



UMS 2014

VI CONGRESSO SOBRE USO E MANEJO DO SOLO
Recife (Pernambuco, Brasil), de 19 a 21 de março de 2014

OBTENÇÃO DOS PARÂMETROS DE TRANSPORTE DE SAIS UTILIZANDO O MODELO DISP

Fred Mikhail Carneiro Valério de Assis⁽¹⁾; Carolynne Wanessa Lins de Andrade⁽¹⁾;
Abelardo Antônio de Assunção Montenegro⁽¹⁾

⁽¹⁾ Departamento de Tecnologia Rural, Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE; Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos - CEP: 52171-900 - Recife/PE; E-mail: fredmikhail@hotmail.com

RESUMO

A contaminação por agrotóxicos, pesticidas, fertilizantes e outras substâncias químicas nas águas subterrâneas ocorre devido ao crescente número de ocupação das terras, que tem como objetivo reforçar os setores agrícolas, porém causa grande preocupação no que se refere aos impactos causados no meio ambiente, devido à lixiviação dos íons ao longo do perfil. A fim de proporcionar maior clareza ao que diz respeito aos processos que ocorrem no solo relativo ao deslocamento de solutos, utilizam-se modelos de simulação. Propôs-se, neste trabalho, avaliar a dinâmica de lixiviação de íons e obtenção dos parâmetros de transporte em colunas de solo deformado utilizando o programa computacional Disp. Os ensaios foram realizados no Laboratório de Água e Solo da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). O solo utilizado para o estudo foi coletado em um lote irrigado no distrito Mutuca Pesqueira/PE na profundidade de 0 a 20 cm em quatro blocos. No experimento conduzido no laboratório foram realizadas três repetições, e coletados 15 frascos de efluente, totalizando 180 amostras. A condutividade elétrica foi determinada com um condutivímetro digital. O processo de lixiviação de íons foi acompanhado através do programa computacional Disp; além disso, foram determinados os parâmetros de transporte de solutos no solo (fator de retardamento (R), coeficiente de difusão-dispersão (D) e número de Peclet (P)). O modelo Disp apresentou um bom ajuste dos valores obtidos experimentalmente. Para os blocos 1, 2 e 4 o transporte predominante foi por convecção. No entanto, para o bloco 3 o transporte predominante foi por dispersão. No solo estudado, houve uma baixa interação e baixa retenção entre o soluto e o solo.

Palavras-chave: deslocamento miscível, condutividade elétrica, modelagem matemática.

INTRODUÇÃO

A utilização da irrigação na atividade agrícola em zonas semiáridas ocorre nos períodos secos, quando a demanda hídrica tem maior índice de elevação e as chuvas são escassas a fim de fornecer a quantidade de água para as culturas (FONTES JUNIOR et al., 2012). O semiárido pernambucano está inserido neste contexto, onde essa irregularidade ocorre devido às elevadas taxas de evaporação (ANDRADE et al., 2012). Segundo Andrade (2009) a irrigação nas regiões semiáridas pode provocar danos ambientais, pois causa alterações no

regime hidrológico, ocasionando acúmulo de sais no solo, aumento capilar, rebaixamento dos aquíferos e deslocamento de solutos ao longo do perfil do solo.

A prática da irrigação é amplamente utilizada, contudo, existem lugares onde se tem observado problemas referentes à salinização dos solos com a diminuição da produtividade (SILVA et al., 2011).

Geralmente, as propriedades das águas subterrâneas possuem variação sazonal no que se refere à salinidade, pois são influenciadas pelos processos hidrológicos e climáticos, tanto pela diluição dos sais devido à recarga pluviométrica, quanto pela concentração desses íons causada pela evaporação acentuada (ANDRADE et al., 2012).

Em termos de salinização do solo, a condutividade elétrica (CE) é um parâmetro que possibilita a avaliação desse processo (AMORIM et al., 2010). De acordo com Ribeiro (2005) a CE é a propriedade mais indicada para analisar o nível de salinidade, constituindo um dos principais atributos para a classificação da qualidade das águas de irrigação.

A contaminação por agrotóxicos, pesticidas, fertilizantes e outras substâncias químicas nas águas subterrâneas ocorre devido ao crescente número de ocupação das terras, que tem como objetivo reforçar os setores agrícolas, porém causa grande preocupação no que se refere aos impactos causados no meio ambiente, devido à lixiviação dos íons ao longo do perfil. A lixiviação pode ser alterada de acordo com as propriedades físicas do solo.

