

PARÂMETROS DE TRANSPORTE DE POTÁSSIO AJUSTADOS PELO MODELO STANMOD SOB DIFERENTES COMPRIMENTOS DE COLUNA DE SOLO

KATARINA LIRA GRECCO¹, CARLOS ALBERTO FAÚNDEZ URBINA², JARBAS HONORIO DE MIRANDA³

¹ Engenheira Agrônoma, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas Agrícolas, Depto. de Engenharia de Biosistemas, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ/USP), Piracicaba, SP, Fone: (19) 3429-4283 - Ramal: 221, e-mail: klgrecco@usp.br

² Engenheiro Agrônomo, Mestre em Manejo de Solos e Águas, Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidad do Chile, Santiago de Chile, e-mail: cfaundezu@ug.uchile.cl

³ Professor Associado 2, Depto. de Engenharia de Biosistemas (ESALQ/USP), Piracicaba, SP, e-mail: jhmirand@usp.br

Apresentado no
XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015
13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro – SP, Brasil

RESUMO: Para fins de estudos relacionados à dinâmica de solutos no solo, a obtenção de informações sobre os parâmetros de transporte de certos íons no solo, passa a ter a sua devida importância, principalmente quando se busca o uso racional de fertilizantes. Nesse sentido, alguns parâmetros de transporte de solutos tais como o fator de retardamento e dispersividade podem ser obtidos mediante a elaboração de curvas de distribuição de efluentes (*Breakthrough Curves*, BTC) e ajustadas numericamente por modelos matemáticos (no caso da presente pesquisa foi utilizado o modelo STANMOD). Assim sendo o objetivo da pesquisa foi verificar variações nos valores dos parâmetros de transporte quando são utilizadas colunas de diferentes comprimentos preenchidas com solo com dois tipos de solos tropicais (Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA) e Nitossolo Vermelho(NV)). As colunas foram montadas com as seguintes dimensões: 5,0 cm de diâmetro e comprimentos de 10,0; 20,0 e 30,0 cm, na qual foi aplicada uma solução de nitrato de potássio com concentração de 2000 mg L⁻¹. Diante dos resultados obtidos, concluiu-se que não houve diferenças significativas entre os parâmetros de transporte do potássio no LVA, entretanto, no NV apenas os parâmetros do coeficiente de dispersão e dispersividade deram diferença significativa na coluna de 10 cm em relação às demais.

PALAVRAS-CHAVE: Curvas de distribuição de efluentes, modelo matemático, fertirrigação.

POTASSIUM TRANSPORT PARAMETERS OBTAINED BY FITTING STANMOD TO SOIL COLUMNS OF DIFFERENT LENGTHS

ABSTRACT: Studies related to the solute movement in soils some information about the soil transport parameters becomes necessary, searching for a rational irrigation system and a rational use of water and fertilizers. Therefore, some solute transport parameters such as: retardation factor and dispersivity can be obtained by developing breakthrough curves (BTC) and numerically fitted by mathematical models, as STANMOD model. Thus, this study aimed to verify variations in the values of the transport parameters when used different soil columns lengths with two types of tropical soils (Haplustox (LVA) e Hapludox (NV)). The columns showed the following dimensions: diameter 5.0 cm and height of 10.0; 20.0 and 30.0 cm, and it was applied a potassium nitrate solution with concentration of 2000 mg L⁻¹ to each one. Based on these results, was possible to concluded that there were no significant differences between the potassium transport parameters for the LVA, however, only the NV dispersity coefficient and dispersion parameters gave a significant difference in the column with 10 cm compared to the other.

KEYWORDS: breakthrough curves, mathematical model, fertigation.

