

## MODELAGEM DA CONCENTRAÇÃO DE SÓDIO, CÁLCIO E MAGNÉSIO NAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DA BACIA DO RIO ACARAÚ.

J. C. N. DOS SANTOS<sup>1</sup>, A. C. M. MEIRELES<sup>2</sup>, E. M. ANDRADE<sup>3</sup>, J. R. A. NETO<sup>4</sup>, F. D. D. ARRAES<sup>5</sup>, E. P. MIRANDA<sup>6</sup>

**RESUMO:** Este trabalho teve como objetivo desenvolver e validar modelos para estimativa das concentrações dos íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$  a partir da CE das águas superficiais da bacia do Acaraú, Ceará. As coletas foram realizadas nos anos de 2003 a 2005. Em 2003, mensalmente de abril a dezembro, exceto no mês de junho; e a cada dois meses, de janeiro de 2004 a setembro de 2005 em 5 pontos perfazendo um total de 95 amostras. As análises físico-químicas foram realizadas no Laboratório de Solo e Água da EMBRAPA/Agricultura Tropical. Análises de regressão foram realizadas com as águas coletadas de abril de 2003 a dezembro de 2003. Tendo a CE como variável independente e os demais parâmetros como variáveis dependentes. A validação do modelo foi efetuada com dados coletados no período de janeiro 2004 a setembro 2005. Os resultados indicam que os modelos desenvolvidos para os íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$  mostraram índice de desempenho considerado muito bom ( $c = 0,86$ ) e mediano ( $c = 0,61$ ) e índice de Willmott de 0,95 e 0,83 respectivamente, indicando que esses elementos podem ser estimados com confiabilidade através dos valores da condutividade elétrica.

**PALAVRAS-CHAVE:** QUALIDADE DA ÁGUA, SALINIDADE, VALIDAÇÃO DO MODELO.

**SUMMARY:** This work had as objective to develop and to validate models for estimate of the concentrations of ions  $\text{Na}^+$  e  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$  from the EC of surface waters of the basin of the Acaraú, Ceará. The collections had been carried through in the years of 2003 the 2005. In 2003, monthly of April the December, except in the June month; e to each two months, of

<sup>1</sup>Graduando do Curso de Tecnólogo em Irrigação e Drenagem, Bolsista do CNPq, IFET-CE, Campus Iguatu-CE, Fone: (0xx88) 9222.5663 – [julioecesarnds@yahoo.com.br](mailto:julioecesarnds@yahoo.com.br).

<sup>2</sup>Doutora em Eng<sup>a</sup> Civil, área de concentração em Recursos Hídricos/UFC, Bolsista DCR CNPq/Funcap, IFET-CE, Campus Iguatu-CE.

<sup>3</sup>Prof<sup>a</sup> PhD Adjunta do Departamento de Engenharia Agrícola da UFC.

<sup>4</sup>Graduando do Curso de Tecnólogo em Irrigação e Drenagem, IFET-CE, Campus Iguatu-CE.

<sup>5</sup>Tecnólogo em Irrigação e Drenagem, Mestrando em Manejo de Bacias, Departamento de Eng<sup>a</sup> Agrícola, CCA/UFC, Fortaleza-Ce.

<sup>6</sup>Eng<sup>o</sup>. Agrônomo, M.Sc. em Irrigação e Drenagem, Professor do IFET-CE, Campus Iguatu-CE..

January of 2004 the September of a 2005 in 5 points in the total of 95 samples. The analyses physical-chemistries had been carried through in the Laboratory of Soil and Water of the Tropical EMBRAPA/Agroindústria. Analyses of regression had been carried through with collected waters of April of 2003 the December of 2003. Having the independent CE as changeable and the too much parameters as changeable dependents. The validation of the model was effected with data collected in the period of January 2004 September 2005. The results indicate that the models developed for ions  $\text{Na}^+$  e  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$  had respectively shown to index of good considered performance ( $c = 0,86$ ) and very medium ( $c = 0.61$ ) and index of Willmontt of 0,95 and 0,83, indicating that these elements can be esteem with trustworthiness through the values of the electric conductivity.