Os solutos presentes na solução do solo podem ser adsorvidos ao solo, absorvidos pelas plantas ou lixiviados para as camadas mais profundas (COSTA et al. 1999). Os estudos relacionados ao processo de lixiviação são de suma importância, uma vez que esse processo acarreta a perda de nutrientes pelas culturas, significando, portanto, menores rendimentos. Além disso, podem-se acrescentar as perdas ambientais, uma vez que o deslocamento dos íons para as camadas mais profundas do solo pode contaminar as águas subterrâneas.

Quando deslocados para maiores profundidades do perfil do solo, os nutrientes chegam ao lençol freático pelo processo de drenagem interna, podendo assim contaminar além do lençol freático, os mananciais de água potável (KONRAD, 2002).

De acordo com Santos et al. (2002), o processo de deslocamento de solutos varia com as propriedades físicas do solo, como textura, estrutura, profundidade do perfil e,

principalmente, porosidade. Entre os parâmetros químicos que afetam a lixiviação, estão a capacidade de retenção de íons e o pH.

A fim de proporcionar maior clareza ao que diz respeito aos processos que ocorrem no solo relativo ao deslocamento de solutos, utilizam-se modelos de simulação. Tais modelos possuem mecanismos que descrevem os processos de transporte que ocorrem no solo, auxiliando em estudos que visam à diminuição de impactos ocorridos no meio ambiente.

Dentre os modelos matemáticos utilizados no estudo de transporte de solutos, tem-se o software Disp. O modelo foi criado em Delphi (Borland Software Corporation) e o seu desenvolvimento compreendeu a implementação de procedimentos relativos ao cálculo das funções erro e erro complementar, cálculo do produto exp (P) por erfc (y), método de ajuste de curvas, balanço de massa e desenvolvimento da interface (BORGES JUNIOR et al., 2006).

Propôs-se, neste trabalho, avaliar a dinâmica de lixiviação de sais (a partir da condutividade elétrica) e determinar os parâmetros de transporte (fator de retardamento (R), coeficiente de difusão-dispersão (D) e número de Peclet (P)) em colunas de solo deformado utilizando o programa computacional Disp.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Água e Solo da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). O solo utilizado para o estudo foi coletado em um lote irrigado com água residuária, localizado no distrito Mutuca Pesqueira/PE, com coordenadas geográficas de 8°16'46" e 36°34'22" de latitude e longitude, respectivamente.

Amostragem

Foram realizadas coletas de amostras de solo deformado na profundidade de 0 a 20 cm em quatro blocos da área de estudo.

Dispositivo e procedimento experimental

O dispositivo experimental utilizado no estudo foi composto por três colunas com 5 cm de diâmetro de 20 cm de comprimento, um béquer contendo água deionizada, funil e tubos tipo Falcon (50 ml), um condutivímetro digital e uma balança digital.

No experimento conduzido no laboratório foram realizados ensaios de lixiviação em cada bloco, sendo cada um com três repetições, onde em cada repetição foram coletados 15 frascos de efluente.

O solo foi acondicionado nas colunas em camadas levemente compactadas, preenchidas até 16,5 cm de altura; após a montagem, foi promovido o processo de lixiviação da coluna com água deionizada em fluxo descendente com a lâmina d'água constante de 35 mm, para que o lixiviado caísse dentro do funil sendo levado para o tubo, onde foram coletadas um total de 180 amostras com volume de 30 ml cada. A condutividade elétrica foi determinada através da medição de cátions e ânions no extrato obtido na pasta de saturação com um condutivímetro digital, de acordo com a Embrapa (1997).

Modelagem matemática utilizando o Disp

O DISP é um programa para cálculo dos parâmetros de transporte de solutos no solo em deslocamento de fluidos miscíveis que foi desenvolvido no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, por Borges Júnior & Ferreira (2006).

O processo de lixiviação de íons foi acompanhado através do programa computacional DISP; além disso, foram determinados os parâmetros de transporte de solutos no solo (fator de retardamento (R), coeficiente de difusão-dispersão (D) e número de Peclet (P)) a partir da curva obtida com os dados observados em laboratório e os dados simulados pelo modelo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios dos parâmetros de transporte do solo (fator de retardamento (R), coeficiente de difusão-dispersão (D), número de Peclet (P)) além do coeficiente de determinação (R^2), fluxo da solução (q), densidade do solo (ρ), porosidade (α) e volume de poros da coluna (V_p) se encontram na Tabela 1.

