

## **DESLOCAMENTO DE SÓDIO DISPONÍVEL EM ÁGUAS DE REÚSO EM SOLOS PARAIBANOS**

ANTÔNIA SILANIA ANDRADE<sup>1\*</sup>, MARIA TERESA CRISTINA COELHO DO NASCIMENTO<sup>2</sup>,  
JOELMA SALES DOS SANTOS<sup>3</sup>, LUANA CRISTINA DE MEDEIROS<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Pós-Graduanda em Meteorologia, UFCG, Campina Grande-PB, silaniaandrade21@gmail.com

<sup>2</sup>Pós-Graduanda em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, teresacristina.eng@gmail.com

<sup>3</sup>Dr<sup>a</sup>. Prof<sup>a</sup>. UATEC, UFCG, Sumé-PB, joelma\_salles@yahoo.com.br

<sup>4</sup>Docente do Curso de Engenharia de Biossistemas, UFCG, Sumé-PB, luana.c\_medeiros@hotmail.com

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2018  
21 a 24 de agosto de 2018–Maceió-AL, Brasil

**RESUMO:** Objetivando avaliar os parâmetros de transporte fator de retardamento (R), coeficiente de dispersão-difusão (D) e as curvas de efluentes do íon sódio presentes nas águas residuárias de laticínio e doméstica tratada, realizou-se ensaios em colunas preenchidas com Regolítico Eutrófico e Nitossolo em laboratório. Através de frascos de Mariotte passou-se cerca de dois volumes de água destilada nas colunas e, em seguida, interligou-se outro frasco contendo as águas residuárias para ser lixiviado 3,5 volume de poros divididos em 20 alíquotas. Os efluentes obtidos das colunas foram encaminhados ao laboratório, e com os valores das concentrações relativas foram construídas as curvas de distribuição de efluentes para o soluto sódio. Os parâmetros de transportes foram calculados através do modelo computacional DISP (Programa para cálculo dos parâmetros de transporte de solutos no solo em deslocamento de fluidos miscíveis). Os resultados obtidos permitiram concluir que os fatores de retardamento para a água residuária de laticínio, apresentaram os maiores valores para o sódio no solo Nitossolo. Em relação aos coeficientes de dispersão-difusão, verificou-se que os maiores valores foram observados para o Neossolo Regolítico Eutrófico.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fator de retardamento, água residuária, coeficientes de difusão-dispersão.

### **DISTRIBUTION OF SODIUM AVAILABLE IN REOAL WATERS IN SOILS PARAIBANOS**

**ABSTRACT:** In order to evaluate the parameters of transport retardation factor (R), dispersive-diffusive coefficient (D) and the sodium ion effluent curves present in treated and dairy domestic wastewater, we performed tests on columns filled with Regolítico Eutrófico and Nitossolo in laboratory. Through bottles of Mariotte about two volumes of distilled water were passed on the columns and, then another vial containing the wastewater was interconnected to be leached 3.5 volume of pores divided into 20 aliquots. The effluents obtained from the columns were sent to the laboratory, and with the values of the relative concentrations foram construídas as curvas de distribuição de efluentes para o soluto sódio. The transport parameters were calculated using the computer model DISP (Program for calculating the transport parameters of solutes in soil in displacement of miscible fluids). The results obtained allowed us to conclude that the delay factors for dairy wastewater, presented the highest values for sodium in soil Nitosol. In relation to the dispersion-diffusion coefficients, it was verified that the highest values were observed for the Regolithic Eutrophic Neosol.

**KEYWORDS:** Retardation factor, wastewater, dispersive-diffusive coefficient.

### **INTRODUÇÃO**

A disposição no ambiente de resíduos produzidos em atividades agroindústrias tem resultado em inúmeros problemas ambientais como poluição de rios e do lençol freático. A utilização de águas residuárias na agricultura é uma forma alternativa de reduzir problemas ambientais, propiciados pelo lançamento das mesmas em cursos d'água, além de possibilitar um crescimento na produtividade agrícola, que decorre de fatores como: cultura, disponibilidade de nutrientes no efluente, demanda

nutricional das plantas e manejo. Toda via, a aplicação de águas residuárias na agricultura demanda o desenvolvimento e o aperfeiçoamento de técnicas que tendam à redução dos riscos de contaminação do solo e do produto agrícola (Souza et al., 2011).

