

## ESTIMATIVA DE NITRATO NA SOLUÇÃO DO SOLO EM LISÍMETRO DE DRENAGEM COM USO DA TDR

B. S. CONCEIÇÃO<sup>1</sup>, R. A. B. SORTE<sup>2</sup>, J. A. V. SANT'ANA<sup>3</sup>, E. F. COELHO<sup>4</sup>, M. A. MARTINEZ<sup>5</sup>, ARAUJO, F.D.<sup>6</sup>

**RESUMO:** Apesar da reflectometria no domínio do tempo (TDR) ser uma alternativa viável para determinação indireta da concentração de nitrato, por meio das relações da umidade e condutividade elétrica aparente do solo, ainda não há na literatura relatos de calibração de modelos utilizando dados em condições de campo com uso de lisímetro de drenagem. Objetivou-se neste trabalho ajustar e testar modelos que estimem a concentração de nitrato na

solução do solo a partir de dados de umidade ( $\theta$ ) e condutividade elétrica aparente do solo

(CEa) em lisímetro de drenagem com duas classes texturas (argila arenosa e areia franca). O monitoramento da CEa e  $\theta$  foi feito pela TDR. A calibração dos modelos matemáticos que relaciona CEw, CEa e  $\theta$  foi realizado por meio de ensaios realizados nos lisímetro. Os modelos VOGELER et al. (1996) E MUÑOZ-CARPENA et al. (2005) mostraram-se eficazes para estimar a concentração do nitrato na solução do solo. Para ambos os solos, o modelo de VOGELER et al. (1996) foi o que melhor ajustou aos dados de CEw, CEa e  $\theta$ , utilizando-se a TDR, sendo recomendado conforme os avaliadores de qualidade, coeficiente de concordância proposto por Willmontt (D), coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e o índice “c”.

**PALAVRA-CHAVE:** Concentração iônica, umidade, condutividade elétrica.

### ESTIMATE NITRATE IN SOIL SOLUTION IN DRAIN WITH LISÍMETRO TDR USE

**SUMMARY:** Despite the time domain reflectometry (TDR) be a viable alternative for indirect determination of nitrate concentration as a function of moisture and soil bulk electrical conductivity, there is still no literature models calibration reporting data use on field conditions in drainage lysimeters. The aim of this work was to adjust and test models to

<sup>1</sup> Engenheira Agrônoma, Doutoranda do PPG EAA-UFV. Bol. CAPES. E-mail: [beatriz.conceicao@ufv.br](mailto:beatriz.conceicao@ufv.br)

<sup>2</sup> Engenheiro Agrícola, Pesquisador, Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA.

<sup>3</sup> Engenheiro Agrícola, professor, DEA-UFV, Viçosa-MG.

<sup>4</sup> Graduando em Engenharia Agrônômica, UFRB, Cruz das Almas-BA.

<sup>5</sup> Engenheiro Agrônomo, UFRB, Cruz das Almas-BA

<sup>6</sup> Graduando em Engenharia Agrônômica, UNIMONTES, Janaúba-MG.

estimate the concentration of nitrate in soil solution from humidity data ( $\theta$ ) and apparent soil electrical conductivity (ECa) in lysimeters of drainages with two texture classes (clay and sand silt). ECw and  $\theta$  evaluation was made by time domain reflectometry. The calibration of the mathematical model that relates CEw, CEa, and  $\theta$  was conducted by a drainage lysimeter test. For both soils, the model VOGELER et al. (1996) followed by the model of MUÑOZ-CARPENA et al. (2005) was the best fitting to the data CEw and  $\theta$ , therefore, the most effective to estimate the concentration of nutrients, using the time domain reflectometry.

**Keyword:** Ion concentration, soil water content, electrical conductivity.

## INTRODUÇÃO

A reflectometria no domínio do tempo (TDR) foi aplicada com sucesso em pesquisas que tinham como finalidade a determinação da umidade ( $\theta$ ) e condutividade elétrica aparente do solo (CEa) (VOGELER et al. (1996); PERSSON & UVO, 2003). Devido à relação existente entre a CEa e a CEw e entre CEw e concentração iônica ( $C_i$ ), Wraith & Das (1998) e PERSSON & UVO (2003) relatam que, é possível usar a TDR para monitorar a distribuição de água e solutos iônicos no solo.

