

ESTIMATIVA DA CONCENTRAÇÃO DE NO₃ NO SOLO SOB APLICAÇÃO DE NITRATO DE CÁLCIO NO SOLO USANDO REFLECTOMETRIA NO DOMÍNIO DO TEMPO

E. F. Coelho,¹, M.R. dos Santos², A. J. P.da Silva³

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo avaliar a estimativa da concentração de nitrato na solução do solo em função da condutividade elétrica aparente (CEa), a umidade do solo (θ) em condições de laboratório. O experimento foi realizado em laboratório consistindo da determinação de CEa e θ em vasos preenchidos por solo a densidade de 1,4 kg dm⁻³ e aplicados soluções de nitrato de cálcio atendendo a quatro níveis de água disponível e cinco concentrações das soluções. Após as leituras CEa e umidade pela TDR foi extraído a solução iônica em cada posição de leitura para determinação da condutividade elétrica as solução do solo (CEw) e dos teores de nitrato (NO₃). Estimou-se CEw pelo modelo empírico de VOGELER & CLOTHIER (1996) e estimou-se CEw como função de NO₃ por um modelo linear e um potencial. O modelo potencial, de melhor ajuste aos dados experimentais foi associado ao de VOGELER & CLOTHIER (1996) para estimativa de CEw resultando noutro modelo para determinação de NO₃, que apresentou-se viável de ser usado na estimativa deste ion, tendo-se concluído que a TDR pode ser usada na estimativa de íons nitrato na solução do solo.

Palavras chaves: modelos matematicos, condutividade elétrica da solução do solo, umidade do solo

ESTIMATING SOIL NO₃ CONCCENTRATION UNDER APPLICATION OF CALCIUM NITRATE IN THE SOIL BY USING TIME DOMAIN REFLECTOMETRY

SUMMARY: This work had as objective to estimate nitrate concentration in the soil solution as a function of bulk electrical conductivity (CEa) and soil water content (θ) under laboratory conditions. The experiment was carried in laboratory and consisted of the determination of CEa and θ by using TDR for two soil materials that were packed into columns to a density of 1.44 kg dm⁻³. For each soil material, the columns were under application of four calcium nitrate concentrations in order to fill the soil to five different conditions of available water. In each soil

¹ Pesquisador EMBRAPA – Mandioca e Fruticultura Caixa Postal 07, CEP:44380-000, Cruz das Almas, BA, email: ecoelho@cnpmf.embrapa.br

² Bolsista de Iniciação Científica, PIBIC, Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA

³ Bolsista de Iniciação Científica, FAPESB, Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA

column CEa and θ was read by using TDR. Afterwards, soil solution was extracted in the same location where CEa and θ were measured in all columns and was used for obtaining CEw and nitrate concentration (NO_3). CEw was estimated by the empirical model of VOGELER & CLOTHIER (1996) and CEw was estimated as a function of NO_3 by fitting a linear and a potential model to the data of CEw and NO_3 . The potential model was the one of best fitting and as a consequence, it was associated to the of VOGELER & CLOTHIER (1996) model for estimating CEw. The result was a new model for estimating NO_3 as function of CEa and θ . This model performed reasonably in estimating NO_3 . Therefore, TDR might be used for estimation nitrate ions in the soil solution.

Key words: mathematical models, soil solution electrical conductivity, soil water content

