

# AVALIAÇÃO DE MODELO NÃO LINEAR PARA ESTIMATIVA DE NITRATO NA SOLUÇÃO DO SOLO SOB FERTIRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO

T. M. de Andrade Neto<sup>1</sup>; E. F. Coelho; D. L. Barros.

**RESUMO:** O objetivo desse estudo foi avaliar e validar modelos matemáticos de estimativa da concentração de íons com base em dados de umidade do solo, condutividade elétrica aparente do solo e condutividade elétrica da solução do solo, em condições de campo. Os tratamentos consistiram no uso de quatro doses de nitrogênio na (180; 225; 270 e 315 kg ha<sup>-1</sup> ano de N), na forma de ureia. Foram monitorados: a umidade, condutividade elétrica da solução do solo, teor de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na solução do solo ao longo do tempo. O modelo de Vogeler et al. (1996) pode ser utilizado para estimar CE<sub>w</sub> como função de CE<sub>a</sub> e umidade para a maioria das situações estudadas. A Equação (2) resultou num ajuste de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> em função de CE<sub>a</sub> e  $\theta$ , de 77% e 87%, respectivamente para ureia e nitrato de cálcio.

**Palavras-Chave:** Modelagem, Condutividade elétrica, parâmetros químicos.

**SUMMARY:** The objective of this study was to evaluate and validate mathematical models to estimate the concentration of ions on the basis of data on soil moisture, apparent soil electrical conductivity and electrical conductivity of the soil solution under field conditions. Treatments consisted in the use of four levels of nitrogen in (180, 225, 270 and 315 kg ha<sup>-1</sup> N), in the form of urea. Were monitored: moisture, electrical conductivity of the soil solution, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> content in the soil solution over time. The model Vogeler et al. (1996) can be used to estimate how EC<sub>a</sub> function EC<sub>w</sub> and humidity for most of the situations studied. Equation (2) results in an adjustment according NO<sub>3</sub>-CE<sub>a</sub> and  $\theta$ , of 77% and 87%, respectively for urea.

**Keywords:** Modeling, electrical conductivity, chemical parameters

## INTRODUÇÃO

<sup>1</sup>Eng. Agrônomo, Doutor em Ciências Agrárias UFRB/Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas - BA, Fone: (075) 3312-8021, andradeneto@hotmail.com; <sup>2</sup>Pesquisador Embrapa Mandioca e Fruticultura, Departamento de Irrigação, Cruz das Almas-BA <sup>3</sup>Estudante de Agronomia, Universidade Federal do Recôncavo Baiano, UFRB, Cruz das Almas, BA.

O monitoramento de íons com o extrator de solução permite a repetição de leituras no mesmo local de amostragem, mas contempla apenas as regiões com a água retida a potenciais mais altos. A solução coletada num extrator corresponde àquela que entra na cápsula durante o tempo suficiente para se obter uma quantidade para análise química, cujo resultado representa a solução em um dado período de tempo e não do momento da coleta (SILVA et al. 2005).

Dentre os nutrientes mais utilizados na fertirrigação estão: o nitrogênio (N) e o potássio (K) que apresentam maior mobilidade no solo. As metodologias tradicionais de monitoramento da concentração de sais no solo apresentam alguns inconvenientes. No caso da utilização da TDR na estimativa e no monitoramento da distribuição de íons no solo, tem-se a necessidade de calibrar alguns modelos matemáticos. Dentre eles os modelos de Vogelert et al. (1996) e de Rhoades et al. (1976) apresentam melhores relações entre  $CE_w$ ,  $CE_a$  e umidade (SANTANA et al. (2007).

O objetivo desse estudo foi avaliar e validar modelos matemáticos de estimativa da concentração de íons com base em dados de umidade do solo ( $\theta$ ), condutividade elétrica aparente do solo ( $CE_a$ ) e condutividade elétrica da solução do solo ( $CE_w$ ).

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi realizado em um Latossolo Amarelo Distrófico na Embrapa Mandioca e Fruticultura localizada em Cruz das Almas-BA. Foram realizadas duas coletas de solução do solo e leituras de umidade e condutividade elétrica do solo por dia, sendo feita uma coleta pela manhã e outra pela tarde. A coleta das soluções do solo, leituras de umidade e condutividade elétrica foram realizadas no período compreendido entre duas fertirrigações. A fertirrigação seguiu uma frequência semanal de aplicação dos fertilizantes. Os tratamentos consistiram no uso de quatro doses de nitrogênio (180; 225; 270 e 315 kg ha<sup>-1</sup> ano), na forma de ureia. As bananeiras cv D'Angola foram plantadas no espaçamento de 2,5 m x 2,0 m, com dez plantas por parcelas sendo seis úteis.