**KEYWORDS:** WATER QUALITY, SALINITY, VALIDATE MODELS.

## INTRODUÇÃO

O crescimento demográfico e o desenvolvimento sócio-econômico são freqüentemente acompanhados de aumentos na demanda hídrica, cuja quantidade e qualidade são de fundamental importância para a saúde e desenvolvimento de qualquer comunidade (BUENO et al., 2005). O conhecimento da qualidade da água relativo à concentração salina torna-se ferramenta necessária ao planejamento da exploração desse recurso e ao manejo empregado, caso esta água destine-se à irrigação (SILVA et al., 2003). Segundo Ayers & Westcot (1999), um dos principais problemas de qualidade de água para irrigação é a salinidade, pois os sais solúveis do solo e da água reduzem a disponibilidade da água para as plantas. Vários pesquisadores como Andrade et. al. (2004) e Arraes et al. (2007) vêm empregado com sucesso a análise de regressão para estimar a concentração de íons a partir da CE. O presente estudo teve como objetivo desenvolver e validar modelos empíricos onde as concentrações dos íons sódio, cálcio e magnésio, possam ser estimadas com base na condutividade elétrica (CE) da água, visto que a mesma pode ser determinada facilmente por condutímetro portátil e que os valores de razão de adsorção de sódio - RAS, que fornece informação sobre o risco de sodicidade, depende destes elementos.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido na bacia do Rio Acaraú, localizado na região norte do Estado do Ceará. A bacia é estreita próxima à costa, alargando-se em seu alto curso. A referida bacia apresenta características bem distintas para cada margem do seu rio principal. A margem direita apresenta relevos aplainados da região do sertão, com predominância de substrato cristalino e do clima tipo BSh'w'. Já a margem esquerda apresenta-se sob a influência de importantes maciços residuais, como a serra da Meruoca, e da cuesta da Ibiapaba. Nesta margem predominam áreas sedimentares e o clima do tipo Aw'. Os solos predominantes na região são Luvisolos e algumas manchas de Neossolos. As coletas de água superficial foram realizadas nos anos de 2003 a 2005. Em 2003, mensalmente de abril a dezembro exceto em junho; e a cada dois meses, de janeiro de 2004 a setembro de 2005 em 5 pontos distribuídos na bacia do Acaraú, perfazendo um total de 95 amostras. As análises físico-químicas foram realizadas no Laboratório de Solo e Água da EMBRAPA/Agricultura Tropical, segundo metodologia da Embrapa (1997).

O presente trabalho se dividiu em duas etapas, uma primeira, com resultado das análises referentes aos íons ( $\text{Na}^+$  e  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ ) e a CE (condutividade elétrica), no período de abril de 2003 a dezembro de 2003 calibraram-se as equações de regressões de acordo com a seguinte expressão:

$$Y = a + b \times CE$$

Em que Y expressa a concentração do íon ou variável dependente; CE representa a variável independente e *a* e *b* são os coeficientes da equação. Em uma segunda etapa foi feita a validação dos modelos empregando-se dados referentes aos meses de janeiro de 2004 a setembro de 2005, evitando com isso falhas promovidas pela autocorrelação dos dados. Esta mesma metodologia foi empregada por Arraes et al. (2007) em modelagem da concentração de íons nas águas superficiais da bacia do Curu. Para se validar o modelo empregaram-se índices estatísticos que correlacionam os valores estimados (gerados a partir do modelo) com valores das concentrações medidos em laboratório. Os índices adotados foram: coeficiente de correlação (*r*), índice de Willmontt que indica o grau de precisão do modelo e o índice de confiança ou desempenho (*c*), obtido do produto entre o coeficiente de correlação e índice de Willmontt.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os modelos de regressão linear desenvolvidos entre a CE e os íons analisados para as águas estudadas, são apresentados na Tabela 1. Pelos resultados, observa-se que os íons sódio e cálcio mais magnésio, podem ser estimados com elevado a médio grau de confiabilidade respectivamente; tomando-se como base de análise não apenas o coeficiente de determinação, mas também os valores de F e os limites do intervalo de confiança da variável independente. Arraes et al. (2007) obtiveram resultados semelhantes analisando águas superficiais da bacia do Curu-CE.

