Discussão

Para efeito dos resultados obtidos nas simulações dos cenários realizados foram considerados os produtos, já listados na **Tabela 4**, para fins de potencial de risco de contaminação das águas superficiais e subterrâneas locais, uma vez que esses produtos estão efetivamente em uso na região. Os valores de Koc e de  $t_{1/2}$  solo utilizados para os produtos (**Tabela 5**) são dados médios de literatura, dada a inexistência desses valores para a região em estudo.

### Simulação das culturas para o período de 3 anos consecutivos

Os resultados obtidos pelas simulações realizadas para cada princípio ativo, nas respectivas dosagens aplicadas nas culturas, são apresentadas a seguir para os 2 solos avaliados, a saber, Latossolo Vermelho Distrófico psamítico (V01) e Neossolo Quartzarênico Órtico Típico (V07).

A partir das informações disponibilizadas nas **Tabelas 6 e 7**, têm-se a avaliação de tendências de movimentação dos produtos no perfil vertical dos solos Latossolo Vermelho Distrófico psamítico (V01) e Neossolo Quartzarênico Órtico Típico (V07), nas respectivas culturas. Essa avaliação subsidia a observação de potencial do produto permanecer em profundidades próximas a superfície do solo e, assim, estar sujeito a ser carregado pela chuva juntamente com solo erodido, ou presente em camadas mais profundas do solo e, assim, apresentando potencial para atingir lençóis subterrâneos. Acrescenta-se que também são fornecidas as respectivas quantidades de produtos ainda existentes nessas profundidades. Assim, pode-se elencar, dentre os produtos, aqueles com maior tendência potencial a contaminação de águas superficiais e subterrâneas. Dessa forma, considerando os produtos

aplicados em Latossolo Vermelho Distrófico psamítico (V01), a **Tabela 8** apresenta os princípios ativos dos produtos comerciais que devem ser priorizados em monitoramentos locais para **água superficial**, por ano.

Com relação a priorização de produtos para monitoramento de **água subterrânea**, o simulador aponta que apesar de existir tendência potencial de movimentação vertical até profundidades maiores, as concentrações nessas profundidades são insignificantes (próximas a zero), não se justificando monitoramentos.

**Tabela 5.** Coeficiente de partição ao carbono orgânico (Koc) e meia vida em solo ( $t_{1/2}$ ) dos princípios ativos dos produtos comerciais utilizados nas simulações.

<b>Principio ativo</b>	<b>Koc (L/kg)</b>	<b>t ½ (dias)</b>
2,4D dimethylamine salt	20	10
atrazine	100	60
captan	200	2
deltamethrin	4,6	22
lambda-cyhalothrin	180000	30
sulfosate	não encontrado	não encontrado
monocrotophos	1	30
benomyl – valor médio Koc literatura	1900	240
benomyl - valor Koc muito utilizado na literatura	1900	67
chlorimuron-ethyl – valor médio Koc literatura	110	40
chlorimuron-ethyl - valor Koc muito utilizado na literatura	110	25
lactofen	10000	3
fomesafen	60	100
fluazifop-p-buthyl – valor médio Koc literatura	5700	15
fluazifop-p-buthyl - valor Koc muito utilizado na literatura	5700	6
glyfosate	240000	47
endosulfan	12400	50
haloxifop – valor médio Koc literatura	10000	1
haloxifop - valor Koc muito utilizado na literatura	10000	55

**Tabela 6.** Valores obtidos ao final de cada ano simulado para os produtos aplicados nas culturas considerando o solo do tipo Latossolo Vermelho Distrófico psamítico (V01).

