

USO DE COLUNAS DE ELUIÇÃO PARA VERIFICAR A DINÂMICA DO SÓDIO EM DIFERENTES SOLOS DO CERRADO ATRAVÉS DE FETIRRIGAÇÃO DE DIFERENTES FONTES

Wilker Alves Morais¹, Fernando Rodrigues Cabral Filho², Gustavo Vieira da Silva³, Oswaldo Palma Lopes Sobrinho⁴, Gustavo Castoldi⁵, Carlos Ribeiro Rodrigues⁶

RESUMO: A salinização do solo pode ser uma das consequências da ausência de um manejo de irrigação e de um sistema de drenagem funcional, o que pode impossibilitar o desenvolvimento adequado da maioria das culturas. Objetivou-se evidenciar o comportamento do íon sódio presente nas fontes cloreto de potássio, vinhaça e Poly4 ao longo do perfil superficial de um Latossolo argiloso e um Neossolo. O experimento foi conduzido nos laboratórios de Hidráulica e Irrigação e Química do Solo, pertencentes ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, Goiás, Brasil. Foram utilizados Latossolo Vermelho distroférrico, de textura argilosa e, um Neossolo Quartzarenico Ortico típico. Foram utilizadas colunas de PVC rígido, sendo aplicadas os fertilizantes: cloreto de potássio, Poly4 e vinhaça. Foram coletadas amostras de efluente de 30 ml para determinação de sódio. Utilizou-se o programa computacional DISP para cálculo dos parâmetros de transporte de solutos no solo: fator de retardamento, coeficiente dispersivo-difusivo e curva de eluição. A fonte vinhaça demonstra a menor concentração do íon sódio no efluente coletado após as colunas de solo, demonstrando uma menor lixiviação deste íon para a fonte vinhaça, quando comparada com as fontes cloreto de potássio e Poly4.

PALAVRAS-CHAVE: fertilidade do solo, Latossolo argiloso, Neossolo

¹ Pós-Doutorando em Ciências Agrárias - Agronomia, Instituto Federal Goiano, campus Rio Verde, Fone: (64) 3620-5600, E-mail: wilker.alves.morais@gmail.com.

² Doutorando em Ciências Agrárias - Agronomia, Instituto Federal Goiano, campus Rio Verde, Fone: (64) 3620-5600, E-mail: fernandorcfilho@hotmail.com.

³ Mestrando em Ciências Agrárias - Agronomia, Instituto Federal Goiano, campus Rio Verde, Fone: (64) 3620-5600, E-mail: gustavovieira620@gmail.com.

⁴ Doutorando em Ciências Agrárias - Agronomia, Instituto Federal Goiano, campus Rio Verde, Fone: (64) 3620-5600, E-mail: oswaldo-palma@hotmail.com.

⁵ Doutorado em Agricultura, Instituto Federal Goiano, campus Rio Verde, Fone: (64) 3620-5600, E-mail: gustavo.castoldi@ifgoiano.edu.br.

⁶ Pós-Doutorado em Ciências Agrárias - Agronomia, Instituto Federal Goiano, campus Rio Verde, Fone: (64) 3620-5600, E-mail: carlosrrodrigues@gmail.com.

USE OF ELUTION COLUMNS TO CHECK THE SODIUM DYNAMICS IN DIFFERENT SOILS IN THE CERRADO THROUGH FERTIRRIGATION FROM DIFFERENT SOURCES

ABSTRACT: Soil salinization can be one of the consequences of the lack of irrigation management and a functional drainage system, which can prevent the adequate development of most crops. The objective was to show the behavior of the sodium ion present in the sources of potassium chloride, vinasse and Poly4 along the surface profile of a clayey Oxisol and a Neossol. The experiment was conducted in the Hydraulics and Irrigation and Soil Chemistry laboratories, belonging to the Federal Goiano Institute - Rio Verde Campus, Goiás, Brazil. Dystrophic Red Latosol, with a clayey texture and a typical Orsico Quartzarenico Neossolo were used. Rigid PVC columns were used and fertilizers were applied: potassium chloride, Poly4 and vinasse. Effluent samples of 30 ml were collected to determine sodium. The computer program DISP was used to calculate the parameters of solute transport in the soil: delay factor, dispersive-diffusive coefficient and elution curve. The vinasse source shows the lowest concentration of sodium ion in the effluent collected after the soil columns, demonstrating a lesser leaching of this ion to the vinasse source, when compared to the potassium chloride and Poly4 sources.