INTRODUÇÃO: Nas últimas décadas, observa-se um notável progresso na compreensão e descrição de processos físicos que regem o movimento da água e o transporte de solutos na região radicular das plantas situada no volume de solo molhado proveniente da irrigação localizada. Surgiu desta forma, uma variedade de modelos analíticos e numéricos para prever os processos de transferência da água e de solutos no perfil do solo. Dentre eles, é possível citar: UNSATCHEM (SIMUNEK et al., 1996), HYDRUS-1D (SIMUNEK et al., 2005), STANMOD (SIMUNEK et al., 2008). Esses modelos baseiam-se na resolução da equação de Richards (1931) para o fluxo saturado e não-saturado da água no solo e na equação de convecção-dispersão para o transporte de solutos. A presente pesquisa utilizou o modelo STANMOD. Entretanto, para os estudos de transporte de solutos no solo é necessário primeiramente elaborar curvas de distribuição de efluentes (*Breakthrough Curves*, BTC), conforme pode ser visto em estudos de Miranda et. al (2005); Pinho e Miranda (2014). Para essa pesquisa foi escolhido o potássio (K), pois segundo Malavolta (1980), é um macronutriente absorvido da solução do solo pelas raízes, predominando o contato pelo processo de difusão. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi verificar se houve variações nos valores dos parâmetros de transporte do potássio quando são utilizadas colunas de diferentes comprimentos (10, 20 e 30 cm) para a elaboração de *Breakthrough Curves* (BTC's), preenchidas com dois tipos de solos tropicais (Latossolo Vermelho Amarelo e Nitossolo Vermelho).

MATERIAL E MÉTODOS: A pesquisa foi desenvolvida junto ao Laboratório de Física do Solo, do Departamento de Engenharia de Biosistemas, da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP). Os dois tipos de material de solo, para preenchimento das colunas, foram coletados no município de Piracicaba-SP (Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA) e Nitossolo Vermelho (NV)), classificados conforme EMBRAPA (2006). Os parâmetros de transporte do potássio foram obtidos mediante o ajuste numérico das curvas de distribuição de efluentes (*Breakthrough Curve* (BTC)), os quais foram: número de Peclet (eq.1), coeficiente de dispersão, Número de Peclet em função da Dispersividade ($\lambda(P)$), Número de Peclet em função da velocidade da água nos poros ($v(P)$) e fator de retardamento. No qual o número de Peclet é um parâmetro adimensional utilizado no estudo da difusão através de um meio poroso, utilizado para determinar qual mecanismo (convecção-dispersão ou difusão) domina o processo de transporte de solutos (ROTH, 1996; GONÇALVES, 2007), exprimindo a relação entre a velocidade de transporte por convecção e a velocidade de transporte por difusão molecular. Pequenos valores do número de Peclet indicam que o transporte de difusão domina sobre o transporte de convecção. Para maiores valores do número de Peclet, o transporte de convecção-dispersão sobrepõe em relação à difusão (WANG, 2002; GONÇALVES, 2007).

$$P = \frac{v.L}{D} \quad (1)$$

em que, v é a velocidade da água nos poros, $L T^{-1}$; L é o comprimento da coluna de solo, L ; e D é a difusividade da solução, $L^2 T^{-1}$.

O coeficiente de dispersão (eq. 2) é geralmente assumido como sendo uma função da velocidade do fluido, cujo valor pode ser obtido pela relação entre o fluxo de água no solo e a umidade volumétrica:

$$D_h = \lambda.v^n \quad (2)$$

em que, λ é a dispersividade do meio poroso, L ; v é a velocidade da água no poro (q/θ), $L T^{-1}$; e n é a constante empírica, aproximadamente igual a 1,0.

O fator de retardamento (R) (eq. 3), segundo Valocchi (1984), representa a defasagem entre a velocidade de avanço do soluto e a velocidade de avanço da frente de molhamento da solução, representando, portanto, a interação entre o soluto e a fase sólida do solo.

$$R = 1 + \frac{\rho.k}{\theta} \quad (3)$$

em que R é o fator de retardamento, adimensional; ρ é a densidade do solo, $M L^{-3}$; k é o coeficiente empírico de distribuição (igual a zero quando não há interação entre o soluto e o solo), adimensional; e θ é o conteúdo volumétrico de água, $L^3 L^{-3}$.

As colunas de PVC apresentavam as dimensões de 10; 20 e 30 cm de comprimento e 5 cm de diâmetro e foram preenchidas com o material de solo, descrito anteriormente, em camadas constantes,

equivalentes e homogêneas. Um dreno foi instalado na parte superior da coluna que tinha a função de manter a carga hidráulica de 1 cm, e na parte inferior, um círculo de manta sintética e uma grade metálica, fixados por um “cap”.