TABELA 1. Regressão linear e parâmetros empregados na avaliação dos modelos gerados

Relação	Equação	$r^2$	F	Sig	Intervalo
$\text{Na}^+ \times \text{CE}$	$\text{Na}^+ = -0,120 + 6,370\text{CE}$	0,872	254,6312	0,00	$5,56 \leq \text{CE} \leq 7,18$
$(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) \times \text{CE}$	$(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) = 0,211 + 3,053\text{CE}$	0,828	163,5655	0,00	$2,53 \leq \text{CE} \leq 3,48$

$\text{Na}^+$  e  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$  em  $\text{mmol}_e \cdot \text{L}^{-1}$

CE = condutividade elétrica em  $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$

As concentrações do íon sódio nas água superficiais da bacia do Acaraú determinadas em laboratório e as estimadas pelo modelo estão relacionadas na Figura 1. Essa relação é de fundamental importância para fornecer suporte na estimativa da acuracidade da simulação do modelo. Se a simulação apresentar acuracidade, os pares de pontos (medidos e estimados) deverão estar em torno da reta 1:1, a qual conecta os valores computados iguais aos observados, ou seja, a igualdade perfeita (ANDRADE et. al., 2004; ARRAES et al. 2007).

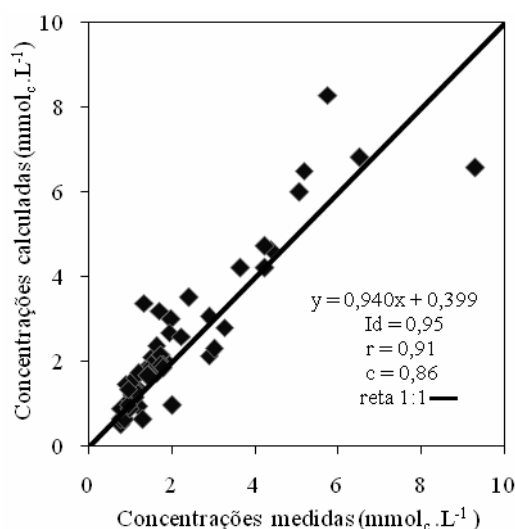


FIGURA 1. Relação entre as concentrações do íon  $\text{Na}^+$  medidas e estimadas pelo modelo.

Observa-se que o modelo de regressão linear proposto para a estimativa da concentração do íon sódio nas águas de irrigação da bacia do Acaraú, apresentou-se adequado, já que os

pares de pontos (observados e estimados) encontram-se próximos da reta 1:1. Pelos índices aplicados, o modelo desenvolvido para o referido íon apresenta excelente precisão e exatidão, com coeficiente de correlação ( $r$ ) e índice de willmott ( $id$ ) maiores que 0,91 (Figura 1); indicando um ótimo desempenho do modelo ( $C = 0,86$ ). Resultados semelhantes foram observados por Andrade et. al. (2004) e Arraes et al. (2007), em pesquisas desenvolvidas no rio Trussu e na Bacia do Curu, respectivamente.

Na Figura 2, observar-se a relação entre os valores da concentração determinada em laboratório dos íons  $Ca^{2+} + Mg^{2+}$  e os simulados pelo modelo de regressão linear, para as águas superficiais da região estudada. Observa-se pela análise do índice de Willmott  $Id$  (0,83), coeficiente de correlação  $r$  (0,74) e pelo índice de desempenho  $c$  (0,61), que o modelo desenvolvido para os elementos é medianamente confiável para a simulação deste parâmetro. Pela figura supracitada pode-se observar que os pares de pontos (medidos e estimados), encontram-se próximo da reta 1:1. Tal resultado indica que o modelo pode ser empregado na estimativa da concentração dos íons  $Ca^{2+} + Mg^{2+}$  para a região em estudo. Resultados semelhantes foram observados por Andrade et. al (2002), em estudos realizado na determinação da concentração de diversos íons na Chapada do Apodi.