KEYWORDS: soil fertility, clayey Oxisol, Neossol

INTRODUÇÃO

O cloreto de potássio (KCl) é a principal fonte mineral utilizada no país, sendo, essa a fonte mais economicamente viável (SILVA et al., 2016), sendo é um sal altamente solúvel, o que agrava os efeitos deletérios citados dependendo do manejo adotado (VILELA et al., 2004; RESENDE et al., 2006). Outras fontes de potássio são utilizadas em diversas culturas, sejam elas orgânicas ou minerais, e que podem amernizar estes problemas. Na cultura da cana-de-açúcar, a vinhaça é a principal fonte de potássio, a aplicação se dá principalmente na forma de fertirrigação.

Modelos de simulação podem ser usados para entender o comportamento dos diferentes solutos no solo. Conforme ressalta Silva et al. (2016), modelos de simulação podem proporcionar um entendimento melhor dos processos de deslocamento de solutos no solo, constituindo-se em ferramentas aplicáveis a estudos de minimização de impactos ambientais. O sucesso da simulação e resolução das equações que predizem o deslocamento de solutos no

solo é necessário à determinação dos parâmetros de transporte que influenciam na relação solo-soluto. De acordo com Matos et al. (2013), a avaliação da mobilidade dos íons no solo pode ser realizada através de técnicas baseadas em deslocamento de fluidos miscíveis e recursos computacionais, como o programa computacional Disp-1.1, desenvolvido por Borges Júnior & Ferreira (2006).

Partindo da hipótese de que as fontes de potássio aplicadas no solo arenoso possui maior potencial de perda de nutrientes no perfil do solo do Cerrado e que há diferenças na dinâmica e teores dos nutrientes dependendo da fonte utilizada, objetivou-se evidenciar o comportamento do íon sódio presente nas fontes cloreto de potássio, vinhaça e Poly4 ao longo do perfil superficial de um Latossolo argiloso e um Neossolo.

MATERIAL E MÉTODOS

Instalação do experimento

O experimento foi conduzido nos laboratórios de Hidráulica e Irrigação e Química do Solo, pertencentes ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, Goiás, Brasil. Foram utilizados dois tipos de solos, o primeiro (Solo A) foi coletado em área de fazenda pertencente ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, Goiás, classificado como Latossolo Vermelho distroférico (LVdf), de textura argilosa segundo o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (SANTOS et al., 2018) e, com classificação correlata na Soil Taxonomy (USDA, 1999) Oxisols e, na WRB/FAO (2015) Ferralsols. O segundo solo (Solo B), foi classificado como Neossolo Quartzarenico Ortico típico (NQo), segundo o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (SANTOS et al., 2018) e, com classificação correlata na Soil Taxonomy (1999) Entisols (Quartzipsamments) e, na WRB/FAO (2015) Arenosols.

Foram coletadas amostras deformadas de cada solo nas camadas de 0,0-0,2 m de profundidade. Inicialmente foram determinados os parâmetros físicos e químicos dos solos, conforme metodologias descritas por Teixeira et al. (2017) (Embrapa) (Tabela 1), para posterior preenchimento das colunas de solo.

Tabela 1. Características físico-químicas do Latossolo Vermelho distroférico (LVdf) e Neossolo Quartzarenico Ortico típico (NQo), na camada 0,0-0,2 m

Solo	Ca	Mg	Al	H+Al	K	K	P	CaCl ₂
	cmol _c dm ⁻³				mg dm ⁻³			pH
LVdf	2,00	0,80	0,05	6,9	0,08	31	1,8	4,76
NQo	1,71	0,64	0,04	1,64	0,03	10	21,38	5,1
Solo	Textura (%)			M.O. ^a	CTC ^b	SB ^c	V% ^d	m% ^e
	Argila	Silte	Areia	g dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	Sat. Bases	Sat. Al	
LVdf	60	10	30	44,4	9,8	2,9	29	1,7
NQo	11	2	87	14,5	4,02	2,38	59,2	1,7

P (Fósforo) e K (Potássio): Melich 1; Ca (Cálcio), Mg (magnésio) e Al (Alumínio): KCl 1 mol L⁻¹; M.O. (Matéria orgânica): Método colorimétrico.