Princípio ativo (dosagem)	MILHO		SOJA		MILHO SAFRINHA	
	prof (m)	Qtd*	prof (m)	Qtd*	prof (m)	Qtd*
2,4D dimethylamine salt (2,5L/ha)						
1º. ano	1,06	1,0X10 <sup>-1</sup>	0,92	1,1X10 <sup>-1</sup>	2,76	4,3 X10 <sup>-9</sup>
2º. ano	4,01	5,210 <sup>-12</sup>	3,95	5,2X10 <sup>-12</sup>	5,86	2,2X10 <sup>-19</sup>
3º. ano	5,86	1,1X10 <sup>-23</sup>	5,74	1,1X10 <sup>-23</sup>	8,20	0,0
atrazine (2,5 Kg/ha)						
1º. ano	0,35	1,5	[Hatched Area]		2,61	8,7X10 <sup>-2</sup>
2º. ano	1,47	2,8X10 <sup>-2</sup>			5,72	1,7X10 <sup>-3</sup>
3º. ano	2,13	3,4X10 <sup>-4</sup>			8,26	1,9X10 <sup>-5</sup>
atrazine (500 g/L)						
1º. ano	0,35	290	[Hatched Area]		1,11	17
2º. ano	1,47	5,7			2,27	3,3X10 <sup>-1</sup>
3º. ano	2,16	6,5X10 <sup>-2</sup>			3,24	3,8X10 <sup>-3</sup>
deltamethrin (2,0L/ha)						
1º.ano	0,24	1,9	0,24	1,9	3,92	2,1X10 <sup>-4</sup>
2º.ano	4,59	4,1X10 <sup>-5</sup>	4,72	4,1X10 <sup>-5</sup>	8,43	4,4X10 <sup>-9</sup>
3º.ano	7,29	2,0X10 <sup>-10</sup>	7,33	2,0X10 <sup>-10</sup>	12,28	2,1X10 <sup>-14</sup>
deltamethrin (0,30L/ha)						
1º. ano	0,24	2,9X10 <sup>-1</sup>	0,24	2,9X10 <sup>-1</sup>	3,92	3,1X10 <sup>-5</sup>
2º. ano	4,59	6,1X10 <sup>-6</sup>	4,72	6,1X10 <sup>-6</sup>	8,43	6,5X10 <sup>-10</sup>
3º. ano	7,29	3,0X10 <sup>-11</sup>	7,33	3,0X10 <sup>-11</sup>	12,28	3,2X10 <sup>-15</sup>
deltamethrin (0,15L/ha)						
1º. ano	0,24	1,9X10 <sup>-1</sup>			3,92	2,0X10 <sup>-5</sup>
2º. ano	4,59	4,1X10 <sup>-6</sup>			8,43	4,4X10 <sup>-10</sup>
3º. ano	7,29	2,0X10 <sup>-11</sup>			12,28	2,1X10 <sup>-15</sup>
monocrotophos (1,5 L/ha)						
1º. ano			1,58	5,7X10 <sup>-1</sup>	[Hatched Area]	
2º. ano			6,61	1,9X10 <sup>-4</sup>		
3º. ano			9,58	2,5X10 <sup>-8</sup>		

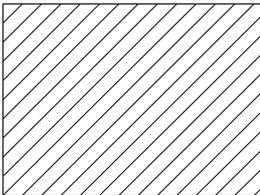
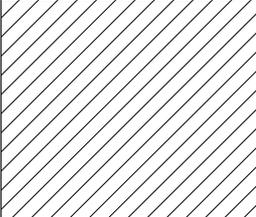
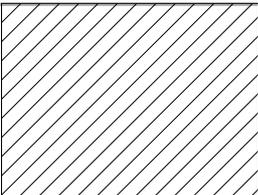
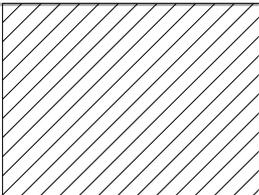
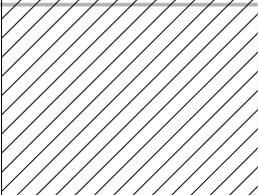
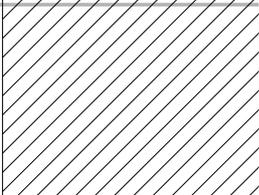
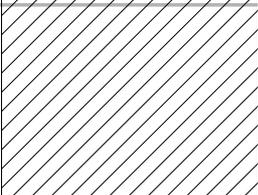
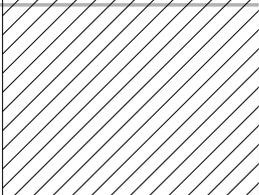
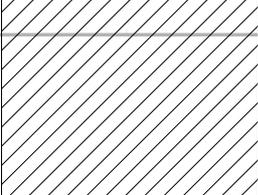
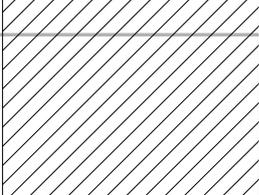
benomyl (0,5 kg/ha) – Koc média literatura	1º. ano	0,001	$5,0 \times 10^{-1}$
	2º. ano	0,052	$1,9 \times 10^{-1}$
	3º. ano	0,082	$7,1 \times 10^{-2}$
benomyl (0,5 kg/ha) - outro valor muito usado na literatura para Koc	1º. ano	0,001	$5,0 \times 10^{-1}$
	2º. ano	0,052	$1,4 \times 10^{-2}$
	3º. ano	0,082	$4,7 \times 10^{-4}$
chlorimuron-ethyl (40 g/ha) – valor médio literatura	1º. ano	0,29	18
	2º. ano	1,39	$4,8 \times 10^{-2}$
	3º. ano	2,00	$6,3 \times 10^{-5}$
chlorimuron-ethyl (40 g/ha) - outro valor muito usado na literatura para Koc	1º. ano	0,29	11
	2º. ano	1,39	$8,5 \times 10^{-4}$
	3º. ano	2,00	$2,1 \times 10^{-8}$
lactofen (0,3 L/ha)	1º. ano	0	$3,0 \times 10^{-1}$
	2º. ano	0	$3,0 \times 10^{-1}$
	3º. ano	0,010	0
fomesafen (1,0 L/ha)	1º. ano	0,51	$7,3 \times 10^{-1}$
	2º. ano	2,16	$6,8 \times 10^{-2}$
	3º. ano	3,13	$4,6 \times 10^{-3}$
glyphosate (3,0 L/ha)	1º. ano	0	2,8
	2º. ano	-	-
	3º. ano	-	-