O número de Peclet (P) é um atributo utilizado para avaliar qual dos dois processos domina o movimento dispersivo, convecção ou dispersão (GONÇALVES et al., 2008). Quando P é maior do que 10, o transporte é predominantemente por convecção, e quando P é menor do que 10 o transporte é principalmente por dispersão (NOVY QUADRY, 1993). Verificou-se na Tabela 1 que para os blocos 1, 2 e 4 o número de Peclet (P) foi maior do que 10, demonstrando assim que o transporte predominante é por convecção. O transporte por convecção refere-se ao escoamento passivo de um soluto juntamente com a água do solo, ou seja, a água e o soluto nela dissolvidos movem a mesma velocidade. O bloco 3 apresentou um valor de P menor do que 10, indicando que neste bloco o transporte predominante é por dispersão. O transporte por dispersão ocorre quando a velocidade de escoamento dentro dos poros individuais se desvia da velocidade média do escoamento no meio poroso.

O fator de retardamento (R) é a disposição em que o solo tem em reter íons ou efeito tampão do solo para um elemento ou composto existente em um resíduo (CAMPOS & ELBACHÁ, 1991). De acordo com Nielsen & Biggar (1962), quando o valor do R for igual a um, significa que não há interação entre o soluto e solo; quando for maior do que um significa há interação, ou seja, quando a solução passa no solo, parte do soluto é adsorvido pelo mesmo, e quando o valor é inferior a um, significa que há uma baixa interação soluto-solo. Verifica-se na Tabela 1 que para todos os blocos estudados os valores do fator de retardamento foram menores que 1, indicando que houve baixa interação entre o soluto e o solo. Quando isso ocorre, segundo van Genuchten e Wierenga (1986), apenas uma fração da fase líquida participa do processo de transporte, podendo a substância química estar sujeita a exclusão aniônica ou quando há presença de regiões de água imóvel, que não participam do transporte.

O coeficiente de difusão-dispersão (D) pode ser entendido como a capacidade que o solo tem em reter certa quantidade de soluto à medida que a frente de umedecimento da solução aplicada avança no perfil do

solo (Engler et al., 2008). Segundo Nielsen & Biggar (1962), maiores valores do coeficiente de difusão-dispersão representam uma menor inclinação na curva de eluição e um conseqüente alargamento da faixa de mistura entre a solução que passa e a deslocada, assim, a concentração relativa torna-se baixa em relação aos acréscimos no número de volume de poros. Verifica-se na Figura 2 que para todos os blocos estudados houve uma elevada inclinação nas curvas de distribuição dos sais, implicando em um baixo coeficiente de dispersão (Tabela 1). Matos et al. (2013), estudando os parâmetros de transporte dos íons potássio, cálcio e magnésio via vinhaça obtiveram menores inclinações nas curvas de distribuição de efluentes; esses autores também encontraram valores elevados de coeficiente de dispersão e fator de retardo maior que 1.

O coeficiente de determinação (R^2) é uma medida do ajustamento de um modelo matemático em relação aos dados obtidos experimentalmente. O R^2 varia de 0 a 1 indicando quanto um modelo consegue explicar os dados observados. Observa-se na Tabela 1 que para todos os blocos houve um bom ajuste do modelo Disp com os dados experimentais. Os valores mais altos de R^2 foram encontrados nos blocos 1 e 2, obtendo assim um melhor ajuste em relação aos demais blocos, e os valores de R^2 foram respectivamente de 0,98 e 0,97.

CONCLUSÕES

Para os blocos 1, 2 e 4 o transporte predominante foi por convecção. No entanto, para o bloco 3 o transporte predominante foi por dispersão.

No solo estudado, houve uma baixa interação entre o soluto e o solo. O que se torna um fato preocupante, uma vez que essa baixa interação faz com que os íons sejam lixiviados mais facilmente, podendo contaminar as águas subterrâneas.

Para todos os blocos houve um baixo valor de D, indicando baixa retenção do soluto pelo solo e diminuição da faixa de mistura entre as soluções deslocadora e deslocada.

O modelo Disp apresentou um bom ajuste dos valores obtidos experimentalmente, com coeficientes de determinação superiores a 0,85.

AGRADECIMENTOS

A UFRPE pelo apoio institucional e demais órgãos de fomento que financiaram o projeto.

REFERÊNCIAS

AMORIM, J.R.A.; CRUZ, M.A.S.; REZENDE, R.S. Qualidade da água subterrânea para irrigação na bacia hidrográfica do Rio Piauí, em Sergipe. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, p.804-811, 2010.

ANDRADE, E.M. A irrigação e suas implicações sobre o capital natural em regiões áridas e semiáridas: Uma revisão. *Revista Ceres*, v.56, p.390-398, 2009.