Os dados de  $CE_a$  e umidade como média dos coletados entre cada sucção e retirada de solução, os dados de  $CE_w$  e do teor de potássio da solução do solo foram relacionados por

meio de modelos matemáticos. Utilizou-se do modelo de Vogeler et al. (1996) para estimativa de CE<sub>w</sub> como função de CE<sub>a</sub> e umidade, conforme a equação (1):

$$CE_w = \frac{CE_a - (a\theta + b)}{c\theta - d} \quad (1)$$

onde:

CE<sub>w</sub> – Condutividade elétrica da solução do solo (dS m<sup>-1</sup>);

CE<sub>a</sub> – Condutividade elétrica aparente do solo (dS m<sup>-1</sup>);

θ – Umidade do solo (cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>);

a, b, c e d são os parâmetros da equação de Vogeler et al. (1996).

Os dados dos íons e CE<sub>w</sub> foram relacionados por uma função afim e por uma função potencial de forma a explicitar CE<sub>w</sub> como função do íon. A substituição da equação (1) em um modelo potencial resultou na equação (2):

$$Ci = \left\{ \frac{1 [CE_a - (a\theta - b)]}{\alpha (c\theta - d)} \right\}^{\frac{1}{\mu}} \quad (2)$$

Amostras de solução do solo para avaliação da condutividade elétrica e concentração de íons foram retiradas ao mesmo tempo em que foram feitas leituras de umidade do solo e condutividade elétrica aparente com uso de um reflectometro tipo TDR. O modelo matemático foi ajustado aos dados por meio da minimização da soma dos quadrados dos desvios entre os valores estimados e observados. Os indicadores estatísticos MEN (média dos erros), RMSE (raiz quadrada da média dos quadrados dos erros) e o R<sup>2</sup> (coeficiente de determinação) foram utilizados na avaliação dos modelos abordados (GOMES et al. 2002). Os valores medidos e estimados de nitrato e potássio foram comparados com base no ajustamento do modelo de regressão linear (MAYER et al. 1994).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, observa-se que para as diferentes doses aplicadas, pode-se utilizar um modelo geral para a estimativa de CE<sub>w</sub>; reunindo-se os dados das diferentes doses de fertilizantes estudadas, o que resultou em bom ajuste pelo modelo de Vogeler et al. (1996) (R<sup>2</sup>=0,75). Nesse caso, considerando todos os dados envolvendo todas as doses, observa-se

que não houve significância pelo teste de Mayer et al. (1994) ( $P=0,0718$ ). Sendo assim, pode-se afirmar que os valores estimados de CEw foram equivalentes aos medidos na solução do solo.

Tabela 1. Parâmetros dos modelos para estimativa de CEw em função de CEa e  $\theta$  em diferentes doses de ureia em um Latossolo Amarelo Distrófico de Cruz das Almas-BA.

Ureia (kg. ha-1)	Parâmetros				Coeficiente	
	A	b	c	d	R <sup>2</sup>	(P)*
180	4,8925	-1,49.10 <sup>-1</sup>	9,4123	6,4206	0,72	0,8294 <sup>ns</sup>
225	37,984	4,59.10 <sup>1</sup>	0,8145	18,393	0,74	0,7050 <sup>ns</sup>
270	1,9028	-1,43.10 <sup>1</sup>	0,1512	3,9356	0,70	0,9955 <sup>ns</sup>
315	10,252	0,37230	6,3121	8,6678	0,76	0,5033 <sup>ns</sup>

R<sup>2</sup>= Coeficiente de determinação da relação entre CEw medida x CEw estimada pelo modelo de Vogeler et al. (1996). P\*=Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Mayer et al. (1994).