endosulfan (350g/L)				
1°. ano		0	350	
2°. ano		0	350	
3°. ano		0,010	$8,7 \times 10^{-2}$	
endosulfan(250 g/L)				
1°. ano		0	250	
2°. ano		0	250	
3°. ano		0,010	$6,2 \times 10^{-1}$	
haloxifop (0,5L/ha) – Koc médio literatura				
1°. ano		0	$3,1 \times 10^{-2}$	
2°. ano		0,010	0	
3°. ano		0,020	0	
haloxifop (0,5L/ha) - outro valor muito usado na literatura para Koc				
1°. ano		0	$3,1 \times 10^{-2}$	
2°. ano		0,010	0	
3°. ano		0,020	0	

Obs.: produtos não aplicados na cultura são assinalados no quadro de forma hachureada preto e branco; possíveis problemas com resultados obtidos pelo programa são apresentados em vermelho hachureado de preto; alguns produtos apresentam o mesmo princípio ativo aplicado na mesma dosagem, diferenciando-se algumas vezes na classe toxicológica, e, por esse motivo, as simulações não foram repetidas; \* = as quantidades dos produtos estão na mesma unidade das informadas para os valores iniciais simulados.

**Tabela 7.** Valores obtidos ao final de cada ano simulado para os produtos aplicados nas culturas considerando o solo do tipo Neossolo Quartzarênico Órtico Típico (V07).

Princípio ativo	MILHO		SOJA		MILHO SAFRINHA	
	prof(m)	Qtd*	prof(m)	Qtd*	prof(m)	Qtd*
2,4D dimeth.salt (2,5L/ha)						
1°. ano	2,45	$1,0 \times 10^{-1}$	1,94	$1,1 \times 10^{-1}$	5,76	$4,3 \times 10^{-9}$
2°. ano	9,06	$3,010 \times 10^{-12}$	8,67	$5,2 \times 10^{-12}$	13,04	$2,2 \times 10^{-19}$
3°. ano	13,4	$1,1 \times 10^{-23}$	13,20	$1,1 \times 10^{-23}$	18,30	0,0
atrazine (2,5 Kg/ha)						
1°. ano	0,90	1,5			2,61	$8,7 \times 10^{-2}$
2°. ano	3,82	$2,8 \times 10^{-2}$			5,72	$1,7 \times 10^{-3}$
3°. ano	5,68	$3,4 \times 10^{-4}$			8,26	$1,9 \times 10^{-5}$

atrazine (500 g/L)							
1º. ano	0,90	290	2,61			17	
2º. ano	3,82	5,7	5,72			3,3X10 <sup>-1</sup>	
3º. ano	5,68	6,5X10 <sup>-2</sup>	8,26	3,8X10 <sup>-3</sup>			
deltamethrin (2,0L/ha)							
1º. ano	0,46	1,9	0,45	1,9	7,56	2,1X10 <sup>-4</sup>	
2º. ano	9,55	3,1X10 <sup>-5</sup>	9,44	4,1X10 <sup>-5</sup>	17,26	3,4X10 <sup>-9</sup>	
3º. ano	15,34	2,0X10 <sup>-10</sup>	15,48	2,0X10 <sup>-10</sup>	25,15	2,1X10 <sup>-14</sup>	
deltamethrin (0,30L/ha)							
1º. ano	0,46	2,9X10 <sup>-1</sup>	0,45	2,9X10 <sup>-1</sup>	7,56	3,1X10 <sup>-5</sup>	
2º. ano	9,55	4,7X10 <sup>-6</sup>	9,44	6,1X10 <sup>-6</sup>	17,26	5,1X10 <sup>-10</sup>	
3º. ano	15,34	3,0X10 <sup>-11</sup>	15,48	3,0X10 <sup>-11</sup>	25,15	3,2X10 <sup>-15</sup>	
deltamethrin (0,15L/ha)							
1º. ano	0,46	1,0X10 <sup>-1</sup>	7,56			2,0X10 <sup>-5</sup>	
2º. ano	9,55	3,1X10 <sup>-6</sup>	17,26			3,4X10 <sup>-10</sup>	
3º. ano	15,34	2,0X10 <sup>-11</sup>	25,15	2,1X10 <sup>-15</sup>			
monocrotophos							
1º. ano	2,90			5,2X10 <sup>-1</sup>			
2º. ano	12,76			1,9X10 <sup>-4</sup>			
3º. ano	19,39	2,5X10 <sup>-8</sup>					
benomyl							
1º. ano	0,002			5,0X10 <sup>-1</sup>			
2º. ano	0,195			1,9X10 <sup>-1</sup>			
3º. ano	0,39	6,1X10 <sup>-2</sup>					
benomyl (outro valor muito usado)							
1º. ano	0,002			5,0X10 <sup>-1</sup>			
2º. ano	0,195			1,5X10 <sup>-2</sup>			
3º. ano	0,39	2,7X10 <sup>-4</sup>					
chlorimuron-ethyl							
1º. ano	0,73			18			
2º. ano	3,42			4,8X10 <sup>-2</sup>			
3º. ano	5,23	5,8X10 <sup>-5</sup>					

