

SIMULAÇÃO DO TRANSPORTE DE PESTICIDAS E SEUS PRODUTOS DE DEGRADAÇÃO BIOLÓGICA NO SOLO

Adilson Pinheiro¹

Resumo - A persistência de defensivos agrícolas no solo é regido por diferentes fenômenos físicos, químicos e biológicos. Neste trabalho são apresentadas simulações do transporte, ao longo do perfil do solo, das moléculas pesticidas do grupo s-triazinas (atrazina e simazina) e de seus produtos de degradação biológica (de-etil atrazina e de-isopropil atrazina). Os dados experimentais foram obtidos na escala do lisímetro e na escala da parcela drenada. Os resultados das simulações mostram que as moléculas mães são encontradas essencialmente nas camadas superficiais do solo. A análise temporal mostra que a redução das concentrações é provocada pela degradação bioquímica das moléculas consideradas.

Palavras-chave - Transporte, pesticidas

INTRODUÇÃO

A avaliação dos meios aquáticos superficiais e subterrâneos, em vista de uma melhor gestão da qualidade das águas apoia-se fortemente na modelização matemática. Os modelos permitem uma descrição dos processos de transporte de contaminantes no solo, nos quais intervêm diversos fenômenos físicos e químicos, cujos parâmetros necessitam ser avaliados por meio de dispositivos experimentais.

Neste trabalho, é realizado um estudo por simulação numérica do transporte de moléculas pesticidas, do grupo s-triazinas, e seus produtos de degradação biológica. Os parâmetros físicos, químicos e biológicos utilizados foram obtidos experimentalmente em

¹Universidade Regional de Blumenau - Instituto de Pesquisas Ambientais - Rua Antonio da Veiga, 140 - CP 1507 - 89010-971 - Blumenau - SC - Brasil - email pinheiro@furb.rct-sc.br.

lisímetros e em parcelas drenadas e homogêneas (Koreta, 1996). As simulações numéricas são realizadas com o modelo mecanista LEACHP (Hutson et Wagenet, 1989). Ele descreve o transporte vertical da água e de soluto da escala de laboratório a escala do campo homogêneo horizontalmente.

MOVIMENTO DA ÁGUA E DE PESTICIDAS NO SOLO

O movimento vertical da água no solo é descrito pela equação de Richard, dada por:

$$\frac{\partial h}{\partial t} c(\theta) = \frac{\partial}{\partial z} \left[K(\theta) \frac{\partial (h+z)}{\partial z} \right] - U(z,t)$$

A dinâmica de soluto no solo é descrito pela equação convecção-difusão expressa por:

$$\frac{\partial (\theta C)}{\partial t} + \frac{\partial (\rho S)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[D(\theta, q) \frac{\partial C}{\partial z} \right] - \frac{\partial (qC)}{\partial z} \pm \phi$$

O modelo descreve as degradações bioquímicas das moléculas por meio de cinéticas de primeira ordem. O modelo LEACHP admite uma cadeia de degradação para cada molécula mãe. No caso em que diferentes moléculas mães são consideradas, ele não aceita a interação entre estas cadeias.

Neste trabalho nosso interesse é estudar o transporte simultâneo de duas moléculas pesticidas s-triazinas, correntemente utilizadas em culturas de milho, atrazina (2-cloro, 4-etilamino, 6-isopropilamino-s-triazina) e simazina (2-cloro, 4,6-bis-etilamino-s-triazina). A degradação biótica da atrazina acarreta a formação do de-etil atrazina (DEA: 2-cloro, 4-amino, 6-isopropilamino-s-triazina) e do de-isopropil atrazina (DIA: 2-cloro, 4-etilamino, 6-amino-s-triazina). A simazina se degrada por via biótica somente em de-etil simazina (DES), que é a mesma que o DIA. Neste caso, uma adaptação do esquema de degradação do modelo LEACHP foi realizada. O esquema considerado é apresentado em Pinheiro (1997).

A descrição das equações de conservação de massa para cada molécula permite calcular o termo de perda ou ganho da equação convecção-difusão. O sistema de equações resultante é o seguinte:

$$\frac{dC_{atz}}{dt} = -(k_{a-dea}^b + k_{a-dia}^b + k_a^q)C_{atz}$$

$$\frac{dC_{sim}}{dt} = -(k_{s-des}^b + k_s^q)C_{sim}$$

$$\frac{dC_{dea}}{dt} = k_{a-dea}^b C_{atz} - k_{dea}^q C_{dea}$$

$$\frac{dC_{dia}}{dt} = k_{a-dia}^b C_{atz} + k_{s-des}^b C_{sim} - k_{dia}^q C_{dia}$$

onde C são as concentrações totais na matriz porosa e k as constantes de degradação biológica (b) e química (q) e atz, sim, dea e dia representam respectivamente atrazina, simazina, de-etil atrazina e de-isopropil atrazina.