INTRODUÇÃO

O manejo da fertirrigação deve se embasar no conhecimento da dinâmica de íons no solo, uma vez que eles determinarão as condições dos potenciais de água no volume molhado, incluindo a componente do potencial osmótico. A dinâmica de íons também poderá ajudar a entender quais níveis da condutividade elétrica da solução do solo ou do extrato de saturação serão desejáveis às culturas, principalmente quando se trata de fertilizantes de índice salino elevado. Dessa forma, o conhecimento da dinâmica de íons no solo é necessário para a sustentabilidade dos recursos de solo e água. O monitoramento dessa distribuição de íons no perfil do solo tem sido feita por meio de extratores de solução. Os extratores são os equipamentos simples e acessíveis aos usuários, entretanto, apresentam algumas desvantagens, principalmente quanto à necessidade de gradientes de potencial que permitam a entrada de solução nos mesmos e, devido à dinâmica de nutrientes no solo, a solução extraída não representar a solução no momento da extração. Visando obter melhor precisão da dinâmica e monitoramento de íons no solo, o emprego da Reflectometria no Domínio do Tempo (TDR) apresenta-se como uma alternativa, sendo que a TDR pode ao mesmo tempo estimar num dado local do solo a umidade e a condutividade elétrica aparente do solo (CEa). A CEa, por sua vez, está relacionada com a condutividade elétrica da solução do solo (CE_w) e com a umidade (θ) do mesmo. Uma vez que CEa pode ser obtida a partir de CE_w e da umidade, pode-se tentar estabelecer relações entre CE_w e um dado nutriente na solução do solo e por fim relacionar tal nutriente com a CEa e θ medidos pela TDR. Tal exercício tem sido feito por alguns autores como HEIMOVAARA et al. (1995), MUNOZ-CARPENA et al. (2001) verificando que, apesar de baixos ajustes para alguns

nutrientes, alguns modelos podem ser viáveis de uso para nutrientes importantes como o nitrato (MMOLAWA & OR, 2000) e o potássio (COELHO et al., 2004). Este trabalho teve como objetivo avaliar a estimativa da concentração de nitrato na solução do solo em função da condutividade elétrica aparente (CEa), a umidade do solo (θ) em condições de laboratório.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em laboratório na Embrapa Mandioca e Fruticultura, usaram-se solo de um plantio de mamão, irrigado com dois gotejadores por planta com vazão de 3,75 litros/hora. O mamoeiro estava sendo fertirrigado com nitrato de cálcio numa frequência de três dias por semana e uréia numa frequência diária. As características físicas o solo foram as seguintes: areia total 444 g kg⁻¹, silte 131 g kg⁻¹, argila 425 g kg⁻¹, a umidade referente ao potencial de -10 kPa foi de 0,2933 kg kg⁻¹ e a umidade referente a -1500 kPa foi de 0,1735 kg kg⁻¹. Foram fabricadas em laboratório sondas de TDR de 0,10 m de comprimento de haste de 0,0032 m de diâmetro, de aço inox não apresentando resistor na haste central, resultando num modelo cúbico entre a umidade estimada (θ_e) e a umidade obtida por gravimetria (θ_g):

$$\theta_e = 6,438 \theta_g^3 - 5,524 \theta_g^2 + 2,0373 \theta_g - 0,0745 \quad (1)$$

Dois materiais de solo foram usados, isto é, um referente ao tratamento 1, fertirrigado no campo com uréia (T1) e um referente ao tratamento 2, fertirrigado no campo com nitrato de cálcio (T2). Quarenta vasos de polietileno de 0,098 m de diâmetro interno com 0,15 m de altura da coluna de solo foram preparados para acondicionar 1,584 kg de solo em cada um para alcançar uma densidade de 1,4 kg.dm⁻³ para cada solo. Soluções de nitrato de cálcio com condutividades elétricas de 2,0, 5,0, 7,0, 9,0, e 12,0 dS.m⁻¹ foram aplicadas ao solo de forma a se atingir as umidades correspondentes a 20, 50, 70 e 90% da água disponível do solo. Após 24 horas uma guia de onda de 0,10 m de comprimento de haste foi inserida verticalmente em cada vaso. As sondas foram acopladas a multiplexadores ligados a uma TDR 100. No momento das leituras com a TDR, foi feita a medição da temperatura do solo através de um termopar de cobre-constantan, ligado a um armazenador de dados. Imediatamente após cada leitura pela TDR, retirou-se a guia de onda e no mesmo local, fez-se a inserção de um extrator de solução, ao qual se aplicou uma sucção equivalente a 80 kPa. A solução foi retirada do extrator e medido sua condutividade elétrica com um condutivímetro de mesa e determinado a concentração do nitrato na solução do solo com uso de um medidor portátil. Os dados de CEa e umidade lidos pela TDR e os dados de CEw medidos no condutivímetro foram agrupados e foram ajustadas vários