chlorimuron-ethyl (outro valor muito usado)	1º. ano	0,73	11
	2º. ano	3,42	8,5X10 <sup>-4</sup>
	3º. ano	5,23	1,8X10 <sup>-8</sup>
lactofen	1º. ano	0	3,0X10 <sup>-1</sup>
	2º. ano	0,021	3,0X10 <sup>-28</sup>
	3º. ano	0,031	0
fomesafen	1º. ano	1,13	7,3 X10 <sup>-1</sup>
	2º. ano	5,16	6,8X10 <sup>-2</sup>
	3º. ano	7,88	4,6X10 <sup>-3</sup>
glyphosate	1º. ano	0	2,8
	2º. ano	0,010	1,3X10 <sup>-1</sup>
	3º. ano	0,020	2,8X10 <sup>-4</sup>
endosulfan (350g/L)	1º. ano	0	350
	2º. ano	0,021	4,1
	3º. ano	0,041	2,0X10 <sup>-2</sup>
endosulfan((250 g/L)	1º. ano	0	250
	2º. ano	0,021	2,9
	3º. ano	0,041	1,4X10 <sup>-2</sup>
haloxifop (0,5L/ha)	1º. ano	0	3,1X10 <sup>-2</sup>
	2º. ano	0,031	0
	3º. ano	0,051	0
haloxifop (0,5L/ha) (outro valor muito usado)	1º. ano	0	4,8 X10 <sup>-1</sup>
	2º. ano	0,031	5,1X10 <sup>-3</sup>
	3º. ano	0,051	7,7 X10 <sup>-5</sup>

Obs.: produtos não aplicados na cultura são assinalados no quadro de forma hachureada preto e branco; os quadros vermelho apresentam produtos que continuaram descendo apesar das ínfimas quantidades residuais (identificadas pelo zero absoluto por problemas de apresentação do software utilizado – já reportado aos autores do CMLS-94); \* = as quantidades dos produtos estão na mesma unidade das informadas para os valores iniciais simulados.

**Tabela 8.** Produtos aplicados nas culturas, em Latossolo Vermelho Distrófico psamítico (V01), priorizados para monitoramento de água superficial.

Prioridade para monitoramento local de água superficial			
Até o final do:	Latossolo Vermelho Distrófico psamítico (V01)		
	MILHO	SOJA	MILHO SAFRINHA
1º. ano	2,4-D dimethylam. salt (prod1) atrazine (prod2, prod3, prod11) deltamethrin (prod4, prod5,prod6)	2,4-D dimethylam. salt (prod1) deltamethrin (prod4,prod5) monocrotophos (prod7) benomyl(prod8) chlorimuron-ethyl(prod12) fomesafen (prod14,prod15) endosulfan (prod 18 e prod19) haloxifop (prod20)	atrazine (prod2,prod3,prod11)
2º. ano	atrazine (prod2,prod3,prod11)	benomyl(prod8) fomesafen (prod14,prod15) endosulfan (prod 18,prod19)	atrazine (prod11)
3º. ano	*****	benomyl(prod8) fomesafen (prod14,prod15)	*****

A Tabela 9 apresenta os produtos priorizados para monitoramentos locais em água superficial pela avaliação de tendências de contaminação de águas pelos produtos aplicados em Neossolo Quartzarenico Órtico Típico (V07).

**Tabela 9 .** Produtos aplicados nas culturas, em Neossolo Quartzarenico Órtico Típico (V07), priorizados para monitoramento de água superficial.

