

CURVA DE ELUIÇÃO DE VINHAÇA FERTIRRIGADA EM SOLO DE CERRADO

NELMÍCIO FURTADO DA SILVA¹, FERNANDO R. CABRAL FILHO², FERNANDO NOBRE CUNHA³, LEONARDO NAZÁRIO DOS SANTOS⁴, MARCONI BATISTA TEIXEIRA⁵, FREDERICO A. LOUREIRO SOARES⁶

¹ Eng. Agrônomo, Doutorando em Ciências Agrárias - Agronomia, Laboratório de Hidráulica e Irrigação do IF Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde - GO. Email: nelmiciofurtado@gmail.com

² Graduando em Agronomia, Estudante de IC, Laboratório de Hidráulica e Irrigação do IF Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde - GO. Email: fernandorfilho10@gmail.com

³ Eng. Agrônomo, Doutorando em Ciências Agrárias - Agronomia, Laboratório de Hidráulica e Irrigação do IF Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde - GO. Email: fernandonobrecunha@hotmail.com

⁴ Eng. Agrônomo, Prof. Dr. em Agronomia, IF Goiano - Campus Rio Verde, Rio Verde – GO. Email: leonardo.santos@ifgoiano.edu.br

⁵ Eng. Agrônomo, Prof. Dr. em Agronomia, IF Goiano - Campus Rio Verde, Rio Verde – GO. Email: marconibt@gmail.com

⁶ Eng. Agrônomo, Prof. Dr. em Agronomia, IF Goiano - Campus Rio Verde, Rio Verde – GO. Email: fredalsoares@hotmail.com

Apresentado no
XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2017
30 de julho a 03 de agosto de 2017 - Maceió - AL, Brasil

RESUMO: A aplicação da vinhaça nas lavouras de cana-de-açúcar, como forma de suplementação orgânica e mineral, principalmente na forma de fertirrigação, vem ganhando cada vez mais adesão pelas usinas sucroalcooleiras. Dessa forma são necessários estudos para o monitoramento dos nutrientes nos diferentes tipos de solo. Partindo da hipótese de que a vinhaça *in natura* aplicada no solo possui potencial de perda de nutrientes no perfil do solo, objetivou-se com este estudo evidenciar o comportamento dos íons K, Ca e Mg, presentes na vinhaça ao longo do perfil superficial de um Latossolo Vermelho distróferrico e Latossolo Vermelho distrófico no Cerrado. Utilizou-se colunas de PVC rígido com as dimensões de 0,20 m de altura e 0,07 m de diâmetro. Utilizou-se o programa computacional DISP para cálculo dos parâmetros de transporte de solutos no solo. O íon K, Ca e Mg foram retidos com maior intensidade no Latossolo Vermelho distróferrico em relação ao Latossolo Vermelho distrófico devido sua maior interação com a argila. Para fertirrigação com vinhaça são necessários maiores volumes de água no Latossolo Vermelho distróferrico para disponibilizar os nutrientes Mg, K e Ca no perfil do solo ocupado pela zona radicular das culturas como a cana-de-açúcar.

PALAVRAS-CHAVE: Efluente, deslocamento miscível, Latossolo.

CURVE OF ELUTION OF FERTIGATED VINASSE IN SOIL CERRADO

ABSTRACT: The application of vinasse in sugarcane plantations, as a form of organic and mineral supplementation, mainly in the form of fertirrigation, has been gaining more and more adhesion by the sugar-alcohol plants. Thus, studies are needed to monitor nutrients in different soil types. Based on the hypothesis that the *in natura* vinasse applied in the soil has potential nutrient loss in the soil profile, this study aimed to show the behavior of the K, Ca and Mg ions present in the vinasse along the surface profile of a dystroferric Red Latosol and dystrophic Red Latosol in the Cerrado. Rigid PVC columns with dimensions of 0.20 m in height and 0.07 m in diameter were used. The computational program DISP was used to calculate the solutes transport parameters in the soil. The K, Ca and Mg ion were retained with greater intensity in the dystroferric Red Latosol in relation to the dystrophic Red Latosol due to their greater interaction with the clay. For fertigation with vinasse, higher volumes of water are required in the dystroferric Red Latosol to provide the nutrients Mg, K and Ca in the soil profile occupied by the root zone of crops such as sugarcane.

KEYWORDS: Effluent, miscible displacement, Latosol.