^aMatéria orgânica; ^bCapacidade de troca cationica; ^csoma de bases; ^dsaturação de bases; ^esaturação de alumínio.

Foram aplicados nestes solos, as fontes de potássio: Cloreto de potássio (CP) (colunas 2 e 3), Poly4 (PL) (colunas 4 e 5) e Vinhaça (VC) (colunas 6 e 7), sendo, duas repetições (duas colunas de solo), além, de um tratamento apenas com água deionizada. Todas as fontes foram diluídas a uma concentração de 2,7 g de potássio por litro.

As amostras dos diferentes solos foram levadas ao laboratório, destorroadas, peneiradas em uma malha de 2 mm e preparadas utilizando-se a metodologia TFSA (terra fina seca ao ar). Foram utilizadas colunas de policloreto de vinil (PVC) rígido com as dimensões de 0,25 m de altura e 0,07 m de diâmetro. Sendo estas preenchidas até a altura de 0,2 m, resultando em um volume de solo de 805,28 cm³. O preenchimento das colunas foi realizado de forma a manter a densidade do solo o mais próximo do encontrado a campo, conforme Tabela 2.

Tabela 2. Valores médios das características das colunas preenchidas com Latossolo Vermelho distroférrico (LVdf) e Neossolo Quartzarenico Ortico típico (NQo)

Coluna ^a	Solo (g)	Ds ^b (g cm ⁻³)
1A	929,50	1,15
1B	1274,07	1,58
2A	949,45	1,18
2B	1304,46	1,62
3A	959,03	1,19
3B	1242,40	1,54
4A	946,67	1,18
4B	1289,99	1,60
5A	948,13	1,18
5B	1280,12	1,59
6A	954,93	1,19
6B	1321,92	1,64
7A	929,40	1,15
7B	1326,77	1,65

^a1: Água deionizada; 2 e 3: Cloreto de potássio; 4 e 5: Poly4; 6 e 7: Vinhaça. A: Latossolo; B: Neossolo.

^bDs – densidade do solo.

Fontes de potássio

A vinhaça utilizada no experimento foi coletada na usina Raízen – Unidade Jataí. A coleta foi realizada na unidade de saída, após passagem pela produção e sistema de resfriamento, mas antes de ser destinada aos canais de transporte no campo, o que evitou contaminação ou adição de partículas de solo, com a concentração de 27 g L⁻¹ de potássio

O cloreto de potássio utilizado foi o granulado vermelho, com teor de potássio de 60% e o Poly4 (Polihalito), 14% de potássio.

Curva de eluição

Antes de iniciar o teste, as colunas de solo foram lentamente saturadas com água deionizada pelo processo de capilaridade, utilizando-se um recipiente plástico. Para tanto, as colunas foram dispostas de forma inclinada, com água destilada até 2/3 da altura, permanecendo

em repouso por 48 horas para completar a saturação por capilaridade. Após esse período, as colunas foram fixadas em um suporte metálico, sendo instalado acima delas o reservatório de efluente contendo água destilada, em seguida, iniciou-se o teste com a lavagem do solo por um período de 4 horas para retirada dos nutrientes presentes no mesmo. Substituiu-se o fornecimento de água destilada pelas fontes de potássio, iniciando a partir desse ponto a coleta manual dos volumes da solução após percorrer a coluna de solo e a cronometragem do tempo.

Os volumes coletados foram de 30 ml, definidos em função do volume total de poros (assumida em termos gerais em torno de 50%) e da quantidade necessária para serem realizadas as análises dos componentes químicos. Dessa forma, cada frasco representou aproximadamente 0,05 volumes de poros (em relação ao volume total da coluna preenchida com solo), proporcionando um bom refinamento para elaboração das curvas de eluição. O volume total de efluente coletado variou de 1,80 a 3,60 número de volume de poros (NVP) (Equação 1).

$$NVP = \frac{V_e}{V_p} \quad (1)$$

em que:

NVP – número de volume de poros, adimensional;

V_e – volume de efluente coletado, m³;

V_p – volume de poros da coluna, m³.