Aplicou-se uma solução de Nitrato de Potássio com uma concentração de 2.000 mg L⁻¹ de potássio e foram coletados volumes sequenciais de efluentes de 15 mL. Os volumes de poros (VP) foram calculados em função do volume de solo de cada coluna e da porosidade do material de solo. Para auxiliar ao longo do processo de coleta dos efluentes, foi utilizado um medidor de íon específico para o potássio, no caso o fotômetro de chama, e o teste da BTC era interrompido apenas quando a concentração relativa (C/Co) fosse igual a 1,0. A análise estatística dos dados constitui de uma análise da variância juntamente com o teste de Tukey a 5,0% de significância para comparação múltipla das médias dos parâmetros de transporte do potássio obtidos por cada coluna.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Para a obtenção dos parâmetros de transporte do potássio foram elaboradas as curvas de distribuição de efluentes (BTC), para os dois tipos de solo nos distintos comprimentos de coluna de solo, as quais representaram o comportamento de deslocamento do potássio no perfil de solo (Figura 1, 2 e 3).

Nota-se que o íon potássio necessitou de maior número de volume de poro (VP) para atingir a máxima concentração relativa no LVA nas colunas de 10 e 20 cm (10,6 e 6,5 VP), já na NV apenas na coluna de 30 cm atingiu valor maior de 5,7 VP. Isto indicou que houve elevada interação deste íon com a matriz de ambos os solos, principalmente para o solo LVA. Enquanto as curvas de distribuição de efluentes caracterizam o deslocamento das soluções, os parâmetros de transporte, obtidos por meio de seus ajustes, quantificam esta movimentação (Tabela 1).

TABELA 1. Teste de Tukey ao nível de 5,0% de significância para comparação múltipla das médias dos parâmetros de transporte do potássio nas colunas de solo.

Tipo de solo	Comprimento da coluna (cm)	v (P) (cm min ⁻¹)	P	R	D _h (cm ² min ⁻¹)	λ (P) (cm)
LVA	10	2,17 a	4,31 a	1,83 a	5,72 a	2,71 a
	20	2,26 a	5,43 a	1,72 a	8,67 a	3,82 a
	30	2,47 a	7,66 a	1,78 a	10,78 a	4,26 a
NV	10	1,50 a	8,07 a	2,31 a	1,93 b	1,28 b
	20	1,58 a	5,96 a	2,44 a	5,48 a	3,40 a
	30	1,47 a	7,88 a	2,30 a	5,74 a	3,94 a

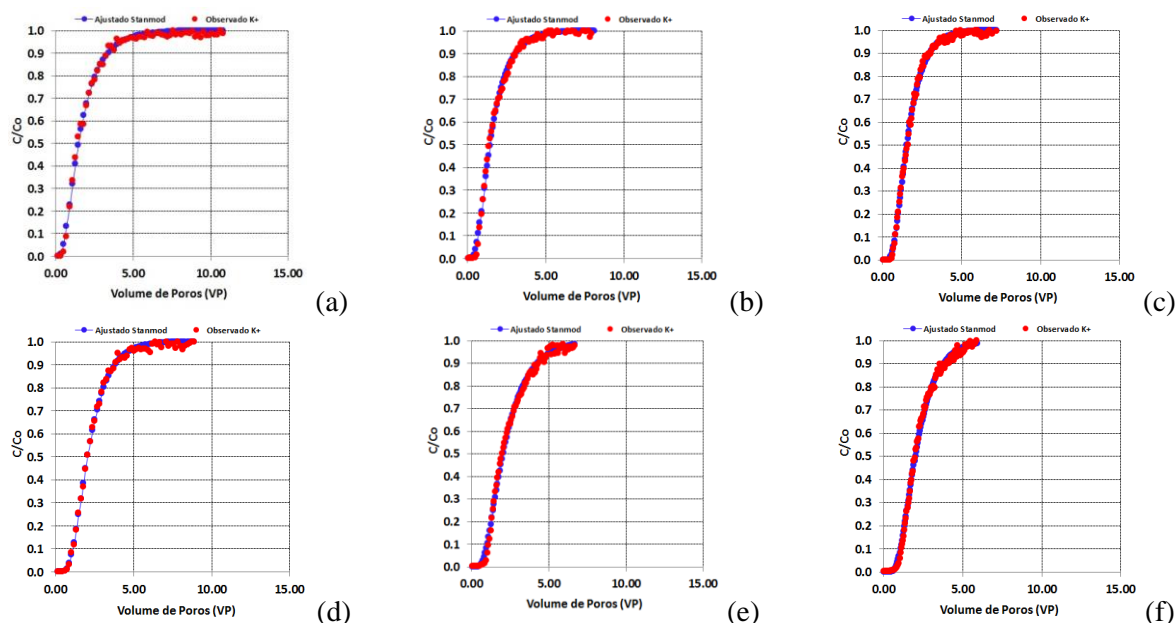


Figura 1. BTC's para o potássio, referentes ao LVA (10 cm (a), 20 cm (b) e 30 cm(c)) e NV ((10 cm (d), 20 cm (e) e 30 cm(f)).