INTRODUÇÃO: O Brasil é atualmente o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, ocupando uma área de 8.973,2 mil hectares no último levantamento de 2016 e uma produção estimada em 684,77 milhões de toneladas na safra 2016/17. O constituinte principal da vinhaça é a matéria orgânica, basicamente sob a forma de ácidos orgânicos e, em menor quantidade, por cátions como o K^+ , Ca^{+2} e Mg^{+2} (RIBEIRO et al., 2014). Segundo Silva et al. (2016), a composição da vinhaça é muito variável em função de diversos fatores como à sua origem. Conforme ressalta Silva et al. (2012), 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. Partindo da hipótese de que a vinhaça *in natura* aplicada no solo possui potencial de perda de nutrientes no perfil do solo, objetivou-se com este estudo evidenciar o comportamento dos íons K, Ca e Mg, presentes na vinhaça ao longo do perfil superficial de um Latossolo Vermelho distróférico e Latossolo Vermelho distrófico no Cerrado.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi conduzido no laboratório de Irrigação e Hidráulica, pertencente ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde, Goiás, Brasil. Foram utilizados dois tipos de solos, o primeiro foi coletado em área de fazenda pertencente ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, Goiás, classificado como Latossolo Vermelho distróférico (LVdf), de textura média (EMBRAPA, 2013), o segundo, coletado na fazenda Rio Preto, que se encontra também no município de Rio Verde, Goiás, classificado como Latossolo Vermelho distrófico (LVd), de textura arenosa (EMBRAPA, 2013), ambos cultivados com pastagem. Foram coletadas amostras deformadas de cada solo nas camadas de 0,0-0,2 m de profundidade. 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 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 $7,6969 \times 10^{-4} \text{ m}^3$. A aplicação de vinhaça foi encerrada quando a concentração de K nas amostras de efluente (coletada após a passagem pela coluna) foi igual à concentração inicial no reservatório, exceto quando foi observado selamento superficial do solo na coluna, o que impediu a passagem da fração líquida causando interferência no volume coletado (provocado pelo acúmulo de material orgânico oriundo da vinhaça). 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 1,67 a 2,32 número de volume de poros (NVP). O controle do volume de amostra coletada foi feito por uma balança de 0,1 g de precisão. 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/Co , 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: Os valores médios dos parâmetros simulados pelo programa DISP-1.1 são apresentados na Tabela 1. Nota-se, com base nos valores de D, que os íons Ca apresentou a maior mobilidade em ambos os solos estudados quando se comparado aos íons K e Mg, apesar de terem apresentado maior interação que os demais no LVdf, fato que pode ser explicado em função da elevada concentração destes nutrientes na vinhaça

utilizada e pelo deslocamento de bases dos sítios de troca para a solução do solo, proporcionado pela alta concentração de K na vinhaça. Segundo Silva et al. (2012), um elevado valor de retardamento (R) expressa às interações entre as fases líquida e sólida (água e sólidos) que ocorrem durante a percolação da solução deslocadora no solo, sendo que os maiores valores de R foram observados no LVdf para o Ca e no LVd para o K. Conforme a Tabela 1, com base nos valores de R, a energia de adsorção aos sítios de troca no LVdf foi $\text{Ca}^{++} > \text{K}^{+} > \text{Mg}^{++}$, enquanto que no LVd a ordem foi $\text{K}^{+} > \text{Ca}^{++} > \text{Mg}^{++}$. As reduções encontradas nos valores de R para os íons Ca e Mg, principalmente no LVd, podem ser explicadas pela elevada concentração do K na vinhaça, o que possibilitou o deslocamento dos cátions bivalentes como o Ca e Mg (MATOS et al., 2013) e favoreceu a retenção do K no sítio de troca, o que pode ter sido provocado devido a textura arenosa do LVd em estudo. Quando se compara os valores de R e D no LVd em relação ao obtidos no LVdf (Tabela 1), observa-se redução de 5,08, 50,42, 55,26 e 49,51% nos valores de R e um aumento de 178,10, 101,65, 326,46 e 63,43% no D para os íons K, Ca e Mg no LVd, respectivamente.

Tabela 1. Valores do número de Peclet (P), fator de retardamento (R) e coeficiente dispersivo-difusivo (D) dos íons potássio, cálcio e magnésio no Latossolo Vermelho distroférrico (LVdf) e Latossolo Vermelho distrófico (LVd)

Solo	Nutriente	P	R	D	R ²
		cm ² h ⁻¹			
LVdf	K	53,4300	1,3590	0,4369	0,9818
	Ca	44,5000	2,0070	0,7452	0,8978
	Mg	51,1400	1,5250	0,6480	0,9404
LVd	K	21,7800	1,2900	1,2150	0,9928
	Ca	8,3300	0,8980	3,1780	0,8389
	Mg	25,0000	0,7700	1,0590	0,9780