O volume de poros e o fluxo de água e solutos de cada coluna foi calculado utilizando-se as Equações 2 e 3.

$$V_p = PT \times V \quad (2)$$

em que:

V_p – volume de poros, m³;

PT – porosidade total, m³ m⁻³;

V – volume de solo da coluna, m³.

$$q = \frac{Q}{A} = \frac{V_e}{V_t} \quad (3)$$

em que:

q – fluxo, cm h⁻¹;

Q – vazão, cm³ h⁻¹;

A – área da seção transversal da coluna, cm²;

V_e – Volume total de efluente, cm³;

T – Intervalo de tempo para coletar o volume V_e .

Após a coleta, as amostras foram submetidas a análises em laboratório, utilizando o fotometro de chamas para determinação do sódio (Na), no Laboratório de Química do Solo, do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, Goiás.

Por último, foi utilizado o programa computacional DISP-1.1 para cálculo dos parâmetros de transporte de solutos no solo em deslocamento de fluidos miscíveis (BORGES JÚNIOR & FERREIRA, 2006). Assim, foi possível obter o fator de retardamento (R), o coeficiente dispersivo-difusivo (D) e o número de Peclet (P), cujos parâmetros de entrada são: número de observações (valores observados de concentração relativa - C/C_0 , em função do número de volume de poros - NVP), umidade de saturação (decimal), densidade do solo (g cm^{-3}), fluxo (cm h^{-1}), comprimento da coluna de solo (cm) e concentração inicial do soluto no solo e na solução aplicada (g L^{-1}).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1, encontram-se os dados observados com relação a concentração relativa (C/C_0) sódio (Na) no Latossolo Vermelho distroférico (LVdf) e Neossolo Quartzarenico Ortico típico (NQo), quando se aplicada apenas água deionizada. Estes dados foram utilizados nas correções das C/C_0 de Na, oriundos das fontes cloreto de potássio (CP), Poly4 (PL) e vinhaça (VC), para confecção das curvas de eluição apresentada na Figura 2.

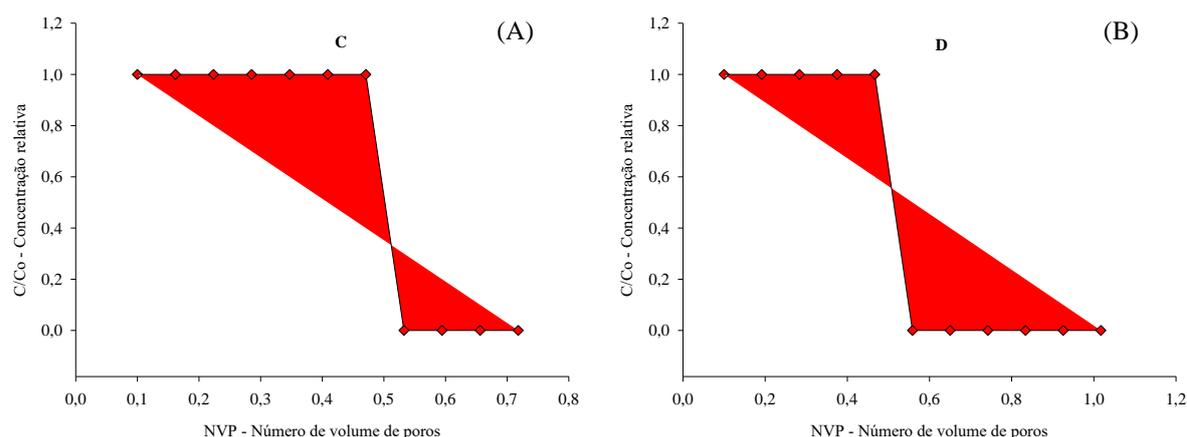


Figura 1. Concentração relativa de sódio (1A e 1B) em função do número de volume de poros (NVP) no Latossolo Vermelho distroférico (LVdf) (1A) e Neossolo Quartzarenico Ortico típico (NQo) (1B), quando aplicada a água deionizada.

Estes dados evidenciam que o íon Na, sua C/C_0 foi zerada em ambos os solos estudados, nos valores 0,53 e 0,56 NVP (Figura 1A e 1B).