O fenômeno de adsorção e de desorção, representando as trocas das moléculas pesticidas entre a fase líquida e a fase sólida do solo, é modelizada por uma isoterma de equilíbrio instantâneo do tipo linear.

DADOS EXPERIMENTAIS

A base de dados utilizado neste trabalho foi obtida por Koreta (1996) em solos siltosos na superfície e argiloso em profundidade, ácidos, inundados periodicamente pelo lençol freático. Os dados foram obtidos em duas escalas espaciais: uma à escala da parcela experimental drenada, com a área de 1,1 ha e outra a escala do lisímetro.

A área é cultivado anualmente com milho e tratado com herbicidas a base de atrazina e de simazina. As medidas realizadas compreendem a umidade do solo, as concentrações das matérias ativas atrazina e simazina e dos metabólitos DEA e DIA, no perfil do solo, até a profundidade de 90 cm. Na parcela drenada, as medidas foram realizadas em um período de 3 anos e no lisímetro durante um período de 210 dias.

As velocidades de degradação das moléculas atrazinas e simazinas e dos metabólitos é composta de duas partes: uma devido a ação biológica e outra devido a hidrólise química. Estas velocidades de degradação foram calculadas a partir dos dados experimentais obtidos na escala dos lisímetros e da parcela drenada.

No lisímetro as velocidades das reações são variáveis espacial e temporalmente. Entretanto para a parcela experimental não foi possível estabelecer a variação temporal das velocidades das reações.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As simulações foram realizadas nos períodos nos quais foram efetuadas as medidas experimentais. A figura 1 apresenta os teores de umidade, ao longo do perfil do solo, medidos e simulados pelo modelo, para a escala da parcela drenada. Observa-se que o modelo reproduz corretamente os valores medidos. Resultados semelhantes são obtidos para o lisímetro.

A figura 2 apresenta as concentrações medidas e simuladas das moléculas do DIA obtidas no lisímetro, na data 49 dias após a aplicação das moléculas pesticidas atrazinas e simazinas. Nota-se que o modelo permite de seguir a tendência dos valores medidos. Resultado semelhante é obtido para o caso da escala da parcela drenada.

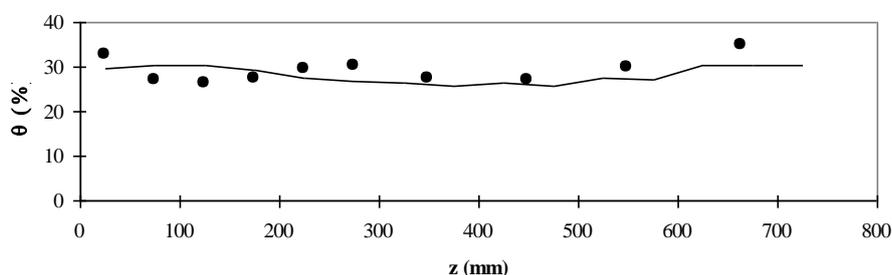


Figura 1 – Perfil de umidade do solo para a parcela drenada: medidas (•) e calculadas (—)

A modelização permite analisar a influencia de cada mecanismo que intervém sobre o transporte das moléculas pesticidas em direção as águas superficiais e subterrâneas. Assim, na figura 3 é apresentada a evolução simulada da frente de concentração das moléculas atrazinas no lisímetro, por um período de 55 dias, a contar do primeiro dia após o tratamento. A precipitação do período foi de 166,3 mm o que provocou um fraco deslocamento da molécula atrazina ao longo do perfil do solo. As concentrações em atrazina simuladas são inferiores a 1 mg/kg a partir de 275 mm de profundidade.

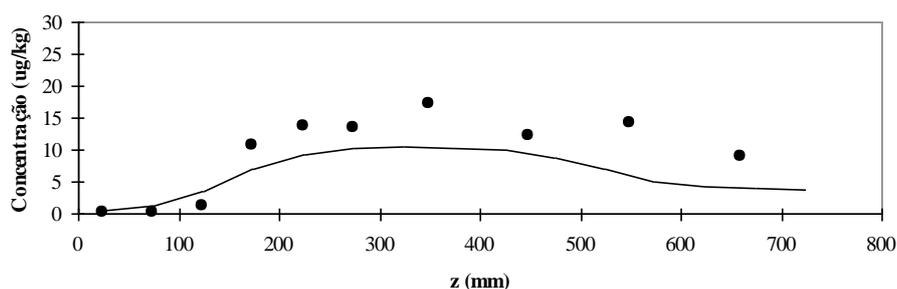


Figura 2 – Perfil de concentrações de DIA no lisímetro: medidas (•) e calculadas (—)