modelos matemáticos aos mesmos, tendo-se definido o modelo de VOGELER & CLOTHIER (1996) como o de melhor ajuste dos dados. Foi feito um ajuste de um modelo linear ($CEw = a[NO_3] + b$) e um modelo potencial ($CEw = a[NO_3]^b$) aos dados de CEw e $[NO_3]$. O modelo que se ajustou melhor aos dados de CEa, CEw e θ (VOGELER & CLOTHIER, 1996), foi trabalhado de forma a se estimar CEw em função de CEa e θ . Novo ajuste do modelo foi feito aos dados, obtendo a equação com os parâmetros que minimizaram a soma dos quadrados dos desvios entre CEw lido e estimado. O modelo de melhor ajuste de CEw x $[NO_3]$ foi conjugado com o modelo que relacionou CEw x CEa e θ . O modelo resultante, permitiu determinar o $[NO_3]$ em função de θ e CEa. Foi, assim ajustado os dados de $[NO_3]$, θ e CEa, determinando-se os parâmetros do modelo. A precisão dos modelos foi observada verificando o ajuste da variável dependente medida e estimada pela reta $y = ax$, com intercepto em zero.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os modelos linear e potencial não apresentaram diferença quanto a estimativa de CEw em função do NO_3 , conforme a Tabela 1, sendo que o modelo potencial foi ligeiramente superior ao linear, mostrando que as variações de CEw podem ser explicadas pelas de NO_3 . As equações de estimativa de CEw tanto em função de CEa e θ , como em função de NO_3 para os dois tratamentos T1 e T2 estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 1. Coeficientes das equações ajustada aos modelos linear e potencial para estimativa da CEw em função do Nitrato.

Coeficientes	T 01		T 02	
	Linear	Potencial	Linear	Potencial
a	0.00244	0.001116	0.001978	0.008707
b	-0.14907	1.103816	0.558553	0.822879
R ²	0.97873	0.981683	0.865389	0.866564

As equações 2, 3, 4 e 5 foram consideradas viáveis de serem usadas pelos seus coeficientes de determinação.

Tabela 2. Modelos matemáticos de ajuste dos dados de CEw a CEa e θ (equações 2 e 3) e de ajuste dos dados de CEw e NO_3 (equações 4 e 5).

Equação	T 01			T 02		
	Tipo de modelo	Equação	R ²	Tipo de modelo	Equação	R ²
CEw = f(CEa, θ)	$CE_w = \frac{CE_a(0,7690\theta + 0,0173)}{3,6836\theta - 0,5360}$	(2)	0,8913	$CE_w = \frac{CE_a(7,5374\theta - 1,4148)}{0,4194 - 0,8528\theta}$	(4)	0,7391
CEw = f(NO ₃)		(3)	0,9817		(5)	0,8665

Estes resultados confirmam os de SANTANA et al. (2004) e de MMOLAWA & OR, 2000 que obtiveram bons ajustes das equações a dados experimentais. As equações 2 e 3 e 4 e 5 foram conjugadas de forma a se isolar o NO₃, obtendo-se as equações 6 e 7, permitindo estimar o NO₃ a partir de CEa e θ para T1 e T2, respectivamente:

$$NO_3 = \left[\frac{CE_a(0,5763\theta + 0,0007)}{0,0011(1,6912 - 5,2936\theta)} \right]^{\frac{1}{1,1038}} \tag{6}$$

(7)

em que os coeficientes de determinação para T1 (eq. 6) foi 0,8482 e pata T2 (eq. 7) foi de 0,7697. Estes resultados mostram a possibilidade do uso da TDR na estimativa de nutrientes no volume molhado do solo, sendo os ajustes considerados razoáveis. Estes resultados confirmam aqueles obtidos por MUNHOZ-CARPENA et al. (1996), e HEIMOVAARA et al. (1995), que obtiveram ajustes razoáveis com Br no primeiro caso e com diversos solutos, entre eles o NO₃, com o qual gerou razoáveis valores do coeficiente de correlação.