Diversos trabalhos corroboram com WRAITH & DAS (1998) e PERSSON & UVO (2003) e citam a viabilidade da técnica da TDR para obtenção do teor nitrato e potássio na solução solo (SANTANA et al. 2007, Santos et al. 2010, Ponciano 2012). No entanto, não há relatos na literatura de calibração de modelos utilizando dados em condições de campo com uso de lisímetro de drenagem, sendo que a lisímetria apresenta alta precisão de medida com melhor controle dos fatores externos.

Com isso, Objetivou-se neste trabalho ajustar e testar modelos que estimem a concentração de nitrato na solução do solo a partir de dados de umidade ( $\theta$ ) e condutividade

elétrica aparente do solo (CEa) em lisímetro de drenagem com duas classes texturais (argila arenosa e areia franca).

## MATERIAL E METODOS

O experimento foi conduzido no Centro Nacional de Pesquisa em Mandioca e Fruticultura (CNPMPF), pertencente à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), situado no município de Cruz das Almas – BA. O solo utilizado foi de textura argila arenosa e areia franca (Tabela 1).

Tabela 1 Características físicas da classe textural do solo estudado.

Classe textural	Composição granulométrica (g/kg)			Densidade (g cm <sup>-1</sup> )	
	Areia	Silte	argila	solo	Partícula
Franco arenoso	846	89	66	1,73	2,59
Argila	494	89	418	1,45	2,53

A calibração dos modelos matemático desenvolvidos por Vogeler et al. (1996) e MUÑOZ-CARPENA et al. (2005) que relaciona CEw, CEa e  $\theta$  foi realizado por meio de um ensaio em lisímetro de drenagem com dimensões de 2,0 m x 2,0 m x 1,0 m, nos quais foram instaladas horizontalmente, extratores de solução do solo e sondas de TDR, em planos verticais, em malha de 0,20 m x 0,20 m, limitada à distância e à profundidade de 0,80 m, perfazendo 16 sondas de TDR, por plano.

Foram estabelecidos diferentes valores de condutividade elétrica e de teores de água disponível no solo. Os valores de condutividade elétrica no solo foram obtidos a partir da aplicação de solução de nitrato de potássio em diferentes concentrações ( 3, 6 e 9 g L<sup>-1</sup>) e o teor de água no solo, variando de valores próximos a saturação até o teor de água mínimo no solo que possibilitasse a retirada de solução pelo extrator.

A solução do solo foi extraída a partir da aplicação de uma sucção de 70 kPa e duas horas após foi feita a coleta da solução. Simultaneamente a retirada de solução pelo extrator para determinação da condutividade elétrica da solução do solo (CEw) foram monitoradas as leituras do CEa e  $\theta$  a cada 10 minutos, com a TDR, começando na aplicação de sucção até a solução ser coletada. A CEw e a concentração NO<sub>3</sub><sup>-</sup> da solução do solo coletada foram

determinadas por meio de um condutivímetro de mesa e um kit para determinação rápida (card Horiba), respectivamente.

Os modelos utilizados para se estimar a concentração de  $\text{NO}_3^-$  na solução do solo, foram otimizados explicitando-se a variável  $\text{CE}_w$ , logo após, relacionaram-se os valores medidos de  $\text{CE}_w$  e de  $\text{NO}_3^-$ , obtendo-se equações do tipo potência e linear ( MUÑOZ-CARPENA et al, 2005; SANTANA et al, 2007; PONCIANO, 2012).

A avaliação dos modelos quanto à sua capacidade de estimar o  $\text{NO}_3^-$ , a partir de dados de  $\theta$  e  $\text{CE}_a$  obtidos com a técnica da TDR, foi feita com base no coeficiente de concordância proposto por Willmontt (D), no coeficiente de determinação ( $R^2$ ). Além desses indicativos estatísticos, o índice “c”, também foi utilizado para indicar o desempenho dos modelos empregados, conforme metodologia apresentada por PONCIANO (2012). O critério de interpretação do desempenho do modelo de acordo com índice “c” ( $c = R^2 \times d$ ) é :  $>0,85$  – Ótimo; 0,76 a 0,85 - Muito bom; 0,66 a 0,75 – Bom; 0,61 a 0,65 – Mediano; 0,51 a 0,60 – Sofrível; 0,41 a 0,50 – Mau e  $\leq 0,41$  – Péssimo.