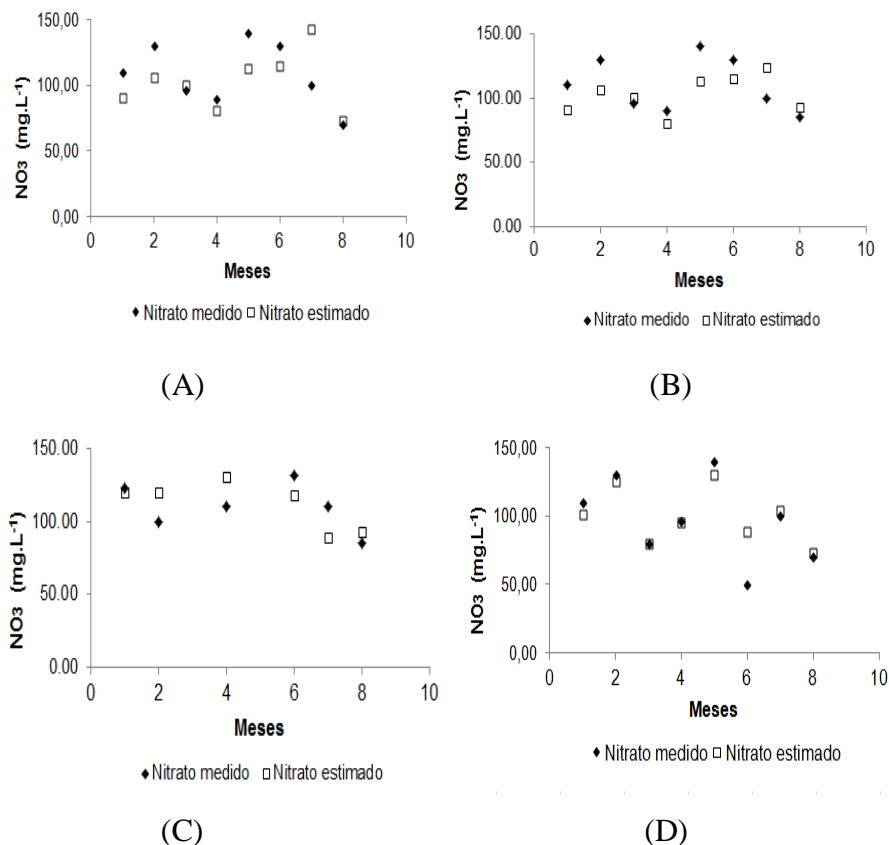
No que se refere aos dados medidos e estimados dos parâmetros do modelo, o teste de Mayer et al. (1994) não foi significativo para as doses de ureia aplicadas. A não significância encontrada pelo método de avaliação estatística de Mayer et al. (1994) a 5%, resulta na comprovação da nulidade da hipótese, sendo assim, o modelo apresentou equivalência entre os valores medidos e estimados de CEw (Tabela 1). Na tabela 2 consta a avaliação estatística do modelo de estimativa de nitrato em função da CEa e umidade. Observou-se o aumento da RMSE na medida em que se aumentou a dose aplicada, demonstrando uma discrepância maior entre os dados medidos e estimados nas maiores doses. Os erros de estimativas variaram entre 7,27% a 17,7%, faixa aceitável em para dados coletados em condições de campo. Entretanto, segundo análise de Mayer et al. (1994), foi observado significância para os tratamentos. Pode-se afirmar que o modelo não prevê com similaridade os valores estimados em relação aos observados de nitrato na solução do solo ( $\alpha=0,05$ ).

Tabela 2. Parâmetros resultantes dos ajustes da equação (2) para nitrato como função de CEa e  $\theta$ , coeficientes estatísticos, para as diferentes doses de ureia aplicadas via gotejamento.

Ureia (kg. ha <sup>-1</sup> )	Parâmetros						Coeficientes			
	A	B	c	d	$\alpha$	$\mu$	R <sup>2</sup>	RMSE (mg L <sup>-1</sup> )	MEN (%)	P*
180	20,39	-1,78.10 <sup>2</sup>	0,9902	1,9877	0,48	0,41	0,85	12,68	7,27	0,0054 <sup>S</sup>
225	5219,1	-1,56.10 <sup>2</sup>	7799,7	3392,4	0,11	0,18	0,88	12,29	7,87	0,0069 <sup>S</sup>
270	7199,8	1,64.10 <sup>3</sup>	-9159,6	-1343,2	0,02	0,59	0,77	24,06	17,2	0,0087 <sup>S</sup>
315	2885,8	-2,92.10 <sup>3</sup>	-6672,4	7834,5	0,36	0,01	0,78	24,45	17,7	0,0043 <sup>S</sup>

R<sup>2</sup>= Refere-se ao coeficiente de correlação encontrado da relação nitrato medido x nitrato estimado pela equação (2). P\*=Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Mayer et al. (1994).

A Figura 1 ilustra os teores de nitrato medidos na solução do solo e os estimados pela equação (2), para as doses nitrogenadas durante um período de dez meses, respectivamente para as doses de 180, 225, 270 e 315 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de ureia (A, B, C e D).



**Figura 1.** Relação entre os valores de nitrato medidos na solução do solo e estimados pela equação (2) nos tratamentos 180, 220, 270 e 315 kg. ha<sup>-1</sup> de Nitrogênio na forma de ureia, respectivamente (A, B, C e D).

## CONCLUSÕES

As fontes de fertilizantes nitrogenadas não apresentaram efeitos negativos na estimativa de potássio e nitrato ao longo do tempo.

Ao se aumentar a dose de ureia aumenta os desvios entre valores medidos e estimados de nitrato.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE NETO, T. M. ; COELHO, E. F. ; ALVES, M da S. ; SANTANA JUNIOR, E. B.Santana, J. A do.Estimating potassium in the soil solution as a function of electrical conductivity and soil water content.**Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** (Online), v. 16, p. 618-623, 2012.

GOMES, E. N.; ESCOBEDO, J. F.; FRISINA, V. A.; ANGELA. R.Modelos de estimativa da par global e difusa em função da radiação de ondas curtas e da transmissividade atmosférica.In **Anais... XII Congresso Brasileiro de Meteorologia**, Foz de Iguaçu-PR, 2002.

MAYER, D. G.; STUART, M. A.; SWAIN, A. J. Regression of real word data on model output: An appropriate overall test of validity. *Agriculture System*. V.45, p.93-104, 1994.

SANTANA, G. S.; COELHO, E. F.; SILVA, T. 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. .

SILVA, T. S. M.; COELHO, E. F.; PAZ, V. P. S.; VELLAME, L. M.; SANTANA, G. S.Teorde potássio na solução do solo com uso da técnica de reflectometria no domínio do tempo. **Revista 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.