Prioridade para monitoramento local de água superficial			
Até o final do:	Neossolo Quartzarênico Órtico (V07)		
	MILHO	SOJA	MILHO SAFRINHA
1º. ano	2,4-D dimethylam. salt (prod1),atrazine (prod2, prod3, prod11) deltamethrin (prod4, prod5,prod6)	2,4-D dimethylam. salt (prod1), deltamethrin (prod4,prod5), monocrotophos (prod7), benomyl(prod8), chlorimuron-ethyl(prod12), fomesafen (prod14,prod15), endosulfan (prod 18 e prod19), haloxifop (prod20)	atrazine (prod2,prod3,prod11)
2º. ano	atrazine (prod2,prod3,prod11)	benomyl(prod8), fomesafen (prod14,prod15), endosulfan (prod 18,prod19)	atrazine (prod11)
3º. ano	*****	benomyl(prod8), fomesafen (prod14,prod15)	*****

A mesma avaliação possibilitou apontar que deva existir prioridade de monitoramento em água subterrânea para produtos aplicados em soja cultivada em Neossolo Quartzarênico Órtico Típico (V07), conforme apresentado na Tabela 10.

**Tabela 10** . Produtos aplicados nas culturas, em Neossolo Quartzarenico Órtico Típico (V07), priorizados para monitoramento de água subterrânea.

Prioridade para monitoramento local de água subterrânea			
Neossolo Quartzarênico Órtico (V07)			
Até o final do:	MILHO	SOJA	MILHO SAFRINHA
1º. ano	*****	fomesafen (prod14,prod15)	*****
2º. ano	*****	fomesafen (prod14,prod15)	*****
3º. ano	*****	fomesafen (prod14,prod15)	*****

Vários produtos (vide resultados nas **Tabelas 6 e 7**) atingiram profundidades significativas para avaliação de água subterrânea (mais que 10 metros), mas em concentrações insignificantes (próximas a zero - muitas vezes identificadas pelo zero absoluto pelo simulador) não se justificando ações voltadas para priorização de monitoramentos locais.

Estudos de validação do CMLS94 e de comparação de seus resultados com os obtidos por outros simuladores, tais como GLEAMS, PRZM, LEACHMP e MOUSE , cujas diferenças e maiores informações podem ser encontradas em PESSOA et al, (1997), foram apresentados por Pennell et al. (1990) (citado em Cohen et al. (1995)). Esses autores relatam que o desempenho do CMLS94 foi tão bom quanto o de simuladores mais complexos como os PRZM e o LEACHMP e melhor que o desempenho do GLEAMS e MOUSE na predição de profundidade de lixiviação. Acrescentam também que o desempenho do CMLS94 foi muito melhor que os demais quando avaliada a distribuição de concentração do agrotóxico com a profundidade. Cohen et al. (1995) indicam o uso do CMLS94 para a tomada de decisão de manejo, por ser o mais simples.

O CMLS94 foi escolhido em função dos objetivos do trabalho, dos resultados das observações de Pennell et al. (1990) já citadas e indicação de Cohen (1995) e, principalmente, dos recursos financeiros necessários para o levantamento da entrada de dados (em função dos demais) em relação aos disponibilizados para atividades dessa natureza. Os resultados obtidos pelas simulações realizadas neste trabalho estão em conformidade com trabalhos voltados a priorização de produtos utilizando modelos do tipo "screening", tais como os apresentados por Pessoa & Scramin (2001), que realizaram a avaliação do potencial de lixiviação de agrotóxicos utilizados nas principais bacias hidrográficas brasileira utilizando os índice de GUS e o método de GOSS (Gustafson, 1989; Goss, 1992), e Brandão (2001) que realizou avaliações de princípios ativos em Mineiros/GO próximas a área de estudo.

**Simulação de milho safrinha em anos de pluviosidades atípicas e média – avaliação da influência desse fator nos resultados comparativos de um mesmo cenário simulado.**

Visando avaliar a influência da pluviosidade no processo de lixiviação da área de estudo, foi escolhida a cultura de milho safrinha para a proposição de cenários utilizando o 2,4D dimethylamine salt (prod1) na dosagem inicial aplicada de 2,5L/ha. Esse cenário base foi utilizado em cenários realizados para os dois solos (V1) e (V7), fazendo uso de informações locais registradas para anos de pouca e muita chuva, assim como para um ano representativo da média de chuva registrada nos últimos 10 anos. Os resultados obtidos pelas simulações são apresentados nas **Tabelas 11 e 12**, ressaltando as profundidades (m) e quantidades de produtos (em L/ha) nos meses subsequentes a aplicação do produto.