ANDRADE, T.S.; MONTENEGRO, S.M.G.L.; MONTENEGRO, A.A.A.; RODRIGUES, D.F.B. Variabilidade espaço-temporal da condutividade elétrica da água subterrânea na região semiárida de Pernambuco. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, n.5, p.496-504, 2012.

Campina Grande, PB, UAEA/UFCG – <http://www.agriambi.com.br>.

BORGES JÚNIOR, J.C.F; FERREIRA, P.A. Equações e programa computacional para cálculo do transporte de solutos do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* v.10, n.3, p.604-611, 2006.

Campina Grande, PB, DEAg/UFCG – <http://www.agriambi.com.br>

CAMPOS, T.M.; ELBACHÁ, A.T. Avaliação do fator de retardamento por adsorção no transporte de zinco em solos argilosos. In: *Simpósio sobre Barragens de Rejeitos e Disposição de Resíduos - REGEO'91*, Rio de Janeiro. Anais...Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Mecânica dos Solos, 1991. p.271-282.

COSTA, S.N.; MARTINEZ, M.A.; MATOS, A.T.; RAMOS, V.B.N. Mobilidade do nitrato em colunas de solo sob condições de escoamento não permanente. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.3, n.2, p.190-194, 1999.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análises de solo. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212p.

ENGLER, M.P.C.; CICHOTA, R.; LIER, Q.J.V.; BLOEM, E.; SPAROVEK, G.;SCHNUG, E. An alternative approach for the determination of soil water mobility. *Pedosphere*, v.18, n.3, p.328-334, 2008.

FONTES JÚNIOR, R.V.de.P.; MONTENEGRO, A.A.A.; MONTENEGRO, S.M.G.L.; SANTOS, T.E.M. dos. Estabilidade temporal da potenciometria e da salinidade em vale aluvial no semiárido de Pernambuco. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, n.11, p.1188-1197, 2012.

Campina Grande, PB, UAEA/UFCG – <http://www.agriambi.com.br>.

GENUCHTEN, M.T.VAN; WIERENGA, P.J. Solute dispersion coefficients and retardation factors. In: Klute, A. (ed.) *Methods of soil analysis, Part 1. Physical and mineralogical methods*. v.44, Madison: ASA, 1986. p.1025-1054.

GONÇALVES, A.D.M.A.; MIRANDA, P.R.; SABADIN, J.F.G.; KAMOGAWA, M.Y. Temperature effect in potassium and nitrate íons in soil transport. *Engenharia Agrícola*, v.28, p.438-447, 2008.

KONRAD, M. Efeito de sistemas de irrigação localizada sobre a produção e qualidade da acerola (*Malpighia spp*) na região da Nova Alta Paulista. 2002. 134 f. Dissertação (Mestrado em Sistema de Produção) Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2002.

MATOS, A.T. DE; GARIGLIO, H.A. DE A.; MONACO, P.A.V.L.O. Deslocamento miscível de cátions provenientes da vinhaça em colunas de solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* v.17, n.7, p.743-749, 2013.

NIELSEN, D. R.; BIGGAR, J. W. Miscible displacement: III, Theoretical considerations. *Soil Science Society of America Proceedings*, v.26, p.216-221, 1962.

NOVY QUADRI, M.G. Transferts de solutés dans les sols saturés et non saturés. Application au pentachloropérol. Grenoble, Université Joseph Fourier, 1993. 175p. (Tese de Doutorado).

RIBEIRO, G.M.; MAIA, C.E; MEDEIROS, J.F.de. Uso da regressão linear para estimativa da relação entre a condutividade elétrica e a composição iônica da água de irrigação. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, p.15-22, 2005.

SANTOS, A.B.; FAGERIA, N.K.; ZIMMERMANN, F.J.P. Atributos químicos do solo afetado pelo manejo da água e do fertilizante potássico na cultura de arroz irrigado. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.6, n.1, p.12-16, 2002.

SILVA, J.L.de.A.; ALVES, S.S.V.; NASCIMENTO, I.B.do.; SILVA, M.V.T.da.; MEDEIROS, J.F. Evolução da salinidade em solos representativos do agropólo mossoró-assu cultivado com meloeiro com água de diferentes salinidades. ACSA - Agropecuária Científica no Semiárido, v. 7, n. 4, p. 26 – 31, 2011.