Tamanho dos agregados, textura do solo e o tipo do mineral de argila, são fatores que influenciam no transporte destas bases no solo (MIRANDA et al., 2005). Sendo que, solos de

Cerrado altamente intemperizados de textura média e argilosa, como LVdf em estudo, apresentam grande afinidade com as bases do solo (Na) (RAIJ, 1986), o que pode reduzir ou retardar a lixiviação das mesmas, como observado na Figura 1.

Os valores médios dos parâmetros para o íon Na simulados pelo programa DISP-1.1 são apresentados na Tabela 3, tais como fator de retardamento (R), coeficiente dispersivo-difusivo (D), número de Peclet (P) e coeficiente de determinação (R^2). No LVdf a fonte PL apresentou o maior valor de P, enquanto a fonte VC apresentou os maior valor de R e, a fonte CP apresentou o maior valor de D. No NQo a fonte VC apresentou o maior valor de P, enquanto a fonte PL apresentou os maiores valores de R e D.

Tabela 3. Valores do número de Peclet (P), fator de retardamento (R) e coeficiente dispersivo-difusivo (D) do íon sódio no Latossolo Vermelho distroférico (LVdf) e Neossolo Quartzarenico Ortico típico (NQo), para as fontes cloreto de potássio, Poly4 e vinhaça

Solo	Parâmetros	Cloreto de potássio	Poly4	Vinhaça
LVdf	P	0,100	178,810	0,500
	R	4,379	0,199	11,100
	D (cm ² h ⁻¹)	509,600	0,402	99,680
	R ²	0,304	0,606	0,700
NQo	P	0,060	0,040	118,11
	R	4,619	6,430	0,247
	D (cm ² h ⁻¹)	1234,000	1840,000	0,620
	R ²	0,480	0,570	0,990

LVdf: Latossolo Vermelho distroférico; NQo: Neossolo Quartzarenico Ortico típico.

P: Número de Peclet; R: Fator de retardamento; D: Coeficiente dispersivo-difusivo; R²: Coeficiente de determinação.

Nota-se, com base nos valores de D, que o íon Na no LVdf apresentou a maior mobilidade para a fonte CP, enquanto para no solo NQo a maior mobilidade foi observada na fonte PL. O Na apresentou o maior valor de R no solo LVdf para a fonte vinhaça quando comparado ao solo NQo, enquanto para as fontes cloreto de potássio e Poly4 o íon sódio apresentou os maiores valores de R no solo NQo.

Diferentemente do que se esperava, o R foi maior no solo NQo em relação ao observado no LVdf, para as fontes CP e PL, porém, o efeito de dispersão e difusão do íon neste solo foi extremamente alto, o que pode ter compensado o retardamento.

Houve influencia das fontes na dinâmica do íon Na no solo arenoso. Para o solo argiloso, esse comportamento foi heterogêneo, o que evidencia influencia das diferenças químicas entre os íons, o que, em solo argiloso, devido as interações de troca catiônica mais acentuadas, as características do íon (concentração na solução e preferencia no sítio de troca), passam a ser bastante importantes no processos de difusão, dispersão e retenção.

Observa-se na Figura 2A e 2B que o limite inferior e superior para as inflexões da curva no LVdf e no NQo para a fonte CP corresponderam a aproximadamente 0,05 e 0,8 NVP e 0,05 e 0,6 NVP, representando uma concentração de Na no efluente de 50,5 e 202 mg dm⁻³ e 0,0 e 202 mg dm⁻³, respectivamente. Para a fonte PL o limite inferior e superior para as inflexões da

curva no LVdf e no NQo corresponderam a aproximadamente 0,15 e 0,3 NVP e 0,05 e 1,2 NVP, representando uma concentração de Na no efluente de 0,0 e 707 mg dm⁻³ e 202 e 707 mg dm⁻³ (Figura 2C e 2D), respectivamente. Equanto que para a fonte VC o limite inferior e superior para as inflexões da curva no LVdf e no NQo corresponderam a aproximadamente 0,05 e 1,2 NVP e 0,2 e 0,4 NVP, representando uma concentração de Na no efluente de 1 e 61 mg dm⁻³ e 0,0 e 61 mg dm⁻³ (Figura 2E e 2F), respectivamente.