**Tabela 11.** Resultados obtidos para simulação em ano de diferentes pluviosidades em Latossolo Vermelho Distrófico psamítico (V01) cultivado com milho safrinha.

	pouca chuva		chuva média		muita chuva	
	Prof(m)	Qtd(L/ha)	Prof(m)	Qtd(L/ha)	Prof(m)	Qtd(L/ha)
março	0,013	2,3	0,20	9,4 X10 <sup>-1</sup>	0,11	8,2 X10 <sup>-1</sup>
abril	0,18	2,9 X10 <sup>-1</sup>	0,40	2,4 X10 <sup>-1</sup>	0,29	2,9 X10 <sup>-1</sup>
maio	0,18	2,9 X10 <sup>-1</sup>	0,45	3,2 X10 <sup>-2</sup>	0,29	2,9 X10 <sup>-1</sup>
junho	0,18	2,9 X10 <sup>-1</sup>	0,45	3,2 X10 <sup>-2</sup>	0,29	2,9 X10 <sup>-1</sup>
julho	0,18	2,9 X10 <sup>-1</sup>	0,45	3,2 X10 <sup>-2</sup>	0,29	2,9 X10 <sup>-1</sup>
agosto	0,18	2,9 X10 <sup>-1</sup>	0,45	3,2 X10 <sup>-2</sup>	0,29	2,9 X10 <sup>-1</sup>
setembro	0,19	5,9 X 10 <sup>-6</sup>	0,45	3,2 X10 <sup>-2</sup>	0,60	3,1 X10 <sup>-6</sup>
outubro	0,32	3,0 X 10 <sup>-7</sup>	0,45	3,2 X10 <sup>-2</sup>	1,46	3,0 X10 <sup>-7</sup>
novembro	0,49	4,6 X 10 <sup>-8</sup>	0,66	4,6 X10 <sup>-8</sup>	2,17	3,7 X10 <sup>-8</sup>
dezembro	0,72	5,0 X 10 <sup>-9</sup>	1,05	6,1 X10 <sup>-9</sup>	2,81	4,3 X10 <sup>-9</sup>

Os resultados obtidos nos cenários simulados sob diferentes valores de pluviosidade apontam que o simulador é fortemente influenciado pelos índices pluviométricos. Assim, anos atípicos utilizados na entrada de dados podem sugerir interpretações equivocadas para a profundidade máxima alcançada pelo produto aplicado, como pode ser observado, por exemplo, pelos resultados negritados na **Tabela 12**, onde valores próximos a 6m foram alcançados em ano com pluviosidade acima da média enquanto para ano de baixa pluviosidade o mesmo cenário apontou valor próximo a 1,5 m e para o ano de pluviosidade média, valores próximos a 2,5m.

**Tabela 12.** Resultados obtidos para simulação em anos de diferentes pluviosidades em Neossolo Quartzarenico Órtico Típico (V07), cultivados com milho safrinha.

	pouca chuva		chuva média		muita chuva	
	Prof(m)	Qtd(L/ha)	Prof(m)	Qtd(L/ha)	Prof(m)	Qtd(L/ha)
março	0,04	1,9	0,45	$9,5 \times 10^{-1}$	0,25	$8,2 \times 10^{-1}$
abril	0,36	$2,9 \times 10^{-1}$	0,67	$5,8 \times 10^{-1}$	0,49	$2,9 \times 10^{-1}$
maio	0,36	$2,9 \times 10^{-1}$	0,87	$3,2 \times 10^{-2}$	0,49	$2,9 \times 10^{-1}$
junho	0,36	$2,9 \times 10^{-1}$	0,87	$3,2 \times 10^{-2}$	0,51	$1,7 \times 10^{-3}$
julho	0,36	$2,9 \times 10^{-1}$	0,87	$3,2 \times 10^{-2}$	0,51	$1,7 \times 10^{-3}$
agosto	0,36	$2,9 \times 10^{-1}$	0,87	$3,2 \times 10^{-2}$	0,51	$1,7 \times 10^{-3}$
setembro	0,39	$5,9 \times 10^{-6}$	0,87	$3,2 \times 10^{-2}$	1,15	$2,7 \times 10^{-6}$
outubro	0,64	$3,0 \times 10^{-7}$	0,98	$3,4 \times 10^{-7}$	2,97	$3,0 \times 10^{-7}$
novembro	0,89	$4,6 \times 10^{-8}$	1,45	$4,6 \times 10^{-8}$	4,49	$3,0 \times 10^{-8}$
dezembro	<b>1,37</b>	<b><math>5,0 \times 10^{-9}</math></b>	<b>2,28</b>	<b><math>6,1 \times 10^{-9}</math></b>	<b>5,86</b>	<b><math>4,3 \times 10^{-9}</math></b>

### Resultados gerais de desempenho do simulador

O CMLS-94 não apresentou problemas de execução e os resultados obtidos para os produtos estão em conformidade com a literatura. Registram-se apenas curiosidades específicas para alguns cenários simulados, que serão discutidas a seguir.