Neste âmbito, os fatores que fundamentam a utilização de águas residuárias são a conservação da água disponível, sua vasta disponibilidade, possibilidade do aporte e reciclagem de nutrientes (minimizando o uso de fertilizantes químicos) além de cooperar para a preservação do meio ambiente (Medeiros et al., 2008). O movimento de solutos no solo resulta de fatores referentes às propriedades do meio poroso e suas interações, às propriedades do líquido percolante e às circunstâncias ambientais que interferem nos parâmetros de transporte dos solutos, como a temperatura. Entre os fatores que induzem o processo de migração e a retenção de substâncias químicas, podem ser evidenciados: o tipo de solo, capacidade de troca catiônica, espécies de cátions absorvidos, velocidade de percolação e teor de matéria orgânica; concentração do contaminante, existência de mais substâncias na solução percolante (Costa et al., 2000).

Os modelos de simulações podem propiciar melhor compreensão dos processos que acontecem no solo, relacionados ao deslocamento de solutos, constituindo-se em ferramentas aplicáveis a estudos de redução de impactos ao ambiente. Sendo assim, o objetivo desse trabalho é estudar o movimento do íon sódio presente em água residuária doméstica e de laticínio, em colunas de solo.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram realizados em colunas de percolação no Laboratório de Irrigação e Drenagem, LEID da Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, com as coordenadas geográficas: 7°15'18'' latitude sul, 35°52'28'' longitude oeste, altitude média de 550 m.

As colunas foram preenchidas a uma altura de 20 cm, com solo seco ao ar, destorreado e peneirado. Foi monitorado o preenchimento da coluna com os agregados de solo, de maneira a se atingir uma densidade próxima ou igual à encontrada em campo. As colunas de vidro (26,0 cm de altura e 6,0 cm de diâmetro interno), na extremidade inferior foi colocado um círculo feito com tela de nylon sobre tela, outro círculo feito com lã de vidro, para sustentação do material e deter a perda de solo durante os ensaios, presos à coluna com o auxílio de uma braçadeira de metal. Na parte superior da coluna, sobre o solo, foi colocada lã de vidro, para possibilitar melhor distribuição do líquido a ser percolado. Foram usados dois tipos de solos, classificados segundo a EMBRAPA (2013) como Nitossolo e Neossolo Regolítico Eutrófico, cuja caracterização físico-química encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1. Características físico-químicas das amostras de Neossolo Regolítico Eutrófico e Nitossolo utilizados nos ensaios

Solo	Características físicas						Dp	Pt		
	Areia	Silte	Argila	Ds	(g cm <sup>-3</sup> )					
	----- (%) -----									
Neossolo	92,60	5,40	2,0	1,52			2,66	0,43		
Nitossolo	68,60	15,18	16,22	1,40			2,74	0,49		
Características químicas										
	pH	P	K	Na	Ca	Mg	H <sup>+</sup> +Al <sup>+</sup>	CTC <sup>1</sup>	SB <sup>2</sup>	MO <sup>3</sup>
		mg dm <sup>-3</sup>								g kg <sup>-1</sup>
		----- cmol dm <sup>-3</sup> -----								
Neossolo	4,97	4,97	43,10	0,06	0,55	0,30	1,65	2,67	1,02	4,06
Nitossolo	5,9	2,62	0,30	0,12	1,36	1,75	3,53	2,67	5,10	6,50

Ds = Densidade do solo; Dp = Densidade das partículas; Pt = Porosidade total; <sup>1</sup>CTC: Capacidade de Troca Catiônica; <sup>2</sup>SB: Soma de Bases Trocáveis e <sup>3</sup>MO.: Matéria Orgânica

Após a confecção, cada coluna foi colocada em um recipiente de plástico, preenchido até 2/3 da altura da coluna de solo com água destilada e deixadas em repouso por um período de 36 horas. Nos ensaios foram usadas duas qualidades de águas residuárias: agroindústria de laticínio e a água residuária doméstica tratada, onde a caracterização química encontra-se na Tabela 2.