A avaliação do modelo mostrou que os modelos subestimam o nitrato medido, no geral, em 1,65% para T1 e em 8,0% para T2 (Figura 1), sendo que os coeficientes de determinação para os dois tratamentos e as linhas de intervalos de confiança mostram que a estimativa de NO3 para T1 é mais precisa que para T2, sendo as chances de erros para T2 maiores que para T1.

CONCLUSÕES

O uso da TDR permite a estimativa da concentração de nitrato no volume molhado do solo com base em leituras de umidade e de condutividade elétrica aparente do solo. O modelo de estimativa de nitrato com base no modelo de VOGELER & CLOTHIER (1996) para estimativa de CEw em função de CEa e θ conjugado com o modelo potencial para estimativa de CEw em função de NO₃ permitem obter um modelo para estimativa de NO₃ em função de CEa e θ.

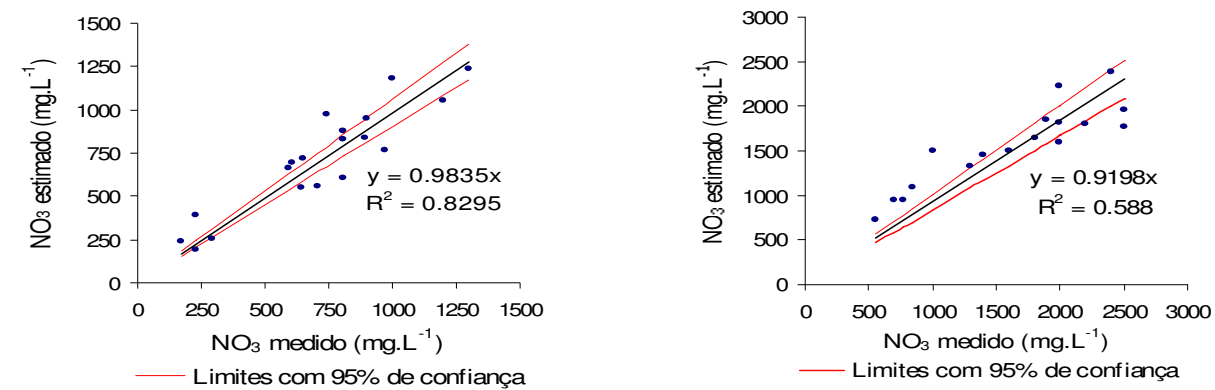


Figura 1. Relação entre os valores estimados e medidos de NO₃

BIBLIOGRAFIA

- HEIMOVAARA, T. J.; FOCKE, A. G.; BOUTEN, W.; VERSTRANTEN, J. M. Assessing temporal variations in soil water composition with time domain reflectometry. *Soil Science Society of America Journal*, v. 59, p. 689-698, 1995.
- MUÑOZ-CARPENA, R.; REGALADO, C. M.; ALVAREZ-BENEDÍ, J.; SOCORRO, A. R.; PÉREZ, N. Determinación simultánea mediante TDR del transporte de agua y un soluto salino en el suelo. In: LÓPEZ, J. J. e QUEMADA, M. ed. V, *Temas de Investigación en Zona no Saturada*. p. 1-7. Pamplona: Universidade Pública de Navarra, 2001.
- MMOLAWA, K. OR, D. Root zone solute dynamics under drip irrigation: A review. *Plant and Soil*, v. 222, p.163-190. 2000
- SANTANA, G. DA S.; COELHO, E. F.; SILVA, T. S. M.; RAMOS, M. M; COELHO FILHO, M. A. Estimativa da condutividade elétrica da solução do solo em função da umidade e da condutividade elétrica aparente. In: *Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola*, 33, 2004, São Pedro. Anais... Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, CD-ROM.
- VOGELER, I.; CLOTHIER, B. E. Characterizing water and solute movement by TDR and disk permeametry. *Soil Science Society of America Journal*, v. 60, p. 5-12, 1996.