No caso do íon potássio, os parâmetros como velocidade da água nos poros, número de Peclet e fator de retardamento não obtiveram alteração em relação ao comprimento das colunas de solo, no caso da velocidade os maiores valores foram para o LVA, no Peclet para o NV foram maiores do que para o LVA, sendo o mesmo comportamento encontrado para o fator de retardamento (R), indicando o maior transporte do soluto por convecção-dispersão e forte interação entre o cátion e as cargas negativas do solo. Em relação ao coeficiente de dispersão e a dispersividade, para o LVA não houve diferenças significativas entre as diferentes colunas de solo, entretanto para o NV houve apenas a diferença da coluna de 10 cm com as demais.

CONCLUSÕES: A estimativa dos parâmetros de transporte do potássio por meio das curvas de distribuição de efluentes é uma etapa importante para compreender a dinâmica do soluto do solo e posteriormente, realizar um adequado dimensionamento e manejo do sistema de irrigação através destas informações. Não houve diferenças significativas entre os valores dos parâmetros de velocidade da água nos poros, número de Peclet e fator de retardamento em função da aplicação de diferentes comprimentos de coluna de solo.

REFERÊNCIAS

- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, Brasília: Sistema de Produção de Informação, 2006. 306 p.
- GONÇALVES, A.D.M.A. **Efeito da temperatura no transporte dos íons potássio e nitrato no solo**. 2007. 83 f. Dissertação (Mestrado em Física do Ambiente Agrícola) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.
- MALAVOLTA, E. **Potássio, magnésio e enxofre nos solos e culturas brasileiras**. Instituto Internacional de Pesquisa da Potassa. 2 ed. Piracicaba. Boletim Técnico 4, 1980, 91 p.
- MIRANDA, J.H.; DUARTE, S.N.; LIBARDI, P.L.; FOLEGATTI, M.V. Simulação do deslocamento de potássio em colunas verticais de solo não-saturado. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 677-685, set./dez. 2005.
- PINHO, R. E. da C. de; MIRANDA, J. H. de. Avaliação do modelo HYDRUS-1D na simulação do transporte de água e potássio em colunas preenchidas com solos tropicais. **Engenharia Agrícola**, v.34, n.5, p. 899-911, 2014.
- RICHARDS, L.A. Capillary conduction of liquids through porous mediums. **Physics**, New York, v. 1, p. 318-333, 1931.
- ROTH, K. **Lecture notes in soil physics**: version 3.2. Stuttgart: University of Hohenheim, Institute of Soil Science, 1996. 180 p.
- SIMUNEK, J. **Models of water flow and solute transport in the unsaturated zone**. In: ANDERSON, M.G. Encyclopedia of hydrological sciences. West Sussex: John Wiley, p. 1171-1180, 2005.
- SIMUNEK, J.; SUAREZ, D.L.; ŠEJNA, M. **The UNSATCHEM software package for simulating the one-dimensional variably saturated water flow, heat transport, carbon dioxide production and transport, and multicomponent solute transport with major ion equilibrium and kinetic chemistry, Version 2.0**. Riverside: U.S. Salinity Laboratory, 1996. 186 p. (Research Reprt, 141).
- SIMUNEK, J.; VAN GENUCHTEN, M.Th.; SEJNA, M. Development and applications of the HYDRUS and STANMOD software packages and related codes. **Vadose Zone Journal**, v. 7, n.2; p. 587-600, 2008.
- VALOCCHI, A.J. Describing the transport of ion-exchanging contaminants using an effective Kd approach. **Water Resource Research**, Washington, v. 20, n. 4, p. 499-503, 1984.
- WANG, H. **Describing and predicting breakthrough curves for non-reactive solute transport in statistically homogeneous porous media**. 2002. Thesis (Degree of Doctor of Philosophy in Crop and Soil Environmental Science) - Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University, Virginia, 2002.