Tabela 2. Análise química da água residuária doméstica tratada (ARD) e da água residuária de laticínio (ARL) utilizadas nos ensaios com as colunas de solo\*

Água	pH	CE dS m <sup>-1</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	RAS
							mmolc L <sup>-1</sup>				
ARD	8,21	1,84	3,80	3,65	11,13	1,13	0,39	1,40	12,30	13,70	5,77
ARL	5,17	3,90	6,62	7,21	18,38	7,33	presença	22,15	8,50	22,15	6,99

\*Realizada no Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB

Após a saturação as colunas foram ligadas a um frasco de Mariotte contendo água destilada, por período suficiente para passar aproximadamente dois volumes de poros, mantendo-se uma lâmina constante de 4,0 cm acima do solo. Após serem percolados os dois volumes de poros de água destilada e sua completa infiltração no solo, a coluna foi interligada a outro frasco de Mariotte contendo a água residuária e se mantendo, também, a lâmina de 4,0 cm de água na superfície.

O volume de poros de cada coluna foi determinado pela equação:

$$V_p = \pi r^2 h \left( 1 - \frac{D_s}{D_p} \right)$$

Em que: V<sub>p</sub> – volume de poros (cm<sup>3</sup>)

r – raio da coluna (cm)

h – comprimento da coluna (cm)

D<sub>s</sub> – densidade do solo (g cm<sup>-3</sup>)

D<sub>p</sub> – densidade das partículas (g cm<sup>-3</sup>)

O monitoramento da água percolada por meio das colunas foi iniciado com a lixiviação da primeira gota de água em sua extremidade inferior, após a total infiltração da água destilada no solo. Foi aplicado 3,5 número de volumes de poros da água residuária em cada coluna, divididos em 20 alíquotas de 0,15 volume de poros do efluente, as quais foram coletadas em proveta de 50 mL e acondicionadas em frascos plásticos de 100 mL, em seguida foram determinadas as concentrações do íon sódio por fotometria de emissão de chama.

A partir das concentrações do sódio no efluente (C), foram calculadas as concentrações relativas (C/Co) para cada um dos íons, em que Co é a concentração desses cátions na água residuária de laticínio. Conhecendo-se a relação C/Co se construíram curvas de efluentes para cada um dos íons e para a condutividade elétrica relativa.

O fluxo (q) de cada coluna foi calculado por meio da relação:

$$q = \frac{Q}{A} = \frac{V_e}{At}$$

Em que: q – fluxo (cm min<sup>-1</sup>)

Q – vazão (cm<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>)

A – seção transversal da coluna (cm<sup>2</sup>)

V<sub>e</sub> – volume total de efluente (cm<sup>3</sup>)

t – intervalo de tempo para coletar o volume V<sub>e</sub> (h)

A velocidade de avanço da solução percolante para cada solo foi determinada empregando-se a equação:

$$V_f = \frac{q}{\alpha}$$

Em que: V<sub>f</sub> – velocidade de avanço (cm h<sup>-1</sup>)

q – fluxo (cm min<sup>-1</sup>)

α – porosidade total (cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>)

Os fatores de retardamento e o coeficiente dispersivo-difusivo, foram determinados utilizando-se o modelo computacional DISP (Programa para cálculo dos parâmetros de transporte de solutos no solo em deslocamento de fluidos miscíveis), Borges Júnior & Ferreira (2006); com ele foi feito o ajuste das curvas dos efluentes.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios de volume de poros, fluxo e velocidade média de avanço das soluções alcançadas durante os ensaios com as colunas preenchidas com os solos Nitossolo e Neossolo Regolítico Eutrófico e lixiviadas com águas residuárias doméstica tratada e de laticínio, encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3. Valores médios das características volume de poros, fluxo e velocidade de avanço da solução nas colunas de solo, verificados para os ensaios com as águas de reuso