## RESULTADO E DISCUSSÃO

Os modelos de VOGELER et al. (1996) e MUÑOZ-CARPENA et al. (2005) apresentaram valores para índice de concordância (d) próximos à unidade (0,9999), o que sinaliza o bom desempenho dos modelos. O modelo de VOGELER et al. (1996) apresentou maior coeficiente de determinação da regressão para os solos em estudo, o que levou a uma melhor classificação quanto a capacidade de estimar  $\text{CE}_w$  a partir da  $\text{CE}_a$  e  $\theta$  (Muito bom: solo franco arenoso e Bom: Argiloso), quando comparado ao modelo de MUÑOZ-CARPENA et al. (2005) ((Bom: solo franco arenoso e Mediano: Argiloso) (Tabela 2).

Tabela 2 Modelos para estimativa de  $\text{CE}_w$  para solos da textura franco arenoso e argiloso.

Solo	Modelo	$R^2$	d	Classificação do Método (c = $R^2 \times d$ )	
Franco arenoso	Vogeler et al. (1996)	$\text{CE}_w = \frac{[\text{CE}_a + 2,6194 \theta + 0,40]}{0,5222 \theta + 0,5507}$	0,7900	0,9998	Muito bom
	Muñoz-Carpena et al. (2005)	$\text{CE}_w = \frac{\text{CE}_a + 10,1462 \theta^2}{- 27,8913 \theta^2 + 12,580}$	0,7605	0,9999	Muito bom
	Vogeler et al. (1996)	$\text{CE}_w = \frac{[\text{CE}_a + 0,4486 \theta + 0,20]}{0,3129 \theta + 0,1839}$	0,7315	0,9999	Bom

Argiloso	Muñoz-Carpena et al. (2005)	$CE_w = \frac{CE_a - 1,2571\theta^2}{-9,5864\theta^2 + 4,08413\theta}$	0,6276	0,9997	Mediano
----------	-----------------------------	--	--------	--------	---------

Esses resultado corroboram com SANTANA et al. 2007, que observaram que o modelo de VOGELER et al. (1996) estimou melhor a  $CE_w$  quando comparado aos modelos RHOADES et al. (1976) e de MUALEN & FRIEDMAN (1991).

Ponciano (2012) concluiu que na estimativa da  $CE_w$  o modelo de Vogeler et al. (1996) ajustam-se melhor a solos com características texturas argilosas tanto pela aplicação de KCl como pela aplicação de  $KNO_3$  via água de irrigação, e no solo arenoso os modelos Vogeler et al. (1996) e MUNOZ-CARPENA et al. (2005) apresentaram qualidade de ajustes semelhante, sendo classificados com “Muito bom”;

A diferença entre os modelos linear e potencial foi mínima (Tabela 3 e 4). Em geral, o modelo de VOGELER et al. (1996) se destacou, ajustado com uma relação de  $CE_w-NO_3^-$  do tipo linear e do tipo potência, classificados como “Ótimo” para o solo argiloso (Tabela 4) e “Muito bom” para o solo franco arenoso (Tabela 3). O modelo de MUNOZ-CARPENA et al. (2005) apresentou o ajuste com uma relação de  $CE_w-NO_3^-$  do tipo linear e do tipo potência classificado como “Muito bom” para os solos argiloso (Tabela 4) e franco arenoso (Tabela 3).

Esses resultados estão de acordo com SILVA et al. (2005) que verificaram que os modelos lineares e potenciais para estimativa de  $CE_w$  e K não diferenciaram entre si quanto aos coeficientes de determinação e aos desvios percentuais.

Tabela 3 Modelos para estimativa da concentração do nitrato ( $mg L^{-1}$ ) para solos da textura franco arenoso.

	Modelo	$R^2$	d	Classificação do Método (c = $R^2 \times d$ )
Adaptado para relação $CE_w-NO_3^-$ do tipo linear				
Vogeler et al. (1996)	$NO_3^- = [CE_w - 0,0256] \frac{1}{0,0022}$	0,8004	0,9996	Muito bom
Muñoz-Carpena et al. (2005)	$NO_3^- = [CE_w - 0,0522] \frac{1}{0,0022}$	0,7480	0,9999	Bom
Adaptado para relação $CE_w-NO_3^-$ do tipo potência				
Vogeler et al. (1996)	$CE_w = \left[ \frac{1}{0,0034} CE_w \right]^{0,9335}$	0,8006	0,9997	Muito bom
Muñoz-Carpena et al. (2005)	$CE_w = \left[ \frac{1}{0,0031} CE_w \right]^{0,9525}$	0,7455	0,9998	Bom

Tabela 4 Modelos para estimativa da concentração do nitrato ( $\text{mg L}^{-1}$ ) para solos da textura argilosa.