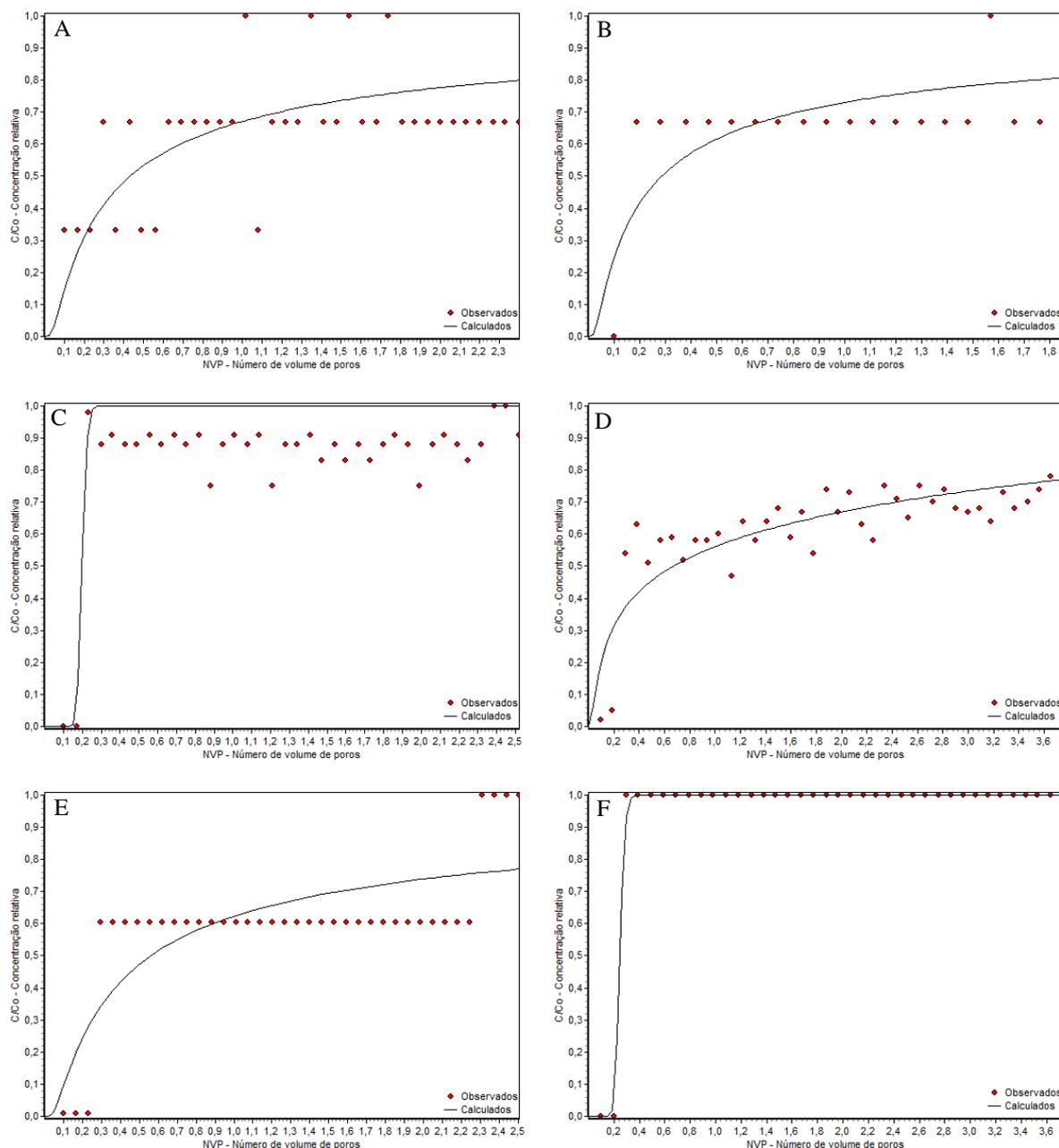


Figura 2. Curva de eluição da concentração relativa de sódio no Latossolo Vermelho distroférrico (LVdf) (A, C e E) e Neossolo Quartzarenico Ortico típico (NQo) (B, D e F), para a fonte cloreto de potássio (A e B), Poly4 (C e D) e vinhaça (E e F).