Características físico-hídricas	Solos	
	Nitossolo	Neossolo Regolítico Eutrófico
	<b>Água Residuária Doméstica Tratada</b>	
Volume de poros (cm <sup>3</sup> )	348,89	262,82
Fluxo (cm h <sup>-1</sup> )	24,68	3,57
Velocidade de avanço (cm h <sup>-1</sup> )	50,37	8,31
	<b>Água Residuária de Laticínio</b>	
Volume de poros (cm <sup>3</sup> )	348,89	262,82
Fluxo (cm h <sup>-1</sup> )	20,57	4,37
Velocidade de avanço (cm h <sup>-1</sup> )	41,98	10,18

Os maiores valores obtidos, tanto para o fluxo como para a velocidade de avanço das águas residuárias doméstica tratada e de laticínio, foram constatados quando as colunas foram preenchidas com Nitossolo. Esses resultados estão coerentes com os valores de porosidade e volume de poros verificados para este solo. A velocidade de avanço do fluxo nas colunas preenchidas com os solos é composta de acordo com as características do solo e das soluções que estão sendo utilizadas no solo. Portanto, as qualidades das águas residuárias também influenciaram na velocidade de avanço sendo o Nitossolo o que demonstrou maiores valores independente do tipo de água.

Nota-se que, quanto menor a velocidade de avanço da solução na coluna de solo maior é o tempo de contato entre os íons e os colóides do solo, podendo haver maior retenção dos solutos ocasionando aumento no fator de retardamento, evento perceptível para o solo Neossolo Regolítico Eutrófico, o qual apresenta velocidade de avanço de 8,31 e 10,18 cm h<sup>-1</sup>, para ARD e ARL, respectivamente, e maiores valores de fator de retardamento para ambas as águas e íon estudado. O fator de retardamento de um soluto representa o deslocamento da curva de efluente para a direita (quando maior que 1) ou para a esquerda (quando menor que 1), indicando a interação solo-soluto. Evento similar foi verificado por Santos et al. (2010) que alegaram haver uma correlação direta dos valores obtidos para coeficiente de dispersão-difusão com a velocidade de avanço da solução.

Tabela 4. Valores médios dos fatores de retardamento (R) e coeficientes de dispersão-difusão (D) calculados para as curvas de efluente das concentrações de sódio

Tipos de Água	Nitossolo		Neossolo Regolítico Eutrófico	
	R	D	R	D
Residuária Doméstica Tratada	1,187	62,9986	2,175	30,1033
Residuária de Laticínio	1,841	134,4922	1,979	84,6363

Nas Figuras 1 e 2 estão às curvas de efluentes das águas residuárias de laticínio e doméstica tratada para o íon sódio, obtida para os solos Neossolo Regolítico Eutrófico e Nitossolo.

As curvas foram ajustadas por meio do programa DISP aos dados obtidos em laboratório, onde observa-se que as curvas de efluentes para o sódio, obtidas para o Nitossolo e para o Neossolo Regolítico Eutrófico, Figuras 1 e 2 respectivamente, de maneira geral, o comportamento se assemelha.

O efeito de adsorção do íon sódio no Neossolo Regolítico Eutrófico quando utilizado água residuária doméstica tratada, pode ser observado pela curva de distribuição de efluente desse íon (Figura 2).

Quando a curva de efluente se mostra mais inclinada para a direita indica maior interação solo-soluto, apresentando fatores de retardamento maior que 1, o que pode ser observado no Figura 2 mostrando coerência com os valores para ambas as águas e os solos.

As curvas de distribuição de efluentes analisadas para os dois tipos de solos e quando lixiviados com as duas águas residuárias usadas nas lixiviações mostraram tendência de deslocamento para a direita ( $R > 1$ ), indicando maior interação solo-soluto.