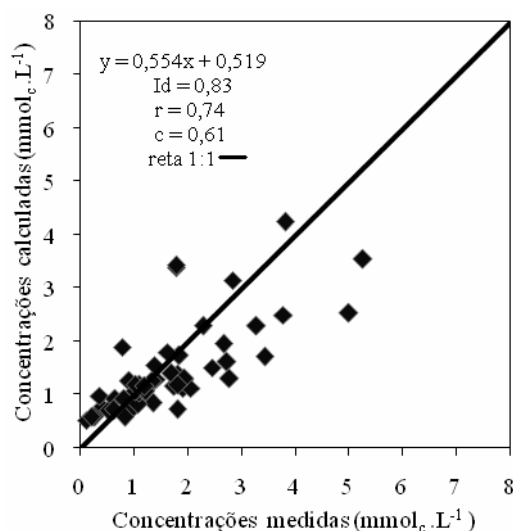


FIGURA 2. Relação entre as concentrações do  $Ca^{2+} + Mg^{2+}$  medidas e estimadas pelo modelo.

## CONCLUSÕES

1. A equação para estimativa do  $Na^+$  para as águas da bacia do Acaraú, apresentou uma excelente precisão ( $r = 0,91$ ) e exatidão ( $Id = 0,95$ ) indicado um ótimo índice de confiança ( $c = 86$ ).

2. O modelo para os íons  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$  apresentou uma moderada precisão ( $r = 0,74$ ) e exatidão ( $\text{Id} = 0,83$ ) revelando um mediano desempenho da equação ( $c = 61$ ).
3. Os modelos desenvolvidos podem ser usados para estimativa dos íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$  presentes nas águas superficiais da bacia do Acaraú.

**AGRADECIMENTOS:** Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq/ Brasil e ao Ministério da Agricultura/ PRODETAB-16, pelo suporte financeiro dado a essa pesquisa.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ANDRADE, E. M.; MEIRELES, A.C. M.; NESS, R. L. L.; CRUZ, M. G. M. Modelagem da concentração de íons no extrato de saturação do solo, na Região da Chapada do Apodí. Revista Ciência Agronômica, v.33, n.2, p.25-32, 2002.
- ANDRADE, E. M.; PALÁCIO, H. A. Q.; CRISÓSTOMO, L. A.; SOUZA, I. H. Modelagem da concentração de íons nas águas do vale perenizado do rio Trussu, Iguatu-Ce. In: Anais... VII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, São Luís, Nov. 2004. (CD-ROM).
- ARRAES, F. D.; PALACIO, H. A. Q.; ANDRADE, E. M.; SILVA, J. A.; JÚNIOR, J. I. F. Modelagem da concentração de íons na águas superficiais da bacia do Curu. In: Anais... CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 36, Bonito, 2007. (CD-ROM).
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A qualidade da água na agricultura. Estudos FAO. Irrigação e Drenagem 29 (Revisado). Campina Grande – PB UFPB. trad: Gheyi, H. R.; Medeiros, J. F.; Damasceno, F. A. V. 1999, 218 p.
- BUENO, L. F.; GALBIATTI, J. A.; BORGES, M. J. Monitoramento de variáveis de qualidade da água do horto Ouro Verde - Conchal – SP. Engenharia Agrícola, v.25, n.3, p. 742-748, 2005.
- SILVA, E. F. F. e; SILVA, A. S. e; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; HERMES, L. C.; BASTOS, E. A.; RUFINO, M. do S. M. Características físico-químicas das águas subterrâneas do aquífero Serra Grande na mesoregião sudeste piauiense. In: Anais... CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 32, Goiânia, 2003. (CD-ROM).