Foi observado maior deslocamento para a direita na curva de eluição do Na para o LVdf (Figura 2A) quando comparado com o NQo (Figura 2B), indicando que o íon Na oriundo da

fonte CP foi retido com maior intensidade no solo de textura argilosa. O mesmo comportamento foi observado para o íon Na oriundo da fonte VC (Figura 2E e 2F). Contudo, em ambos os solos e independente da fonte aplicada, não ocorreu diferença na lixiviação do íon NA.

Segundo Franco et al. (2017) o solo argiloso possui maior capacidade de reter sais do que o solo arenoso, corroborando com os resultados encontrados Na, independentemente da fonte utilizada.

Conforme as curvas de eluição de Na apresentadas nas Figuras 2, a fonte VC obteve as menores concentrações dos íons no efluente coletado para ambos os solos, o que evidencia o efeito de interação da matéria orgânica presente na vinhaça, com os nutrientes catiônicos, devido a presença de cargas negativas na matéria orgânica. Segundo Campos et al. (2011) a elevação da matéria orgânica em solos favorece o aumento da capacidade de troca catiônica, principalmente em solos arenosos (NQo), onde, o processo de lixiviação é mais acentuado. A fonte PL apresentou a maior concentração de Na no LVdf e NQo.

Como evidenciado neste estudo, a fonte Poly4 foi a que apresentou maior lixiviação de Na, sendo, uma fonte rica em sulfato, o que torna sua utilização de forma cuidadosa, principalmente em solo arenoso, como no caso do NQo.

CONCLUSÕES

A fonte vinhaça demonstra a menor concentração dos íons sódio no efluente coletado após as colunas de solo, demonstrando uma menor lixiviação dos íons para a fonte vinhaça, quando comparada com as fontes cloreto de potássio e Poly4.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos colaboradores do laboratório de hidráulica e irrigação e ao grupo de pesquisa AGRICE (Agricultura Irrigada em Área de Cerrado). Os autores também agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG) e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Rio Verde, pelo apoio financeiro e estrutural para a condução deste estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.
- CAMPOS, L. P.; LEITE, L. F. C.; MACIEL, G. A.; IWATA, B. de F.; NÓBREGA, J. C. A. Atributos químicos de um Latossolo Amarelo sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 1681-1689, 2011.
- FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **World reference base for soil resources 2014**: International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. Update 2015. Rome, 192p., 2015.
- FRANCO, E. M.; MIRANDA, J. H.; DUARTE, S. N.; DIAS, N. S.; BISSI JÚNIOR, C. J.; FERNANDES, C. S. Percolação de solutos em solo fertirrigado por gotejamento, utilizando extratores de solução. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 1, p. 1180-1190, 2017.
- MATOS, A. T. de; GARIGLIO, H. A. de A.; LO MONACO, P. A. V. 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.
- 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**, v. 25, n. 3, p. 677-685, 2005.
- RAIJ, B. V. **Simpósio Avançado de Química e Fertilidade do Solo**: Propriedades Eletroquímicas de Solos. Campinas: Fundação Cargill. 1986. p.9-39.
- RESENDE, A. V.; MARTINS, E. S.; OLIVERA, C. G.; SENA, M. C.; MACHADO, C. T. T.; KIMPARA, J. D.; OLIVEIRA FILHO, E. C. Suprimento de potássio e pesquisa de uso de rochas “*in natura*” na agricultura brasileira. **Espaço e Geografia**, v. 9, n. 1.p. 19-42, 2006.
- SANTOS, H. G. dos; JACOMINE P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBREERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A de; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Embrapa; Brasília, DF; 5 Ed. rev. amp; 2018.

SILVA, E. L. **Adubação potássica na cultura da soja cultivada na região de Cerrado maranhense**. Chapadinha-MA, UFMA, 2016. 31 p. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Agronomia).

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 3ª edição revista e ampliada. Embrapa, Brasília, DF, 574p., 2017.

USDA - United States Department of Agriculture Natural Resources Conservation Service. **Soil Taxonomy: A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys**. Second Edition, 863 p., 1999.

VILELA, L.; SOUSA, D. M. G. de; SILVA, J. E. Adubação potássica. In.: SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. (Eds.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. Cap. 7, p. 169-183.