	Modelo	R <sup>2</sup>	d	Classificação do Método (c = R <sup>2</sup> x d)
Adaptado para relação $\text{CE}_w\text{-NO}_3^-$ do tipo linear				
Vogeler et al. (1996)	$\text{NO}_3^- = [\text{CE}_w - 0,1295] \frac{1}{0,0033}$	0,8782	0,9999	Ótimo
Muñoz-Carpena et al. (2005)	$\text{NO}_3^- = [\text{CE}_w - 0,2126] \frac{1}{0,0027}$	0,8250	0,9999	Muito bom
Adaptado para relação $\text{CE}_w\text{-NO}_3^-$ do tipo potência				
Vogeler et al. (1996)	$\text{CE}_w = \left[ \frac{1}{0,0171} \text{CE}_w \right]^{0,7240}$	0,8946	0,9998	Ótimo
Muñoz-Carpena et al. (2005)	$\text{CE}_w = \left[ \frac{1}{0,0231} \text{CE}_w \right]^{0,6623}$	0,8160	0,9998	Muito bom

## CONCLUSÃO

Os modelos VOGELER et al. (1996) e MUÑOZ-CARPENA et al. (2005) mostraram eficazes para estimar a concentração do nitrato na solução do solo.

Para ambos os solos, o modelo de VOGELER et al. (1996) foi o que melhor ajustou aos dados de  $\text{CE}_w$ ,  $\text{CE}_a$  e  $\theta$ , utilizando-se a TDR, sendo indicado conforme os avaliadores de qualidade, coeficiente de concordância proposto por Willmontt (D), coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) e o índice “c”.

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

MUÑOZ-CARPENA, R.; REGALADO, C.M.; RITTER, A.; ALVAREZ-BENEDÍ, J.; SOCORRO, A.R. TDR estimation of electrical conductivity and saline solute concentration in a volcanic soil. **Geoderma**, Amsterdam, v. 124, p. 399-413, 2005.

PERSSON, M.; UVO, C.B. Estimating soil solution electrical conductivity from time domain reflectometry measurements using neural networks. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v.273, n.1-4, p.249-256, 2003.

PONCIANO, I. M. **Aplicação da reflectometria no domínio do tempo (TDR) na estimativa da condutividade elétrica da solução do solo e de concentrações de nitrato, potássio e cloreto em coluna de solo não saturado**. 2012. 76 p. Dissertação (Mestrado em Ciências, área de concentração: Irrigação e Drenagem). Universidade de São Paulo, ESALQ, Piracicaba, SP.

SANTANA, G. S.; COELHO, E. F.; SILVA, T. S. M.; RAMOS, M. M. Relação entre potássio na solução do solo, umidade e condutividade elétrica aparente do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.2, p.142-151, 2007.

SANTOS, M. R.; MARTINEZ, M. A.; ZONTA, J. H. Modelos para determinação de fósforo e nitrato em Neossolo Quartzarênico e Latossolo Vermelho usando TDR. **Engenharia na agricultura**, Viçosa - MG, V.18 N.1, p. 30-39, 2010.

SILVA, T. S. M.; COELHO. E. F.; PAZ, V. P. S.; VELLAME, L. M.; SANTANA, G. da S. Teor de potássio na solução do solo com uso da técnica de Reflectometria no domínio do tempo. **Irriga**, Botucatu, v. 10, n. 4, p. 393-402, 2005.

Vogeler, I.; Clothier, B.E.; Green, S.R.; Scotter, D.R.; Tillman, R.W. Characterizing water and solute movement by TDR and disk permeametry. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.60, n.1, p.5-12, 1996.

WRAITH, J. M., DAS, B. S. Monitoring soil water and ionic solute distributions using time-domain reflectometry. **Soil and Tillage Research**, v.47, p 145-150, 1998.