O resultado da simulação para o cenário de avaliação de glyphosato aplicado em soja cultivada em Latossolo Vermelho Distrófico psamítico (V01) (Tabela 6), para três anos consecutivos, indicou a ausência de mobilidade do produto no perfil vertical do solo, mesmo com entrada de dados de pluviosidades nos períodos subsequentes à aplicação. Esse comportamento pode ser justificado pelo alto valor do conteúdo de matéria orgânica desse solo (quase 3 vezes maior que o do Neossolo estudado, para a mesma profundidade do horizonte) e pelos valores de Koc e t/2 do glyphosato, que indicam o seu forte potencial de adsorção ao solo na camada superficial (0-20cm) e, portanto, refletido no resultado obtido pela simulação.

Outro fato relacionado ao programa pode ser observado para **haloxifop** (Tabela 6), por exemplo, que após o segundo ano simulado teve tendência a ser encontrado na profundidade de 0,010m com valor “zero” para a respectiva quantidade e, mesmo assim, a simulação continuou sendo executada até o final do terceiro ano, quando alcançou a profundidade de 0,020m apresentado novamente o valor “zero” de quantidade também nessa profundidade. Justifica-se esse e outros resultados semelhantes pelo fato do programa continuar sua execução, e portanto calcular as profundidades e respectivas quantidades atingidas pelo produto, até o final do período total estabelecido para a simulação ou até que seja identificado um valor “zero” estabelecido no âmbito de programação como o “zero absoluto” (na ordem de  $10^{-30}$ ). Assim, mesmo tendo sido obtidas quantidades ínfimas do princípio ativo, muito próximas desse “zero absoluto” (em casas decimais de ordem próximas a  $10^{-20}$ ),

o resultado continua sendo disponibilizado pelo programa. Entretanto, embora o programa não limite a operacionalização de resultados dessa natureza internamente ao seu sistema, ele o arredonda para “zero” quando o apresenta ao usuário nas tela/impressão em decorrência, provavelmente, da quantidade de campos numéricos disponibilizados pela programação para apresentá-los nessas interfaces. Por essa razão o valor “zero” observado para a quantidade disponível de **haloxifop** no segundo ano, para o exemplo dado, não encerra a execução do programa, que continuou calculando valores até o término do período estabelecido para a simulação.

## Conclusões

Este trabalho avaliou a tendências potencial de contaminação de águas superficial e subterrânea, em seu pior caso, para os produtos aplicados em soja, milho e milheto cultivados em **Latossolo Vermelho Distrófico psamítico(V01)** e em **Neossolo Quartzarênico Órtico Típico (V07)**, para um período de simulação de três anos consecutivos, priorizando produtos para monitoramento local.

Também possibilitou identificar a influência do fator pluviosidade nos resultados finais obtidos, pela simulação de um mesmo cenário base de plantio de milho safrinha e aplicação de 2,4-D dimethylamine salt, considerando os dois solos estudados em cenários distintos, sob condições de pluviosidades atípicas e média da região estudada.

Os resultados obtidos por simulação estão em conformidade com o comportamento esperado para os produtos, disponibilizados nas bases de dados internacionais.

Constatou-se que o programa disponibiliza ao usuário (tela/impressão) valores de quantidades muito próximas a zero como sendo o valor “zero absoluto”, mas que internamente continua executando simulações até que um valor programado estabelecido como “corte” para o “zero absoluto” (da ordem de  $10^{-30}$ ) seja alcançado, o produto desaparecido completamente ou o fim do período determinado para a simulação atingido.

## Referências Bibliográficas

BRANDÃO, S. L. de O. **Levantamento dos herbicidas mais utilizados na região do entorno do Parque Nacional das Emas**. Mineiros/GO: Faculdade de Agronomia- Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior (FIMES), 2001. 46p., anexos. (Monografia de Graduação).

CERDEIRA, A.L.; GOMES, M.A.F.; PESSOA, M.C.P.Y.; BONATO, P.S.; LANCHOTE, V.L. Tebuthiuron in soil and groundwater in sugarcane area in Brazil. **Bollettino dei Chimici Igienisti**, v.51, n.4, p.51-57, 2000.

CERDEIRA, A.L.; PESSOA, M.C.P.Y.; BONATO, P.S.; QUEIROZ, R.H.C.; LANCHOTE, V.L. Resíduos e lixiviação do herbicida picloram em água, em área de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.3, n.1, p.75-81, 2002.