Figura 1 - Curvas de efluente para o sódio, ajustadas utilizando o programa computacional DISP, para o solo Nitossolo e as águas residuárias doméstica tratada e de laticínio

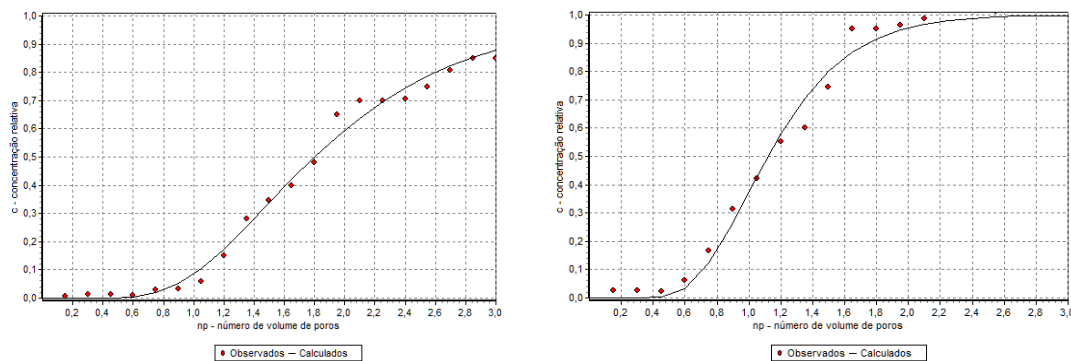
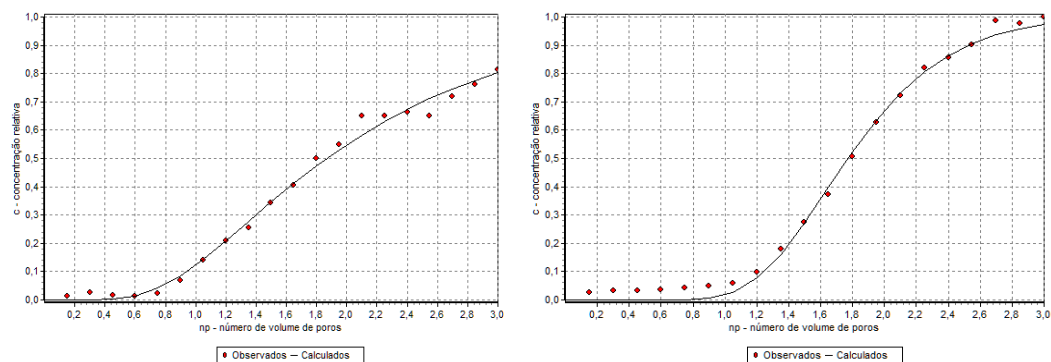


Figura 2 - Curvas de efluente para o sódio, ajustadas utilizando o programa computacional DISP, para o solo Neossolo Regolítico e as águas residuárias doméstica tratada e de laticínio



## CONCLUSÃO

1. Os valores mais elevados dos fatores de retardamento ocorreram para o solo com menor porosidade, indicando maior retenção do íon sódio, neste solo.

2. Os maiores valores dos coeficientes dispersivos-difusivos foram determinados para Neossolo Regolítico Eutrófico independente do tipo de água residuária utilizada nos ensaios.

## REFERÊNCIAS

- Borges Junior, J. C. F.; Ferreira, P. A. Equações e programa computacional para cálculo do transporte de solutos no solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.10, p.604-611, 2006.
- Costa, R. H. R.; Bavaresco, A. S. L.; Medri, W.; Philippi, L. S. Tertiary treatment of piggery waste in water hyacinth ponds. *Water Science and Technology*, London, v.42, n.10-11, p. 211-214, 2000.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. Brasília, 353p, 2013.
- Medeiros, S. S.; Soares, A. A.; Ferreira, P. A.; Neves, J. C. L.; Souza, J. A. Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: Estudo do estado nutricional do cafeeiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.12, n.2, p.109-115, 2008.
- Santos, J. S.; Lima, V. L. A. de; Borges Júnior, J. C. F.; Silva, L.V. B. D.; AZevedo, C. A. V. de. Mobilidade de solutos em colunas de solo com água residuária doméstica e de suinocultura. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, p.1226-1233, 2010.
- Souza, J. A. A.; Batista, R. O.; Ramos, M. M.; Soares, A. A. Contaminação microbológica do perfil do solo com esgoto sanitário. *Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal*. v. 33, n. 1, p. 5-8, 2011.