Na Figura 1, observa-se que o limite inferior e superior para as inflexões da curva no LVdf e LVd corresponderam a aproximadamente 0,9 e 1,5 NVP e 0,6 e 1,9 NVP, respectivamente, representando uma concentração de K no efluente de 16 e 264 mg dm⁻³ e 10 e 560 mg dm⁻³, respectivamente. Demonstrando uma maior lixiviação de K no solo de textura arenosa. Foi observado maior deslocamento para a direita na curva de eluição do potássio para o LVdf (Figura 1A) quando comparado ao LVd (Figura 1B), indicando que o íon potássio foi retido com maior intensidade no solo de textura média. Resultados similares foram encontrados por Lelis Neto (2008) em solo argiloso. Na curva de eluição do Ca e Mg no LVdf, observou-se maior deslocamento para a direita quando comparado ao LVd, indicando que os íons cálcio e magnésio foram retidos com maior intensidade no solo de textura média. Com relação ao necessário a se aplicar de vinhaça com base no R, para compensar o retardamento do elemento em relação à frente de avanço da solução no solo, os respectivos NVP de 2,01 e 1,53 para o Ca e Mg no LVdf e, 0,90 e 0,78 no LVd, o que representa uma concentração de 114, 58, 250 e 29 mg dm⁻³, respectivamente. Sendo que as maiores concentrações observadas no efluente foram iguais a 267 e 89 mg dm⁻³ de Ca e Mg no LVdf e, 289 e 88 mg dm⁻³ de Ca e Mg no LVd. Os limites inferiores e superiores para as inflexões da curva dos íons no LVdf e LVd corresponderam aproximadamente a 1 e 2,1 NVP e 0,3 e 1,6 NVP para o Ca; 0,9 e 2,1 NVP e 0,4 e 1,4 NVP para o Mg, respectivamente. Representando uma concentração de 12,7 e 135,67 mg dm⁻³ e 19 e 297 mg dm⁻³ de Ca; 8 e 78 mg dm⁻³ e 4,8 e 74 mg dm⁻³ de Mg, no efluente para o LVdf e LVd, respectivamente. Silva et al. (2016) observaram um deslocamento semelhante ao observado no presente estudo, ou seja, maior deslocamento da curva de eluição para a direita, indicando que o íon cálcio foi retido no solo com menor intensidade no solo arenoso.

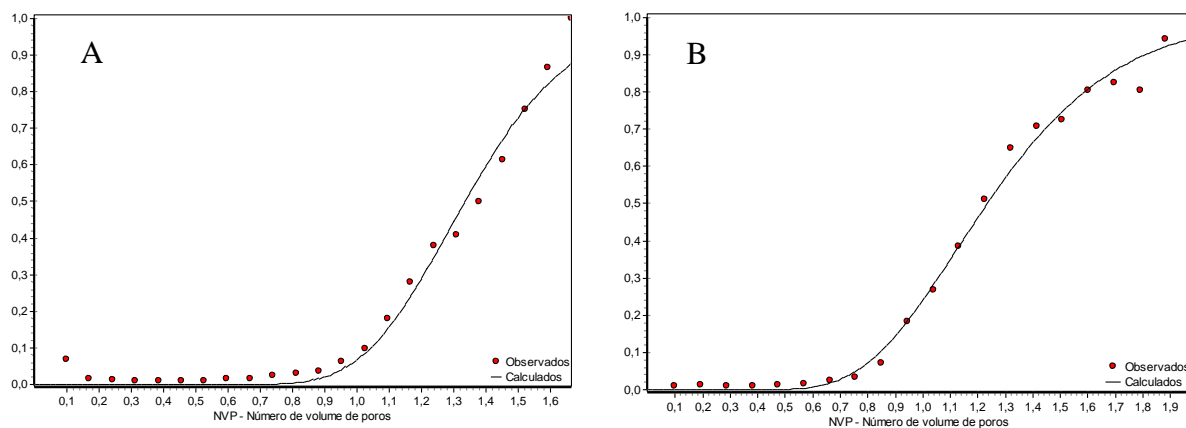


Figura 1. Curva de eluição para concentração de potássio no Latossolo Vermelho distroférrico (LVdf) (A) e Latossolo Vermelho distrófico (LVd) (B).

CONCLUSÕES: O íon K, Ca e Mg foram retidos com maior intensidade no Latossolo Vermelho distrófico em relação ao Latossolo Vermelho distroférrico devido sua maior interação com a argila. Para fertirrigação com vinhaça são necessários maiores volumes de água no Latossolo Vermelho distrófico para disponibilizar os nutrientes Mg, K e Ca no perfil do solo ocupado pela zona radicular das culturas como a cana-de-açúcar.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq); à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

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.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro: Embrapa solos. 2013.

LELIS NETO, J. **Monitoramento de componentes químicos da vinhaça aplicados em diferentes tipos de solo**. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2008. 89p. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Concentrado em Irrigação e Drenagem).

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.

RIBEIRO, P. H. P.; LELIS NETO, J. A.; TEIXEIRA, M. B.; GUERRA, H. O. C.; SILVA, N. F.; CUNHA, F. N. Distribuição de potássio aplicado via vinhaça em Latossolo vermelho amarelo e Nitossolo vermelho. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.8, nº. 5, p.403 - 410, 2014.

SILVA, N. F. da; CUNHA, F. N.; TEIXEIRA, M. B.; LELIS NETO, J. A. Distribution of solutes NO_3^- e Ca in soil columns with vinasse. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.10, nº.4, p. 777 - 786, 2016.

SILVA, N. F. da; LELIS NETO, J. A.; TEIXEIRA, M. B.; CUNHA, F. N.; MIRANDA, J. H. de; COELHO, R. D. Distribuição de solutos em colunas de solo com vinhaça. **Irriga**, v.1, n.1, Edição especial, p.340-350, 2012.