Tabela 1. Parâmetros de transporte dos sais totais para os quatro blocos estudados utilizando-se o modelo computacional DISP

Bloco	P	R	D (cm ² min ⁻¹)	R ²	Rs	q (cm min ⁻¹)	ρ (kg dm ⁻³)	α (m ³ m ⁻³)	Vp (cm ³)
1	25,41	0,27	0,003	0,98	0,01	0,10	1,34	0,48	189,10
2	23,05	0,27	0,008	0,97	0,03	0,25	1,34	0,48	189,10
3	7,71	0,31	0,011	0,85	0,12	0,12	1,34	0,48	189,10
4	22,38	0,27	0,005	0,95	0,04	0,15	1,34	0,48	189,10

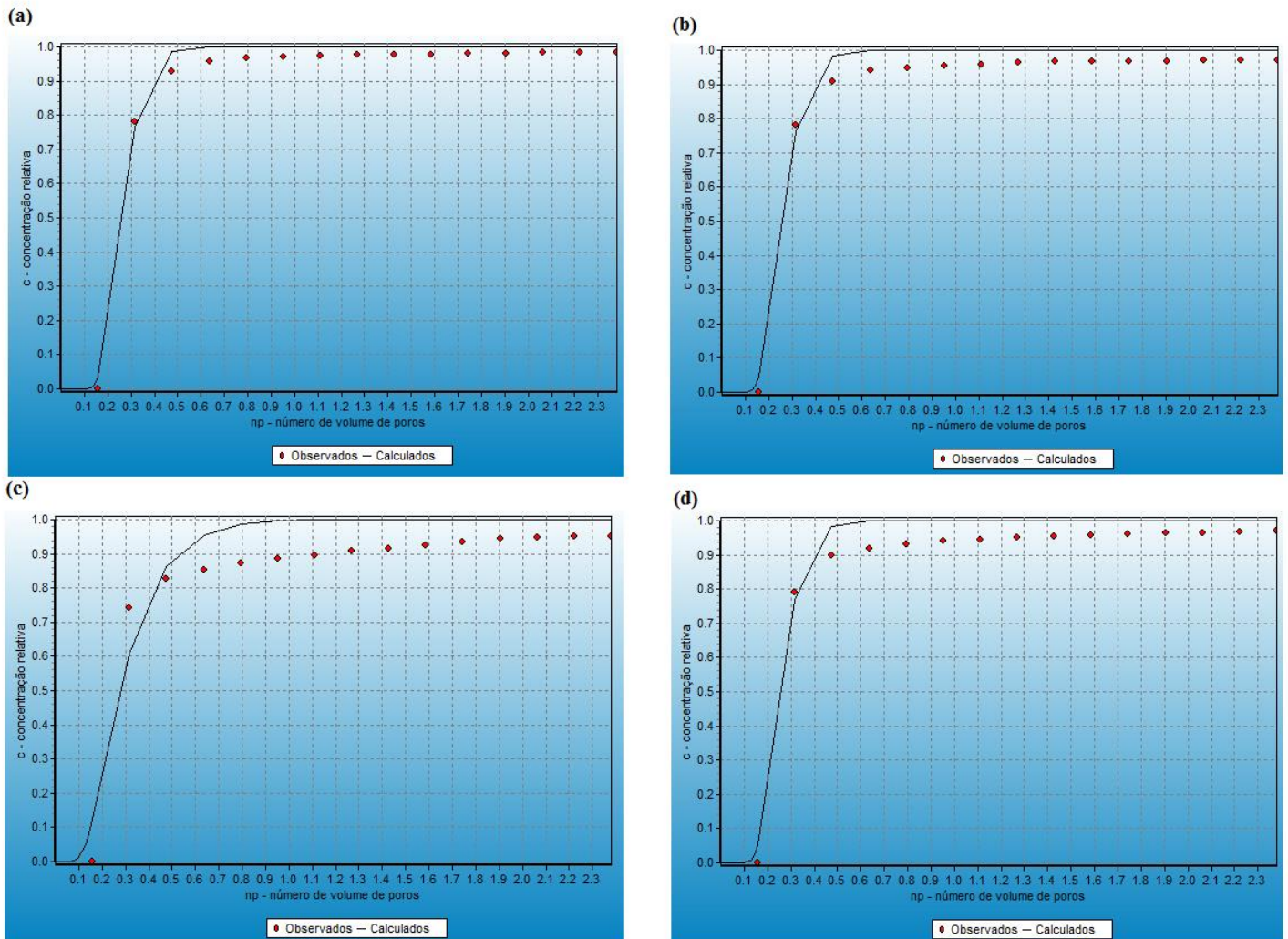


Figura 2. Curvas de distribuição de sais totais do solo (a partir da condutividade elétrica) observadas e ajustada pelo DISP, em que: (a) são os dados do bloco 1; (b) bloco 2; (c) bloco 3 e (d) bloco 4.