CERDEIRA, A.L.; SANTOS, N. A. G.; PESSOA, M.C.P.Y; GOMES, M.A.F.; LANCHOTE, V. L. Herbicide leaching on a recharge area of Guarany Aquifer in Brazil. **Journal of Environmental Science and Healthy**, v.B40, n.1, p.59-165, 2005.

COHEN, S.Z.; WAUCHOPE, R.D.; KLEIN, A.W.; EADSFORTH, C.V.; GRANEY, R. **Offsite transport of pesticides in water: mathematical models of pesticide leaching and runoff**. Hamilton: International Union of Pure and Applied Chemistry-IUPAC, 1995. p.2118-2148. (Pesticides Report, 35).

EMBRAPA. CNPS. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1999. 212 p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos; 1).

FERRACINI, V.L.; PESSOA, M.C.Y.P.; SILVA, A.S.; SPADOTTO, C.A. Análise de risco de contaminações 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, jan./dez. 2001.

FILIZOLA, H.F.; PESSOA, M.C.P.Y.; GOMES, M.A.F.; SOUZA, M.D. de. Contaminação dos solos em áreas agrícolas. In: MANZATO, C.V.; FREITAS JR., E. de; PERES, J.R.R. (Ed.). **Uso agrícola dos solos brasileiros**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. Cap. 7, p.79- 85.

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 Guaíra. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.5, p.659-667, maio, 2003.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION – FAO. **ETC- Single crop coefficient (Kc)**. Chapter 6. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/X0490E/x0490e0b.htm>>. Acesso em: 13 fev. 2004.

GOMES, M.A.F.; FILIZOLA, H.F.; BOULET, R. **Levantamento detalhado dos solos da área de abrangência da voçoroca “Chitolina” localizada junto às nascentes do rio Araguaia**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente/ Fundação Ecológica de Mineiros-FEMAS, março 2001. 37p. (Projeto “Recomposição Ambiental das nascentes do Rio Araguaia”, Relatório Técnico).

GOMES, M.A.F.; SPADOTTO, C.A.; PESSOA, M.C.P.Y. Avaliação da vulnerabilidade natural do solo em áreas agrícolas: subsídio à avaliação do risco de contaminação do lençol freático por agroquímicos. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v.12, p.169-179, jan./dez. 2002.

GOSS, D.W. Screening procedure for soils and pesticides for potential water quality impacts. **Weed Technology**, v.6, n.3, p.701-708, 1992.

GUSTAFSON, D.I. Groundwater ubiquity score: a simple method for assessing pesticide leachability. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v.8, n.4, p.339-357, 1989..

LANCHOTE, V.L.; PIERINA, S.L.; CERDEIRA, A.L.; SANTOS, N.A.G.; CARVALHO, D.; GOMES, M.A.F. HPLC screening and GC-MS confirmation of triazine herbicides residues in drinking water from sugar cane area in Brazil. **Water, Air, and Soil Pollution**, v.118, p.329-337, 2000.

NOFZIGER, D.L; HORNSBY, A.G. **CMLS-94**: chemical movement in layered soils. Oklahoma: University of Florida, 1994. 76 p. (Department of Agronomy - University of Florida).

PESSOA, M.C.P.Y; LUCHIARI JR., A.; FERNANDES, E.N.; LIMA M. de. **Principais modelos e simuladores usados em análise de impacto ambiental da agricultura**. Jaguariúna: Embrapa-CNPMA, 1997. 87p. (Embrapa-CNPMA. Documentos, 8).

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 Espreado , Ribeirão Preto (SP)**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1999. 44p. (Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa, 1).

PESSOA, M.C.P.Y.; SCRAMIN, S. (Coord.). **Impacto ambiental do uso de agrotóxicos na qualidade das águas das bacias hidrográficas brasileiras – Estado da Arte**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2001. 300p. (Relatório Técnico).

PESSOA, M.C.P.Y.; CHAIM, A.; GOMES, M.A.F.; SILVA, A. de S.; SOARES, J. M. Simulação do movimento de aldicarb e tebutiuron em solos sob cultivos de banana e cana-de-açúcar no semi-árido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.2, p.297-302, 2003a..

PESSOA, M.C.P.Y.; GOMES, M.A.F.; NEVES, M.C.; CERDEIRA, A.L.; SOUZA, M. D. Identificação de áreas de exposição ao risco de contaminação de águas subterrâneas pelos herbicidas atrazina, diuron e tebutiuron. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v.13, p.111-122, jan./dez. 2003b.



---

*Meio Ambiente*

Ministério da Agricultura,  
Pecuária e Abastecimento