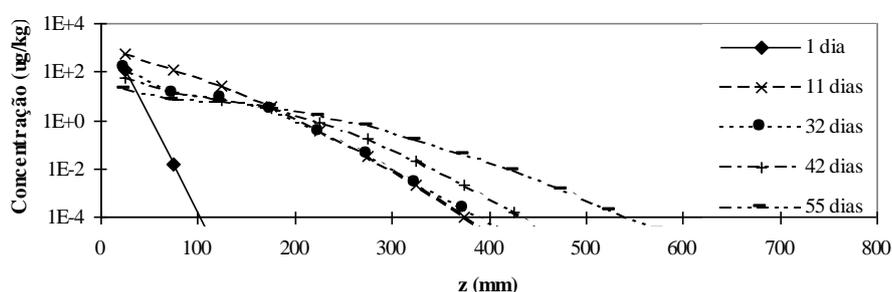


Figura 3 - Evolução temporal dos perfis de concentrações da atrazina no lisímetro.

Por outro lado, na camada superficial, a concentração máxima foi de 1010 mg/kg no dia 5 e ela torna-se igual a 20 mg/kg no dia 55. Considerando que o tempo de meia vida é de 21 dias, no fim deste período a concentração deveria ser de 188 mg/kg. Portanto, a diferença na concentração é devida ao transporte hidrodinâmico.

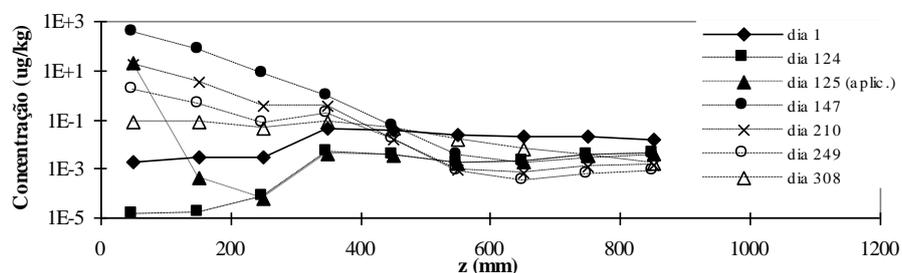


Figura 4 - Evolução dos perfis de concentração da simazina na parcela drenada.

Na parcela drenada, as simulações realizadas para um período de 3 anos permitem analisar a influencia das condições iniciais. Na figura 4 é mostrado a evolução da frente

de concentração simulada para a molécula simazina no ano de 1993. As concentrações da atrazina no perfil do solo, no início do ano são fracas, da ordem de 0.01 mg/kg. A transferência no perfil do solo são fracas. As concentrações mais elevadas são encontradas nas camadas superficiais. A partir de 350 mm de profundidade, elas são sempre inferiores à 1 mg/kg. Um comportamento semelhante é também encontrado para o metabólito DEA. Entretanto para o DIA, as concentrações, no início do ano, são crescente no sentido da superfície para a base.

CONCLUSÕES

Neste trabalho foram apresentadas as simulações do transporte de moléculas herbicidas correntemente utilizadas em culturas de milho e de seus produtos de degradação biológica. A modelização mecanista na escala local (lisímetro e parcela drenada), permite analisar a influencia de cada mecanismo que intervém sobre o transporte das moléculas pesticidas em direção as águas superficiais e subterrâneas. As simulações mostram que o deslocamento das moléculas atrazina e simazina ao longo do perfil do solo é fraco. As concentrações simuladas são sempre inferiores a 1 mg/kg à partir de 275 mm de profundidade, mas suficientes para provocar sérios problemas de contaminação do lençol freático.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

HUTSON J.L. and WAGENET R.J., 1989, LEACHM: Leaching Estimation And Chemistry Model. A process-based model of water and solute movement, transformations, plant uptake and chemical reactions in the saturated zone, Department of Soil, Crop and Atmospheric Sciences, Cornell University, Ithaca, New York

KORETA R., 1996, Sur le devenir des herbicides dans le sol: cas de l'atrazine et de la simazine en sol de boubènes, de la colonne de sol à la parcelle drainée. Tese de doutorado do Institut National Polytechnique de Toulouse. 238 p.

PINHEIRO, A., 1997, Etude des processus de transfert en milieu agricole, Rapport IMFT-Hydré n°. 185.